NORGE
[NO]

STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN

[B] (11) UTLEGNINGSSKRIFT Nr. 150100

[C] (45) PATENT MEDDELT
22. AUG. 1984

(51) Int. Cl.³ H 03 F 1/32, 3/26

(21) Patentsøknad nr. 784066

(22) Inngitt 04.12.78

(24) Løpedag 04.12.78

(41) Alment tilgjengelig fra 08.06.79
(44) Søknaden utlagt, utlegningsskrift utgitt 07.05.84

(30) Prioritet begjært 07.12.77, Nederland, 7713501

(54) Oppfinnelsens benevnelse Forsterker med et første og et andre forsterker-element.

(71)(73) Søker/Patenthaver N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN,
Emmasingel 29,
Eindhoven,
Nederland.

(72) Oppfinner NICO VALENTINUS FRANSSEN,
Eindhoven,
GERARDUS ANDREAS VAN MAANEN,
Eindhoven,
HENRICUS GERTRUDIS JACOBUS MARIE KOCKELMANS,
Maastricht,
Nederland.

(74) Fullmektig Bryns Patentkontor A/S, Oslo.

(56) Anførte publikasjoner USA (US) patent nr 3693109,
Tidsskriftartikkel: "Wireless World", Feb. 1973,
s. 54-57.

Foreliggende oppfinnelse angår en forsterker med et første og et andre forsterkerelement hvis utganger er forbundet med en last, hvor hvert forsterkerelement omfatter en seriekopling av en forsterker og en kraftforsterker, idet det første forsterkerelementet er forsynt med en første differenskrets for tilveiebringelse av et første kompensasjonssignal for det andre forsterkerelementet og idet det andre forsterkerelementet er forsynt med en andre differenskrets for tilveiebringelse av et andre kompensasjonssignal for det første forsterkerelementet, hvor en første inngang til den første og andre differenskrets er koplet via en tilsvarende demper med henholdsvis det første og andre forsterkerelementets utgang.

En slik forsterker er beskrevet i US-patent nr. 3.693.109. Den kjente forsterkeren har en svært lav forvrengning på grunn av at to kompensasjonssignaler har blitt tilveiebrakt, som blir tilført respektive forsterkningselementer. Forvrengningsprosenten ved den kjente forsterkeren er imidlertid fremdeles tilstede og kan noen ganger bli for høy.

Formålet med oppfinnelsen er å ytterligere redusere forvrengningen. For dette formålet er forsterkeren ifølge foreliggende oppfinnelse karakterisert ved at den andre inngangen til den første og den andre differenskrets er forbundet med et kretspunkt i forbindelsen mellom forforsterkeren og kraftforsterkeren til henholdsvis første og andre forsterkerelement.

Ved hjelp av dette er det mulig å ytterligere redusere forvrengningen. Det er i teorien således mulig å tilveiebringe en forsterker som er fullstendig forvrengningsfri.

Det skal bemerkes at kompensasjonen som anvendes ved forsterkeren ifølge foreliggende oppfinnelse prinsipielt er basert på det kjente "adder det som mangler"-prinsippet, hvis prinsipp i seg selv er kjent fra boken "Precision Electronics" av Klein og Zaalberg van Zelst, Centrex, Eindhoven 1967, side 164-165. Denne publikasjonen viser imidler-

tid ikke krysskoplingsforbindelsene for kompensasjonssignalene.

Det skal videre bemerkes at tidsskriftet "Wireless World", vol. 29, februar 1973, side 54-57 beskriver en forvrengningsreduserer som likeledes som forsterkeren kjent fra US-patent nr. 3.693.109 ikke kan tilveiebringe et fullstendig forvrengningsfritt utgangssignal. Forvrengningsredusereren adskiller seg dessuten i konstruksjon fra forsterkeren ifølge oppfinnelsen ved at den ikke viser krysskoplede forbindelser for kompensasjonssignalene.

Sammenlignet med den kjente forsterker har forsterkeren ifølge oppfinnelsen følgende fordeler: Den totale forvrengningsprosent minskes til en praktisk talt ikke eller neppe målbar verdi når det anvendes differensialforsterkere av høy kvalitet (det er i dette tilfellet en nødvendighet at hver forsterkerelement alltid overfører et signal).

Det kan anvendes kraftforsterkere med forholdsvis stor forvrengning.

Den totale energi som leveres deles mellom de to forsterkere, og som følge derav er forsterkeren godt egnet for utførelse som integrert krets også fordi det er en symmetrisk oppbygning av forsterkerelementene, dempekretsene og eventuelt sammenligningskretsene.

Forsterkeren har vist seg å være stabil selv om det anvendes både positive og negative tilbakekoplingssløyfer.

Det er særlig fordelaktig at hvert forsterkerelement har en forsterker med et inverterende og en ikke-inverterende inngang.

I forsterkeren kan forsterkerelementene ha spenningsutgang eller strømutgang.

I utførelsen med spenningsutgang (lav utgangsmotstand) er de to forsterkerelementer forbundet med lasten i push-pull på i og for seg kjent måte og inngangssignalet som skal forsterkes tilføres inngangen i forforsterkerne med motsatt polaritet.

Anvendelse av inngangssignal i motsatt fase tjener til å sikre at det over belastningen opptrer summen av energien fra de to forsterkerelementer. Hver differenskrets kan utstyres med en sammenligningskrets i hvilken inngangs-

signalet sammenlignes med utgangssignalet fra kraftforsterkeren, og som leverer et korreksjonssignal for det andre forsterkerelement.

Det er særlig fordelaktig å anvende en differensialforsterker med en inverterende og en ikke-inverterende inngang som sammenligningskrets. I dette tilfellet er det to muligheter for å forbinde sammenligningsinnretningen hvilket resulterer i to utførelsesformer. I den ene utførelsesform blir utgangen fra sluttforsterkerne forbundet med inngangene i sammenligningskretsen med samme polaritet og korreksjonssignalet tilføres forforsterkerens innganger med tilsvarende polaritet.

Ved den andre utførelse kan inngangene i kraftforsterkerne forbindes med sammenlignignskretsenes inngang med motsatt polaritet og hver forsterkers inngang tilføres et korreksjonssignal med samme polaritet som inngangen i hver sammenligningskrets til hvilken utgangssignalet fra den tilhørende kraftforsterker tilføres.

Ved en annen egnet utformet push-pull forsterker har kraftforsterkeren som følger etter forforsterkeren i hvert forsterkerelement en spenningsforsterkning som er hovedsakelig lik 1 og har en inverterende inngang, og den inverterende inngang og utgangen i kraftforsterkeren i hver differenskrets forbundet med hverandre via egnede, hovedsakelig identiske motstander mens korreksjonssignalet i forbindelsespunktet tilføres den inverterende inngang i den ikke-tilhørende forforsterker via en dempekrets.

Ved en utførelse med strøminngang (stor utgangsmotstand) er inngangene i de to forsterkerelementer som er parallellforbundet forbundet med jord via belastningen på kjent måte og inngangssignalet som skal forsterkes tilføres forsterkerelementinngangene med samme fase.

Hver differenskrets kan ha en målemotstand mellom utgangen fra det tilhørende forsterkerelement og belastningen og danne dempekretsen, hvor spenningen foran og etter målemotstanden sammenlignes i en sammenligningskrets og det resulterende forsterkede signal sammenlignes med inngangssignalet for den tilhørende kraftforsterker, hvoretter sammen-

ligningskretsen leverer et korreksjonssignal som tilføres den ikke tilhørende forforsterker i motsatt fase i forhold til inngangssignalet som skal forsterkes.

Hver dempekrets kan bestå av et enkelt potensiometer. Ved den sistnevnte utførelsesform kan potensiometeret være anordnet mellom den spenningsførende utgang i hvert forsterkerelement og jord. Som tidligere nevnt er motstanden i dette potensiometer vesentlig større enn motstanden i belastningen.

Differensialforsterkerne som anvendes består fortrinnsvis av en lineær operasjonsforsterker som også kan anvendes som forforsterker. Disse forsterkere kan ansees som hovedsakelig ideelle fordi deres forvrengningsprosent er praktisk talt neglisjerbare.

For riktig drift av forsterkeren ifølge oppfinnelsen er det av stor viktighet at forvrengningsprosenten for operasjonsforsterkerne er vesentlig mindre enn for kraftforsterkerne.

Det er tidligere nevnt at forsterkeren ifølge oppfinnelsen er meget egnet for utførelse som integrert krets som følge av den symmetriske oppbygning av forsterkerelementene etc.

Dette blir endog bedre når det anvendes lineære operasjonsforsterkere.

Hvis dempekretsene i hjelpekretsene har hovedsakelig identisk dempning, vil den totale forvrengningsprosent være hovedsaklig neglisjerbar og uavhengig av forvrengningsprosenten for hver kraftforsterker.

Videre er det ønskelig at forsterkerelementene har hovedsaklig samme forsterkningsfaktor på bakgrunn av utførelse som integrert form.

For å oppnå stabilitet er det videre ønskelig at dempningen i de to dempekretser δ er mindre enn $\frac{2}{\alpha}$, hvor α er forsterkningsfaktoren for hvert forsterkerelement eventuelt sammen med forforsterkeren.

Noen utførelseseksempler på oppfinnelsen skal nedenfor forklares nærmere under henvisning til tegningene.

Fig. 1 og 2 viser koplingsskjemaer for en forsterker ifølge oppfinnelsen hvor fig. 1 har spenningsutgang og fig. 2 har strømutgang.

Fig. 3 og 4 viser modifikasjoner av forsterkeren på fig. 1.

Fig. 5 viser en modifikasjon av forsterkeren på fig. 2.

Fig. 6 viser en forenklet modifikasjon av forsterkeren på fig. 1.

Forsterkeren på fig. 1 har to forsterkerelementer 1 og 2 som har hver sin forforsterker 3 resp. 4.

Forsterkerelementene 1 og 2 kan være kraftforsterkere som kan arbeide i klasse A eller klasse B og endog i klasse D i forbindelse med et lavpassfilter.

En belastning 7 som f.eks. kan være en høyttaler er forbundet direkte mellom utgangene 5 og 6 for de to forsterkerelementer 1 og 2.

Forforsterkerne 3 og 4 kan ha form av differensialforsterkere med en ikke-inverterende inngang som er betegnet + og en inverterende inngang som er betegnet.

Forforsterkeren 3 mottar inngangssignalet S på den inverterende inngang og forforsterkeren 4 mottar det samme signal på den ikke inverterende inngang.

Hvert forsterkerelement er forsynt med en differenskrets som hovedsaklig består av en dempekrets og en sammenligningskrets.

Forsterkerelementet 1 har en differansekrets A og en del av utgangsspenningen på utgangsklemmen 5 i det første forsterkerelement 1 blir via den første dempekrets som har form av et potensiometer 8, tilført den inverterende inngang i den første sammenligningskrets 9 som har form av en differensialforsterker. Utgangen fra sammenligningskretsen 9 er forbundet med den inverterende inngang i forforsterkeren 4. På samme måte er utgangsklemmen 6 fra det andre forsterkerelement 2 i differanskretsen B som tilhører forsterkerelementet 2, forbundet med den ikke-inverterende inngang i den andre sammenligningskrets 11 via en andre dempekrets som har form av et potensiometer 10 og utgangssignalet fra sammenligningskretsen tilføres den ikke-inverterende inngang i forforsterkeren 3 som korreksjonssignal. Potensiometerne 8 og 10 er begge forbundet med jord. Inngangsklemmen 12 i det første forsterkerelement 1 er

videre forbundet med den ikke-inverterende inngang i den første sammenligningskrets 9 mens inngangsklemmen 13 i det andre forsterkerelement 2 er forbundet med den inverterende inngang i den andre sammenligningskrets 11.

Differensialforsterkerne 3,4,9 og 11 er lineære operasjonsforsterkere hvis spenningsforsterkning kan være 1. Virkemåten for push-pull utgangsforsterkeren er som følger. Inngangssignalet S som skal forsterkes og korreksjonssignalet tilføres forforsterkeren 3 hvor det førstnevnte signal subtraheres fra det sistnevnte signal og tilføres inngangen 12 i det første forsterkerelement 1.

I dette forsterkerelement blir signalet forsterket med forsterkningsfaktoren α. I forsterkerelementet 1 blir et feilsignal E som representerer den lineære og ulineære forvrengning i forsterkerelementet 1 addert til det forsterkede signal.

Via en første dempekrets 8 med en dempning δ blir en del av det totale utgangssignal på utgangsklemmen 5 sammenlignet med det tilførte signal på klemmen 12, i en sammenligningskrets 9.

Når det gjelder dempningen er det underforstått at det er spenningen som opptrer på uttaket av potensiometeret 8 som er avdelt av den totale spenning over potensiometeret.

Korreksjonssignalet fra sammenligningskretsen 9 adderes til inngangssignalet S i forsterkerelementet 2 i motsatt fase. Etter subtraksjonen i forsterkeren 4, forsterkes signalet på inngangsklemmen 13 i forsterkerelementet 2 med en forsterkningsfaktor β. Denne forsterker har en viss forvrengningsprosent som i foreliggende tilfelle summeres til det forsterkede utgangssignal som et feilsignal F.

En del av dette utgangssignal på utgangsklemmen 6 tas ut fra dempekretsen 10 med en dempning γ og sammenlignes med det tilførte signal på forsterkerelementet 2 i den andre sammenligningskrets 11 hvoretter korreksjonssignalet tilbakekoples til forsterkerelementet 1 via forforsterkeren 3.

Maksimalt kan følgende spenning opptre over belastningen 7, dvs. mellom utgangsklemmene 5 og 6:

$$\frac{2\alpha + 2\beta - \alpha\beta\gamma - \alpha\beta\delta}{\alpha\delta + \beta\gamma - \alpha\beta\gamma\delta} \cdot S - \frac{EB(\gamma - \delta) - F\alpha(\delta - \gamma)}{\alpha\delta + \beta\gamma - \alpha\beta\gamma\delta}$$

hvor det første uttrykk betegner det uforvrengte signal og det andre uttrykk forvrengningen.

Det er klart at det siste uttrykket elimineres hvis:

$E\beta(\gamma - \delta) = F\alpha(\delta - \gamma)$

Dette oppnås når $\gamma = \delta$, dvs. når dempningen i den første og andre dempekrets er den samme og i det tilfellet er den totale forsterkning $\frac{2}{\gamma}$.

Det ovenfor nevnte resultat kan imidlertid oppnås hvis:

forvrengningsprosenten i den lineære operasjonsforsterker er vesentlig mindre f.eks. 10 dB enn for hvert forsterkerelement, dvs. for hver kraftforsterker.

Motstanden i belastningen er flere ganger mindre enn motstanden i dempekretsen, dvs. den samlede motstand i potensiometerne 8 og 10.

Sluttforsterkerne alltid overfører et signal.

At pulsresponstiden for alle forsterkerelementene og de lineære operasjonsforsterkere er mindre eller lik den maksimale puls-responstid for inngangssignalet.

Dempningen δ er mindre enn $\frac{2}{\alpha}$. Dette er en begrensende betingelse for å oppnå riktig stabilitet.

Det skal bemerkes at av sammenligningskretsene på fig. 1 kan den ene, f.eks. 9 være forbundet med den andre omvendt vei. Hvis utgangssignalet fra klemmen 5 via dempekretsen 8 tilføres inngangen +, dvs. den ikke inverterende inngang og inngangssignalet tas fra klemmen 12 til inngangen -, dvs. den inverterende inngang, må også korreksjonssignalet fra sammenligningskretsen 9 tilføres inngangsklemmen + i forforsterkeren 4.

I stedet for forsterkere med spenningsutgang kan forsterkerelementene 1 og 2 også arbeide med strømutgang som vist på fig. 2. Utgangsklemmene 5 og 6 er da forbundet med en felles utgangsklemme 22 via motstander 20 og 21 og belastningen 7 ligger fra klemmen 22 til jord.

Differenskretsen med sammenligningskretsene 9 og 11 og dempekretsene 8 og 10 og deres forbindelser med forsterker-elementene 1 og 2 og forforsterkerne 3 og 4 er lik de på fig. 1 mens dempekretsene tjener til tilførsel av inngangsignalet til

disse elementer.

I denne forsterker er motstandene 20 og 21 målemotstander. Spenningene over disse målemotstander dempes til riktig verdi av dempekretsene 8 og 10 og tilføres sammenligningskretsene 9 og 11 i motsatt fase til inngangssignalet på forsterkerelementene 1 og 2 som tas fra inngangsklemmene 12 og 13. Målemotstandene 20 og 21 har verdier som er flere ganger mindre enn belastningen 7.

Fig. 3 viser en utførelsesform som er en modifikasjon av push-pull forsterkeren på fig. 1.

Dempekretsene 8 og 10 består av potensiometere som innstilles til en dempning som er hovedsaklig lik det resiproke av forsterkningsfaktorene α og β, dvs. $\gamma = \delta = 1/\alpha = 1/\beta$.

Potensiometeret 8 består av en fast motstand 30 og en variabel motstand 31, mens potensiometeret 10 består av faste motstander 32 og 33.

Motstandene 30 og 32 og motstandene 31 og 33 er hovedsaklig identiske.

Med den variable motstand 31 kan dempningene γ og δ gjøres like.

Inngangssignalet S tilføres en lineær operasjonsforsterker 34 som virker som impedanstilpasningstrinn.

Forforsterkerne 3 og 4, sammenligningskretsene 9 og 11 og forsterkeren 34 er lineære operasjonsforsterkere hvis forsterkningsfaktor er 1.

Motstandene R har en verdi av 2200 ohm. Verdien av motstandene 30 og 32 er 7500 ohm, verdien av motstandene 31 og 33 er 100 ohm resp. 90 ohm.

Disse forsterkere anvender kraftforsterkere som forsterkerelementer og kan levere 100 watt til en belastning på 2 ohm ved en inngangsspenning på 200 mV, dvs. med enforsterkningsfaktor på ca. 70. Disse forsterkere kan være av klasse B, type SQ 4 (Philips).

De lineære operasjonsforsterkere kan ansees som ideelle for frekvenser opptil 20 kHz.

Som belastning 7 anvendes en høyttaler med en impedans på 4 ohm. Forsterkerelementene ligger i en brokrets som leverer 200 watt energi.

Med denne push pull utgangsforsterker er det foretatt

følgende målinger med to typer av harmonisk forvrengning og intermodulasjonsforvrengning. Under intermodulasjonsmålingen ble det anvendt to signaler med samme amplitude, men forskjellig frekvens og måleresultatene er oppnådd ved full utstyring av kraftforsterkerne:

-harmonisk forvrengning.

f	$d_{tot.non-comp.}$	$d_{tot.comp.}$
1 kHz	0.33 %	'0'
10 kHz	0.43 %	0.03 %

$d_{tot.comp.}$ er den relevante forvrengningen tilveiebrakt med kretsen på fig. 3 og

$d_{tot.non-comp.}$ er den tilsvarende relevante forvrengningen med tilbakekoplingssløyfer og med komperatorne 9 og 11 åpne.

-intermodulasjonsforvrengning.

første frekvens f_1 = 14 kHz: andre frekvens f_2 = 15 kHz.

$d_{tot.non\ comp.}$	$d_{tot.comp.}$
0.5 %	0.02 %

Av disse verdier følger at forvrengningene er vesentlig minsket ved kompensering, dvs. ved anvendelse av differanskretsen med tilhørende dempekrets og sammenligningskrets.

Fig. 4 viser en modifikasjon av forsterkeren på fig. 3. I dette tilfellet består forsterkerelementene 1 og 2 av klasse B kraftforsterkere med npn- og pnp-Darlington krafttransistorer av silisiumtypen hvis spenningsforsterkningsfaktor er 0.9. Forforsterkerne 3 og 4 og sammenligningskretsene 9 og 10 er integrerte lineære operasjonsforsterkere.

I dette tilfellet virker forforsterkerne som spenningsforsterkere med en forsterkningsfaktor på 19.2 og tjener til å drive kraftforsterkerne. Korreksjonssignalene fra sammenligningskretsene 9 og 11 er dempet til 0.05 av den opprinnelige verdi ved hjelp av potensiometerne 40 og 41 resp. 42 og 43.

Strømmen gjennom diodene i kraftforsterkeren på ca. 10 mA er alltid tilstrekkelig stor til å sikre tilfredsstillende drift av kraftforsterkerne. Hvilestrømmen I_r gjennom utgangstransistorene er ca. 3.3 mA hvilket betyr at utgangstransistorene alltid er i drift selv ved null signal, dvs. at kraftforsterkerne fortsetter å levere et signal hvilket også fremgår av måleresultatene nedenfor:

- harmonisk forvrengning i %

f kHz	α tot.non-comp. I_r=3.3mA		α tot.comp I_r=0		α tot.comp I_r=3.3mA	
Vu	0.3	15	0.3	15	0,3	15
1	24	1.6	12	0.25	0,5	'0'
10	25	1.8	6	0.15	1.0	0.05

$d_{tot.non-comp.}$ og $d_{tot.comp.}$ har samme betydning som tidligere nevnt, men her for kretsen på fig. 4.

Forvrengningen er hver gang angitt ved en lav og en høy effektiv spenning V_u i volt over belastningen R=6 ohm.

Ved lav spenning V_u = 0.3 V er Darlington-utgangstransistorene hovedsakelig sperret og forvrengningen er da meget stor selv om virkningen av kompenseringen er godt merkbar. Ved en bestemt hvilestrøm er imidlertid forvrengningen vesentlig minsket.

- intermodulasjonsforvrengning i % ved I_r = 3.3 mA comp.

		V_u = 7.5 $V_{r.m.s.}$	V_u = 1 $V_{r.m.s.}$
f_1 = 14 kHz	f_2 = 15 kHz	0.28	0.18
f_1 = 60 kHz	f_2 = 8 kHz	'0'	0.45

Motstandene i denne forsterker er angitt i deler av R hvor det er nødvendig. Verdien av R er 2200 ohm. Verdien av dempemotstanden 41 er 135 ohm.

Fig. 5 viser en forsterker ifølge oppfinnelsen som er vesentlig modifikasjon av forsterkeren på fig. 2, men hvor forsterkerelementene omfatter de samme Darlington-transistorer som i forsterkeren på fig. 4.

Målemotstandene 20 og 21 har en verdi på 0.1 ohm. De vesentligste motstander i forsterkeren er angitt i deler av R som er lik 2200 ohm. Sammenligningskretsene 9 og 11 har en forsterkning på 10.

Den samlede dempning bestemmes av verdien av målemotstandene 20 og 21 og av forsterkningen i de tilhørende sammenligningskretser 9 og 11.

Fig. 6 viser en forenklet modifikasjon av en forsterker ifølge oppfinnelsen.

Forsterkerelementene 1 og 2 har inverterende inngang.

Fra kraftforsterkeren 1 blir inngangssignalet på inngangen 12 addert i motsatt fase til utgangssignalet på klemmen 5 via motstander 20R i forbindelsespunktet 50 hvoretter differanssignalet tilføres den inverterende inngang i forforsterkeren 4 med en dempning 20:1. Disse motstander 20 R danner differanskretsen som er nevnt ovenfor.

I den andre hjelpekrets oppnås differanssignalet på lignende måte i forbindelsespunktet 51 og tilføres den inverterende inngang i forforsterkeren 3 med samme dempning.

Ved en eksperimentell utførelse av denne forsterker ble det anvendt samme operasjonsforsterkere og kraftforsterkere som i forsterkeren på fig. 4.

Det har vist seg at under alle forvrengningsmålinger og ved enhver tilgjengelig utgangsenergi er forvrengningskomponentene i utgangssignalene mindre enn -70dB.

Patentkrav

1. Forsterker med et første og et andre forsterkerelement hvis utganger er forbundet med en last, hvor hvert forsterkerelement omfatter en seriekopling av en forforsterker og en kraftforsterker, idet det første forsterkerelementet er forsynt med en første differenskrets for tilveiebringelse av et første kompensasjonssignal for det andre forsterkerelementet og idet det andre forsterkerelementet er forsynt med en andre differenskrets for tilveiebringelse av et andre forsterkerelementets utgang, for det første forsterkerelementet, hvor en første inngang til den første og andre differenskrets er koplet via en tilsvarende demper med henholdsvis det første og andre forsterkerelementet, k a r a k t e r i s e r t v e d at en andre inngang til den første og andre differenskretsen er forbundet med et kretspunkt i forbindelsen mellom forforsterkeren og kraftforsterkeren til henholdsvis første og andre forsterkerelement.

2. Forsterker ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at hver differenskrets omfatter en seriekopling av to motstander, idet de to terminalene til seriekoplingen er den første og andre inngangen til differenskretsen, et knutepunkt mellom de motstandene som er en utgang for differenskretsen, ved hvilken utgang kompensasjonssignalet er tilgjengelig, idet signalene ved de to inngangene til en differenskrets er i motsatt fase i forhold til hverandre (fig. 6).

3. Forsterker ifølge krav 1, hvor et signal som skal bli forsterket blir tilført en inverterende inngang til forforsterkeren til det første forsterkerelementet og en ikke-inverterende inngang til forforsterkeren til det andre forsterkerelementet, k a r a k t e r i s e r t v e d at utgangene til de to forsterkerelementene er koplet med lasten i push-pull, idet kompensasjonssignalet blir tilført inngangene til forforsterkerne til de første og andre forsterkerelementene med motsatt polaritet (fig. 1, 3, 4).

4. Forsterker ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at utgangene til de to forsterkerelementene er koplet parallelt med hverandre til et punkt med konstant potensial (jord) via belastningen, hvor signalet som skal bli forsterket

blir tilført like innganger til begge forforsterkerne, at hver demper innbefatter en målemotstand anordnet mellom utgangen til det korresponderende forsterkerelementet og last, idet spenningen over hver målemotstand blir målt i en komparator og blir tilført den første inngangen til korresponderende differenskrets (fig. 2, 5).

5. Forsterker ifølge krav 4, k a r a k t e r i s e r t v e d at utgangene til de to forsterkerelementene er koplet med like innganger til to differenskretser hhv., idet utgangene til de to differenskretsene er forbundet med innganger til begge forforsterkerne (fig. 2, 5).

6. Forsterker ifølge krav 3, k a r a k t e r i s e r t v e d at utgangene til de to forsterkerelementene er forbundet med den inverterende og ikke-inverterende inngangen til differenskretsene hhv., idet utgangene til de to differenskretsene er forbundet med den inverterende og den ikke-inverterende inngangen til respektive forforsterkere (fig. 1, 3, 4).

7. Forsterker ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at utgangene til de to forsterkerelementene er forbundet med lasten i push-pull, at et signal som skal bli forsterket blir tilført en inverterende inngang til forforsterkeren til det første forsterkerelementet og en inverterende inngang til forforsterkeren til det andre forsterkerelementet, idet kraftforsterkeren til hvert forsterkerelement er inverterende og har en hovedsakelig jevn forsterkning, idet motstanden til hver differenskrets er hovedsakelig lik, og idet utgangen til begge differenskretsene er forbundet med inverterende innganger til forforsterkeren til begge forsterkerelementene (fig. 6).

8. Forsterker ifølge et hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at elementene i forsterkeren har vesentlig mindre forvrengningsprosent enn kraftforsterkeren.

9. Forsterker ifølge et hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at dempekretsen gir tilnærmet identisk dempning.

10. Forsterker ifølge et hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at de to forsterkerelementene har hovedsakelig samme forsterkningsfaktor.

11. Forsterker ifølge krav 9 og 10, k a r a k t e r i -

s e r t v e d at de to demperkretsene gir mindre dempning enn $2/\alpha$, hvor α er forsterkningsfaktoren i hvert forsterker-element.

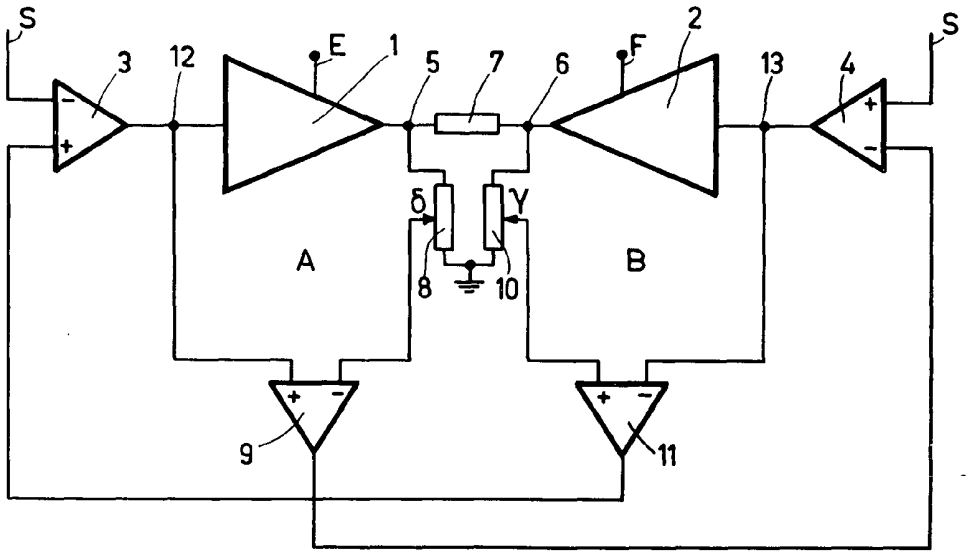

S
3
12
E
1
5
7
6
F
2
13
4
S
δ
γ
A
B
8
10
9
11

Fig.1

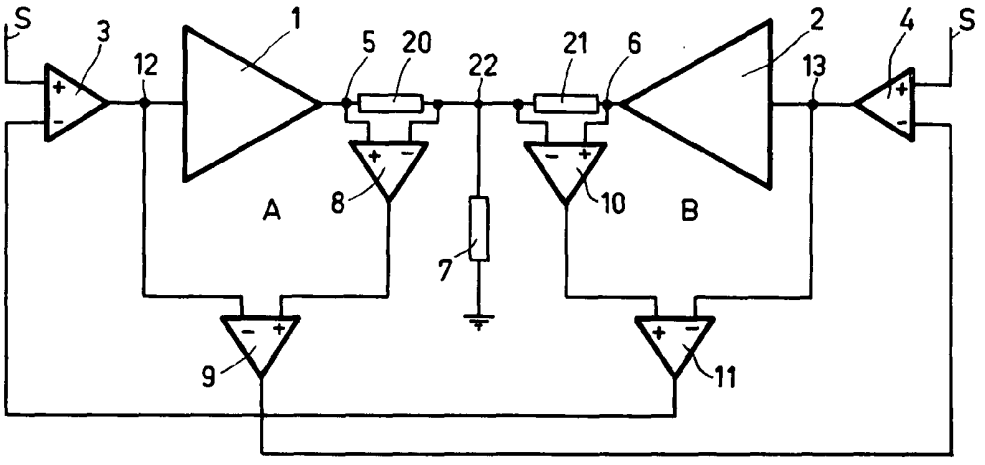

S
3
12
1
5
20
22
21
6
2
13
4
S
A
8
10
B
7
9
11

Fig.2

150100

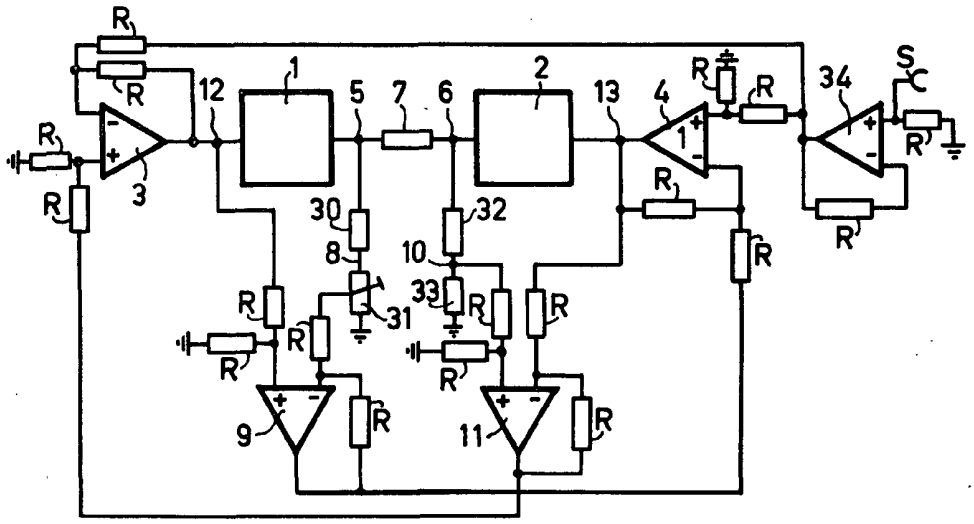


Fig. 3

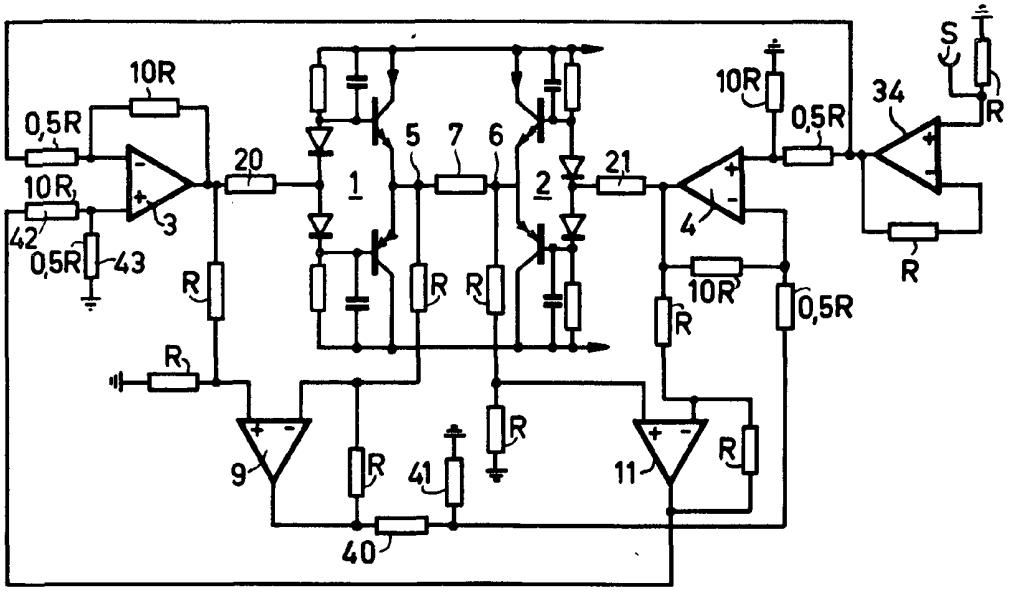


Fig. 4

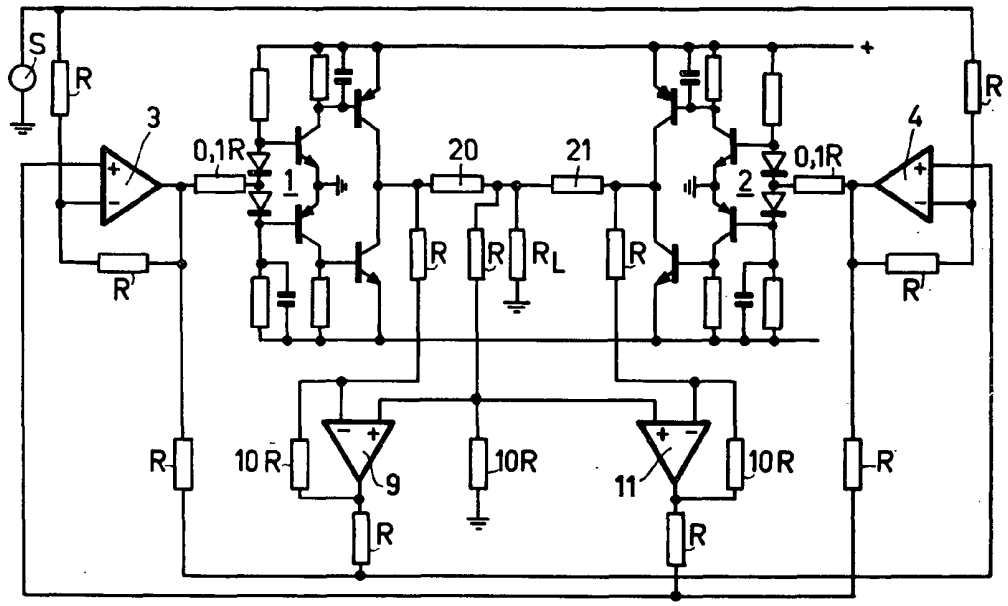

S
R
3
0,1R
1
20
21
2
0,1R
4
R
R
R
R
R
R
R
R
10R
9
10R
11
10R
R
R
R

Fig.5

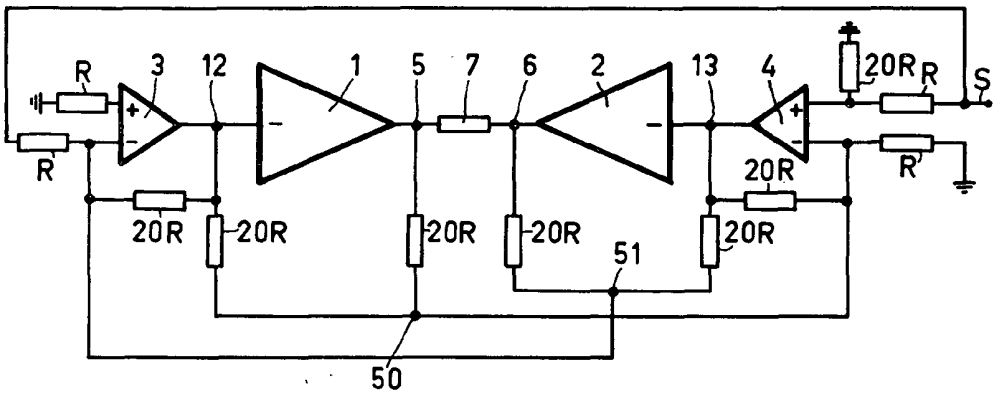

R
3
12
1
5
7
6
2
13
4
20R
R
S
R
R
20R
20R
20R
20R
20R
20R
51
50

Fig.6