



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) 324994

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

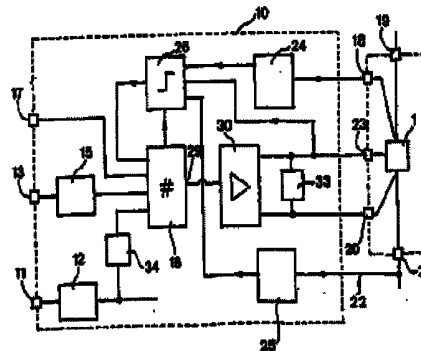
H02M 1/08 (2006.01)

H03K 17/04 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20010678	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1999.08.11 PCT/SE99/01359
(22)	Inng.dag	2001.02.09	(85)	Videreføringsdag	2001.02.09
(24)	Løpedag	1999.08.11	(30)	Prioritet	1998.08.12, SE, 9802712
(41)	Alm.tilgj	2001.02.09			
(45)	Meddelt	2008.01.14			
(73)	Innehaver	Bombardier Transportation GmbH, Saatwinkler Damm 43, 13627 BERLIN, DE			
(72)	Oppfinner	Waldemar A Belwon, Västerås, SE			
(74)	Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS, Postboks 7085 Majorstua, 0306 OSLO			
(54)	Benevnelse	Apparat for overordnet styring av effekthalvledere			
(56)	Anførte publikasjoner	D1 US 5159657, D2 EP 323170 A2			
(57)	Sammendrag				

Apparat (10) for å styre effekthalvledere (1) i anlegg for omvandling av elektrisk energi. Apparatet har kretser (18-25) for bestemte funksjonsparametre for halvlederen (1) og en komparatorenh (26) for sammenlikning av disse parametre med referansenivåer. En programmerbar krets frembringer disse referansenivåer og behandler sammenlikningsresultatene for å kunne gi ut et digitalsignal for å bestemme et bestemt strømforløp for strøm til eller fra halvlederens (1) styreelektrode (23). En strømtiv forsterker (30) styres digitalt og tar imot digitalsignalene fra kretsen (16) for å frembringe en strøm til eller fra styreelektroden (23) ved det gitte strømnivå som trengs for å styre halvlederen (1).



Denne oppfinnelse gjelder et apparat for overordnet styring av effekthalvledere, nemlig slike halvledere som på sin side er spennings/ladningsstyrte. Halvlederne og oppfinnelsens apparat kan særlig brukes i anlegg for omvandling av elektrisk energi, og apparatet inneholder kretser for å registrere bestemte funksjonsparametre for halvledere, samt kretser for å styre spenningen mellom dennes styreelektrode og emitter- eller "kilde"-elektrode, i avhengighet av størrelsen av den aktuelle funksjonsparameter i den hensikt å utføre en overordnet styring på foreskrevet måte.

Spennings/ladningsstyrte effekthalvledere er halvledere som spenningsstyres i en statisk tilstand, det vil si når halvlederen enten leder strøm eller sperrer, primært ved den spenning som påtrykkes mellom halvlederens styreelektrode ("gate") og dens emitter (eller "source"), men som ladningsstyres under den egentlige omkopling mellom statiske tilstander, siden det da trengs en betydelig ladningsoverføring til og fra styreelektroden som følge av den eksisterende elektriske kapasitans mellom styreelektroden og emitteren, som blir ladet eller utladet.

Det skal her bemerkes at alle slike effekthalvledertyper tas med generelt, så som for eksempel IGBT (bipolare transistorer med isolert styreelektrode) og MOSFET (felteffekttransistorer med metalloksidsjikt), hvor uttrykkene emitter og kollektor skal tas i videst mulig betydning og altså også omfatte sjikt eller områder i slike halvledere, der disse deler har et annet navn, så som "drain", "gate" og "source".

Anlegg for omvandling av elektrisk kraft eller energi kan være av forskjellig type, så som lysnettomvandler, motortransduktorer, batteriladere og liknende, og de har en ting felles, nemlig at effekthalvlederne som brukes normalt må styres presist og ved temmelig høy frekvens, det vil si at styringen må utføres ved høy hastighet, fortrinnsvis innenfor reaksjonstider som ligger helt nede i nanosekundområdet.

Det er særlig viktig å ha denne hastighet når forskjellige feil oppstår i det egentlige utstyr eller i anleggets effekthalvledere og for å kunne håndtere bestemte beskyttelsesfunksjoner, slik at eventuelle skader på halvlederne eller andre deler i utstyret eller anlegget og kostbare avbrudd unngås. Eventuelt søker man å holde slike skader sterkest mulig begrenset for å holde reparasjonskostnadene nede.

Eksempler på de mål man søker å nå med en slik styring er å oppnå en overspenningsbeskyttelse av halvlederne ved kortslutning, å ha kontroll over såkalte reetableringsfenomener i dioder med svinghjulsvirkning og koplet til halvlederen, optimalisering av omkoplingsforløpene for å holde tapene nede, og ha styring med utviklingen av kollektor-emitter-spenningen og kollektorstrømmen over bestemte tidsperioder.

Apparater av denne type og allerede i kjent utførelse har vært basert på analog tilbakekopling fra kollektor og emitter på effekthalvlederen, slik at det etableres en lukket analog reguleringssløyfe for å styre på- og avslagsprosessen og beskytte halvlederen. En parameterrik interaksjon mellom denne under styring og de analoge funksjoner i apparatet foreligger således. Et slikt styreapparat som er utformet på denne måte

møter et problem ved at det ikke så lett kan gjøres universelt, det vil si at et slikt styreapparat ikke så lett kan fremstilles for bruk for forskjellige effekthalvledere eller anvendelser. Forskjellige halvledere har visselig unike egenskaper, og i kombinasjon med forskjellige hovedkretser i det aktuelle apparat trengs en stor grad av regulering og tilsvarende et stort antall reguleringselementer, slik at en entydig innstilling av reguleringskomponenter i apparatet trengs hver gang, og hvor man i tillegg må ha en unik komponentsamling i hvert enkelt tilfelle. Videre vil forskjellige krav til funksjonskarakteristikken så som spennings- og strømdifferensialkoeffisienter for de forskjellige bruksanvendelser for slikt utstyr kreve et stort antall spesielle innstillinger i apparatet, og hver gang disse krav endres må man sørge for hel omstilling eller ha en spesiell maskinvare fremstilt.

Målet med denne oppfinnelse er således å komme frem til et apparat av den type som ble omtalt helt innledningsvis og som er utformet slik at det kan betraktes å være universelt, det vil si at det kan brukes for å styre effekthalvledere med forskjellige egenskaper og der man har forskjellige behov ut fra anvendelsen. Et slikt mål nås ved å anordne komponentene i et slikt apparat slik at de kan registrere bestemte parametre, nemlig ved at disse komponenter er innrettet for å registrere valgte parametre som beskriver funksjonen av halvlederen via tilkoplingen til denne, og at apparatet videre omfatter: midler for å sammenlikne verdien av de valgte funksjonsparametre som er registrert med tilhørende referansenivåer, en programmerbar krets for å generere disse referansenivåer for sammenlikningen og prosessere data ut fra sammenlikningen slik at det på denne basis frembringes et digitalsignal som tilsvarer et forløp for en gitt strøm til eller fra halvlederens styreelektrode, og en digitalstyrt strømsliv forsterker med strømkilder som arbeider i konstantstrømmodus, idet denne forsterker er innrettet for å motta digitalsignalet fra den programmerbare krets og på basis av dette, via strømkildene, frembringe en strøm til eller fra halvlederens styreelektrode ved den gitte strøm for å styre den.

I følge oppfinnelsen, løses de overnevnte problemer ved et apparat angitt i krav 1 og som har de karakteristiske trekk som angitt i den kjennetegnende del av kravet; et apparat angitt i krav 9 og som har de karakteristiske trekk som angitt i den kjennetegnende del av kravet; og et apparat angitt i krav 15 og som har de karakteristiske trekk som angitt i den kjennetegnende del av kravet.

Ut fra det faktum at styreapparatet på denne måte kan arbeide uten analoge lukkede tilbakekopplingsløyper, men i stedet bruker en indirekte bestemmelse av den ønskede oppførsel for effekthalvlederen, kan det brukes for forskjellige slike halvledere i forskjellige hovedkretser eller utstyr. Dette oppnås ved å sørge for den overordnede styring av strømmen til og fra halvlederens styreelektrode, i avhengighet av verdien av valgte viktige funksjonsparametre, hvor det er meget viktig at denne strøm raskt kan reguleres, eller at det riktige alternativ velges i stedet for de lukkede tilbakekopplingsløyper av allerede kjent type. Dette muliggjøres ved å bruke en såkalt strømsliv omvandler som styres av digitalsignaler og er innrettet for å motta slike fra den

programmerbare krets som sørger for programmeringen. Ut fra programmeringen og strømstyringen frembringes således en styrestrøm ut fra hvilket program som er lagt inn og på basis av resultatene fra sammenlikningen av de parametre som er registrert i forhold til referansenivået.

5 Fordelene med et apparat av denne type blir, i forhold til tidligere ganske mange, blant annet vil antallet komponenter og maskinvaren for slike apparater samt fremstillingen og bruken reduseres i omfang og kompleksitet, hvilket betyr at prøveutstyr ikke må modifiseres hver gang nye krav til funksjonen kommer opp. Videre kan samme styreapparat brukes i forskjellig utstyr og i forskjellige anlegg, slik at mengden av for-
10 skjellige styreapparater så vel som lagringskapasiteten som trengs ved fabrikasjonen og antallet forskjellige reservedeler blir redusert. Endelig reduseres dokumentasjonen når det gjelder konstruksjonsendringer, så vel som vedlikeholdskostnadene.

Videre får man bedre fleksibilitet når det gjelder de muligheter man har for å tilpasse apparatets funksjoner til forskjellig bruk. Bruken kan være forskjellige spen-
15 ningssystemer, forskjellige effekthalvledere og forskjellige omvandlere. Dette oppnås ved programmerbarheten, slik at for eksempel ny maskinvare kan erstatte ødelagt tilsvarende, eller at et styreapparat har gått ut av produksjon. Det eneste krav er at det opprettholdes et mekanisk grensesnitt mellom apparatet og omgivelsene, idet det med grensesnitt her forstås tilkoplinger, overganger etc. Kjøpere kan videre endre typen halv-
20 ledere etter en viss tid, når tidligere typer har gått ut av produksjon eller nye og bedre har kommet i stedet. Flere problemer som dukker opp under bruken kan løses ved omprogrammering av selve maskinvaren i stedet for å erstatte denne av en ny, korrigert, modifisert eller annen. Programmerbarheten fører også til at selvprøving av eventuelle styrekretskort kan utføres ved hjelp av apparatets programmerbare krets. Ytterligere
25 fordeler ligger også der.

I samsvar med foretrukne utførelser av oppfinnelsen er blant annet apparatet slik at kretsene har koplinger til halvlederens styreelektrode samt kollektor og emitter, for å registrere kollektor-emitter-spenningen og gate-emitterspenningen som den valgte parameter, idet styreelektroden her er benevnt gate.

30 Det er også hensiktsmessig å kunne bestemme tidsdifferensialkoeffisienten for kollektorstrømmen i effekthalvledere, og i en foretrukket utførelse av oppfinnelsen kan dette gjøres ved å anordne en hjelpeemitter som er koplet til halvlederens emitter, idet denne kan kalles hovedemitteren, hvor hjelpeemitteren ligger nærmere enn hovedemitteren, og hensikten er å unngå parasittær induktans i hovedemittertilkoplingen
35 til en målekrets koplet til halvlederen for måling av spenningen mellom hjelpe- og hovedemitteren. Således kan man få et mål for tidsdifferensialkoeffisienten for kollektorstrømmen ut fra det faktum at den programmerbare krets bruker de parametre som er illustrert på denne måte for å sette opp en orden eller et forløp for et gitt strømnivå til eller fra halvlederens styreelektrode benevnt gate, for påslag, av sperring og
40 beskyttelsesprosesser for denne, på en effektiv måte.

I samsvar med en foretrukket utførelse av oppfinnelsen har denne programmerbare krets en komponent for tilkopling av et arrangement for rekonfigurasjon av kretsen, det vil si omprogrammering av den. Fordelene er innlysende ut fra det som er gjennomgått ovenfor. I en annen foretrukket utførelse av oppfinnelsen er apparatet slik at den programmerbare krets er innrettet for å tillate en endring av beskyttelsesstyrefunksjonene og innstilling av referansenivåene via den programmerbare forbindelse etterat apparatet er satt i drift. Det vil på denne måte være mulig hele tiden gradvis å tilpasse apparatet til forskjellige behov hos brukeren, eller til nye effekthalvledere når eldre slike erstattes.

I samsvar med en annen foretrukket utførelse av oppfinnelsen omfatter styreapparatet kretser for påtrykk av likespenninger for dets funksjon, og i dette henseende har det en krets for å overvåke påtrykket av slike likespenninger til de forskjellige deler av apparatet og gi informasjon til den programmerbare krets om dets tilstand. Den programmerbare krets kan på denne måte ta hensyn til disse påtrykte spenninger når strømforløpet settes opp.

I henhold til en annen foretrukket utførelse av oppfinnelsen omfatter apparatet en beskyttelseskrets for å beskytte halvlederen mot ukontrollerbart påslag ved utfall av de påtrykte likespenninger, ved å holde spenningen mellom gate og emitter under det nivå som trengs for å aktivere halvlederen under en tidsperiode hvor påtrykket av likespenning ikke finner sted. På denne måte kan unngås at halvlederen ødelegges når driftsfeil forekommer.

I en annen foretrukket utførelse er apparatet slik at den strømslave forsterker har et første sett strømkilder for å levere en strøm med innbyrdes forskjellig styrke til halvlederens gate, og et andre sett strømkilder innrettet for å frembringe en strøm med innbyrdes forskjellig styrke fra halvlederens gate, og kretser for å styre disse strømkilder på basis av digitalsignalet fra den programmerbare krets, i den hensikt å styre halvlederen. Styringen av denne kan således utføres ved høy hastighet, det vil si innenfor nanosekundområdet, ved å endre den strøm som frembringes av strømkildene og går til og fra halvlederens styreelektrode, det vil si gate.

I en annen foretrukket utførelse av apparatet og som representerer en utvikling av det som er angitt like ovenfor, er dette apparat slik at den programmerbare krets er innrettet for å generere digitalsignalet som en ordrekkefølge med flere sifre (bit), hvor hvert siffer tilsvarer en separat av strømkildene i forsterkeren, og at strømstyrken fra disse strømkilder sifferveies. Informasjonen på digital form fra den programmerbare krets kan således raskt omvandles til analog form for å gi bestemte strømstyrker, ut fra sammenlikningen nevnt ovenfor, til eller fra halvlederens gate og uten behov for noen tid for D/A-omvandling, med unntak av den tid det tar å aktivere strømkildene.

I samsvar med en annen foretrukket utførelse av oppfinnelsen og som likeledes representerer en videreutvikling av den utførelse som har to sett strømkilder, er apparatet slik at hver av strømkildene omfatter et par bipolare transistorer, idet den første av disse er innrettet for et spenningspåtrykk mellom kollektor og emitter, mens basen er

koplet til inngangen på forsterkeren for å motta et digitalsignal hvis spenningsnivå er nøyte definert, mens den andre av transistorene er koplet med basen til den førstes kollektor og med sin kollektor til halvlederens gate for å føres frem til eller fra denne, og at begge transistorer er slik koplet at de alltid arbeider i sitt lineære arbeidsområde eller er avslått, i avhengighet av om en digital "1" eller "0" mottas på basen av den første av dem, idet denne er innrettet for å strømstyre den andre av dem. Ved å kople disse to transistorer i sitt respektive par til hverandre på denne måte ved at den andre transistor kan gi strøm til halvlederens gate, kan denne strøm endres, det vil si styres ved stor hastighet, ut fra at disse bipolare transistorer raskt kan slås på til ledende tilstand eller slås av til sperrende tilstand når de arbeider i sitt lineære område.

Ytterligere fordeler så vel som fordelaktige trekk med/ved oppfinnelsen vil fremgå av detaljbeskrivelsen nedenfor og av de etterfølgende patentkrav. Til beskrivelsen hører tegningene, hvor:

Fig. 1 viser et forenklet kretsskjema over et apparat ifølge oppfinnelsen, for styring av den såkalte strømventilenhet for omvandling mellom likestrøm og vekselstrøm, fig. 2 viser blokkskjematisk et apparat ifølge en foretrukket utførelse, fig. 3 viser i nærmere detalj hvordan apparatets indre oppbygging er, fig. 4 viser hvordan apparatets strømstive forsterker styres digitalt, slik det også er skissert på fig. 2, fig. 5 viser skjematisk et resistivt slutt-trinn for denne forsterker, idet styringen er slik det er vist på fig. 4, og fig. 6 viser i et diagram hvordan forløpet av kollektor-emitterspenningen og kollektorstrømmen går med forskjellige verdier av strøm til og fra en effekthalvleders styreelektrode, ved styring med et apparat ifølge oppfinnelsen og i forskjellige tilstander for halvlederen.

En mulig anvendelse av et apparat 10 ifølge oppfinnelsen er overordnet styring av en spennings/ladningsstyrt effekthalvleder 1, for eksempel av typen IGBT og beregnet for såkalt "punch through" (PT) eller "non punch through" (NPT), i et anlegg for omvandling av vekselspenning til likespenning og omvendt. Fig. 1 viser en typisk slik oppkopling hvor det er brukt to apparater 10, begge for styring av sin respektive strømventilenhet 5, 6 i en fasegren 4 mellom en positiv og en negativ pol 2, 3 eller linje i et likespenningsnett. Det fremgår hvordan strømventilenhetene er bygget opp med en effekthalvleder 1 og en parallellkoplet likeretterdiode 7 med motsatt strømretning. Tegningen viser også symboler for en eller flere slike halvledere og dioder koplet i serie med dem, siden spenningen som skal opprettholdes av de respektive ventilenheter i sperrende tilstand av halvlederen kan være for høy for denne, for eksempel i størrelsesorden 100 kV, mens effekthalvlederne maksimalt kan tåle 1-10 kV. Ved å kople flere slike halvledere i serie på denne måte i sin respektive strømventilenhet kan spenningen fordeles jevnt over de enkelte halvledere. Disse styres da samtidig slik at de arbeider som en enkelt halvlederinnretning, og dette kan gjøres presist når halvlederne er av typen IGBT. Styreapparatet 10 ifølge oppfinnelsen er i dette tilfelle koplet slik at det samtidig styrer de enkelte halvledere 1 i strømventilenheten på samme måte. En faseutgang 9 for et vekselspenningsnett er koplet til et midtpunkt 8 på fasegrenen 4.

Halvlederne i de forskjellige strømventilenheter 5, 6 slås på og slås av til sperret stilling vekselvis slik at faseutgangen 9 likeledes vekselvis koples til spenningspotensialet på polene 2 henholdsvis 3, slik at det frembringes en vekselspenning på konvensjonell måte (en firkantspenning). Det som er beskrevet så langt gjelder allerede kjent teknikk.

Et apparat 10 for overordnet styring av aktuelle effekthalvledere koples direkte til disse for styringen, og fig. 2 viser i noe mer detalj hvordan dette gjøres. Fig. 3 viser det tilsvarende utvidede skjema med enkelte komponenter i blokkene. Den beskrivelse som følger støtter seg særlig til disse to tegninger. Apparatet 10 tilføres likespenning for funksjonen av de komponenter som inngår, via en første inngang 11 vist nederst til venstre på fig. 2. En likespenningsomvandler 12 gjør om spenningen slik at den passer til de enkelte komponenter i apparatet 10. Via en andre inngang 13 tilføres optiske signaler fra en lysleder 14 (se fig. 1) fra overordnet elektronikk for hele anlegget for omvandling av elektrisk energi, for koordinering av styringen av halvlederen 1 i sin respektive strømventilenheter, samt styringen av de enkelte øvrige deler av anlegget. Ved å bruke en slik lysleder 14 i form av en optisk fiberledning eller liknende får man et galvanisk skille mellom den overordnede styreelektronikk ved lavt potensial og ventilene som gjerne arbeider ved høyt potensial. Signaler kan sendes begge veier i lyslederen 14 og omvandles i en lysomvandler 15 til spenningssignaler for videreføring til en programmerbar krets 16 som inngår i apparatet 10. Denne krets kan for eksempel være en LSI (en programmerbar storskalaintegrert krets med bestemte systemspesifikasjoner), en PLD (en generell programmerbar logikkrets) eller en CPLD (en tilsvarende, men mer kompleks krets).

Apparatet 10 har også en tredje inngang 17 som fører inn til kretsen 16 og er beregnet for tilkopling av en utvendig datamaskin (PC) for omprogrammering av kretsen 16, dersom dette skulle være ønskelig.

Apparatet har følgende tilkoplinger til effekthalvlederen 1:

a) En såkalt styre- eller hjelpekollektortilkopling 18 som er koplet til halvlederens 1 egentlige kollektor, idet tilkoplingen til denne kan kalles en hovedkollektortilkopling 19, og via hjelpekollektortilkoplingen er den strømførende del av energiomvandleren, det vil si den ene av polene i likespenningsnettet koplet til halvlederens 1 kollektor, slik at parasittær induktans i hovedkollektortilkoplingen 19 blir redusert i apparatet 10.

b) En såkalt styre- eller hjelpeemittertilkopling 20 som på tilsvarende måte er koplet til halvlederens hovedemittertilkopling 21 og som er tilkoplet en strømførende del av anlegget, særlig faseutgangen 9 til halvlederens emitter, av samme hensikt som ovenfor. Dette er vist for strømventilenheten 5 øverst på fig. 1.

c) En tilkopling 22 som er ført direkte til hovedemittertilkoplingen 21.

Endelige er apparatet 10 koplet til halvlederens 1 styreelektrode 23 som på konvensjonell måte gjerne kalles "gate".

Oppfinnelsens apparat 10 arbeider altså som et styre/kontrollelement og brukes til overordnet styring av en eller flere halvledere 1 ut fra informasjon som kan

mottas via de tilkoplinger som er beskrevet ovenfor. Informasjonen gjelder valgte parametre som beskriver halvlederens funksjoner. Parametrene er fortrinnsvis kollektor-emitterspenningen, og denne kan tas ut mellom tilkoplingene 18 og 20 eller 21, det er gate-emitterspenningen som kan tas ut mellom tilkoplingene 23 og 20 eller 21, og det er kollektorstrømmens tidsdifferensialkoeffisient som kan hentes ut via tilkoplingene 20 og 21, siden de parasittære induktanser i hovedemittertilkoplingen 21 ellers ville føre til et potensial mellom tilkoplingene 20 og 21, godt over 50 V når kollektorstrømmen raskt endres i halvlederen 1.

Spenningsignalene fra tilkoplingen 18 og 22 mottas av det man kan kalle standardiseringsblokker eller delekretser 24, 25, og disse er innrettet for å dele det respektive deteksjonsspenningssignal til signaler med forskjellig måleområde, slik det er illustrert for delekretsen 24 på fig. 3. Signaler som er egnet for å kunne håndteres i et middel 26 som er innrettet for å sammenlikne verdien av disse signaler med referansenivåer som tilsvarer bestemte strømverdier for en strøm som sendes gjennom styreelektroden eller gate 23 og dennes tilkopling også brukes for å styre halvlederen 1 på en måte som skal forklares nærmere nedenfor, oppnås på denne måte. Referansenivåene frembringes av den programmerbare krets 16 og sendes til sammenlikningsmidlene 26, idet disse midler like gjerne med en gang kan kalles en komparatorenhet 26, i form av digitalsignaler. Disse omvandles til analog form i den viste D/A-omvandler 27, slik at det er analoge spenninger som sammenliknes i de enkelte viste komparatorer 28 i komparatorenheten 26. Sammenlikningen foregår med signaler som stammer fra delekretsene 24 og 25. Komparatorenheten 26 sender resultatet av sammenlikningen til kretsen 16, idet denne er programmert til å utføre prosessering av de innkommende data slik at det frembringes et digitalsignal på utgangen 29, tilsvarende en bestemt orden eller et bestemt forløp for et gitt strømnivå til eller fra halvlederens gate, på basis av de innkommende data.

Apparatet omfatter videre en såkalt strømtiv forsterker 30 som styres digitalt og kan motta digitalsignalene fra kretsen 16 og ut fra disse generere en strøm til eller fra halvlederens gate 23. Denne strøm får da det gitte nivå for styring av halvlederen. Forsterkeren 30 har av denne grunn to strømkilder 31, 32, idet den første frembringer en strøm til gate, mens den andre frembringer en strøm fra denne. Konstruksjonen av forsterkeren 30 skal gjennomgås nærmere, og det vises da til fig. 4 og 5.

Apparatet har også en beskyttelseskrets 33 ("gate-guard") for å beskytte halvlederen mot ukontrollerte påslag når de påtrykte likespenninger eventuelt faller ut, ved at spenningen mellom gate og emitter reduseres til under det nivå som trengs for å aktivere halvlederen, under perioder hvor de påtrykte spenninger av en eller annen grunn skulle svikte i apparatet. Apparatet har også en overvåkingskrets 34 for kontroll av likespenningene til forskjellige deler, og med rapportering til den programmerbare krets 16 om tilstanden.

Forsterkeren 30 er vist i nærmere detalj på fig. 4. Den har en rask og strømsterk digital bufferforsterker 38 på inngangen for å motta svake digitalsignaler fra kretsen 16 og som ankommer den viste inngang 37 for å bli forsterket så vel som nivåstabilitet. Driftsspenningen til bufferforsterkeren er 5 V, og en logisk "1" på utgangen representeres ved en stiv og godt definert spenning, for eksempel 4,6 V. Ut fra det faktum at basen på en første bipolar transistor 35 er koplet til utgangen av forsterkeren 38, får denne transistor det stive digitalsignal på 4,6 V slik at den raskt hever sitt emitterpotensial til omkring 4 V. Den viste emittermotstand 41 for denne transistor er koplet til jordpotensial. På vanlig måte er base-emitterspenningen 0,6 V, og spenningen over motstanden 41 vil derfor være 4 V. Følgelig vil det gå en strøm gjennom dem, slik at transistorens kollektorstrøm holdes tilnærmet konstant, nemlig ved at denne strøm er lik spenningen over motstanden dividert med motstandsverdien.

Forsterkeren 30 har også en andre bipolar transistor 36 hvis base er koplet til kollektoren av den første. Den første transistors kollektor går via en kollektormotstand 39 til driftsspenningen som er indikert med +V, mens den andre transistors emitter går via en emittermotstand 40 opp til samme spenningsførende linje +V. Kollektoren på den andre transistor 36 går til gate 23 på halvlederen 1.

Motstandene 41 og 39 er valgt slik at de skal etablere en stiv referansespenning for den andre transistors 36 base og holde den første transistor 35 i det lineære arbeidsområde, det vil si at spenningen fra kollektor til emitter alltid holdes noe over et par volt. Referansen for den andre transistors base etableres via motstanden 39, og denne prosess gjentas ut fra det faktum at transistoren 36 raskt hever emitterpotensialet til et nivå som ligger 0,6 V høyere enn basepotensialet, slik at strøm som går gjennom emittermotstanden 40 etablerer en relativt konstant kollektorstrøm i denne andre transistor 36 for videreføring til effekthalvlederens 1 gate 23.

Ut fra dette kan det generelt sies at en strømkilde som dannes av den første transistor 35 og motstanden 41 driver en strømkilde som dannes av den andre transistor 36 og motstanden 40. Dette er nøkkelen til den høye hastighet av den strømsstive forsterker 30 under digital styring. Det er nemlig velkjent at en bipolar transistor kan slås av raskt når den er i sitt lineære arbeidsområde, hvilket kan forklares ut fra det faktum at det ikke injiseres noen elektronhull fra basen til kollektorsjiktet. Både den første og den andre transistor 35, 36 er i det foreliggende tilfelle alltid enten i sitt lineære arbeidsområde eller slått fullstendig av. For ytterligere å redusere omkoplingstiden er motstandene 39, 40 og 41 dimensjonert slik at de har liten verdi og dermed raskt vil overføre ladningsbærere ved omkopling. Det faktum at digitalsignalet på den første transistors 35 base, mottatt fra bufferforsterkeren 38, samtidig er referanse for en analog strømverdi så vel som at strømkildene er veid på den måte som er beskrevet nedenfor slik at det ikke trengs noen tid for noen digital/analog-omvandling, er et annet viktig trekk som bidrar til forsterkerens evne til å kunne håndtere store hastigheter. Nærmere bestemt har hvert sett strømkilder antallet n innganger 37 og antallet n par bipolare transistorer, det vil si at strømkildene hvor imidlertid i virkeligheten transistorene 35 og 36 med mot-

standene 41 og 40 må betraktes å være en enkelt strømkilde, mens det øvre sett slik det er vist på fig. 4 er innrettet for å frembringe en strøm til effekthalvlederens gate, mens det nedre sett fører strøm fra denne gate.

Det skal påpekes at to transistorer som koples om i konstantstrømmodus:
 5 35, 41 og 36, 40 - trengs for å oppnå et nivåskifte som en følge av påtrykket av den programmerbare krets 16 og bufferforsterkeren 38, av spenninger for digitalkretser, og dette spenningspåtrykk er ofte +5 V, mens den strømtive digitale bufferforsterker 30 blir koplet om mellom +V og -V, idet disse potensialer ofte er over 5 V.

Strømkildene som frembringer strøm fra gate 23 hører til det nedre sett vist
 10 på fig. 4 og er konstruert i henhold til samme prinsipper som det øvre sett, men er komplettert med en ytterligere transistor i konstantstrømmodus for å oppnå en nivåforskyvning fra +V til -V. Dette er utført med en transistor 51.

Det skal også vises til at samtlige transistorer som er vist på fig. 4 arbeider i sitt lineære arbeidsområde. Strømkildene som arbeider i konstantstrømmodus er ikke
 15 bare brukt for å gjøre forsterkeren raskere, men også for hurtig påtrykk av en strøm (ladning) med vel avgrenset verdi inn i halvlederens gate, til tross for parasittære induktanser i tilkopplingsledningene og interne dempningsmotstander i halvlederen selv, og denne strøm er ofte sterkt avhengig av temperaturen. Når videre en spenningsendring foreligger mellom gate 23 og emitteren 20, fra -V til +V, ved omkopling av halvlederen
 20 eller fra +V til -V ved omkopling av strømkildene, kan disse levere en konstant strøm, det vil si en nøye bestemt ladning, innenfor omtrent hele spenningsområdet +V/-V.

Videre er den programmerbare krets 16 innrettet for å videreføre digitalsignalet i form av flersifferord og hvor hvert siffer (med enheten bit) tilsvarer en separat av strømkildene i forsterkeren 30, det vil si for separate av de to n innganger, og
 25 strømverdier for de forskjellige strømkilder vil være sifferveid, nemlig i henhold til binærrekke $2^0 \dots 2^{n-1}$ og med den minst signifikante strømkilde regnet ovenfra og nedover og med en økning av signifikansgraden nedover i forhold til inngangene 37 og den representasjon som er vist på fig. 4. Den umiddelbare omvandling av digitalenerne på de forskjellige innganger 37 til analoge spenningssignaler på basen av den første bipolare transistor og den måte som strømkildene er konstruert på, gjør det mulig å endre, det vil
 30 si styre strømmen til eller fra effekthalvlederens 1 gate 23 så raskt som det er behov for, godt innenfor 20 ns.

En strømkilde som mates fra den positive driftsspenning V kan imidlertid ikke levere strøm når gate 23 er ladet til denne spenning. Den konstante strøm som trengs
 35 kan derfor bare gå så lenge gate-spenningen er lavere enn spenningen på basen på den første transistor 35, og resten av tiden vil strømgeneratoren føre mindre strøm, helt til den bunner (kommer inn i det ulineære arbeidsområde), idet den da blir langsommere ved omkoplingen. Den tilsvarende restriksjon er altså der for strømkilder som genererer strøm fra gate. For å finne et botemiddel for disse ulemper har forsterkeren 30 et ikke strømtivt resistivt slutt-trinn 42 som er vist på fig. 5. For å lade gate opp til potensialet
 40 +V brukes en p-kanals transistor 52 av typen MOSFET, koplet opp mellom +V og en

motstand 43, som på sin side er koplet til gate 23. Transistorens 52 gate er styrt i samsvar med hovedbevegelse på/av via et nivåendringstrinn som er koplet til et digitalt styresignal, vist på inngangen 45 øverst i kretsen. En tilsvarende n-kanals transistor 53 er anordnet i den nedre del av kretsen for å lade gate på effekthalvlederen 1 ned til -V og er koplet mellom linjen -V og en motstand 44, på sin side koplet til halvlederens gate 23. Transistorens 53 gate er styrt på tilsvarende måte ved av/på via et nivåendringstrinn som er koplet til den viste nedre inngang 46 og fører et digitalt styresignal.

Fig. 6 viser hvordan effekthalvlederen 1 kan styres ved å endre en styrestrøm 47. Når halvlederen 1 slås på eller når den påtrykkes et inngangssignal via den andre inngang 13 vil den programmerbare krets 16 slå halvlederen på i henhold til et forprogrammert algoritmeforløp. Når matespenningen er som den skulle være fra positive strømkilder, det vil si strømkilder for å føre strømmen til gate, økes styrestrømmen 47 til 10 A. Når gate-emitterspenningen som måles i apparatet 10 når omkring 3 V reduseres styrestrømmen til omkring 6 A. Når etter dette spenningen over hovedemitteren og hjelpeemitteren indikerer en positiv kollektorstrømkoeffisient for tidsdifferensialet blir denne styrestrøm redusert til 1 A. Når etter dette den tilsvarende spenning indikerer en negativ kollektordifferensialkoeffisient for strømforløpet økes strømmen slik at gate-emitterpotensialet raskt øker til +15 V. Effekthalvlederen slås etter dette på og vil holdes påslått inntil det viste tidspunkt 50 hvor avslagsprosessen startes på følgende måte: Et avslagssignal mottas via inngangen 13, og den programmerbare krets 16 slår deretter av halvlederen 1 i henhold til et forprogrammert algoritmeforløp, hvorefter den negative strømkilde først øker styrestrømmen til -12 A. Når den målte kollektor-emitterspenning stiger over 10 V reduseres styrestrømmen til 4 A. Når samme spenning stiger over et nivå som er gitt i overspenningsbeskyttelsen, nemlig et forhåndsprogrammert nivå, vil styrestrømmen reduseres ytterligere til 1,5 A. Etter avslag av halvlederen 1 opprettholdes styrespenningen på -15 V under resten av avslagsperioden.

I samsvar med dette betyr "stiv strøm" her en konstant strøm hvis nivå kan styres av et flersiffrs digitalord, det vil si digitalt. Således vil en strømsiv forsterker være en forsterker som har strømkilder som arbeider i konstantstrømmodus.

Generelt har man for eksempel et vilkårlig antall forskjellige halvledere av typen IGBT, med $I_C = 300 \text{ A} - 2400 \text{ A}$, $V_{CE} = 1200 \text{ V} - 6500 \text{ V}$ og ved systemspenninger fra 400 til 4200 V likespenning, og et slikt system av større antall halvledere kan fullt ut styres med ett og samme apparat 10 ifølge oppfinnelsen, når dette apparat er slik det er beskrevet ovenfor.

Det er for eksempel ikke nødvendig i det hele tatt at man har en separat komparatorenhet 26, men denne kan være integrert inn i den programmerbare krets 16, og det er heller ikke nødvendig at kommunikasjonen via den andre inngang 13 utføres ved hjelp av lys. Likespenningsomvandleren 12 kan i enkelte tilfeller, ved uisolerte systemer, være utelatt.

P a t e n t k r a v

5 1. Apparat (10) for overordnet styring av effekthalvledere (1), nemlig halvledere (1) som er spennings/ladningsstyrte og kan brukes i anlegg (30) for omvandling av elektrisk energi, og med kretser (18-25) for å registrere bestemte funksjonsparametre for halvlederne (1), samt kretser for å styre spenningen mellom deres styreelektrode og emitter- eller "kilde"-elektrode, i avhengighet av størrelsen av den aktuelle funksjonsparameter i den hensikt å utføre en overordnet styring på foreskrevet måte,
10 **karakterisert ved** at disse kretser (18-25) er innrettet for å registrere valgte parametre som beskriver funksjonen av halvlederen (1) via tilkoplingen (18-21) til denne, og at apparatet (10) videre omfatter:

 midler (26) for å sammenlikne verdien av de valgte funksjonsparametre
15 som er registrert med tilhørende referansenivåer,

 en programmerbar krets (16) for å generere disse referansenivåer for sammenlikningen og prosessere data ut fra sammenlikningen slik at det på denne basis frembringes et digitalsignal som tilsvarende et forløp for en gitt strøm til eller fra halvlederens (1) styreelektrode (23), og

20 en digitalstyrt strømtiv forsterker (30) med strømkilder (31, 32) som arbeider i konstantstrømodus, idet denne forsterker er innrettet for å motta digitalsignalet fra den programmerbare krets (16) og på basis av dette, via strømkildene (31, 32), frembringe en strøm til eller fra halvlederens styreelektrode (23) ved den gitte strøm for å styre den.

25 2. Apparat ifølge krav 1, **karakterisert ved** at kretsene har koplinger til halvlederens styreelektrode samt kollektor og emitter, for å registrere kollektor-emitterspenningen og gate-emitterspenningen som den valgte parameter, idet styreelektroden her er benevnt gate.

30 3. Apparat ifølge krav 1 eller 2, **karakterisert ved** at kretsene har tilkoplinger (21, 23) til henholdsvis halvlederens (1) gate og emitter, for å registrere gate-emitterspenningen som en av de valgte parametre.

4. Apparat ifølge ett av kravene 1-3, **karakterisert ved** at kretsene omfatter en hjelpekollektortilkopling (18) som er koplet til halvlederens (1) kollektor og ligger nærmere denne enn den såkalte tilsvarende hovedkollektortilkopling (19) som strømførergrenen av utstyret er koplet via, til kollektoren, slik at parasittære induktanser i hovedkollektortilkoplingen (19) unngås ved tilkoplingen av en målekrets.

5. Apparat ifølge ett av kravene 1-3, **karakterisert ved** at kretsene omfatter en hjelpeemittertilkopling (20) som er koplet til halvlederens (1) emitter og ligger nærmere denne enn den såkalte tilsvarende hovedemittertilkopling (21) som strømførergrenen av utstyret er koplet via, til emitteren, slik at parasittære induktanser i hovedemittertilkoplingen (21) unngås ved tilkoplingen av en målekrets.

6. Apparat ifølge krav 5, **karakterisert ved** kretser for å registrere spenningen som genereres mellom hjelpe- og hovedemittertilkoplingen (20, 21) som en konsekvens av de parasittære induktanser, ved endringer av kollektorstrømmen i effekthalvlederen (1) slik at det ved dette indirekte kan registreres en tidsdifferensialkoeffisient for kollektorstrømmen som en av de valgte parametre som beskriver funksjonen av effekthalvlederen (1).

7. Apparat ifølge ett av kravene 2-6, **karakterisert ved** at kretsene omfatter midler (24, 25) som er koplet til sine respektive tilkoplinger og er innrettet for å dele detektorsignalet som kommer inn til dem fra tilkoplingen til signalet med forskjellig område for overføring av de sistnevnte signaler til komparatormidlene (26).

8. Apparat ifølge ett av kravene 1-7, **karakterisert ved** at den programmerbare krets (16) har en tredje inngang (17) for tilkopling av et arrangement for rekonfigurasjon av denne programmerbare krets, det vil omprogrammering av den.

9. Apparat ifølge krav 8, **karakterisert ved** at den programmerbare krets er innrettet for å tillate en endring av beskyttelsesstyrefunksjonene og innstilling av referansenivåene via den programmerbare forbindelse etterat apparatet er satt i drift.

10. Apparat ifølge ett av kravene 1-9, **karakterisert ved** at den programmerbare krets (16) har en andre inngang (13) for kommunikasjon med overordnet styre/kontrollelektronikk tilhørende anlegget.

11. Apparat ifølge ett av kravene 1-10, **karakterisert ved** en likespenningsomvandler (12) for å etablere en likespenning for strømforsyning i apparatet.

12. Apparat ifølge krav 11, **karakterisert ved** å omfatte en krets for å overvåke påtrykket av slike likespenninger til de forskjellige deler av apparatet og gi informasjon til den programmerbare krets om dets tilstand.

13. Apparat ifølge krav 11, **karakterisert ved** å omfatte en beskyttelseskrets (33) for å beskytte halvlederen (1) mot ukontrollerbart påslag ved utfall av de påtrykte likespenninger, ved å holde spenningen mellom gate og emitter under det nivå som trengs for å aktivere halvlederen under en tidsperiode hvor påtrykket av likespenning ikke finner sted.

14. Apparat ifølge ett av kravene 1-13, **karakterisert ved** at den strømslave forsterker (30) har et første sett strømkilder (31) for å levere en strøm med innbyrdes forskjellig styrke til halvlederens (1) gate, og et andre sett strømkilder (32) innrettet for å frembringe en strøm med innbyrdes forskjellig styrke fra halvlederens gate, og kretser for å styre disse strømkilder (31, 32) på basis av digitalsignalet fra den programmerbare krets (16), i den hensikt å styre halvlederen.

15. Apparat ifølge krav 14, **karakterisert ved** at den programmerbare krets (16) er innrettet for å generere digitalsignalet som en ordrekkefølge med flere sifre (bit), hvor hvert siffer tilsvarer en separat av strømkildene (35, 36) i forsterkeren (30), og at strømstyrken fra disse strømkilder sifferveies.

16. Apparat ifølge krav 14 eller 15, **karakterisert ved** at hver av strømkildene omfatter et par bipolare transistorer (35, 36), idet den første av disse er innrettet for et spenningspåtrykk mellom kollektor og emitter, mens basen er koplet til inngangen på forsterkeren (30) for å motta et digitalsignal hvis spenningsnivå er nøydefinert, mens den andre av transistorene er koplet med basen til den førstes kollektor og med sin kollektor til halvlederens (1) gate for å føres frem til eller fra denne, og at begge transistorer (35, 36) er slik koplet at de alltid arbeider i sitt lineære arbeidsområde eller er avslått, i avhengighet av om en digital "1" eller "0" mottas på basen av den første av dem, idet denne er innrettet for å strømsyre den andre av dem.

17. Apparat ifølge krav 16, **karakterisert ved** at den første bipolare transistor (35) har sin emitter koplet via en emittermotstand (41) som går til jordpotensial, mens den andre bipolare transistor (36) har sin emitter koplet via en emittermotstand (40) til positivt driftspotensial.

18. Apparat ifølge ett av kravene 1-17, **karakterisert ved** at den strømsive forsterker (30) er digitalstyrt og omfatter et ikke strømsivt slutt-trinn (42) som er innrettet for å styre halvlederen (1) ved hjelp av en øvre midtmotstand (43) som er anordnet for å slå på til halvlederens ledende tilstand, og en nedre midtmotstand (44) for å slå av til sperrende tilstand for halvlederen (1).

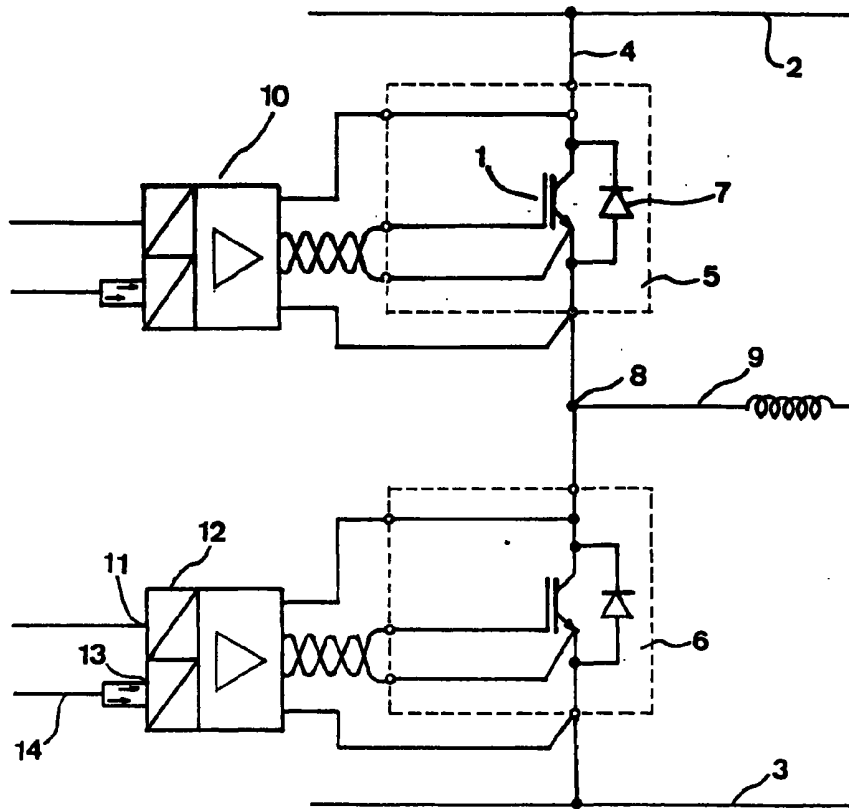


Fig. 1

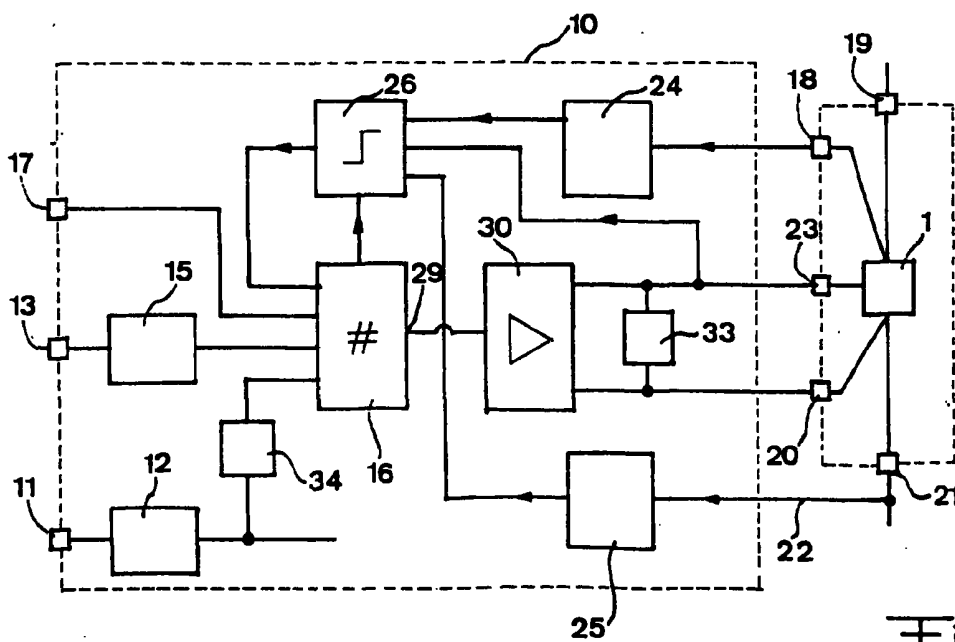


Fig. 2

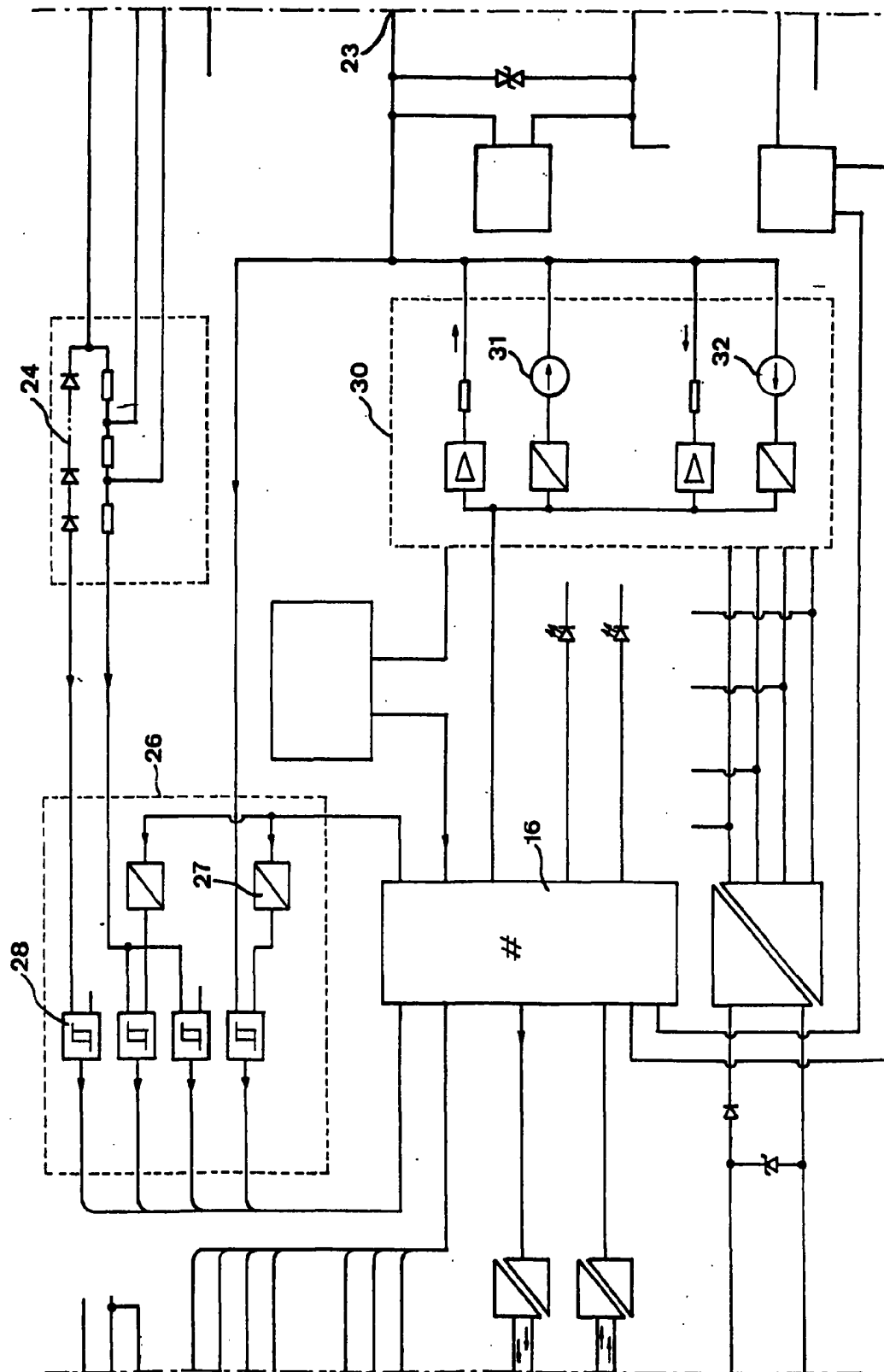


Fig. 3

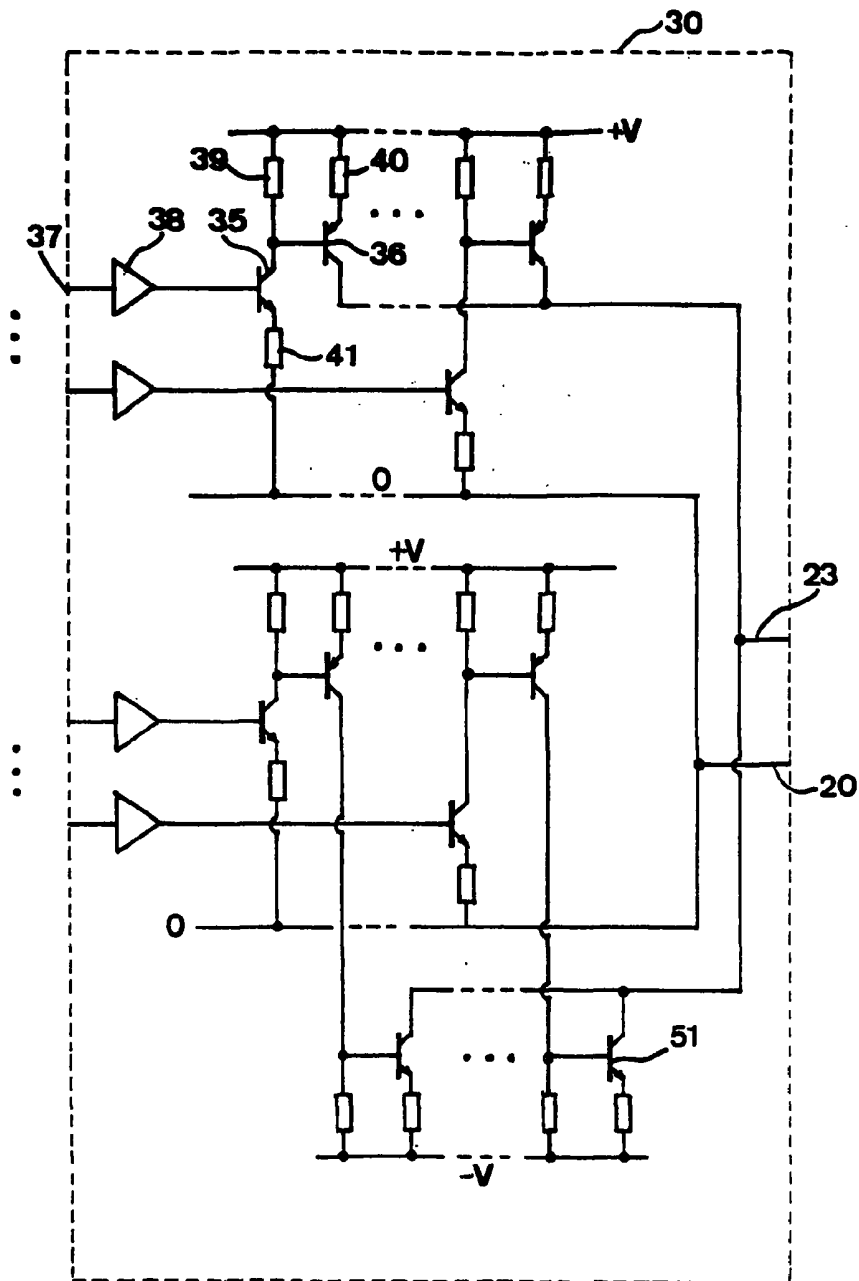


Fig. 4

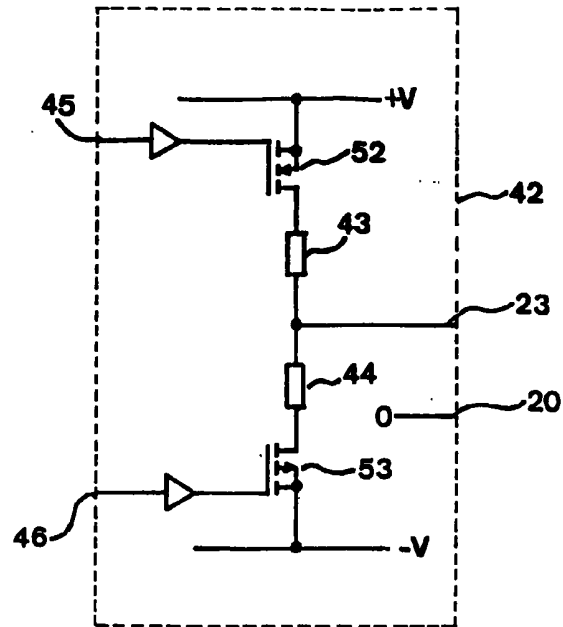


Fig. 5

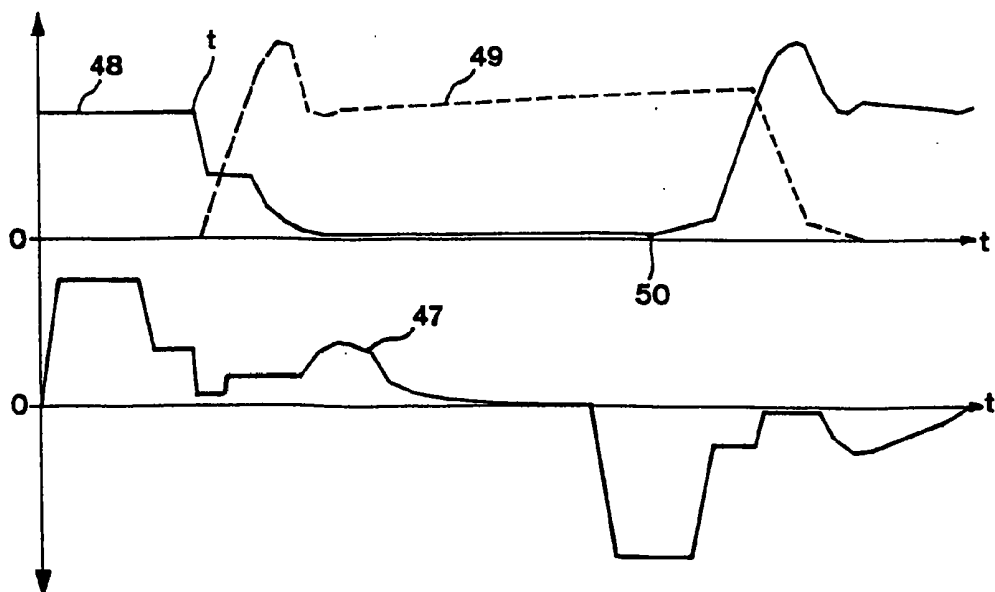


Fig. 6