



Patent- og  
Varemærkestyrelsen

(51) Int.Cl.®: *H 04 R 25/00 (2006.01)*

(21) Patentansøgning nr: PA 2000 00179

(22) Indleveringsdag: 2000-02-03

(24) Løbedag: 2000-02-03

(41) Alm. tilgængelig: 2000-08-05

(45) Patentets meddelelse bkg. den: 2009-07-13

(30) Prioritet: 1999-02-04 DE 19904538.0

(73) Patenthaver: Siemens Audiologische Technik GmbH, Gebbertstrasse 125, 91058 Erlangen, Tyskland

(72) Opfinder: Tom Weidner, Elsaesser Str. 4, D-90461 Nürnberg, Tyskland

(74) Fuldmægtig: Chas. Hude A/S, H.C. Andersens Boulevard 33, 1780 København V, Danmark

(54) Benævnelse: Fremgangsmåde til tilbagekoblingsgenkendelse i et høreapparat og høreapparat

(57) Sammendrag:

Ved en fremgangsmåde til tilbagekoblingsgenkendelse i et høreapparat bestemmes et frekvensbånd (B), konstateres et første signalniveau ( $P_{S,B}$ ) i frekvensbåndet (B), dæmpes signalet på en signaloverføringsstrækning (28) i høreapparatet, og konstateres et andet signalniveau ( $P_{F,B}$ ) for det dæmpede signal i frekvensbåndet (B), og genkendes en tilbagekobling på grundlag af det konstaterede første og andet signalniveau ( $P_{S,B}$ ,  $P_{F,B}$ ). Et høreapparat har tilsvarende ejendommeligheder. En forekommende tilbagekobling kan genkendes pålideligt med opfindelsen.

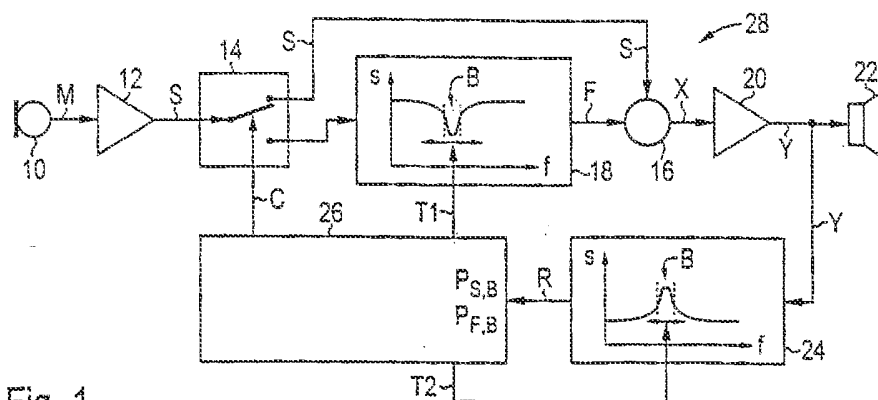


Fig. 1



Opfindelsen angår en fremgangsmåde til tilbagekoblingsgenkendelse i et høreapparat samt et høreapparat. Opfindelsen kan anvendes til alle høreapparatudførelser og -teknologier, for eksempel til ørehænger- eller i-øret-høreapparater, som kan være opbygget i analog eller digital kredsløbsteknik eller i blandingsformer.

5 Ved høreapparater eksisterer der i almindelighed problemet med en uønsket akustisk tilbagekobling (feedback) mellem en høretransducer og en mikrofon. En sådan tilbagekobling kan fremkalde fløjtestøj eller andre forstyrrelser og derved formindske høreapparat-brugerens fordel ved høreapparatet betydeligt eller endog reducere fordelene til nul. Alt efter høreapparatets egenskaber og høresituationen kan der forekomme en tilbagekobling ved forskellige frekvenser.

10 De fleste af de høreapparater, som findes på markedet for tiden, har ingen særlige indretninger til tilbagekoblingsgenkendelse og tilbagekoblingsundertrykkelse. Tilbagekoblinger kan ved sådanne apparater kun undgås ved en tilsvarende lav forstærkningsindstilling (forebyggende eller efter behov af brugeren). Disse foranstaltninger formindsker imidlertid også høreapparatets brugbarhed for sådanne brugere, som behøver en høj forstærkning.

Fra EP 0 415 677 A2 kendes der et høreapparat med en negativ tilbagekoblingsbane. Et filter, som er koblet ind i tilbagekoblingsbanen, modellerer egenskaberne ved den akustiske overføringsvej fra høretransduceren til mikrofonen for at udligne akustisk tilbagekoblede signalandele. Kvaliteten af den således opnåede tilbagekoblingsundertrykkelse er imidlertid meget afhængig af filterets egenskaber. Ydermere er det høreapparat, som er vist i EP 0 415 677 A2, teknisk omstændeligt.

Opfindelsen har følgende som opgave at genkende en i et høreapparat forekommende tilbagekobling pålideligt, således at der kan træffes egnede foranstaltninger til tilbagekoblingsundertrykkelsen. Tilbagekoblingsgenkendelsen skal fortrinsvis arbejde automatisk og pålideligt i et bredt frekvensområde og ikke være hørlig for høreapparat-brugeren.

20 Denne opgave løses ifølge opfindelsen med en fremgangsmåde med ejendommelighederne i krav 1 samt med et høreapparat ifølge krav 7. De afhængige krav angår foretrukne udførelsesformer af opfindelsen.

Opfindelsen er baseret på den grundidé at genkende en tilbagekobling ved, at der efter valg dæmpes et frekvensbånd, i hvilket tilbagekoblingen kunne forekomme, i signaloverføringsstrækningen mellem mikrofonen og høretransduceren. Hvert et signalniveau for det signal, som overføres på signaloverføringsstrækningen, konstateres med den tilkoblede dæmpning. Hvis der eksisterer en tilbagekobling i det overvågede frekvensbånd, formindskes signalniveauet stærkere af dæmpningen, end dette skulle forventes uden tilbagekobling. De tilbagekoblede signalandele gennemløber nemlig dæmpningstri-

net flere gange, således at tilbagekoblingen formindskes stærkt eller helt bryder sammen. Til sidst kan en forekommende tilbagekobling således genkendes pålideligt, og der kan træffes egnede modforanstaltninger.

Tilbagekoblingsgenkendelsen udføres fortrinsvis flere gange eller løbende i forskellige frekvensbånd. Det samlede frekvensområde, i hvilket der kan forekomme tilbagekoblinger (eksempelvis hele høreapparatets overføringsområde), kan dermed overvåges konstant. I udførelsesalternativer til høreapparatet overvåges kun nogle få frekvensområder, i det ekstreme tilfælde kun ét eneste. Dette kan være formålstjenligt, når der i bestemte høreapparat-konstruktionsmåder kun kan forventes bestemte tilbagekoblingsfrekvenser, eller når der skal anvendes særligt enkle og økonomiske båndpas- og/eller båndstopfiltre.

Da dæmpningen ifølge opfindelsen kobles ind i høreapparatets almindelige signaloverføringsstrækning, er det ønskeligt så vidt muligt at formindske dæmpningens hørlige indflydelse. Dette sker i foretrukne udførelsesformer ved en dæmpning i et relativt snævert frekvensbånd og/eller ved en kun kortvarig dæmpning og/eller ved en relativt lille dæmpningsgrad. Der kan med en eller flere af disse foranstaltninger opnås en tilbagekoblingsgenkendelse, som ikke kan iagttages af høreapparat-brugeren.

Valget af et snævert dæmpningsfrekvensbånd (dæmpningskarakteristik med høj flankestejlhed) er især formålstjenligt, når tilbagekoblingsgenkendelsen - som allerede nævnt - udføres gentagne gange med forskellige frekvensbånd. Det dæmpede frekvensbånds bredde (afstand mellem grænsefrekvenser) kan for eksempel være 100 Hz til 2 kHz.

I yderligere udførelsesformer er den dæmpede drifts varighed kun 0,5 ms til 50 ms, fortrinsvis 5 ms. Der kan således eksempelvis omskiftes mellem dæmpet og udæmpet drift med en frekvens på 10 Hz til 1 kHz, fortrinsvis 100 Hz. Tidsforholdet mellem disse to driftsformer kan være 1:1 eller for eksempel fastsætte en længere udæmpet drift. Når et snævert frekvensbånd kun dæmpes i korte tidsintervaller, kan dæmpningsgraden være relativt høj og eksempelvis være 10 dB. Derved opnås en høj genkendelsessikkerhed, og alligevel undgås det, at høreapparat-brugeren generes.

For at genkende en tilbagekoblingssituation konstateres der signalstyrker med og uden dæmpning. Signalstyrkerne konstateres fortrinsvis kun i det frekvensbånd, som også er underkastet dæmpningen. Derved opnås der en særligt høj genkendelsessikkerhed og støjufølsomhed. I udførelsesalternativer til høreapparatet kan der imidlertid konstateres signalstyrker i bredere frekvensbånd, eller i det ekstreme tilfælde nogle i det samlede overføringspektrum.

Det er fortrinsvis foreslået som kriterium for tilbagekoblingsgenkendelsen at anvende svækkelsen af signalstyrken ved hjælp af den dæmpning, som er koblet ind i sig-

naloverføringsstrækningen. Det kan for eksempel konstateres, om signalsvækkelsen overstiger en forudbestemt grænseværdi. Denne grænseværdi kan være ca. dobbelt eller tre gange så stor som den dæmpning, der kan forventes ved en ikke-tilbagekoblende høreapparatdrift.

5 Dæmnings-frekvensbåndet kan i foretrukne udførelsesformer ændres i trin eller kontinuerligt. For at overvåge et bredt frekvensområde kan dette gennemløbes vedvarende, eller der kan hyppigere vælges "kritiske frekvenser". I foretrukne videreudviklinger udvælges frekvensbåndet til overvågningen på grundlag af en forundersøgelse af det signal, som overføres af høreapparatet. Dæmnings-frekvensbåndet kan således ek-  
10 sempelvis indstilles på en særligt høj signalandels frekvens. Der kan alternativt eller yderligere anvendes en oscillationsdetektor, som reagerer på (sinusformede) tilbagekoblingstoner. En sådan oscillationsdetektor kan for eksempel bestemme tidsintervallerne mellem nulgennemgange i høreapparatsignalet og udnyttes til indstillingen af dæmnings-frekvensbåndet.

15 I videreudformninger af opfindelsen genkendes en forekommet tilbagekobling ikke kun, men undertrykkes også i stor udstrækning eller fuldstændigt. Netop den dæmpning af høreapparatsignalet, der er foreslået ifølge opfindelsen, kan anvendes dertil, når den er stærk nok til at lade tilbagekoblingen bryde sammen. Der kan alternativt eller yderligere være foreslået andre indretninger til tilbagekoblingsundertrykkelsen, for eksempel  
20 en forstærker med indstillelig forstærkning og/eller et yderligere båndstopfilter og/eller en indretning til faseforskydning eller -drejning af høreapparatsignalet.

Høreapparatet er i foretrukne udførelsesformer videreudformet i overensstemmelse med de ovenfor beskrevne eller i kravene definerede ejendommeligheder ved tilbagekoblings-genkendelsesfremgangsmåden. Fremgangsmåden har ligeledes fortrinsvis trin,  
25 som svarer til høreapparatets ejendommeligheder.

Flere udførelseseksempler på opfindelsen forklares mere nøjagtigt i det følgende ved hjælp af de skematiske tegninger. På disse viser:

30 fig. 1 et blokdiagram over et høreapparat, i hvilket der er implementeret en fremgangsmåde ifølge opfindelsen til tilbagekoblingsgenkendelse, og

fig. 2 et blokdiagram over et høreapparat som på fig. 1 med en indretning til tilbagekoblingsundertrykkelse.

35 Ved det høreapparat, som er vist på fig. 1, genereres der et mikrofonsignal M af en mikrofon 10. En forstærker 12, der er udformet som forforstærker, behandler mikrofonsignalet M og genererer et overføringssignal S, som ledes til en elektronisk styret

omskifterens 14 indgang. I omskifterens 14 koblingstilstand, som er vist på fig. 1, føres overføringssignalet S direkte til et sammenkædningsselement 16, medens overføringssignalet S i omskifterens 14 modsatte koblingstilstand ledes via et afstemmeligt båndstopfilter 18. Båndstopfilterets 18 udgangssignal ligger som filtersignal F på sammenkædningsselementet 16.

Sammenkædningsselementet 16 leder alt efter omskifterens 14 stilling det aktive af de to ventende signaler S og F uændret videre som udgangssignal X til et sluttrin 20. Sluttrinet 20 forstærker udgangssignalet X på i og for sig kendt måde og genererer således et gengivelsessignal Y, som gengives af en høretransducer 22, eksempelvis en højttaler eller en telefonkapsel.

Gengivelsessignalet Y ligger endvidere på et afstemmeligt båndpasfilter 24. Båndpasfilteret 24 genererer et resultatsignal R, som føres til en styreenhed 26. I udførelsesalternativerne føres ikke gengivelsessignalet Y, men udgangssignalet X til båndpasfilteret 24. Disse udførelsesalternativer er ækvivalente med det på fig. 1 viste udførelseseksempel, når sluttrinet 20 har lineære forstærkningsegenskaber. Hvis sluttrinet 20 imidlertid arbejder ikke-lineært (for eksempel har en indgangsniveau-afhængig forstærkning), har kredsløbet ifølge fig. 1 den fordel, at der også tages hensyn til sluttrinsegenskaberne ved tilbagekoblingsgenkendelsen.

Styreenheden 26 genererer et styresignal C til omskifteren 14 og to afstemningssignaler T1, T2. Frekvensbåndet B i båndstopfilterets 18 spærreområde indstilles af det første afstemningssignal T1 og frekvensbåndet B i båndpasfilterets 24 gennemgangsområde af det andet afstemningssignal T2. Båndstopfilterets 18 og båndpasfilterets 24 frekvensgange er på fig. 1 og fig. 2 vist skematisk med hver en filterkarakteristik med frekvensen  $f$  og signalgennemgangsgraden  $s$  som koordinataksler.

Under høreapparatets drift ifølge fig. 1 danner mikrofonen 10, forstærkeren 12, sluttrinet 20 og høretransduceren 22 en signaloverføringsstrækning 28, som i og for sig er kendt. Ved høreapparatet ifølge opfindelsen kobles båndstopfilteret 18 imidlertid efter valg ind i denne signaloverføringsstrækning 28 for at dæmpe frekvenser i frekvensbåndet B. Dertil kobler styreenheden 26 i det foreliggende udførelsestilfælde omskifteren 14 frem og tilbage mellem høreapparatets udæmpede og dæmpede driftsmode med en frekvens på 100 Hz.

I det her beskrevne udførelseseksempel har båndstopfilterets 18 spærreområde og båndpasfilterets 24 gennemgangsområde altid et identisk frekvensbånd B. På tilsvarende måde er afstemningssignalerne T1, T2 også identiske. Frekvensbåndet B holdes konstant i den periode, som en koblingscyklus for omskifteren 14 varer (altså i en dæmpet og en udæmpet driftsfase). Inden den næste koblingscyklus's begyndelse indstilles begge filtre 18, 24 på et nyt frekvensbånd B for at overvåge dette for en tilbagekobling. I det her

beskrevne udførelseseksempel gennemløbes filtrenes 18, 24 samlede afstemningsområde derved successivt, hvorved frekvensbåndet B ved hvert trin forskydes med sin bredde.

Med henblik på tilbagekoblingsgenkendelsen konstaterer styreenheden 26 i hver koblingscyklus udført af omskifteren 14 et første signalniveau  $P_{S,B}$  for det overførings-  
 5 signal S, som er udæmpet og forstærket af sluttrinnet 20, i frekvensbåndet B og et andet signalniveau  $P_{F,B}$  for det filtersignal F, som er dæmpet af båndstopfilteret 18 og forstærket af sluttrinnet 20, i frekvensbåndet B. Som det fremgår af fig. 1 og fig. 2, er båndstopfilteret 18 derved lige koblet ind i signaloverføringsvejen 18, når det andet signalniveau  $P_{F,B}$  konstateres. Styreenheden 26 udnytter resultatsignalet R fra båndpasfilteret 24,  
 10 som er afstemt efter frekvensbåndet B, til konstatering af signalniveauet.

Når de to signalniveauer  $P_{S,B}$  og  $P_{F,B}$  er blevet konstateret, beregner styreenheden 26 disses differens  $P_{S,B} - P_{F,B}$ . Denne differens svarer til den signalsvækkelse, som er fremkaldt ved båndstopfilterets 18 indkobling i signaloverføringsstrækningen 28. Hvis der ikke foreligger nogen tilbagekobling, vil differensen  $P_{S,B} - P_{F,B}$  omtrent være lig  
 15 med den normale svækkelse W via båndstopfilteret 18. Den normale svækkelse W er kendt i forvejen. Den bestemmes ud fra båndstopfilterets 18 egenskaber, især filterkarakteristik. Eksempelvis kan W være  $\approx 10$  dB.

I en tilbagekoblingssituation i frekvensbåndet B vil der derimod ved indskydelsen af båndstopfilteret 18 forekomme en differens  $P_{S,B} - P_{F,B}$ , som er tydeligt større end  
 20 båndstopfilterets 18 normale svækkelse W. Dette skyldes, at de tilbagekoblede signalandele gennemløber båndstopfilteret 18 gentagne gange og dæmpes på tilsvarende måde gentagne gange. Der gælder således  $P_{S,B} - P_{F,B} > W$ . I det ovennævnte eksempel med  $W \approx 10$  dB kan differensen  $P_{S,B} - P_{F,B}$  ved forekomsten af en tilbagekobling være ca. 15 dB eller 20 dB. Styreenheden 26 konstaterer derpå tilbagekoblingssituationen ved at sammenligne differensen  $P_{S,B} - P_{F,B}$  med en forudbestemt tærskelværdi, som eksempelvis  
 25 kan være  $W + 5$  dB eller  $2 \times W$ . En tilbagekobling genkendes ved en signalsvækkelse, som overstiger tærskelværdien, ved indkoblingen af båndstopfilteret 18, ellers ikke.

I det foreliggende udførelseseksempel konstateres signalniveauerne  $P_{S,B}$  og  $P_{F,B}$  på en logaritmisk skala, således at disses differens  $P_{S,B} - P_{F,B}$  udtrykker et signalstyrkeforhold. Sluttrinnet 20 (her som lineært antagne) forstærkningsfaktor spiller derfor ikke  
 30 nogen rolle. I udførelsesalternativer, i hvilke signalniveauerne  $P_{S,B}$  og  $P_{F,B}$  konstateres på anden måde, skal der ved disses sammenligning eller ved fastlæggelsen af tærskelværdien tages hensyn til sluttrinsforstærkningen.

Der kan træffes egnede modforanstaltninger på grundlag af den tilbagekoblingsgenkendelse, som er vist på fig. 1. Disse kan bestå i, at hver forekommende tilbagekobling vises høreapparat-akustikeren ved tilpasningen af høreapparatet, således at han eller hun kan ændre høreapparat-indstillingerne på egnet måde. I foretrukne udførelsesek-

- 6 -

sempler på opfindelsen indeholder høreapparatet imidlertid en indretning til automatisk tilbagekoblingsundertrykkelse, som reagerer på den netop beskrevne tilbagekoblingsgenkendelse. Et sådant høreapparat er vist på fig. 2.

I kredsløbet ifølge fig. 2 er forstærkeren 12 udformet som regulerbar forstærker, hvis forstærkningsfaktor indstilles af styreenheden 26 ved hjælp af et forstærknings-indstillingssignal A. Ellers svarer kredsløbet til det på fig. 1, og funktionsmåden med hensyn til tilbagekoblingsgenkendelsen er også identisk med det ovenfor beskrevne.

Ved høreapparatet ifølge fig. 2 overvåges signaloverføringsstrækningen 28 for tilbagekoblinger efter indkoblingen af høreapparatet eller efter en initialiseringskommando, som er udløst af brugeren eller høreapparat-akustikeren. Styreenheden 26 forøger efterhånden høreapparatets forstærkning, så længe der ikke forekommer nogen tilbagekobling, og en forudbestemt maksimumsforstærkning endnu ikke er nået. En sådan forstærkningsindstilling kan enten finde sted i høreapparatets samlede overføringsområde eller - hvis høreapparat-kredsløbet tillader det - i enkelte frekvensområder. I det sidstnævnte tilfælde kan enkelte tilbagekoblingsudsatte frekvensbånd således sænkes målrettet.

Høreapparatets netop beskrevne automatiske indstillingsproces ved hver indkobling og/eller ved høreapparatets tilpasning er allerede meget gavnlig og behagelig for høreapparat-brugeren. I yderligere udførelseseksempler finder der ydermere en løbende tilbagekoblingsovervågning og tilbagekoblingsundertrykkelse sted. Ved hver genkendt tilbagekobling kan den samlede forstærkning og/eller forstærkningen i det pågældende frekvensbånd således formindskes. Denne formindskelse kan enten være permanent eller ophæves efterhånden igen, således at høreapparatet løbende tilpasses til foranderlige omgivelsesbetingelser.

De diagrammer, som er vist på fig. 1 og fig. 2, gengiver mulige kredsløb i analogt opbyggede høreapparater. Der findes tilsvarende funktioner til høreapparater i digital eller delvist digital teknik. De på fig. 1 og fig. 2 viste komponenter (med undtagelse af mikrofonen 10 og høretransduceren 22) kan være udformet delvist eller helt som moduler i et styreprogram i en digital signalprocessor (DSP). Styreenhedens 26 funktioner kan især udføres af en på egnede måde programmeret processor.

PATENTKRAV

1. Fremgangsmåde til tilbagekoblingsgenkendelse i et høreapparat, som har en signaloverføringsstrækning (28) mellem en mikrofon (10) og en høretransducer (22), med trinene:
  - a) Bestemmelse af et frekvensbånd (B) til tilbagekoblingsgenkendelsen,
  - b) konstatering af et første signalniveau ( $P_{S,B}$ ) for et signal, som overføres på signaloverføringsstrækningen (28), i frekvensbåndet (B),
  - c) dæmpning af det signal, som overføres på signaloverføringsstrækningen (28), i frekvensbåndet (B) og konstatering af et andet signalniveau ( $P_{F,B}$ ) for det dæmpede signal i frekvensbåndet (B) og
  - d) genkendelse af en tilbagekobling i frekvensbåndet (B) på grundlag af de konstaterede første og anden signalniveauer ( $P_{S,B}$ ,  $P_{F,B}$ ).
2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, kendetegnet ved, at trinene a) til d) udføres gentagne gange med forskellige frekvensbånd (B) til tilbagekoblingsgenkendelsen.
3. Fremgangsmåde ifølge krav 1 eller krav 2, kendetegnet ved, at der anvendes et resultatsignal (R) fra et båndpasfilter (24), som er afstemt efter frekvensbåndet (B), til konstateringen af det første og/eller det andet signalniveau ( $P_{S,B}$ ,  $P_{F,B}$ ) i frekvensbåndet (B).
4. Fremgangsmåde ifølge et af kravene 1 - 3, kendetegnet ved, at der kobles et båndstopfilter (18), som er afstemt efter frekvensbåndet (B), ind i signaloverføringsstrækningen (28) til dæmpningen af det signal, som overføres på signaloverføringsstrækningen (28), i frekvensbåndet (B).
5. Fremgangsmåde ifølge et af kravene 1 - 4, kendetegnet ved, at en tilbagekobling genkendes, når differensen mellem det første og det andet signalniveau ( $P_{S,B}$ ,  $P_{F,B}$ ) overstiger en forudbestemt tærskelværdi.
6. Fremgangsmåde ifølge et af kravene 1 - 5, kendetegnet ved, at frekvensbåndet (B) til tilbagekoblingsgenkendelsen bestemmes i afhængighed af en analyse af det signal, som overføres på signaloverføringsstrækningen (28).
7. Høreapparat, især til udførelse af en fremgangsmåde ifølge et af kravene 1 - 6, med:
  - en signaloverføringsstrækning (28) mellem en mikrofon (10) og en høretransducer (22),
  - et båndstopfilter (18), som efter valg kan kobles ind i signaloverføringsstrækningen (28),
  - en styreenhed (26) til konstatering af et første signalniveau ( $P_{S,B}$ ) for et signal, som overføres på signaloverføringsstrækningen (28) uden båndstopfilteret (18), og af et

- 8 -

- andet signalniveau ( $P_{F,B}$ ) for et signal, som overføres på signaloverføringsstrækningen (28) med båndstopfilteret (18), og til genkendelse af en tilbagekobling på grundlag af det konstaterede første og andet signalniveau ( $P_{S,B}$ ,  $P_{F,B}$ ).
8. Høreapparat ifølge krav 7, kendetegnet ved, at styreenheden (26) er indrettet til at bestemme et frekvensbånd (B) til tilbagekoblingsgenkendelsen og til at afstemme båndstopfilteret (18).
9. Høreapparat ifølge krav 8, kendetegnet ved, at der findes et båndpasfilter (24), som afstemmes efter frekvensbåndet (B), og hvis resultatsignal (R) tjener til konstatering af det første og det andet signalniveau ( $P_{S,B}$ ,  $P_{F,B}$ ).
10. Høreapparat ifølge et af kravene 7 - 9, kendetegnet ved, at der er tilvejebragt en indretning, især en forstærker (12) med indstillelig forstærkning, til undertrykkelse af en tilbagekobling, som er genkendt af styreenheden (26).

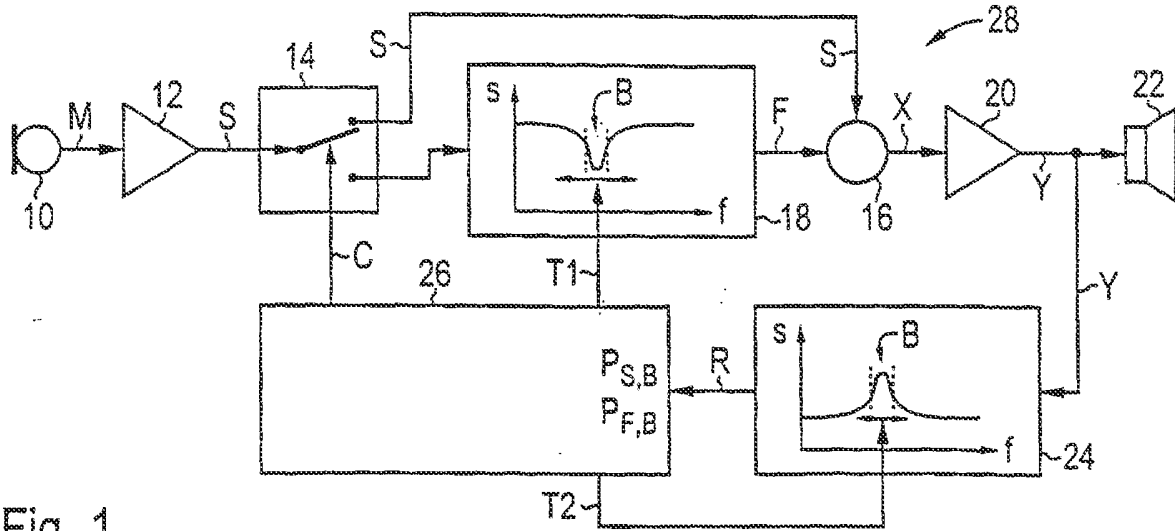


Fig. 1

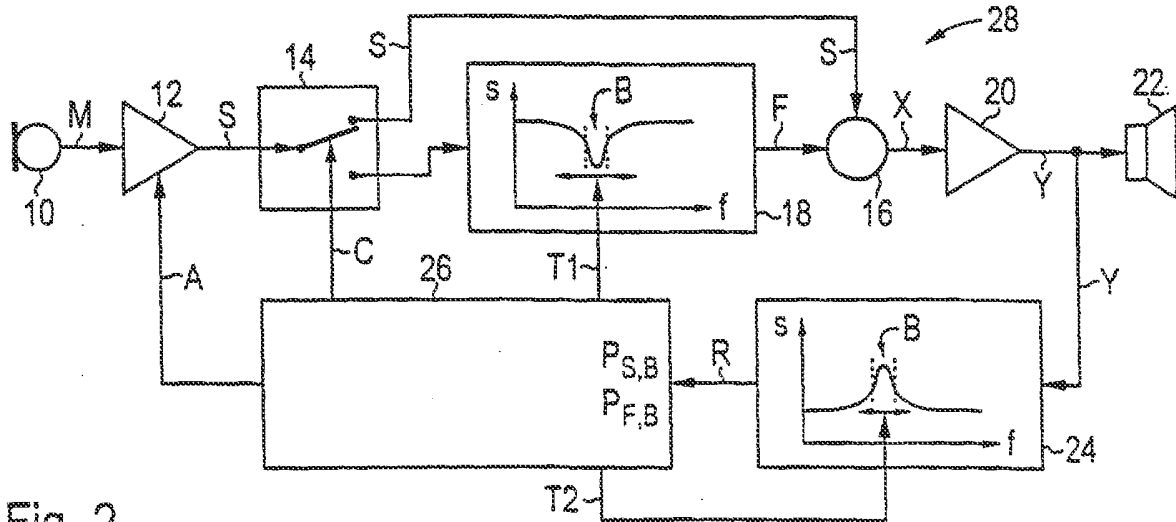


Fig. 2