



Patentdirektoratet

TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 0439/89

(51) Int.Cl.6

H 04 R 25/00

(22) Indleveringsdag: 01 feb 1989

(41) Alm. tilgængelig: 04 aug 1989

(45) Patentets meddelelse bkg. den: 06 jun 1995

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 03 feb 1988 US 151850

(73) Patenthaver: *Siemens Aktiengesellschaft; Wittelsbacherplatz 2; 8000 Muenchen, DE

(72) Opfinder: James M. *Kates; US

(74) Fuldmægtig: Giersing & Stelling Patentbureau A/S

(54) Signalbehandlingssystem til høreapparater

(56) Fremdragne publikationer

US pat. nr. 4185168

(57) Sammendrag:

439 - 89

Et signalbehandlingssystem til høreapparater estimerer den absolute mængde af støj i hvert af flere frekvensbånd. Lydforstærkningerne indstilles for at minimere effekten af opadtrækkende maskering, hvor støj i lavere frekvensbånd mindsker forståeligheden af talelyde i højere frekvensbånd.

Støjniveauet i hvert frekvensbånd estimeres ved at overvåge amplitudefordelingen af lydændelser i det pågældende frekvensbånd.

439-89

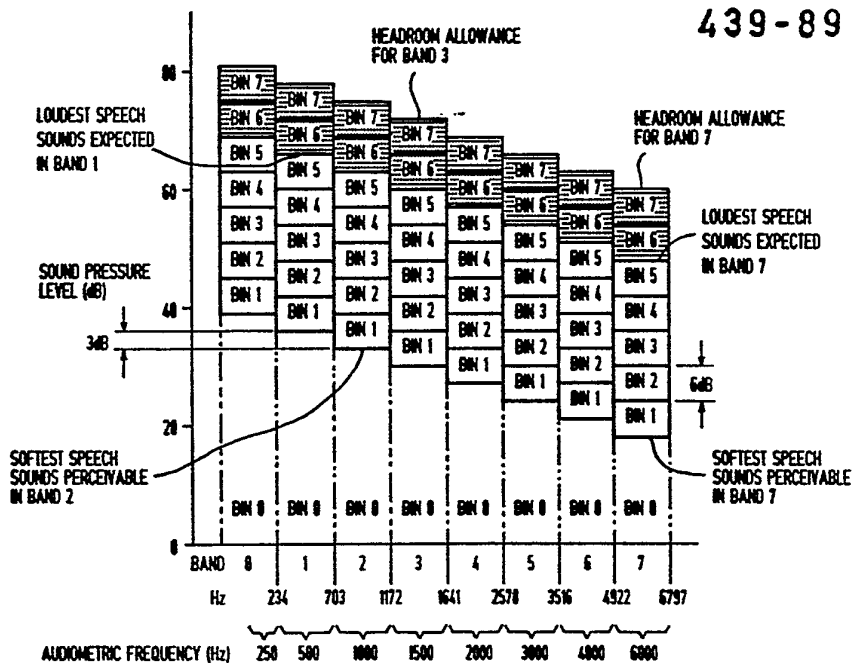


FIG 4

- 1 -

Opfindelsen angår et signalbehandlingssystem til høreapparater, især høreapparater, som kan anvendes i et støjfyldt miljø.

Det har i lang tid været kendt at ændre karakteristikken for et høreapparat i overensstemmelse med det omgivende støjniveau for at gøre det lettere for patienten at skelne mellem brugbar information (dvs. tale) og støj. Et system til tilvejebringelse af dette ændrer forstærkningen ved lave frekvenser, når den indkommende lavfrekvente energi (som antages at være mest støjende) overskrider en på forhånd fastsat størrelse. Det har også været foreslået at dele det indkommende signal i flere frekvensbånd og at tilpasse lydforstærkningen for hvert bånd i afhængighed af signal/støjforholdet i det bånd. Hvor signal/støjforholdet i et bestemt bånd er dårligt, dæmpes forstærkningen således i dette bånd. En anden løsning omfatter dannelsen af et råestimat for støjniveauet, i hvilket støjen kun estimeres i pauser mellem talelyde.

I US-patentskrift nr. 4 185 168 beskrives et høreapparat-signal forarbejdningssystem, i hvilket den ankommende lydinformation klassificeres i et antal frekvensbånd, og signal/støjforholdet i hvert bånd benyttes til indstilling af lydforstærkningen, som anvendes på signaler i hvert frekvensbånd. Det principielle ved offentliggørelsen af det ovenfor identificerede patent er ideen om anvendelse af udglatning (som ved gennemsnitsdannelse) af det ankommende signal og udnyttelse af det udglattede signal til bestemmelse af dens støjindhold.

Et problem med disse løsninger er, at de ikke fuldt ud respekterer de kendte støjpåvirkninger på taleforståelighed. Det har længe været kendt, at resultaterne af lavfrekvent støj ikke er begrænset til lavfrekvent taleinformation. Den lavfrekvente støj reducerer også forståeligheden af taleinformation med højere frekvens. Medens dette fænomen - kendt som den opadrettede maskeringseffekt - i almindelighed finder anvendelse på alle mennesker, er det mere alvorligt for individer med høretab.

Det ville være hensigtsmæssigt at fremstille et signalbehandlingssystem til høreapparater, der tog hensyn til fænomenet ved den opadrettede maskering og korrigerede for den.

Et formål med opfindelsen er at tilvejebringe et signalbehandlingssystem til høreapparater, der virkeligt reagerer på den opadrettede maskering fremkaldt af støj.

Et andet formål er at tilvejebringe et sådant system, som kontinuerligt estimerer den absolutte mængde af støj i indkommende lydinformation i stedet for at anvende kunstige størrelser som fx. signal/støj-forholdene.

- 2 -

Et yderligere formål er at forbedre kendte og foreslåede signalbehandlingssystemer til høreapparater i almindelighed.

Det første formål med opfindelsen imødekommes ved hjælp af et signalbehandlingssystem ifølge indledningen til krav 1, der omfatter midler til individuel variation af lydforstærkningen i hvert frekvensbånd, undtagen det højest frekvensbånd, som funktion af den estimerede støj ved hjælp af midlerne til estimering, hvilke variationsmidler indeholder midler til sammenligning af en absolut støjmængde i hvert frekvensbånd, undtagen det højest frekvensbånd, med en absolut støjmængde i hvert næste højere frekvensbånd.

I overensstemmelse med opfindelsen omformes lydinformation (som fx. menneskelig tale forurenset med omgivende støj) til et elektrisk signal, og dette elektriske signal klassificeres (fortrinsvis men ikke nødvendigvis under anvendelse af digitale teknikker) i et antal ikke overlappende frekvensbånd. I yderligere overensstemmelse med opfindelsen bestemmes den absolutte mængde af støj i hvert frekvensbånd uafhængigt, og forstærkningen af hvert frekvensbånd undtagen for det højest frekvensbånd indstilles i overensstemmelse med den således bestemte støj. Forstærkningen i det næsthøjeste frekvensbånd tilpasses hensigtsmæssigt først, forstærkningen i den næste lavere frekvensbånd indstilles derpå, og alle forstærkningerne indstilles fra det næsthøjeste til det laveste.

I yderligere overensstemmelse med opfindelsen estimeres den absolutte mængde af støj i hvert frekvensbånd på et amplitudehistogram.

Eksempelvis og ikke begrænsende foretrukne udformninger af opfindelsen vises på tegningerne. På tegningen viser:

fig. 1 et oversigtsblokdiagram af en foretrukket udformning af opfindelsen,

fig. 2 et mere detaljeret blokdiagram af en del af den foretrukne udformning,

fig. 3 et endnu mere detaljeret blokdiagram af en del af den foretrukne udformning,

fig. 4 klassifikationen af indkommende lydhændelser opdelt efter frekvensbånd og amplitudeinterval i overensstemmelse med den foretrukne udformning,

fig. 5 et rutediagram, som viser fremgangsmåden, med hvilken den absolutte mængde af støj bestemmes i hvert frekvensbånd,

- 3 -

- fig. 6 et rutediagram, som viser den algoritme, med hvilken den foretrukne udformning korrigerer for opadrettet spredning af støjens maskering,
- fig. 7 resultaterne frembragt af den foretrukne udformning i tre forskellige situationer,
- fig. 8 ideen med kompression af forstærkningen, og
- fig. 9 et rutediagram, som gengiver fremgangsmåden, med hvilken kompressionsforstærkningen beregnes i den foretrukne udformning.

Et oversigtsblokdigram af en foretrukket udformning af opfindelsen diskuteres først i forbindelse med fig. 1. En mikrofon 2 omformer lydinformation, som i dette øjeblik antages at være mennesketale forurenet med støj, til elektriske signaler. I den foretrukne udformning digitaliseres disse signaler, og for at tillade dette, samples disse signaler, i den foretrukne udformning ved en hastighed på 15 kHz. (Denne samplinghastighed vælges for nemheds skyld og er ikke en del af opfindelsen). De samplede signaler ledes derpå gennem et antiforvrængningsfilter 4. Antiforvrængningsfilteret 4 er et lavpasfilter, som begynder dæmpningen ved omkring 6 kHz og har en dæmpningshastighed på 18 dB/oktav, men disse karakteristika er ikke en del af opfindelsen. Funktionen af antiforvrængningsfilteret 4 er at udelukke højfrekvente signaler, som ikke kan repræsenteres passende i det digitale system, i at passere gennem resten af kredsløbet. Fagfolk kender sådanne filtre, og detaljerne ved filteret 4 skal derfor ikke diskuteres yderligere.

Efter at have passeret gennem filteret 4 ledes de samplede og filtrerede signaler til en analog/digital-omformer 6. I den foretrukne udformning har denne en digital opløsning på 14 bits, men dette er ikke en del af opfindelsen, og der kan anvendes flere eller færre bits (for tiden antages det, at et minimum på 12 bits er nødvendigt, men dette er ikke en del af opfindelsen). De digitaliserede signaler fra omformeren 6 ledes derpå gennem en bufferhukommelse 8, som akkumulerer tilstrækkelig information til, at en følgende signalanalyse og signalbehandling kan finde sted. I den foretrukne udformning rummer bufferhukommelsen 8 en blok på 16 samples, hvilket svarer til omkring 1 millisekund information, men dette er ikke en del af opfindelsen.

I den foretrukne udformning udføres denne signalanalyse og signalbehandling på en digital signalbehandlingschip TMS 32030 fra Texas Instruments, men dette er ikke en del af opfindelsen. Signalanalysen og signal-

- 4 -

behandlingen diskuteres yderligere senere, medens signalanalyse og behandlingsfunktioner udføres af polyfase-signalprocessoren 10.

Efter at analyse og signalbehandling har fundet sted i processoren 10, ledes udgangsinformation til en bufferhukommelse 12, som akkumulerer tilstrækkelig information til, at udgangssignalet kan konverteres tilbage til analog form til lyd gengivelse til patienten. Denne konversion udføres i en digital-analog omformer 14, som er forbundet til et glatningsfilter 16. Glatningsfilteret 16 er af lavpastypen, hvilket er kendt for fagfolk. Det udglatte gabene mellem efter hinanden følgende, digitaliserede audioinformationer og har i den foretrukne udformning en stejlhed på +18 dB pr. oktav. Detaljerne ved udglatningsfilteret 16 skal derfor ikke beskrives. Fra udglatningsfilteret ledes informationen til en lyd giver 18, som omformer det analogt signal til audioinformation.

Fig. 2 viser funktionen af processoren 10 mere detaljeret. Medens fig. 1 og følgende figurer og tekst belyser opfindelsen, som om individuelle dele af processoren 10 var udformet som apparater, er flertallet af sådanne faktisk indeholdt i programmeringen og taget i anvendelse af den ovenfor nævnte chip fra Texas Instruments. Dette er imidlertid ikke en del af opfindelsen, og anvendelsen af forskellige elementer i form af programfunktioner finder sted for nemheds skyld.

I den foretrukne udformning underkastes signalerne fra analog/digital omformer 6 en flerkanaals frekvensanalyse og sorteres i et antal ikke-overlappende frekvensbånd i analysesektionen 10A. ~i dette eksempel er der 8 sådanne bånd, men dette er ikke en del af opfindelsen, og et andet antal bånd kan anvendes i stedet for). Inden for ethvert af sådanne bånd estimeres mængden af støj i støjestimationssektionen 10B som beskrevet senere, og forstærkningen af båndet beregnes i forstærkningsberegningdelen 10C som beskrevet senere. (Lydforstærkningen for det højeste frekvensbånd beregnes forskelligt fra de andre bånd; men dette forklares senere.) Derpå anvendes den passende lydforstærkning på signalerne i hvert af frekvensbåndene ved hjælp af forstærkningskontrolelementer i forstærkningskontroldelen 10D. Derpå summeres udgangssignalerne fra forstærkningskontroldelen 10D i syntesedelen 10E, som er forbundet til bufferhukommelsen 12.

Signalbehandlingstrinnene, som gennemføres i hvert af de syv laveste frekvensbånd, beskrives nu i forbindelse med fig. 3. I begyndelsen beregnes den absolutte værdi af det indkommende signal i trinnet 20 og konverteres til en fem bit 2-tals logaritme i trinnet 22. Opløsningen af denne omformning er 0,1875

- 5 -

dB. Dette vælges for nemheds skyld og er ikke en del af opfindelsen. Den fremkommer ved at dividere 6 dB (bredden af hver amplitudeinterval, som diskuteres senere) med 32 (2^5). Støjen i signalet estimeres derpå i trin 24 som beskrevet senere og undertrykkes (for alle frekvensbånd undtagen det højeste) i trin 26 i overensstemmelse med en algoritme som beskrevet senere. På den samme tid midles signalet i trin 28 og trin 30 for at beregne (som beskrevet senere) kompressionsforstærkningen og støjundertrykkelsen, som påføres signalet inden for frekvensbåndet for at kompensere for patientens høremangler. Dette modificerede signal ledes derpå gennem et frekvensvægningsforstærkningstrin 32, som kompenserer for ørets akustiske karakteristikker for at undgå unødvendig farvning af den indkommende tale. Derefter beregnes 2-tals anti-logaritmen af det frekvensvægtede signal i trin 34 og anvendes til at ændre totalforstærkningen, som påføres alle signaler i frekvensbåndet. I det højeste frekvensbånd, som det beskrives senere, er der ingen støjundertrykkelse, så trin 26 mangler i virkningen af processoren 10 på det højeste frekvensbånd. Kompressionsforstærkningen og den frekvensvægtede forstærkning beregnes imidlertid for det højeste frekvensbånd, og fig. 3 er derfor ellers nøjagtig, som det anvendes på det højeste frekvensbånd.

I den følgende beskrivelse diskuteres fremgangsmåden, med hvilken støj estimeres, i forbindelse med fig. 4 og 5, og fremgangsmåden, med hvilken støjen undertrykkes, diskuteres i forbindelse med fig. 6 og 7.

Efterhånden som information i form af digitaliserede lydhændelser kommer ind i processoren 10, sorteres hver lydhændelse. Sorteringen foretages efter frekvens og amplitude. Sorteringsskemaet, som anvendes i den foretrukne udformning, vises på fig. 4. Som det ses der, er frekvensspektret mellem 0 og 6800 Hz på hensigtsmæssig måde delt i 8 frekvensbånd (bånd 0 til bånd 7, med bånd 7 omfattende de højeste frekvenser), og hvert frekvensbånd deles hensigtsmæssigt i 8 amplitudebokse (boks 0 til boks 7, med boks 7 omfattende de højeste amplituder). Hvis en bestemt lyd har en frekvens på 1000 Hz og en amplitude på 42 dB, vil hændelsen således blive sorteret i bånd 2, boks 2. Det vil forstås, at der kan være flere eller færre frekvensbånd og amplitudebokse, at antallet af frekvensbånd og amplitudebokse ikke behøver at være det samme, og at båndene kan have andre frekvensgrænser end vist. Disse størrelser blev valgt for nemheds skyld og er ikke en del af opfindelsen. Fig. 4 viser også den audiometriske frekvens, som er tilknyttet hvert bånd. Disse audiometriske frekvenser er ikke en del af opfindelsen, men de anvendes i almindelighed af audiologer til at måle høretab ved for skellige dele af frekvensspektret. De audio-

- 6 -

metriske frekvenser er udelukkende vist for at illustrere og understrege sammenhængen mellem de otte foretrukne frekvensbånd og de audiometriske frekvenser, som for nemheds skyld anvendes til at estimere høretab.

I overensstemmelse med opfindelsen estimeres den absolutte kvantitet af støj i hvert bånd i overensstemmelse med kendte karakteristika ved mennesketale. Det er kendt, at amplitudehistogrammet for støj-kontamineret mennesketale har to spidser, den ene oven over den anden, hvor den laveste spids repræsenterer støj, og den højeste amplitude spids repræsenterer tale plus støj.

I den foretrukne udformning defineres "støj" for hvert frekvens bånd individuelt ved sortering af alle indkommende lydhændelser i amplitudebokse, og ved at konstruere et kumulativt amplitudehistogram, fra hvilket en elektrisk definition af "støj" afledes. Derpå bestemmes den absolutte mængde af støj i hvert frekvensbånd under anvendelse af denne definition. Definitionen opdateres kontinuerligt, således at ændrede støjforhold ikke interfererer med driften af signalbehandlingssystemet.

For at bestemme den løbende støjdefinition sorteres indkommende audioinformationer i frekvensbånd og i amplitudebokse inden for hvert frekvensbånd som vist på fig. 4.

I den foretrukne udformning initialiseres systemet således i en kort periode, som kan være så lille som mellem et sekund og 4 sekunder, hvor fire sekunder foretrækkes nu, for hvert frekvensbånd, et kumulativt amplitudehistogram tilvejebringes og mindskes gentagne gange i tætte intervaller (fx. ved at multiplicere indholdet af boksregistre med en konstant, som er mindre end 1). Mindskelsen af histogrammet er nødvendigt, fordi histogrammet ideelt, i sand tid, burde repræsentere den løbende indkommende lydinformation. Hvis histogrammet blot blev opdateret, efterhånden som nye lydhændelser indkom i systemet, ville estimeringen af de løbende støjniveauer blive påført en skævhed på grund af tidligere støjniveauer, som er forældede, når de sammenlignes med løbende sand-tids forhold.

Efterhånden som en ny lydhændelse kommer ind i frekvensbåndet, sorteres den til den tilsvarende amplitudeboks. Når hændelsen har en amplitude, som er mindre end den mindste hørbare tale, behandles hændelsen, som om den var den mindst hørbare talelyd. (Dette har den konsekvens, at en sådan lav-amplitudelydhændelse altid behandles som støj.)

Når det gennemsnitlige signalniveau er mindre end den maksimale amplitude, som omfattes af boks 7, betragtes lydhændelsen som havende mulighed for at rumme enten brugbar taleinformation eller støj, og den

- 7 -

adderes til det eksisterende kummulative histogram for amplituderne i frekvensbåndet.

Det antages på en à priori basis, at boksene i det kummulative histogram, som omfatter de laveste hændelser, indeholder støj. I denne foretrukne udformning bruges denne antagelse ved at definere alle lydhændelser, som er indeholdt i disse bokse, som rummer i det mindste de laveste 40% af amplituderne i det kummulative histogram, som støj. Hvis der er et total på 1000 hændelser i et bestemt kummulativt histogram på en bestemt tid, og 400 hændelser er lokaliseret i intervallerne 0 til 3, antages det således, at al informationen i intervallerne 0 til 3 er støj, og at al information i intervallerne 4 til 7 indeholder information, som kan have sammenhæng med tale, og som derfor kan være anvendelig til talemotagelse.

I praksis udføres denne proces ved at starte ved interval 0 og derpå at gå fremad til højere intervaller, indtil de fornødne 40% (eller mere) er nået. Lad det fx. antages, at det kummulative histogram for et bestemt frekvensbånd indeholder 1000 hændelser, hvor 100 sorteres i interval 0, 200 i interval 1, 300 i interval 2, og 80 i hver af intervallerne 3-7. Støjtærsklen skal rumme de laveste 40% af hændelserne i histogrammet eller 400 hændelser. Interval 0 indeholder 100 hændelser, hvilket er mindre end 400. Interval 1 plus interval 0 indeholder 300 hændelser, hvilket ligeledes er mindre end 400 hændelser. Interval 2 plus interval 1 plus interval 0 indeholder 600 hændelser, hvilket er lig med eller mere end 400 hændelser. Derfor betragtes alle hændelserne i intervallerne 2, 1 og 0 som værende støj, og informationen i de andre intervaller betragtes som værende mulig brugbar for talemotagelse.

Hvor en bestemt lydhændelse har en amplitude, som svarer til interval 2, betragtes hændelsen således, i dette eksempel, som værende støj, og støjniveauet opdateres.

Hvis hændelsen sorteres oven over interval 7, kan hændelsen enten være støj eller ikke, således at der bestemmes, om gennemsnitssignalet (målt over en periode, som hensigtsmæssigt, men ikke nødvendigvis er 50 millisekunder) er kraftigere end den største amplitude i interval 7. Hvis gennemsnitssignalet er højere end den højeste amplitude i interval 7, antages hele frekvensbåndet at rumme støj alene, og støjniveauet i frekvensbåndet antages at være lig med signálniveauet. Støjidentifikationsproceduren, som anvendes i den foretrukne udformning, har således det træk, at ekstremt høje og forlængede lyde umiddelbart tolkes som støj, og det er unødvendigt at gennemgå processen, med hvilken støjniveauet normalt bestemmes.

- 8 -

Sammenfattende estimeres den absolutte mængde af støj i hvert af frekvensbåndene individuelt og kontinuerligt, baseret på den kummulative fordeling af amplituderne i hvert bånd. Denne absolutte mængde af støj bruges til at ændre forstærkningerne i hvert af frekvensbåndene, og denne ændring beskrives i det følgende.

I den foretrukne udformning bestemmes lydforstærkningen i hvert individuelt frekvensbånd ikke af mængden af støj i det bånd alene, men snarere på den maskeringseffekt, som en sådan støj har på højere bånd. Hvor overdreven støj i bånd 6 kan mindske forståeligheden af tale i bånd 7, nedskæres lydforstærkningen i bånd 6 således til et niveau, ved hvilket støjen i bånd 6 ikke er mere end 3 dB højere end støjen i bånd 7 (eller den dæmpes til amplituden for de lavest modtagelige talelyde i bånd 6, hvis denne reduktion er mindre). Derpå kan forstærkningen i det næste lave bånd, nemlig bånd 5, indstilles, hvis dette er nødvendigt, for at forhindre støjen i bånd 5 i at interferere med forståeligheden af talelydene i bånd 6.

Rutediagrammet på fig. 6 gør dette klarere. Det skal noteres, at lydforstærkningen i det højeste bånd, nemlig bånd 7, aldrig indstilles for at kompensere for støj. Dette skyldes, at bånd 7 antages at inde holde talelydene med den højeste frekvens, og støj i dette bånd ikke har nogen effekt på forståeligheden af talelyden af højere frekvens. (Forstærkningen i bånd 7 indstilles for at kompensere for patientens høremangler, som beskrevet senere).

Idet dette eksempel begynder med bånd 6 som det aktuelle bånd, bestemmes det først, om støjniveauet i det næste højere bånd (her bånd 7) er lavere end den mindste modtagelige talelyd i bånd 7. Hvis dette er tilfældet, behandles støjniveauet, som om det er så højt som den laveste talelyd, som kan modtages i bånd 7. (Dette er ikke en væsentlig del af opfindelsen, men dette gøres for nemheds skyld, som forklaret senere).

Derpå træffes beslutningen, om støjen i det aktuelle bånd, her bånd 6, minus en tærskel, som i dette eksempel er 3 dB, er højere end støjen i det næste højere bånd, her bånd 7. Hvis dette ikke er tilfældet, er der ikke tilstrækkelig støj i bånd 6 til at forårsage forståelighedsproblemer i bånd 7, og forstærkningen i bånd 6 behøver ikke, og bliver heller ikke, indstillet. Hvis støjen i det aktuelle bånd, minus 3 dB grænsen, er højere end støjen i det næste højere bånd, dvs. bånd 7, kan støjniveauet i bånd 6 påvirke forståeligheden af talelydene i bånd 7. I dette tilfælde reduceres forstærkningen i bånd 6 så meget, at støjen i bånd 6, minus 3 dB, ikke er højere end støjen i bånd 7.

- 9 -

Denne proces gentages ved indstilling af bånd 5 som det aktuelle bånd og ved gentagelse af samme proces ved sammenligning af støjen i det aktuelle bånd (nu bånd 5) med støjen i det næste højere bånd (inklusive enhver forstærkningsindstilling) (her bånd 6). Den samme proces gentages derpå for de følgende lavere bånd, indtil støjen i bånd 0 er blevet vurderet, og forstærkningen i bånd 0 er indstillet, hvis det er nødvendigt.

Virkningen af denne algoritme illustreres på fig. 7. I eksempel 1 er støjen i hvert frekvensbånd langt neden under amplituden for de laveste modtagelige talelyde og kan derfor ikke påvirke forståeligheden af talelyde i noget bånd. Derfor reduceres ingen lydforstærkning i noget bånd for at kompensere for virkningen af støj. Dette sker, fordi støjen - af hensyn til signalbehandlingen - i hvert bånd behandles, som om den var på samme lydniveau som de lavest modtagelige talelyde i båndet. Derfor er det uvigtigt, at støjen i bånd 2 fx. overstiger støjen i bånd 3 mere end 3 dB. For kortheds skyld behandles støjniveauer, som er under de mindst modtagelige talelyde, som om de alle var lige uhørbare, og kun hørbare støjniveauer, fx. støj, som er kraftigere end sådanne lyde, reduceres. Reduktionen finder kun sted, indtil det relevante støjniveau når tærsklen for hørbarhed.

I eksempel 2 er støjen i hvert af frekvensbåndene 5, 6 og 7 lavere end de mindst modtagelige talelyde i disse bånd, så lydforstærkningerne i frekvensbåndene 5, 6 og 7 reduceres ikke. Støjniveauet i bånd 4 er imidlertid mere end 3 dB kraftigere end støjen i bånd 5 og vil derfor forårsage maskering i bånd 5. Lydforstærkningen af signalerne i frekvensbånd 4 reduceres derfor. Det skal noteres, at der er mere end 3 dB forskel mellem støjniveauerne ved udgangen (de behandlede) i båndene 4 og 5, men lydforstærkningen i bånd 4 dæmpes kun til det niveau, hvor støjen i bånd 4 bliver lige så kraftig som de laveste talelyde, som kan modtages i bånd 4. Yderligere reduktion er unødvendig. Processen fortsætter derpå for båndene 3, 2, 1 og 0. I hvert tilfælde overskrider støjniveauet i båndet støjen i det næste højere bånd mere end 3 dB, og lydforstærkningen til signalerne i frekvensbåndene dæmpes derpå.

I eksempel 3 skal det noteres, at støjen i bånd 6 er mindre end støjen i bånd 7. Som et resultat heraf lades forstærkningen i bånd 6 uændret. I alle de øvrige bånd overskrider støjniveauet i det aktuelle bånd det (reducerede) støjniveau i det næste højere bånd med mere end 3 dB, og lydforstærkningen i det aktuelle bånd reduceres for at eliminere maskeringseffekten.

Tærskelværdien på 3 dB er ikke en del af opfindelsen. Denne værdi sættes til 3 dB, fordi dette er blevet bestemt empirisk til at være den værdi, som giver

- 10 -

den mindste tonale farvning af den behandlede lyd. Tærsklen kan imidlertid sættes større eller lavere.

Den foretrukne udformning er beregnet til at forbedre forståeligheden af støjforurennet tale og også at korrigere for det bestemte høretab hos brugeren.

5 Denne sidste korrektion udføres i alle frekvensbånd, og ikke blot i de syv laveste.

I det enkleste tilfælde ville det være muligt at måle graden af høretab i hvert frekvensbånd og at tildele en passende forstærkning til signalerne i hvert frekvensbånd for at kompensere for det tab. Denne løsning er imidlertid
10 utilfredsstillende. Eftersom dette ville medføre passende resultater for gennemsnitlige taleniveauer, kunne lavere talelyde ikke forstærkes tilstrækkeligt til at blive gjort modtagelige for patienten, og kraftigere talelyde kunne forstærkes i en ukomfortabel grad.

Af denne grund udnytter den foretrukne udformning for opfindelsen et
15 adaptivt forstærkningssystem, som tilpasser forstærkningen, som tildeles lyd-hændelserne i et bestemt frekvensbånd, efter amplituden af sådanne hændelser. Princippet for denne adaptive forstærkning er illustreret på fig. 8.

Fig. 8 viser tre individuelle tilfælde i et bestemt aktuelt frekvensbånd. Hvor patientens hørelse er upåvirket i det aktuelle frekvensbånd, er der et
20 næært forhold mellem indgang og udgang, og det er ikke nødvendigt eller ønskeligt med nogen indstilling af forstærkningen. For en patient med et tab på 50 dB i det aktuelle frekvensbånd, forstærkes svagere talelyde mere end kraftigere talelyde. De mindst modtagelige talelyde forstærkes således med 50 dB, og de kraftigste talelyde på måske 100 dB forstærkes slet ikke. I det mest ekstreme til-
25 fælde, som vises, hvilket er et tab på 80 dB i det aktuelle frekvens bånd, er ændringen af forstærkningen meget større. Svage lyde forstærkes med så meget som 80 dB, medens kraftige lyde på fx. 100 dB slet ikke forstærkes.

I overensstemmelse med den foretrukne udformning af opfindelsen måler en audiolog patientens høretab i hvert frekvensbånd, og der udledes passende
30 forstærknings-/amplituderresponskurver, som programmeres ind i trin 30. Derpå indstilles lydforstærkningen, som tilføres de behandlede signaler i hvert frekvensbånd, i overensstemmelse med rutediagrammet vist på fig. 9. Med denne fremgangsmåde beregnes middelsignalet kontinuerligt over en tidskonstant på 50 millisekunder. Hvis en bestemt lydhændelse er væsentligt kraftigere
35 end det omgivende signalniveau (i dette tilfælde mere end 10 dB oven over det gennemsnitlige signalniveau) anvendes amplituden af lydhændelsen minus 10 dB tærsklen som basis for beregningen af den tilførte forstærkning. Hvor det

- 11 -

øjeblikkelige signal ikke er meget større end middelsignalet, anvendes middelsignalet som basis for beregning af forstærkningen.

P A T E N T K R A V

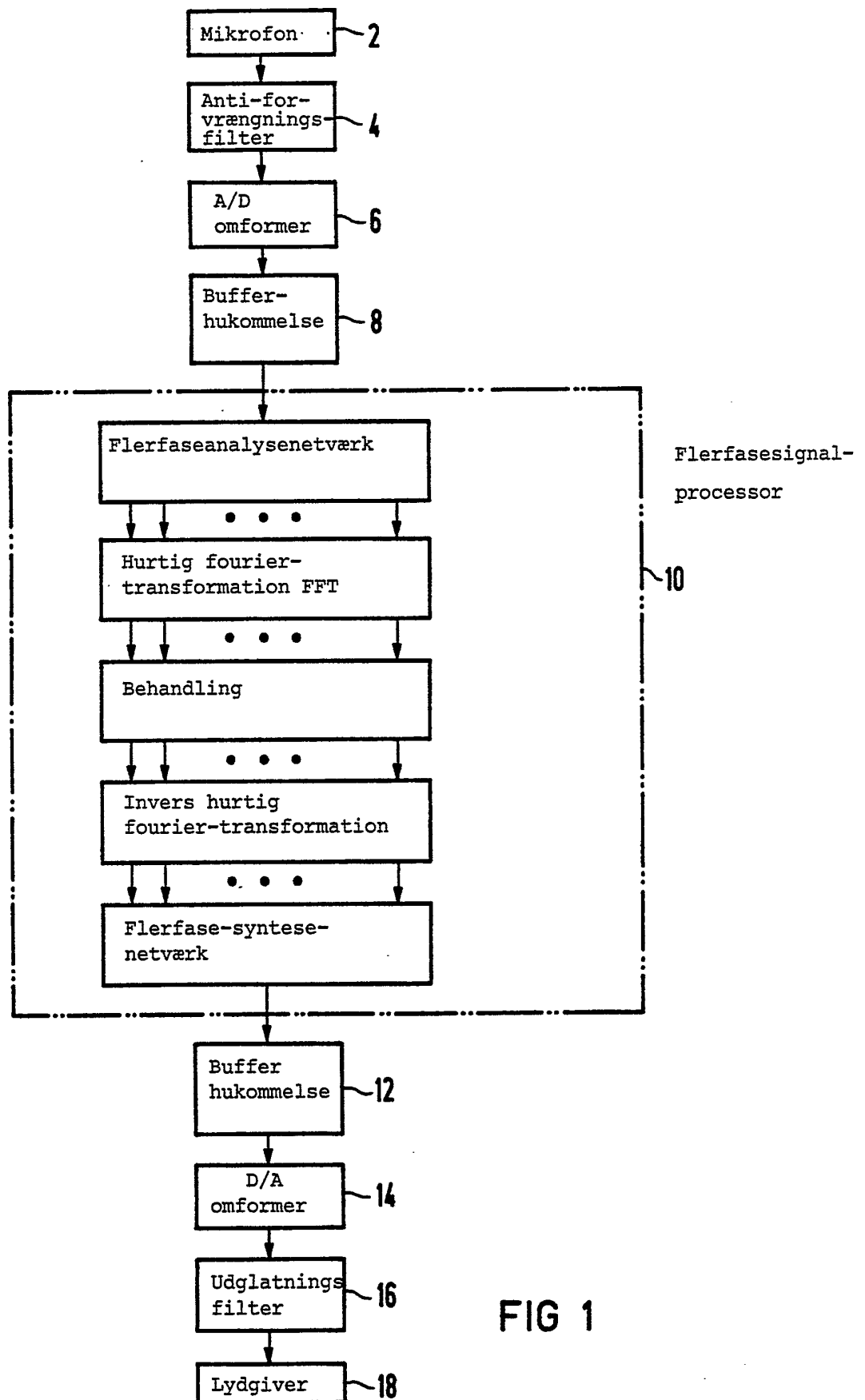
1. Signalbehandlingssystem til brug i høreapparater, hvor et indgangssignal, som indeholder støj og informationer, tilføres parallelt til et støjanalysekredsløb, som omfatter et antal båndpasfiltre, som dækker det frekvensområde,
5 som er forbundet med informationerne, hvor systemet indeholder:
midler (2) til fremstilling af et elektrisk signal fra mennesketale og omgivende støj,
midler (10a) til sortering af det elektriske signal i et antal ikke overlappende frekvensbånd, der indeholder et højeste frekvensbånd, et næsthøjeste frekvensbånd og et laveste frekvensbånd,
10 midler (10b) til estimering af en absolut mængde af støj i hvert frekvensbånd,

kendetegnet ved, at
15 midler (10d) til individuel variation af lydforstærkningen i hvert frekvensbånd, undtagen det højeste frekvensbånd, som funktion af den estimerede støj ved hjælp af midlerne (10b) til estimering, hvilke variationsmidler (10d) indeholder midler (10c) til sammenligning af en absolut
20 støjmængde i hvert frekvensbånd, undtagen det højeste frekvensbånd, med en absolut støjmængde i hvert næste højere frekvensbånd.
2. System ifølge krav 1, kendetegnet ved, at estimeringsmidlerne (10b) omfatter midler (10e) til fremstilling af et amplitudehistogram i det frekvensbånd, hvor den absolutte støjstørrelse skal estimeres, og endvidere midler (30)
25 til sammenligning af en gennemsnitssignalamplitude med en forud bestemt størrelse og midler (26) til indstilling af den pågældende, absolutte støjmængde efter den pågældende gennemsnitssignalamplitude, når den pågældende gennemsnitssignalamplitude overskrider den forud bestemte størrelse.
3. System ifølge krav 1, kendetegnet ved, at ændringsmidlerne (10d)
30 endvidere omfatter midler (32) til bestemmelse af, hvorvidt den absolutte mængde af hørbar støj i et aktuelt frekvensbånd, i hvilket forstærkningen skal indstilles, overskrider den absolutte mængde af hørbar støj i et næste højere frekvensbånd mere end en forudbestemt tærskelværdi.
4. System ifølge krav 3, kendetegnet ved, at ændringsmidlerne (10d) virker på en sådan måde, at forstærkningen reduceres, når den absolutte mængde
35 af hørbar støj i et aktuelt frekvensbånd, i hvilket forstærkningen skal indstil-

- 13 -

les, overskrider den absolutte mængde af hørbar støj i et næste højere frekvensbånd med mere end den forudbestemte tærskelværdi.

- 5 5. System ifølge krav 4, **kendetegnet ved**, at ændringsmidlerne (10d) virker på en sådan måde, at når den absolutte mængde af hørbar støj i et aktuelt frekvensbånd, i hvilket forstærkningen skal indstilles, overskrider den absolutte mængde af hørbar støj i et næste højere frekvensbånd med mere end den forudbestemte tærskelværdi, da reduceres forstærkningen til en værdi, ved hvilken den absolutte mængde af støj i det aktuelle frekvensbånd omtrent er så høj som de svageste talelyde, som kan modtages i dette aktuelle frekvensbånd.
- 10 6. System ifølge krav 4, **kendetegnet ved**, at tærskelværdien er 3 dB.
7. Signalbehandlingssystem ifølge krav 1, hvor der på kendt måde anvendes midler (6) til konvertering af indkommende lydinformation til digitale signaler, **kendetegnet ved**
 - et antal ikke overlappende amplitudebokse inden for hvert frekvensbånd,
 - 15 - midler (10e) til etablering af et amplitudebokshistogram for hvert frekvensbånd,
 - midler (10b) til estimering af en absolut mængde af hørbar støj i hvert frekvensbånd, baseret på en tilsvarende mængde i histogrammerne,
 - midler (10c) til bestemmelse af, om den absolutte mængde af hørbar støj i
 - 20 det lavere frekvensbånd overskrider den absolutte mængde af hørbar støj i det næste højere frekvensbånd mere end en forudbestemt tærskelværdi, og
 - midler (10d) til påvirkning af variationsmidlerne på en sådan måde, at lydforstærkningen i et bestemt frekvensbånd reduceres, når den absolutte
 - 25 mængde af hørbar støj i det pågældende frekvensbånd overskrider den absolutte mængde af hørbar støj i det næste højere frekvensbånd med mere end den forudbestemte tærskelværdi.
8. System ifølge krav 7, **kendetegnet ved**, at estimeringsmidlerne (10b) omfatter midler (28) til måling af en middalamplitude for signalerne over en
- 30 relativt kort periode og indstilling af den absolutte mængde af støj til middalamplituden, når middalamplituden overskrider en forudbestemt maksimumamplitude.
9. System ifølge krav 7, **kendetegnet ved**, at etableringsmidlerne (10e) endvidere omfatter midler til forsinkelse af histogrammerne over tiden.
- 35 10. System ifølge krav 9, **kendetegnet ved**, at forsinkelsesmidlerne virker på en måde, så hvert histogram repræsenterer 4 sekunder lydinformation.



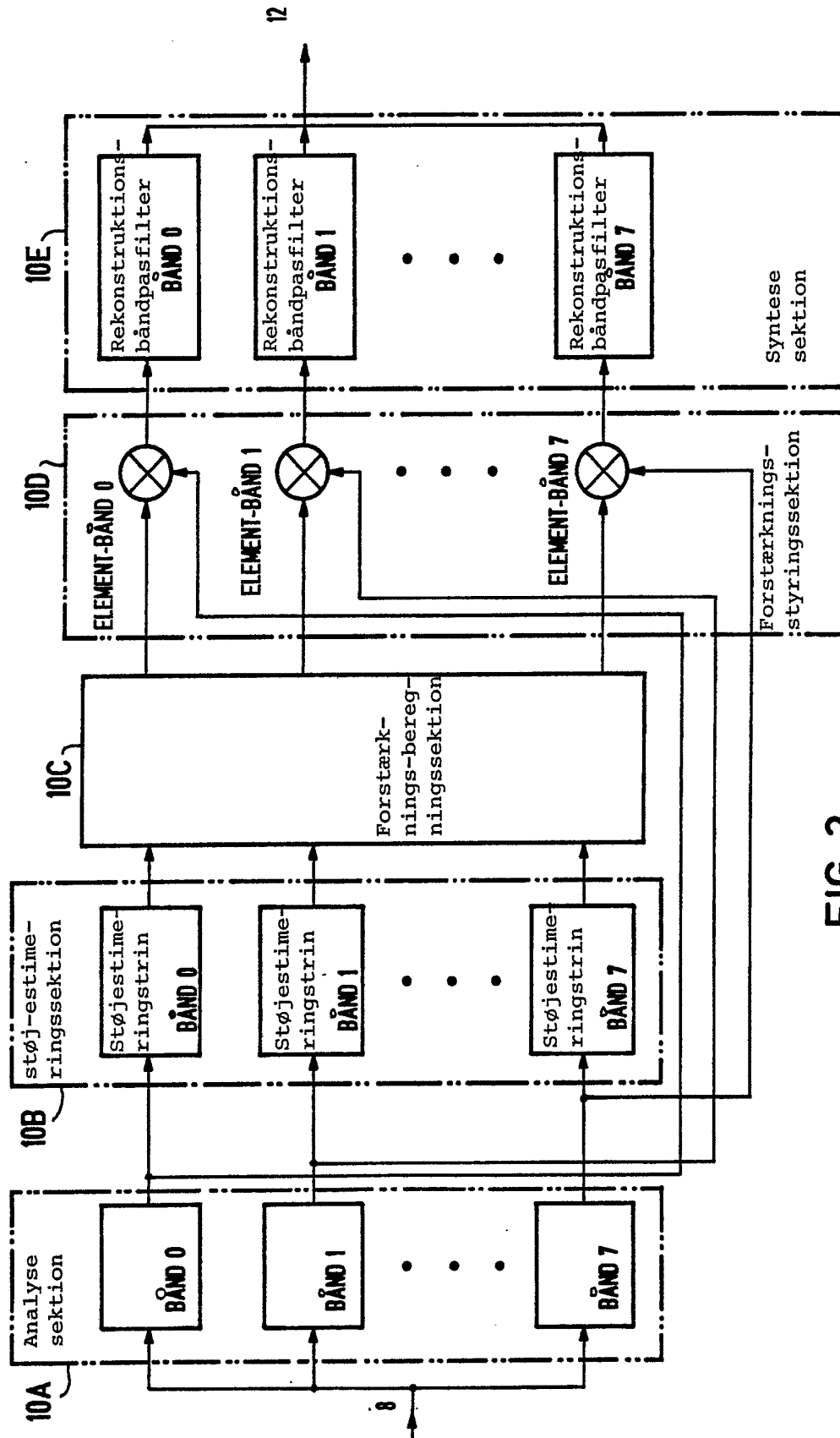


FIG 2

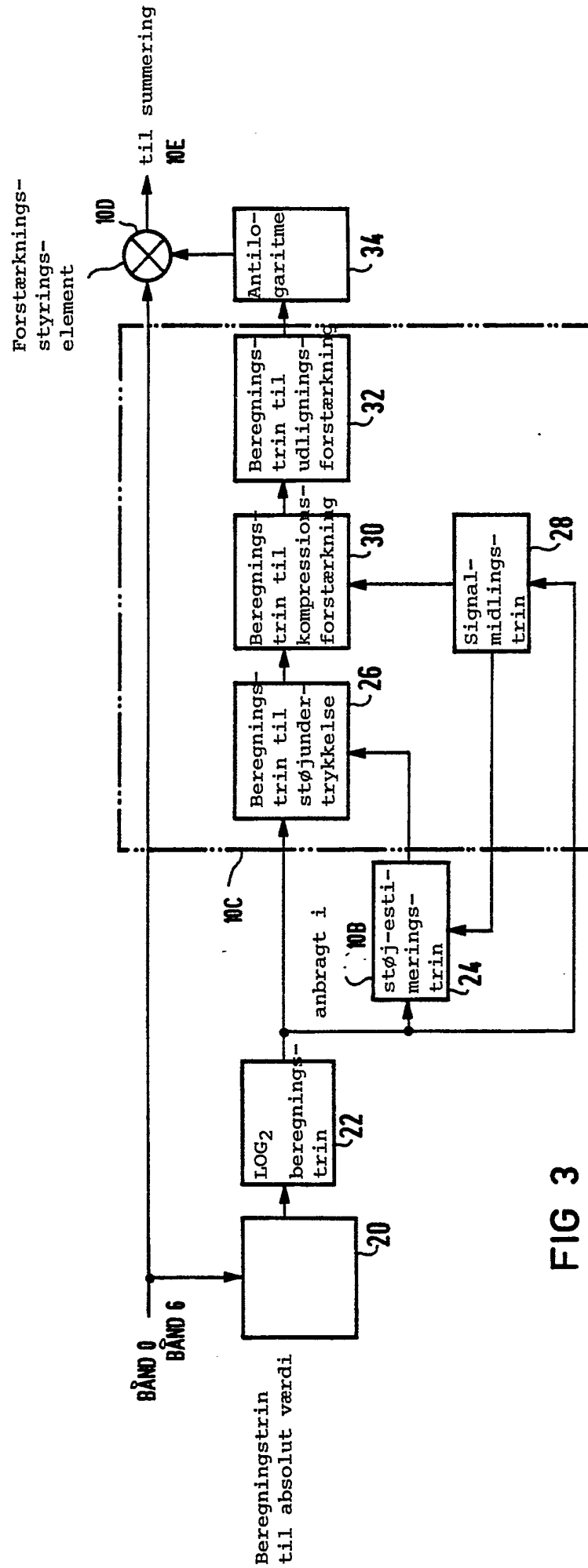


FIG 3

BIN = Boks

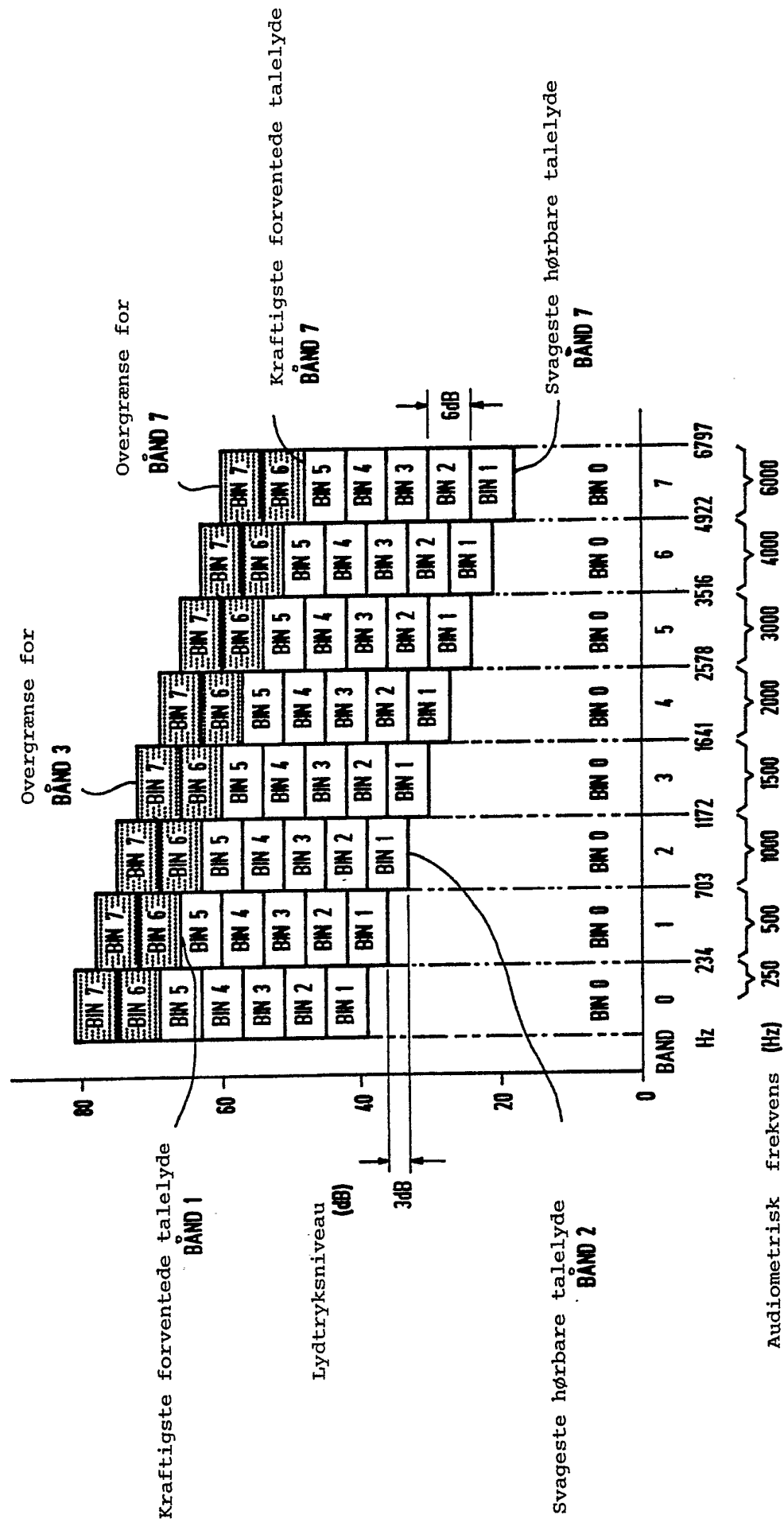


FIG 4

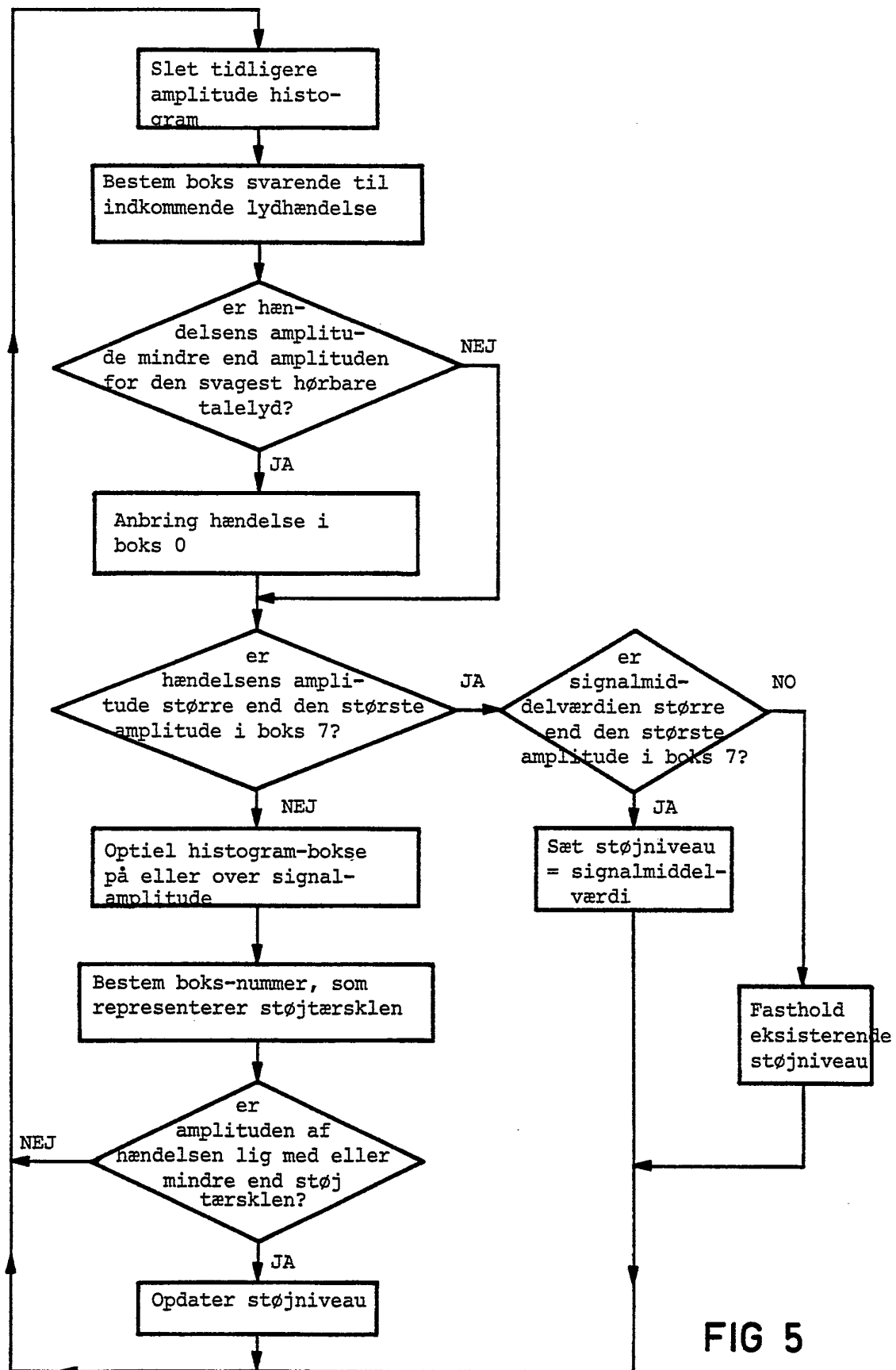


FIG 5

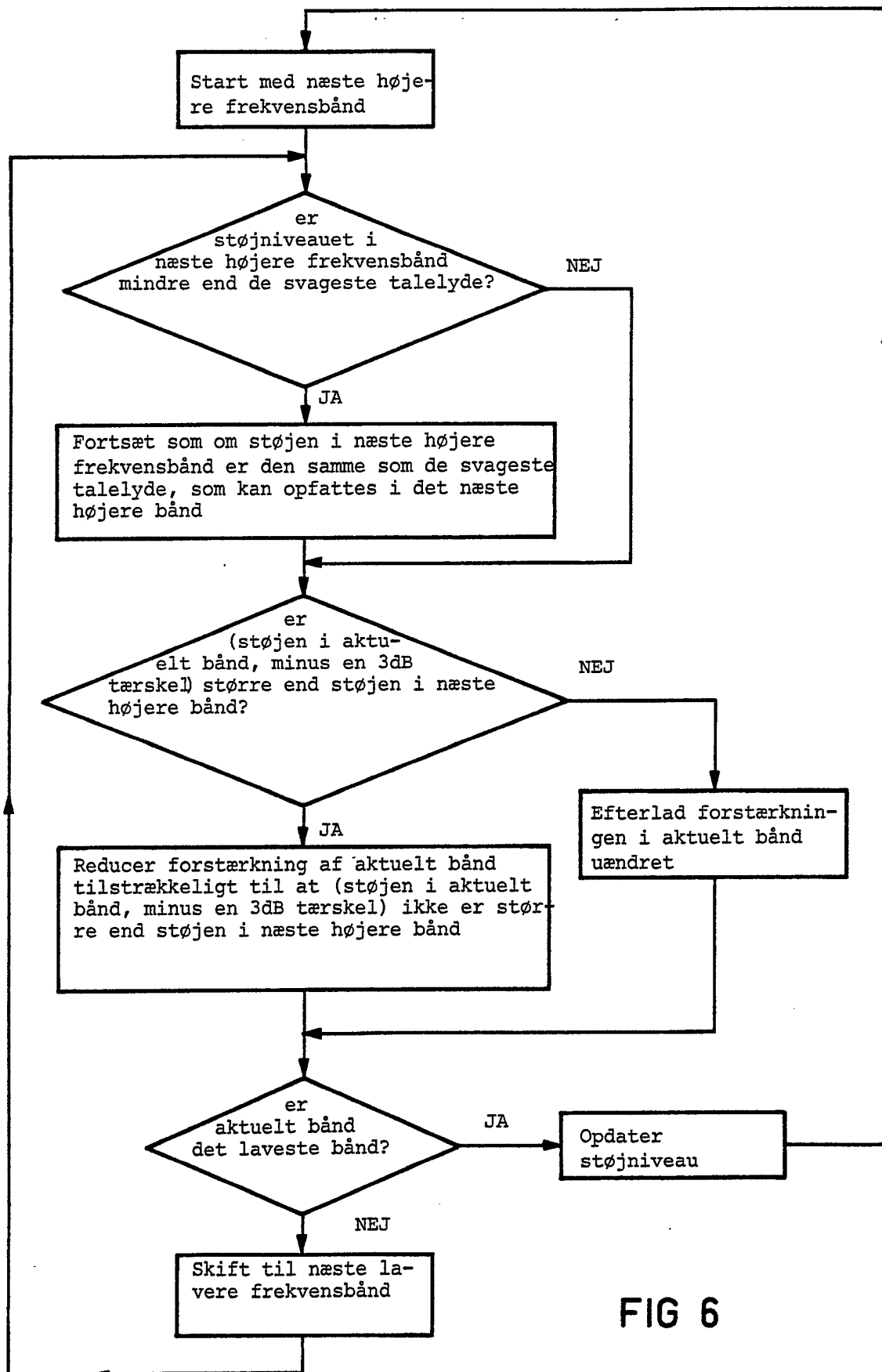


FIG 6

Indgangsstøj

Udgangsstøj

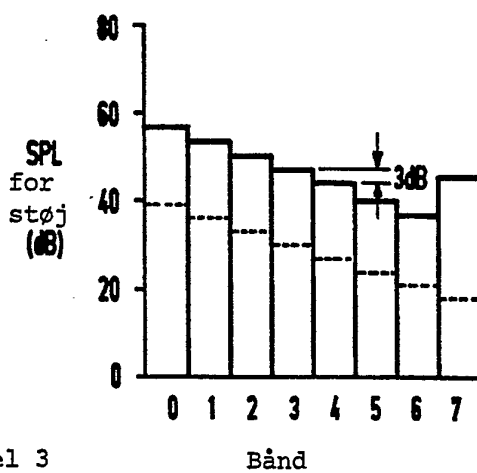
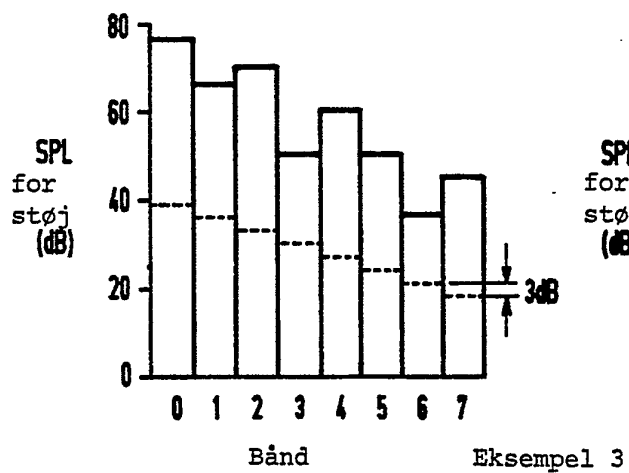
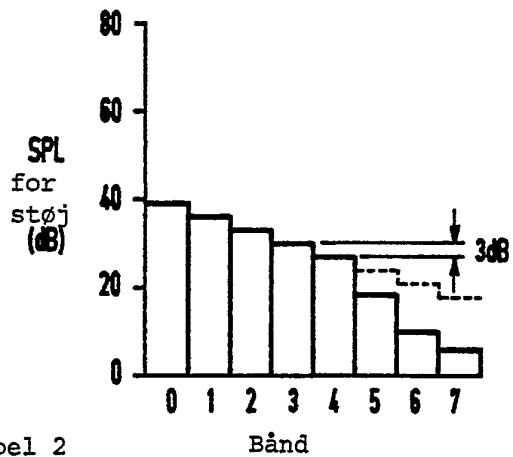
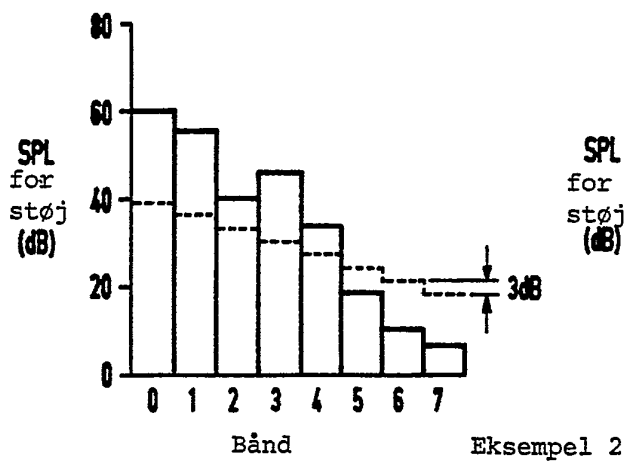
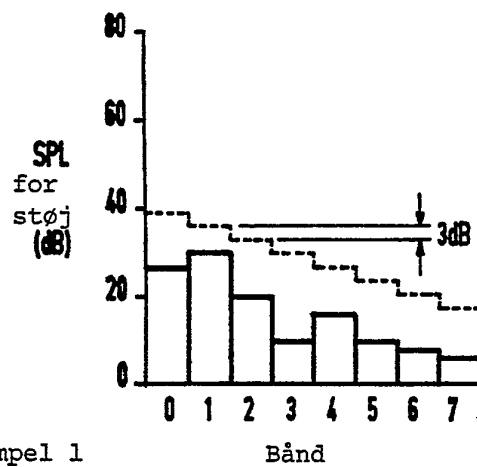
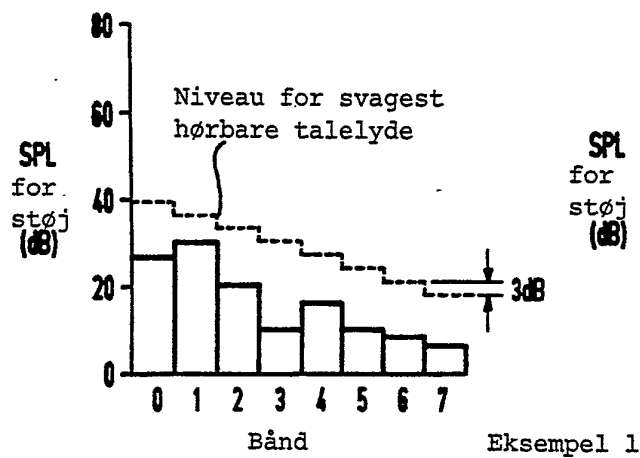


FIG 7

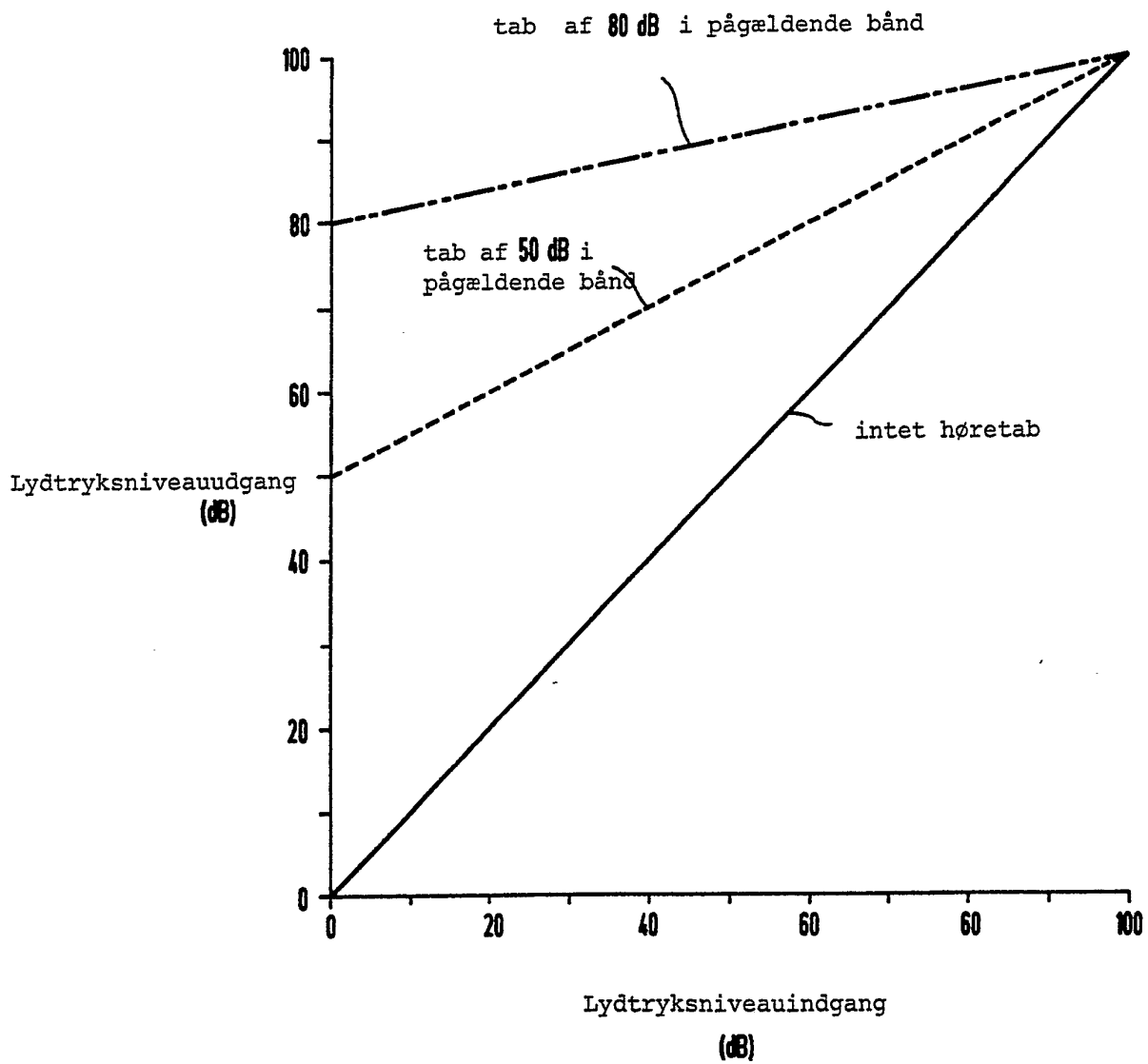


FIG 8

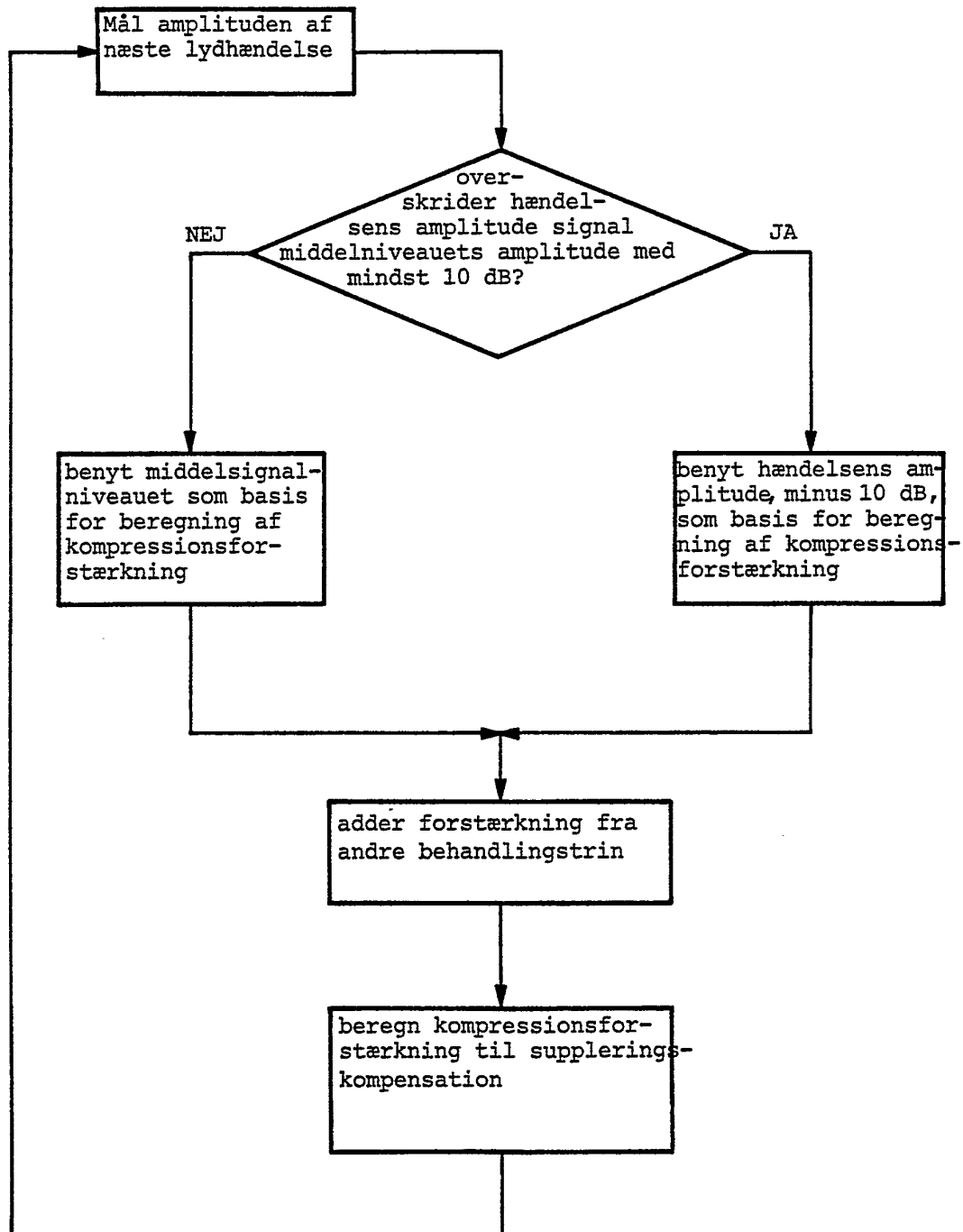


FIG 9