
Octrooiraad



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **8203428**

Nederland

⑲ **NL**

- ⑤④ **Inrichting voor het omzetten van een elektrisch signaal in een akoestisch signaal.**
- ⑤① Int.Cl³: H03F 1/02, H04R 1/28.
- ⑦① Aanvrager: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.
- ⑦④ Gem.: Ir. R.A. Bijl c.s.
Internationaal Octroobureau B.V.
Prof. Holstlaan 6
5656 AA Eindhoven.

-
- ②① Aanvraag Nr. 8203428.
 - ②② Ingediend 2 september 1982.
 - ③② --
 - ③③ --
 - ③① --
 - ⑥② --

-
- ④③ Ter inzage gelegd 2 april 1984.

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 voor het omzetten van een elektrisch signaal in een akoestisch signaal.

De uitvinding heeft betrekking op een inrichting voor het omzetten van een elektrisch signaal in een akoestisch signaal, omvattende een ingangsaansluitklem voor het ontvangen van een elektrisch ingangssignaal, een elektro-akoestische omzettereenheid, en een versterkerschakeling voor het aansturen van de elektro-akoestische omzettereenheid, welke versterkerschakeling is voorzien van een ingang gekoppeld met de ingangsaansluitklem, en een uitgang gekoppeld met de elektro-akoestische omzettereenheid. De uitvinding heeft eveneens betrekking op een versterkerschakeling voor het aansturen van een elektro-akoestische omzettereenheid. Bekende inrichtingen van de in de aanhef genoemde soort hebben een omzettereenheid die in het algemeen een kwaliteitsfaktor tenminste ongeveer gelijk aan 1 heeft. De bekende omzettereenheid heeft een frequentie karakteristiek die relatief vlak is in een frequentiegebied liggend tussen de resonantiefrequentie van de omzettereenheid en de opbreekfrequentie van de omzettereenheid, zie hiervoor "Theory and numerical calculation of the vibration and sound radiation of cone and dome loudspeakers with non-rigid diaphragms", preprint No. 1437 (D-1) van de 62ste Conventie van de Audio Engineering Society gehouden 13 tot 16 maart 1979 te Brussel, in het bijzonder figuren 5a en 6.

Dergelijke omzettereenheden worden aangestuurd met versterkerschakelingen (versterkers) die een vlakke frequentie karakteristiek bezitten. De bekende inrichting heeft echter het bezwaar dat zijn rendement gedefinieerd als de verhouding van het akoestisch uitgangsvermogen van de omzettereenheid tot het elektrisch ingangsvermogen toegevoerd aan de ingangsklem nogal laag is.

De uitvinding beoogt een inrichting te verschaffen waarvan het rendement beduidend hoger is. De inrichting volgens de uitvinding heeft daartoe als kenmerk, dat de elektro-akoestische omzettereenheid een kwaliteitsfaktor bezit die kleiner is dan één, dat de versterkerschakeling een frequentieafhankelijke versterkingsfaktor heeft met een frequentie karakteristiek die tenminste in een frequentiegebied tussen een eerste frequentie, die tenminste ongeveer overeenkomt met de resonantiefrequentie van de omzettereenheid, en een tweede frequentie,

8203428

die boven de eerste frekwentie ligt, een afvallend verloop bezit, welk verloop ten naaste bij de inverse is van het verloop van de frekwentie-
karakteristiek van de omzettereenheid in genoemd frekwentiegebied, en
dat de versterkerschakeling een versterker bevat met een rendement dat
5 tenminste nagenoeg onafhankelijk is van zijn uitsturingsniveau.

De uitvinding is gebaseerd op het inzicht dat het rendement
van de elektro-akoestische omzettereenheid, gedefinieerd als de
verhouding van het akoestisch uitgangsvermogen van, en het elektrisch

10

15

20

25

30

35

8203428

ingangsvermogen toegevoerd aan, de omzettereenheid, afhankelijk is van de kwaliteitsfaktor van de omzettereenheid. Voor een formule voor de kwaliteitsfaktor zij verwezen naar de hiernavolgende figuurbeschrijving onder figuur 1. Uit komputerberekeningen bleek dat, indien men de

5 kwaliteitsfaktor van de omzettereenheid (in de normale gevallen meestal gelijk aan ongeveer 1) verlaagt dat het rendement van de omzettereenheid voor het gehele frekwentiewerkgebied van de omzettereenheid toeneemt. Dit betekent dat een hoger akoestisch uitgangsvermogen wordt verkregen bij eenzelfde elektrisch ingangsvermogen.

10 Tengevolge van het verlagen van de kwaliteitsfaktor van de omzettereenheid verandert echter de frekwentiekarakteristiek van de omzettereenheid. De laagfrekwent afval die voor omzettereenheden met een kwaliteitsfaktor ongeveer gelijk aan 1 begint bij de resonantiefrekwentie en die zich naar lagere frekwenties met een helling van

15 12 dB/oktaaf voortzet, verschuift naar hogere frekwenties. Vanaf een tweede frekwentie, die hoger ligt dan de resonantiefrekwentie van de omzettereenheid valt de frekwentiekarakteristiek voor een omzettereenheid met Q kleiner dan één naar lagere frekwenties af met een helling van globaal genomen 6 dB/oktaaf, om vanaf een derde frekwentie-

20 tie, die lager ligt dan de resonantiefrekwentie, over te gaan in een afval met 12 dB/oktaaf. Het gevolg hiervan is in feite een verkleining van het frekwentiewerkgebied van de omzettereenheid aangezien de ondergrens (voor omzettereenheden met $Q=1$ ongeveer gelijk aan de resonantiefrekwentie van de omzettereenheid) is verschoven naar een hoge-

25 re frekwentie, zijnde de voornoemde tweede frekwentie.

Een verdere verlaging van de kwaliteitsfaktor leidt dus tot een steeds verdere verhoging van de waarde van de tweede frekwentie en daarmee tot een steeds verdere verkleining van het frekwentiewerkgebied van de omzetter.

30 We hebben dus een omzettereenheid verkregen met een hoger rendement, doch met een kleiner frekwentiewerkgebied. Om nu toch een inrichting te verkrijgen die frekwenties weergeeft vanaf tenminste de resonantiefrekwentie van de omzettereenheid dient men in de versterkerschakeling voor het aansturen van de omzettereenheid voor de afval

35 tussen de eerste en de tweede frekwentie in de frekwentiekarakteristiek van de omzettereenheid te compenseren. Dit kan men realiseren door de versterkerschakeling een frekwentieafhankelijke versterkingsfaktor te geven, waarvan de frekwentiekarakteristiek

8203428

in het frekwentiegebied liggend tussen de eerste en de tweede frekwentie de inverse is van de frekwentiekarakteristiek van de omzettereenheid in dit gebied. De frekwentiekarakteristiek van de versterkerschakeling loopt in dit gebied dus, gaande naar lagere frekwenties toe, op.

- 5 Indien men de versterkerschakeling, zoals hiervoor beschreven, met de algemeen gangbare versterkers zou willen realiseren, dan blijkt dat de winst aan rendement verkregen in de omzettereenheid weer verloren gaat door een slechter rendement in de versterker. Zou men een algemeen gangbare versterker gebruiken, zoals een klasse A, een klasse B of een
- 10 klasse AB versterker die een vaste voeding hebben, dan dient de voeding van de versterker te zijn afgestemd op de maximaal optredende uitgangsamplitude van de versterker. Deze maximaal optredende amplitudes zullen zich vooral in het frekwentiegebied rond de resonantiefrekwentie
- 15 voordoen aangezien de versterkingsfaktor van de versterker daar het grootst is. Dit houdt in dat de voeding qua grootte afgestemd dient te worden op de signalen in dit frekwentiegebied. Het gevolg is dat, in het frekwentiegebied boven de tweede frekwentie en waar de versterkingsfaktor veel lager is, de versterker niet meer volledig wordt uitgestuurd. Dit werkt negatief uit op het rendement van de versterker.
- 20 Klasse A, B of AB versterkers hebben namelijk een rendement dat maximaal is bij volledige uitsturing. Bij niet volledige uitsturing (zoals hiervoor aangegeven voor signalen met frekwenties groter dan f_2) zakt het rendement. Voor klasse A versterkers geldt bijvoorbeeld dat het rendement globaal evenredig is met het niveau van de uitsturing in het kwadraat.
- 25 Voor klasse B versterkers geldt dat het rendement evenredig is met het niveau van de uitsturing.
- Volgens de uitvinding wordt nu een versterkerschakeling gebruikt die een versterker bevat met een rendement dat tenminste nagenoeg onafhankelijk is van de uitsturing. Gebruik van een dergelijk verster-
- 30 kerschakeling heeft tot gevolg dat het rendement hoog kan blijven ook bij de gewenste frekwentiekarakteristiek van de versterkerschakeling. Men verkrijgt aldus een inrichting voor het omzetten van elektrische in akoestische signalen met een verhoogd rendement bij tenminste een
- 35 gelijkblijvend frekwentiewerkgebied, vanaf ongeveer de resonantiefrekwentie tot in het opbrekfrekwentiegebied. Dit heeft het voordeel dat men kan volstaan met versterkers met een lager vermogen bij een gelijkblijvend akoestisch uitgangsvermogen.

Het zij vermeld dat de omzettereenheden met een kwaliteits-

8203428

faktor kleiner dan één, op zich bekend zijn. De combinatie van een dergelijke omzettereenheid met een versterkerschakeling zoals voorgesteld volgens de uitvinding, is echter niet bekend. Ook is het bekend elektro-akoestische omzettereenheden in het algemeen aan te sturen met een versterkerschakeling waarvan de frekwentiekarakteristiek in een bepaald frekwentiegebied de inverse is van de frekwentiekarakteristiek van de omzettereenheid in dat gebied, zodat voor een niet-vlak gedeelte in de frekwentiekarakteristiek van de omzettereenheid kan worden gecompenseerd. Dit is bijvoorbeeld bekend uit het Amerikaans oktrooischrift nr. 4.118.600, zie in het bijzonder kolom 1, de regels 20 tot en met 23. Er is hier echter geen sprake van een omzettereenheid met een kwaliteitsfaktor kleiner dan één. Bovendien wordt juist in een frekwentiegebied onder de resonantiefrekwentie van de omzettereenheid opgehaald (de zogenaamde "bass-boost") zodat ook in dit geval de bekende versterkerschakeling geheel verschillend is van de hiervoor volgens de uitvinding voorgestelde versterkerschakeling. Verder is van een inrichting met een verhoogd rendement geen sprake.

De elektro-akoestische omzettereenheid zal men zodanig kiezen dat zijn kwaliteitsfaktor tussen 0.2 en 0.8, doch bij voorkeur rond 0.4 ligt. Verder bleek uit computerberekeningen dat, indien de omzettereenheid een elektro-akoestische omzetter opgenomen in een bas reflex box is, de kwaliteitsfaktor van de omzettereenheid tussen 0.1 en 0.6, doch bij voorkeur rond 0.3 dient te liggen.

De voorkeur voor de waarde 0.4 (respektievelijk 0.3) wordt hoofdzakelijk bepaald door het feit dat het rendement van de elektro-akoestische omzettereenheid in het frekwentiewerkgebied van de omzettereenheid dan praktisch konstant, dat wil zeggen praktisch onafhankelijk van de frekwentie is. De bovengrens van 0.8 (respektievelijk 0.6) wordt hoofdzakelijk bepaald door het feit dat de winst in rendement nog niet bijzonder groot is. De ondergrens van 0.2 (respektievelijk 0.1) wordt enerzijds bepaald door het feit dat het rendement bij lager wordende kwaliteitsfaktor steeds sterker frekwentieafhankelijk gaat worden, hetgeen nadelig is. Anderzijds wordt het niveauverschil in de frekwentiekarakteristiek van de omzettereenheid ter plaatse van de eerste en de tweede frekwentie (en daarmee de mate van ophalen in de versterkerschakeling) bij lager wordende kwaliteitsfaktor groter (hoger). Bij kwaliteitsfactoren lager dan 0.2 (respektievelijk 0.1) wordt de mate van ophalen zo hoog dat dit niet zonder meer in de versterkerschakeling

8203428

gerealiseerd kan worden zonder dat daarbij een significant rendementsverlies in de versterkerschakeling gaat optreden. Om de laatstgenoemde reden zal men dan ook de frekwentiekarakteristiek van genoemde versterkerschakeling in een frekwentiegebied liggend onder genoemde eerste
5 frekwentie of ten naaste bij vlak kiezen, of vanaf genoemde eerste frekwentie en gaande naar lagere frekwenties toe laten afvallen. In principe is het echter mogelijk om de frekwentiekarakteristiek van de versterkerschakeling ook bij frekwenties onder de eerste frekwentie te laten oplopen. Dan wordt een inrichting met een verhoogd rendement
10 en met een groot frekwentiewerkbereik, en wel een frekwentiewerkbereik dat is uitgebreid tot onder de resonantiefrekwentie van de omzettereenheid, verkregen.

Zoals reeds bij de behandeling van konklusie 1 besproken, dient de versterkerschakeling zodanig te zijn uitgevoerd dat de niet
15 vlakke frekwentiekarakteristiek zo weinig mogelijk verlies in rendement (in de bekende versterkers tengevolge van de niet-volledige uitsturing) in de versterkerschakeling met zich brengt. Onderzoekingen hebben aangetoond, dat men dit kan realiseren door in de versterkerschakeling een geschakelde versterker, bijvoorbeeld een klasse D versterker,
20 te gebruiken. Een andere mogelijkheid is om in de versterkerschakeling een versterker met een van het uitsturingsniveau van de versterker afhankelijke voedingsspanning te gebruiken. Op deze wijze wordt voor alle frekwenties en voor alle amplitudes een maximale uitsturing en daarmee een maximaal rendement in de
25 versterkerschakeling gerealiseerd.

De uitvinding wordt in de navolgende figuurbeschrijving uiteengezet. Hierin toont

figuur 1 een uitvoeringsvoorbeeld van de inrichting volgens de uitvinding,

30 figuur 2 een grafiek waarin het rendement van een elektro-akoestische omzettereenheid als funktie van de frekwentie voor een aantal omzettereenheden met verschillende kwaliteitsfaktor is weergegeven,

figuur 3 een aantal frekwentiekarakteristieken van
35 omzettereenheden met een aantal onderling verschillende kwaliteitsfaktoren,

figuur 4 een grafiek waarin de versterkingsfaktor van de versterkerschakeling als funktie van de frekwentie voor een

8203428

tweetal uitvoeringsvoorbeelden van de inrichting volgens de uitvinding, is weergegeven,

figuur 5 een uitvoeringsvoorbeeld met een versterkerschakeling in de vorm van een versterker met een van het uitsturingsniveau afhankelijke voedingsspanning,

figuur 6 een ander uitvoeringsvoorbeeld van een dergelijke versterkerschakeling,

figuur 7 een uitvoeringsvoorbeeld met een versterkerschakeling in de vorm van een klasse D versterker,

figuur 8 rendementskurves van diverse soorten versterkers, en

figuur 9 nog een ander uitvoeringsvoorbeeld van de inrichting volgens de uitvinding.

Figuur 1 toont schematisch een uitvoeringsvoorbeeld van de inrichting volgens de uitvinding. De inrichting omvat een ingangsaansluitklem 1 voor het toevoeren van een elektrisch ingangssignaal, een elektro-akoestische omzettereenheid 2, en een versterkerschakeling 3 voor het aansturen van de elektro-akoestische omzettereenheid 2. De versterkerschakeling 3 is voorzien van een ingang 4 gekoppeld aan de ingangsaansluitklem 1, en een uitgang 5 gekoppeld aan de elektro-akoestische omzettereenheid 2. Onder een elektro-akoestische omzettereenheid zij verstaan een losse omzetter (luidspreker) of een omzetter opgenomen in één van de bekende boxen, zoals een gesloten box of een bas-reflex box, of een omzetter opgenomen in een klankbord (baffle), of een combinatie van een aantal omzeters opgenomen in een box of een klankbord. De omzettereenheid 2 heeft een kwaliteitsfaktor die kleiner is dan 1. De kwaliteitsfaktor Q van de omzettereenheid in de vorm van een spreekspoelluidspreker is gedefinieerd als

$$Q = \frac{1}{R_m + \frac{(Bl)^2}{R_e}} \sqrt{m(k_l + k_b)}$$

waarbij

R_m = de mechanische weerstand van het massa-veersysteem gevormd door het membraan (de konus) van de omzettereenheid en zijn op-
 hanging $[\text{Ns/m}]$,

R_e = de elektrische weerstand van de spreekspoel $[\Omega]$,

B = de magnetische inductie in de luchtspleet $[\text{Wb/m}^2]$,

l = lengte van de windingen van de spreekspoel voor zover in de lucht-

spleet [m],

m = massa van het membraan, de spreekspoel en de spreekspoelkoker en de luchtbelasting [kg],

k_1 = veerconstante van de ophanging van het membraan [N/m], en

- 5 K_b = veerconstante tengevolge van het luchtvolume achter het membraan in het geval de omzetter in een box is opgenomen. In de andere gevallen is deze term gelijk aan nul.

Eén van de mogelijkheden om de kwaliteitsfaktor van de omzettereenheid te verlagen is dus bijvoorbeeld om de magnetische
10 inductie in de luchtspleet te vergroten, bijvoorbeeld door een grotere magneet te nemen.

Komputerberekeningen hebben aangetoond dat het rendement η van de omzettereenheid 2, gedefinieerd als de verhouding van het akoestisch uitgangsvermogen P van de omzettereenheid 2 tot het elek-
15 trisch ingangsvermogen toegevoerd aan de klemmen 5 ($\eta = P / |u||I| \cos \varphi$, waarbij φ de fasehoek is tussen de spanning U en stroom I toegevoerd aan de omzettereenheid) afhankelijk is van de grootte van de kwaliteitsfaktor Q en wel zodanig dat bij lager wordende Q het rendement η groter wordt. Figuur 2 toont de uitkomst van deze computerberekeningen.
20 In figuur 2 is de grootte $\eta \cos \varphi$ uitgezet als functie van de frekwentie f voor een aantal waarden van Q te weten Q=1.5; 1.25; 1.0; 0.8; 0.5; 0.4; 0.3 en 0.2. De grootte $\eta \cos \varphi$ is lineair langs de verticale as uitgezet. Zichtbaar is dat voor een waarde van Q rond 0.4 de rendementskurve (afgezien van een klein gebied vlak boven de resonantie-
25 frekwentie f_1) nagenoeg frekwentieonafhankelijk is. Ook is zichtbaar dat voor waarden van Q gelijk aan 0.2 of kleiner het rendement sterk frekwentieafhankelijk wordt. Verder blijkt duidelijk dat voor Q tussen 1.5 en 0.8 de winst in rendement bij kleinere wordende Q niet zo groot is. Men zal dan ook de kwaliteitsfaktor in het algemeen tussen
30 0.2 en 0.8 doch bij voorkeur rond 0.4 kiezen. Voor een inrichting waarbij de omzettereenheid een elektro-akoestische omzetter opgenomen in een bas-reflex box is ligt de kwaliteitsfaktor van de omzettereenheid in het algemeen tussen 0.1 en 0.6, doch bij voorkeur rond 0.3. De versterkingsfaktor A van de versterkerschakeling 3 is frekwentie-
35 afhankelijk. In figuur 4 is deze versterkingsfaktor A als functie van de frekwentie aangegeven door bijvoorbeeld de kurve met referentienummer 5. De versterkingsfaktor is langs de verticale schaal, die logaritmisch is uitgevoerd, uitgezet. Het kenmerkende is dat de versterkings-

faktor in een frekwentiegebied liggend tussen een eerste frekwentie f_1 , overeenkomende met de resonantiefrekwentie van de omzettereenheid 2, en een tweede frekwentie f_2 liggend boven f_1 , gaande naar lagere frekwenties toe, oploopt. De kurve met referentienummer 6 toont een andere karakteristiek die behoort bij een omzettereenheid met hogere Q . De verklaring is als volgt. In figuur 3 is het akoestisch uitgangsvermogen P van de omzettereenheid 2 als functie van de frekwentie bij een konstante spanning aan de klemmen 5, uitgezet voor een drietal omzettereenheden met hun respektievelijke Q factoren gelijk aan 1.0; 0.7 en 0.4.

Langs de verticale schaal is het uitgangsvermogen P logaritmisch uitgezet. De frekwentiekarakteristiek van de omzettereenheid met $Q=1$ heeft een relatief vlak gedeelte tussen de resonantiefrekwentie f_1 en de opbrekfrekwentie f_b . Onder de resonantiefrekwentie f_1 valt de frekwentiekarakteristiek met 12 dB/okt naar lagere frekwenties toe, af. Boven f_b is het opbrekgebied. Het membraan (van een konus luidspreker) gaat hier opbreken. Het frekwentiewerkgebied van een omzettereenheid met $Q=1$ ligt vrijwel tussen f_1 en f_b . Voor een omzettereenheid met een Q kleiner dan één is de frekwentiekarakteristiek in zoverre anders dat het relatief vlakke gedeelte, en daarmee het frekwentiewerkbereik van de omzettereenheid, nu vanaf een frekwentie f_2 loopt waarbij f_2 boven de resonantiefrekwentie f_1 ligt en f_2 bij lager wordende Q bovendien naar hogere frekwenties verschuift.

Voor de omzetter met $Q=0.7$ respektievelijk 0.4 is deze frekwentie met f_2 respektievelijk f_2' aangegeven. Vanaf deze frekwentie loopt de karakteristiek naar lagere frekwenties toe af met globaal 6 dB/okt, om vanaf een derde frekwentie f_3 respektievelijk f_3' die lager ligt dan de resonantiefrekwentie f_1 over te gaan in een afval met 12 dB/okt.

Om nu voor het verkleinen van het frekwentiewerkbereik te compenseren laat men de versterkingskarakteristiek van de versterkerschakeling 3 in tenminste het frekwentiegebied tussen f_1 en f_2 respektievelijk f_1 en f_2' verlopen volgens de inverse van de frekwentiekarakteristiek van de omzettereenheid 2 in dit gebied. Dit is in figuur 4 weergegeven door de kurves 5 respektievelijk 6. Voor frekwenties hoger dan f_2 (respektievelijk f_2') behoudt de versterkerschakeling zijn vlakke karakteristiek. In het frekwentiegebied tussen f_1 en f_2 (respektievelijk f_2') loopt de versterkingsfaktor, gaande naar lagere frekwenties toe, op met een helling van globaal 6 dB/okt. Voor frekwenties lager dan f_1 heeft men de keuze om de karakteristiek verder

8203428

op te laten lopen bijvoorbeeld tot f_3 respectievelijk f_3' , dit ter verkrijging van een groter frekwentiewerkgebied - dat wil zeggen met een ondergrens lager dan f_1), weer vlak te laten lopen of met een zekere helling af te laten vallen. Bij voorkeur zal men kiezen voor het vlak
5 lopen of het laten afvallen van de versterkingskarakteristiek.

Figuur 4 toont een vlakke karakteristiek voor frekwenties lager dan ongeveer f_1 . De reden om de versterkingskarakteristiek niet verder te laten oplopen is onder andere omdat men de mate van ophalen, zijnde het niveauverschil a_1 respectievelijk a_2 (zie figuur 4) in de versterkingskarakteristiek voor frekwenties boven f_2 respectievelijk f_2' en
10 voor frekwenties lager dan f_1 , beperkt wil houden. Daar dit niveauverschil eveneens afhankelijk is van de Q-waarde (een lagere Q wil zeggen een groter niveauverschil en dus een grotere mate van ophalen) is de voornoemde reden eveneens een reden om de Q-faktor niet veel lager
15 dan 0.2 te kiezen.

Een versterkerschakeling met een versterkingskarakteristiek zoals bijvoorbeeld met 5 in figuur 4 aangegeven kan in principe door een algemeen gangbare versterker zoals een klasse A, een klasse B of een klasse AB versterker gerealiseerd worden. Dergelijke versterkers
20 hebben een vaste voeding over het geheel frekwentiebereik. De grootte van de voeding wordt zodanig gekozen dat de maximale uitgangsamplitude die kan optreden met zo weinig mogelijk vervorming wordt weergegeven. Daar de versterker voor frekwenties beneden f_1 de hoogste versterkingsfaktor heeft zal de maximale uitgangsamplitude in dit frekwentiegebied
25 optreden. Voor signalen met frekwenties liggend boven f_2 (respectievelijk f_2') zal de versterker, vanwege zijn veel lagere versterkingsfaktor in dit frekwentiegebied, niet volledig uitgestuurd worden. Daar het rendement van een gangbare versterker maximaal is bij volle uitsturing en afneemt bij lagere uitsturing, heeft het voorgaande tot gevolg dat
30 het rendement van de versterker omlaag gaat en wel zoveel omlaag dat de winst in rendement tengevolge van de keuze van een omzettereenheid met lagere Q, praktisch volledig teniet gaat. In de inrichting volgens de uitvinding wordt daarom een speciale versterker gebruikt waarvan het rendement niet of slechts zwak afhankelijk is van de mate van uitsturing.
35 De ene mogelijkheid is een versterker te gebruiken met een van het uitsturingsniveau van de versterker afhankelijke voedingsspanning. Figuren 5 en 6 geven twee uitvoeringsvoorbeelden van een dergelijke versterker. Een andere mogelijkheid is een geschakelde versterker te

gebruiken, bijvoorbeeld een klasse D versterker. Figuur 7 geeft daarvan een voorbeeld. Figuur 5 toont een uitvoeringsvoorbeeld van de inrichting volgens de uitvinding, waarbij een versterker met een met het uitgangsniveau van de versterker meelopende voeding is gebruikt. De versterkerschakeling 3 bevat een operationele versterker 10 met een impedantie Z_1 5 respektievelijk Z_2 tussen zijn uitgang en zijn inverterende ingang respektievelijk tussen zijn inverterende ingang en een punt van konstante potentiaal 11, in dit geval aarde. De versterkingsfaktor van de ingang 4 naar de uitgang 5 van de versterkerschakeling 3 is gelijk aan 10 $\frac{Z_1+Z_2}{Z_2}$, aangenomen dat de versterkingsfaktor van de operationele versterker 10 zeer groot is. De impedanties Z_1 en Z_2 zijn zodanig gekozen dat de versterkingsfaktor $\frac{Z_1+Z_2}{Z_2}$ een frekwentiekarakteristiek heeft die 15 overeenkomt met de curve 5 of 6 uit figuur 4. De uitgang van de versterker 10 is gekoppeld met een schakeling 12 die uitgaande van het uitgangsniveau van de versterker 10 een eerste en een tweede voedingssignaal 13 respektievelijk 14 levert dat wordt toegevoerd aan de positieve respektievelijk negatieve voedingsklem van de versterker 10. 20 De werking van de schakeling 12 is zodanig dat een met het uitgangsniveau van de versterker 10 meelopende voedingssignaal 13 respektievelijk 14 wordt verkregen.

Een ander uitvoeringsvoorbeeld van een dergelijke versterkerschakeling 3 voor het aansturen van de omzettereenheid 2 is weergegeven 25 in figuur 6. De versterkerschakeling bevat weer een operationele versterker 10. Ter verkrijging van de versterkingskarakteristiek zoals in figuur 4 met 5 of 6 aangegeven, is tussen de ingang 4 van de versterkerschakeling 3 en de ingang van versterker 10 een filterinrichting 20 opgenomen. De uitgang 21 van de filterinrichting 20 is verder nog 30 verbonden met de ingang van een drempelinrichting 22. Het uitgangssignaal van de drempelinrichting 22 stuurt twee gekoppelde schakelaars 23 en 24. De positieve en negatieve voedingsklem van de versterker 10 zijn verbonden met de ene klem van de schakelaar 23 respektievelijk 24. In de getekende stand van de schakelaars 23 en 24 wordt de versterker dus 35 gevoed met een vaste voeding $+S_1$, $-S_1$ en in de andere stand van schakelaars is de voeding $+S_2$, $-S_2$. De grootte van de vaste spanning S_1 is zodanig gekozen dat een ingangssignaal aan de ingang 4 van de versterkerschakeling 3 met een frekwentie liggend beneden f_1 , ook voor

de amplitude die maximaal kan optreden, nog zonder vervorming kan worden versterkt. De grootte van de vaste spanning S_2 is zodanig gekozen dat een ingangssignaal aan de ingang 4 van de versterkerschakeling 3 met een frekwentie liggend boven f_2 , ook voor de amplitude die maximaal kan optreden, nog zonder vervorming kan worden versterkt. Gezien de frekwentie-
5 karakteristiek van filter 20 houdt dit dus in dat S_1 groter is dan S_2 , waarbij de verhouding overeenkomt met de verhouding tussen de niveau's beneden f_1 respectievelijk boven f_2 in de frekwentiekarakteristiek van filter 20 en daarmee in de frekwentiekarakteristiek zoals met 5 in figuur
10 4 aangegeven. De drempelwaarde in de drempelinrichting 22 is gelijk aan het maximaal haalbare niveau van uitgangssignaal aan de uitgang 21 van het filter voor frekwenties liggend boven f_2 . Ligt het werkelijke niveau aan uitgang 21 hoger dan de genoemde drempelwaarde dan is het uitgangssignaal van drempelinrichting 22 zodanig dat de schakelaars
15 23 en 24 in de getekende stand staan. De voedingsspanning die aan de versterker 10 wordt aangeboden is dan hoog ($S_1, -S_1$). Dit gebeurt alleen voor signalen met frekwenties onder f_2 en met een amplitude liggend boven de drempelwaarde van de drempelinrichting. Ligt het werkelijke niveau aan uitgang 21 lager dan de genoemde drempelwaarde
20 dan is het uitgangssignaal van de drempelinrichting zodanig dat de schakelaars 23 en 24 in de andere dan de getekende stand staan. De voedingsspanning is in dit geval laag ($S_2, -S_2$). Dit gebeurt voor signalen met een amplitude liggend onder de drempelwaarde van de drempelinrichting en wel ongeacht hun frekwentie. Op deze wijze heeft men eveneens een
25 variërende voeding verkregen. In dit geval een variërende voeding met twee diskrete niveau's. Het spreekt voor zich dat ook versterkerinrichtingen realiseerbaar zijn waarbij de voeding, afhankelijk van de uitsturing, tussen drie of meer diskrete niveau's kan variëren.

Figuur 7 toont een uitvoeringsvoorbeeld van een inrichting waarbij
30 voor de versterkerschakeling 3 is gebruik gemaakt van een klasse D versterker. Het ingangssignaal wordt via de ingang 4 toegevoerd aan de niet-inverterende ingang van een verschilversterker 30. De uitgang ervan is verbonden met de ene ingang van een komparator 31. De andere ingang van de komparator 31 is verbonden met een driehoekgenerator
35 32 die als uitgangssignaal bij voorkeur een driehoekvormig signaal met een hoge frekwentie van bijvoorbeeld 40 kHz afgeeft.

De door de versterkerschakeling 3 weer te geven hoogste frekwentie ligt hiermee vast en zal ongeveer 2 à 4 kHz bedragen. Dit is voldoende voor

8203428

een elektro-akoestische omzettereenheid die alleen maar lage tonen
behoeft weer te geven (een woofer). Wil men hogere frekwenties weer
kunnen geven met de versterkerschakeling dan dient men de frekwentie
van de driehoekgenerator evenredig groter te nemen. De komparator 31
5 vergelijkt het uitgangssignaal van de verschilversterker 30 met het
uitgangssinaal van de driehoekgenerator 32 en geeft een (binair) uitgangs-
signaal af dat hoog (logisch "één") is als de amplitude van de
driehoek groter is dan de uitgangsamplitude van verschilversterker 30,
en dat laag (logisch "nul") is als de amplitude van de driehoek juist
10 kleiner is. Het uitgangssignaal van de komparator 31 is een signaal
dat puls-breedte gemoduleerd is. Het met 32 aangegeven circuitgedeelte
is bedoeld om de neergaande flanken in het uitgangssignaal van
komparator 31 over een zekere tijd te vertragen. Het met 33 aangegeven
circuitgedeelte is bedoeld om de opgaande flanken in het uitgangssignaal
15 van komparator 31 over een zeker tijd te vertragen.

Het circuit 32 is verder via een buffer 34 en een met 35 aangegeven
circuitgedeelte gekoppeld aan de stuur elektrode (gate) van een P kanaal-
veldeffekttransistor 36. Het circuit 33 is verder via een buffer 37 en een
met 38 aangegeven circuitgedeelte gekoppeld aan de stuur elektrode (gate)
20 van een n kanaalveldeffekttransistor 39. De eerste hoofdelektrode (drain)
van beide transistoren 36 en 39 is via een laagdoorlaatfilter en een
ontkoppelkondensator 41 verbonden met de uitgang 5 van de versterker-
schakeling. De tweede hoofdelektrode (source) van de transistoren 36
respektievelijk 40 is gekoppeld met de positieve voedingsspanning (+)
25 respektievelijk aarde (-). Het uitgangssignaal van de komparator 31
stuurt de beide transistoren 36 en 39 zodanig dat op een neergaande
flank in het uitgangssignaal transistor 39 wordt uitgeschakeld (spert)
en transistor 36 ingeschakeld (geleidend) wordt.

Er loopt nu een signaalstroom van de positieve voedingsspanning (+) naar
30 de uitgang 5 van de versterkerschakeling. Op een opgaande flank in het
uitgangssignaal van komparator 31 wordt transistor 39 ingeschakeld en
transistor 36 uitgeschakeld. Er loopt dan een signaalstroom van de uit-
gang 5 via transistor 39 naar de negatieve voedingsklem (-). Door de
laagdoorlaatkarakteristiek van filter 40, waarvan de afsnijfrekwentie
35 overeenkomt met de hoogste door de versterkerschakeling weer te geven
frekwentie, dat wil zeggen eveneens 2 à 4 kHz ontstaat aan de uitgang
5 weer een kontinu variërend signaal welke een versterkte kopie is van
het ingangssignaal toegevoerd aan klemmen 4.

8203428

Uit het voorgaande is duidelijk dat beide transistoren 36 en 39 om de beurt geleidend zijn. Bovendien dient ervoor gezorgd te worden dat zij niet beide tegelijkertijd geleidend zijn omdat er in dat geval een hoge stroom gaat lopen van de positieve voedingsspanning (+) naar de negatieve voedingsspanning (-) via de transistoren 36 en 39 5 waardoor zij vernield worden. Om te voorkomen dat dit, door de traagheid van de transistoren bij het in- en uitschakelen, toch zou kunnen gebeuren, dienen nu de circuits 32 en 33 die de neergaande flank, en daarmee het inschakelmoment van transistor 36, vertragen ten opzichte van het uitschakelmoment van transistor 39 10 respektievelijk de opgaande flank, en daarmee het inschakelmoment van transistor 39, vertragen ten opzichte van het uitschakelmoment van transistor 36.

De circuits 35 en 38 zijn eveneens beveiligingen voor het doorbranden van de transistoren 36 en 39 tengevolge van bijvoorbeeld het inschakelen 15 van de versterkerschakeling, dat wil zeggen de voedingsspanning wordt plotseling ingeschakeld (of verhoogd), of tengevolge van oversturing. De buffers 34 en 37 dienen ervoor om de signalen zodanig te versterken dat de transistoren 36 en 39 met voldoende vermogen worden aangestuurd. Het RC-netwerk 42 heeft ten doel om voor de invloed van diverse parasitaire 20 taire capaciteiten van de transistoren 36 en 39 en parasitaire zelfinducties (bijvoorbeeld tengevolge van de bedrading) op het uitgangssignaal van de versterkerschakeling te compenseren. Tenslotte is tussen de uitgang van de versterkerschakeling en aarde een serieschakeling van twee impedanties Z_1 respektievelijk Z_2 geschakeld, waarbij het knooppunt 25 tussen de beide impedanties is gekoppeld met de inverterende ingang van verschilversterker 30. De impedanties Z_1 en Z_2 dienen als tegenkoppeling. De frekwentieafhankelijkheid van de versterkerschakeling, zoals weergegeven in figuur 4, wordt daarmee op dezelfde wijze gerealiseerd als bij de versterkerschakeling uit figuur 5 beschreven.

30 Het rendement van de versterkerschakeling is in figuur 8a weergegeven. Figuur 8a toont een grafiek waarin langs de horizontale as de mate van uitsturing u is uitgezet en langs de vertikale as het elektrische rendement η_{el} . De kurves 51 en 52 geven het rendement van een klasse A respektievelijk klasse B versterker weer. Duidelijk zichtbaar is dat 35 het rendement van een klasse A versterker ongeveer kwadratisch verloopt als functie van het uitsturingsniveau. Bij volle uitsturing is het rendement ongeveer 50%. Het rendement van een klasse B versterker loopt evenredig met het uitsturingsniveau. Bij volle uitsturing is het

8203428

rendement ongeveer 78%. Kurve 53 geeft het rendement van de in figuur 7 beschreven klasse D versterker weer. Duidelijk zichtbaar is de grote winst in rendement ten opzichte van de klasse A respectievelijk B versterker. Figuur 8b toont een grafiek waarin de rendementen van de versterkerschakelingen, zoals in figuren 5 en 6 beschreven, zijn weergegeven. De ononderbroken lijn 55 geeft het rendement weer voor de versterkerschakeling uit figuur 6. De waarde x komt overeen met de verhouding S_2/S_1 . Er is aangenomen dat versterker 10 in figuur 6 een klasse B versterker is. Voor kleine uitsturingen staat de voeding ingeschakeld op de spanning S_2 , dat wil zeggen voor uitsturingen tussen 0 en x heeft men de bekende kurve voor de klasse B versterker. Bij grotere uitsturingen staat de voeding ingesteld op de spanning S_1 . Voor uitsturingen tussen x en 1 heeft men opnieuw de bekende kurve voor de klasse B versterker. De overgang van voedingsspanning S_2 op voedingsspanning S_1 bij een uitsturing rond x heeft een val in de rendementskarakteristiek tot gevolg. Heeft men een versterkerschakeling met een kontinu met het uitsturingsniveau van de versterkerschakeling meelopende voeding, zoals beschreven in figuur 5, dan verkrijgt men een rendementskurve zoals met 56 in figuur 8b weergegeven. Hierbij is men er weer van uitgegaan dat een normale klasse B versterker voor de versterker 10 is gebruikt. Uit figuur 8b is duidelijk dat in beide gevallen een hoger rendement (voor kurve 55 slechts voor een gedeelte van de uitsturing) is verkregen vergeleken met een standaard klasse B versterker met een vaste voeding. Bij de beschrijving van de klasse D versterker uit figuur 7 is opgemerkt dat de hoogste door de versterkerschakeling weer te geven frekwentie bepaald wordt door de frekwentie van de driehoekgenerator 32, en dat, wil men de hogere frekwenties weer kunnen geven, men de frekwentie van de driehoekgenerator dient op te voeren. Het opvoeren van de driehoekfrekwentie is echter beperkt doordat anders diverse parasitaire capaciteiten een grotere rol gaan spelen, en er een grote vervorming ontstaat in het uitgangssignaal van de versterkerschakeling.

Een uitvoeringsvorm van een versterkerschakeling die wel in staat is een groter frekwentiebereik weer te geven, is in figuur 9 getoond. De versterkerschakeling bestaat uit een tweetal deelversterkers 61 respectievelijk 62 die beide het ingangssignaal krijgen toegevoerd. De omzettereenheid 2 is in push-pull geschakeld tussen de uitgangen van de beide deelversterkers. Deelversterker 62 invertteert daartoe het aan zijn ingang aangeboden signaal. Deelversterker 61 heeft een

8203428

frekwentiekarakteristiek die vlak is over het gehele weer te geven
frekwentiegebied (dat wil zeggen van rond 20 Hz tot om en nabij f_b ,
zie figuren 3 en 4). Deelversterker 62 heeft een laagdoorlaat frekwen-
karakteristiek die vanaf frekwentie f_1 met globaal 6 dB/oktaaf afvalt.
5 Doordat het werkgebied van deelversterker 62 daardoor beperkt blijft
tot lage frekwenties kan men voor deze deelversterker een klasse D
versterker gebruiken zoals in figuur 7 besproken. De tegenkoppelimpe-
danties Z_1 en Z_2 dienen dan wel zodanig gekozen te worden dat een laag-
doorlaatkarakteristiek wordt verkregen zodanig dat alleen frekwenties
10 lager dan f_2 (respektievelijk f_2') worden weergegeven. Voor deelverster-
ker 61 zou men dan een versterker met een met het uitsturingniveau
meelopende voeding kunnen nemen. De combinatie van de twee deelverster-
kers levert precies de frekwentiekarakteristiek zoals in figuur 4
aangegeven. De condensator 63 is noodzakelijk om de hoge frekwenties
15 boven f_2 (respektievelijk f_2') af te voeren naar aarde, zodat voorkomen
wordt dat dit hoogfrekwenté signaal via deelversterker 62 wordt afgevoerd
en daar zorgdraagt voor een hoge dissipatie in de deelversterker 62.
In sommige gevallen bevindt zich reeds een condensator geschakeld naar
aarde, in de uitgangsketen van deelversterker 62. In dat geval behoeft
20 geen extra condensator 63 te worden toegepast.

Het zij vermeld dat de uitvinding niet beperkt is tot
de inrichting respektievelijk de versterkerschakelingen, zoals hiervoor
in de uitvoeringsvoorbeelden beschreven. De uitvinding is eveneens
van toepassing op die uitvoeringsvormen die op niet op het idee van
25 de uitvinding betrekking hebbende punten van de getoonde uitvoerings-
voorbeelden verschillen. Zo kunnen ook andere dan elektro-dynamische
omzettereenheden, bijvoorbeeld omzettereenheden met omzetters van het
bandtype worden toegepast.

30

35

8203428

KONKLUSIES:

1. Inrichting voor het omzetten van een elektrisch signaal in een akoestisch signaal, omvattende een ingangsaansluitklem voor het ontvangen van een elektrisch ingangssignaal, een elektro-akoestische omzettereenheid, en een versterkerschakeling voor het aansturen van
5 de elektro-akoestische omzettereenheid, welke versterkerschakeling is voorzien van een ingang gekoppeld met de ingangsaansluitklem, en een uitgang gekoppeld met de elektro-akoestische omzettereenheid, met het kenmerk, dat de elektro-akoestische omzettereenheid een kwaliteitsfaktor bezit die kleiner is dan één, dat de versterkerschakeling een frekwentie-
10 afhankelijke versterkingsfaktor heeft met een frekwentiekarakteristiek die tenminste in een frekwentiegebied tussen een eerste frekwentie, die tenminste ongeveer overeenkomt met de resonantiefrekwentie van de omzettereenheid, en een tweede frekwentie, die boven de eerste frekwentie ligt, een afvallend verloop bezit, welk verloop ten naaste bij de
15 inverse is van het verloop van de frekwentiekarakteristiek van de omzettereenheid in genoemd frekwentiegebied, en dat de versterkerschakeling een versterker bevat met een rendement dat tenminste nagenoeg onafhankelijk is van zijn uitsturingsniveau.
2. Inrichting volgens konklusie 1, met het kenmerk, dat de
20 kwaliteitsfaktor van de elektro-akoestische omzettereenheid ligt tussen 0.2 en 0.8, en bij voorkeur althans ten naaste bij 0.4 bedraagt.
3. Inrichting volgens konklusie 1, waarbij de elektro-akoestische omzettereenheid een elektro-akoestische omzetter opgenomen in een bas-reflex box is, met het kenmerk, dat de kwaliteitsfaktor van de elektro-
25 akoestische omzettereenheid ligt tussen 0.1 en 0.6 en bij voorkeur althans ten naaste bij 0.3 bedraagt.
4. Inrichting volgens konklusie 1, 2 of 3, met het kenmerk, dat de frekwentiekarakteristiek van genoemde versterkerschakeling in een frekwentiegebied liggend onder genoemde eerste frekwentie of ten
30 naaste bij vlak is, of vanaf ongeveer genoemde eerste frekwentie en gaande naar lagere frekwenties toe, afvalt.
5. Inrichting volgens konklusie 1, 2, 3 of 4, met het kenmerk, dat de versterkerschakeling een geschakelde versterker bevat.
6. Inrichting volgens konklusie 5, met het kenmerk, dat
35 de versterker een klasse D versterker is.
7. Inrichting volgens konklusie 1, 2, 3 of 4, met het kenmerk, dat de genoemde versterkerschakeling een versterker met een van het uitsturingsniveau van de versterker afhankelijke voedingsspanning bevat.

8203428

8. Versterkerschakeling voor het aansturen van een elektro-akoestische omzettereenheid te gebruiken in een inrichting volgens één der voorgaande konklusies.

5

10

15

20

25

30

35

8203428

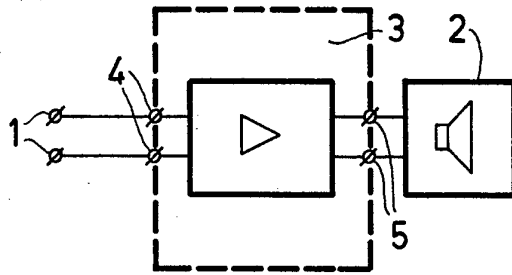


FIG.1

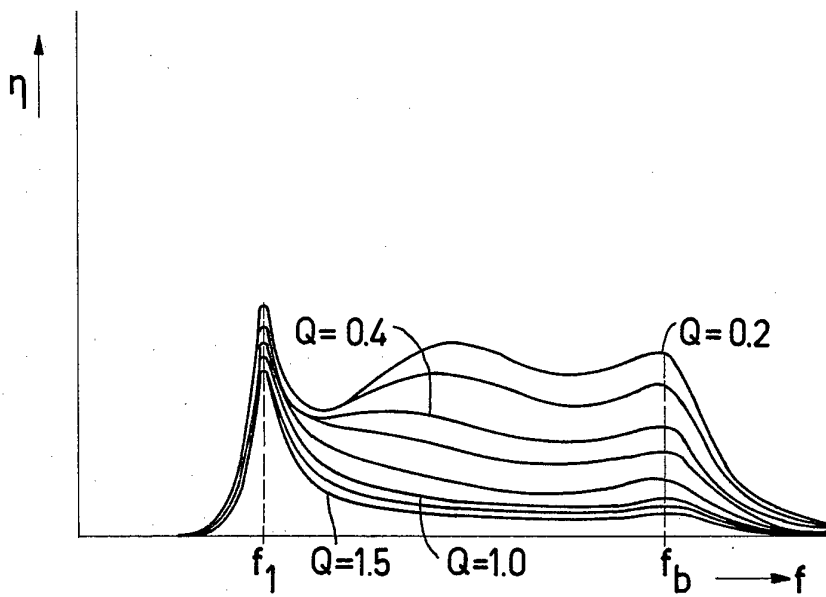


FIG.2

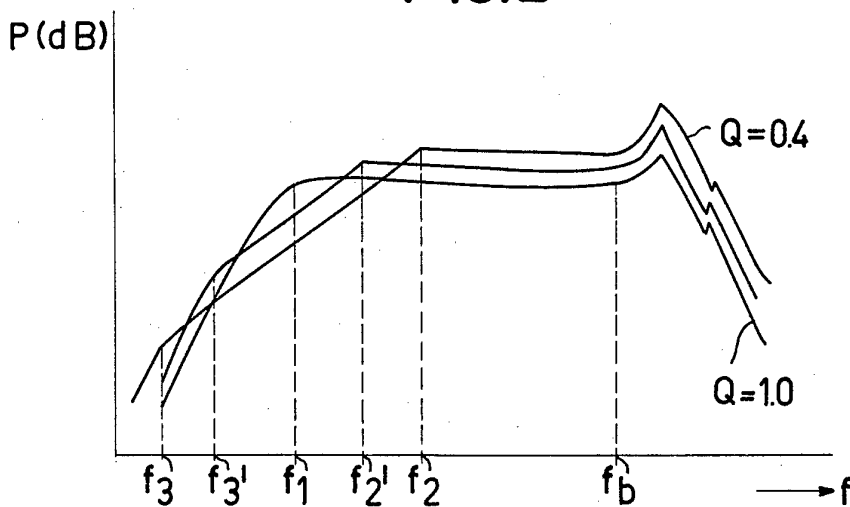


FIG.3

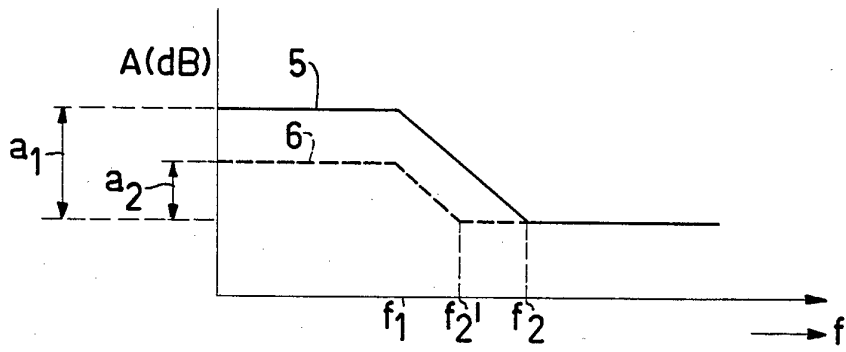


FIG.4

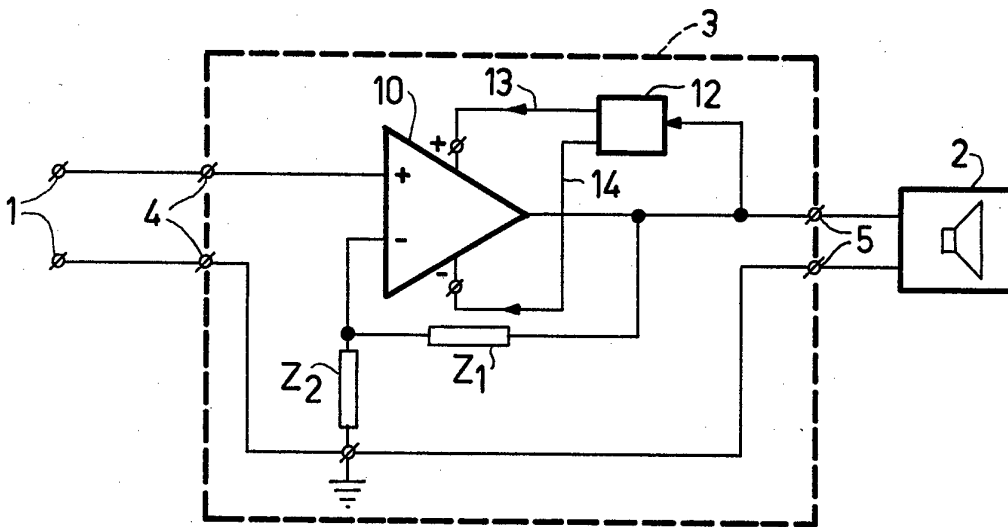


FIG.5

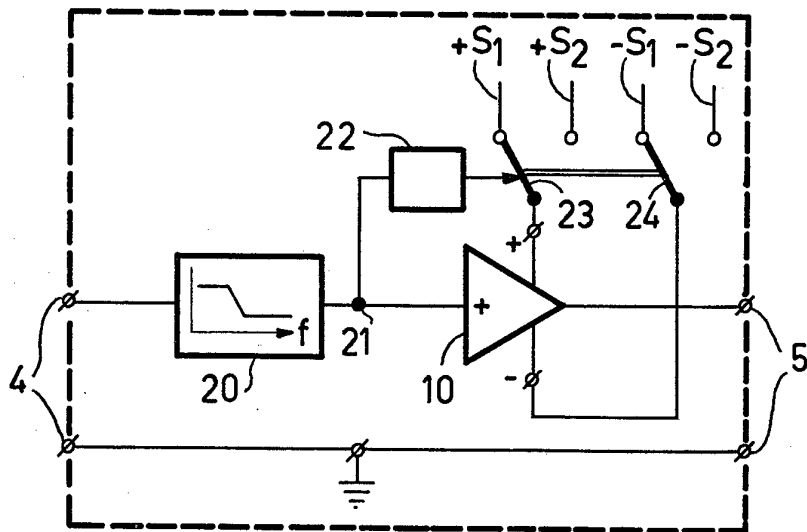


FIG.6

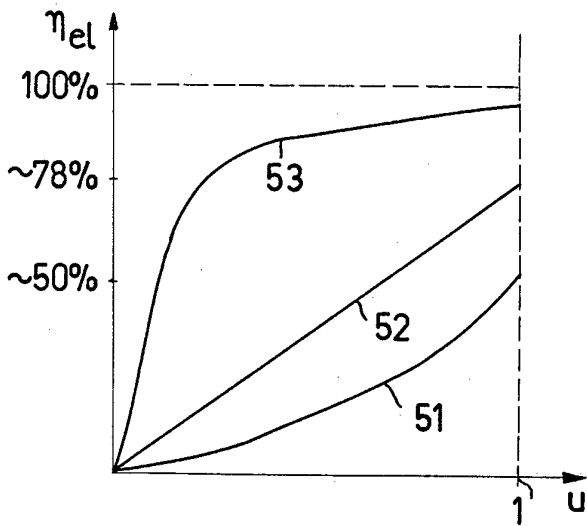
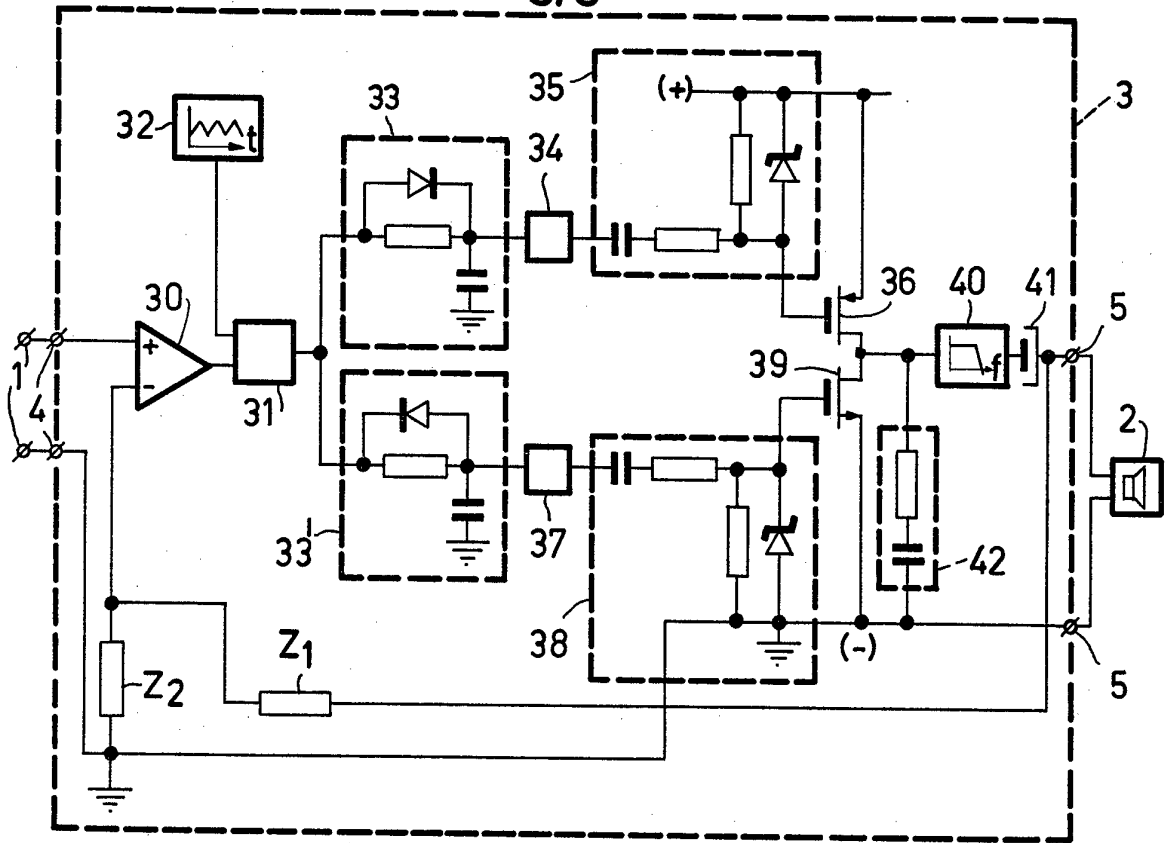


FIG. 8a

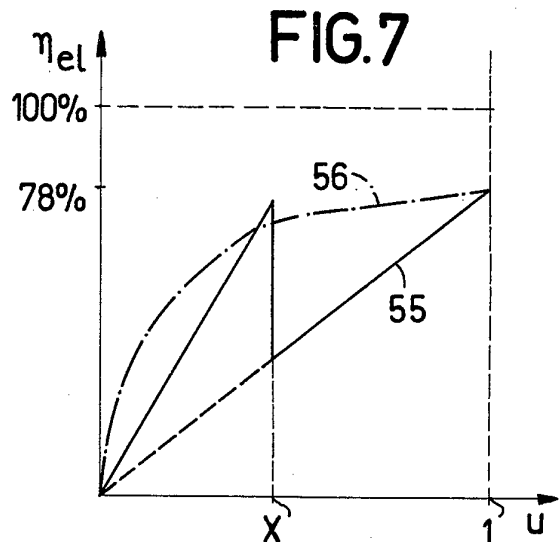


FIG. 8b

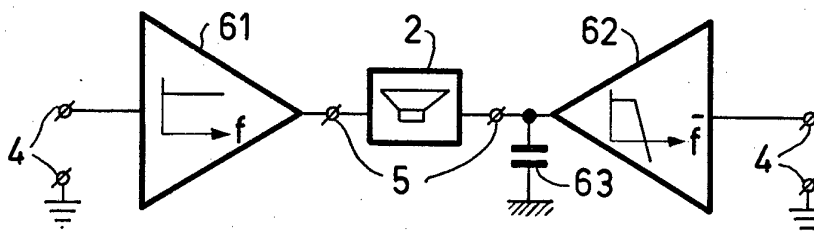


FIG. 9