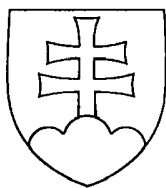


SLOVENSKÁ REPUBLIKA

(19) SK



ÚRAD
PRIEMYSELNÉHO
VLASTNÍCTVA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ZVEREJNENÁ PRIHLÁŠKA VYNÁLEZU

(22) Dátum podania: 08.09.93
(31) Číslo prioritnej prihlášky:
(32) Dátum priority:
(33) Krajina priority:
(40) Dátum zverejnenia: 06.11.96
(86) Číslo PCT: PCT/DE93/00824, 08.09.93

(21) Číslo dokumentu:

312-96

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.⁶ :

H 02H 9/02

H 03K 17/08

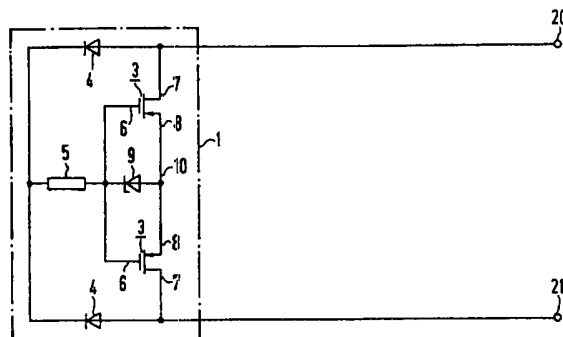
(71) Prihlasovateľ: Siemens Aktiengesellschaft, München, DE;

(72) Pôvodca vynálezu: Rösch Helmut, Sinzing, DE;
Zierhut Hermann, Neutraubling, DE;

(54) Názov prihlášky vynálezu: **Obmedzovač prúdu**

(57) Anotácia:

Obmedzovač prúdu na obmedzovanie nadprúdu prostredníctvom polovodičového prvku (1) s najmenej jedným riadiacim polovodičovým prvkom (3) so zdrojom (8) elektrónov, kolektorom (7) elektrónov a s riadiacou elektródou (6) na riadenie toku elektrónov, pričom riadiaci polovodičový prvok (3) má charakteristiky tranzistora riadeného poľom a zaťažovací prúd preteká polovodičovým prvkom (1). V prípade striedavého napätia sú zapojené antiparalelne dva riadiace polovodičové prvky (3). Sú usporiadané prostriedkami na inertné získavanie riadiaceho napätia potrebného na riadenie polovodičového prvku (1) z najmenej jednej časti úbytku napätia na polovodičovom prvku (1) a/alebo z najmenej jednej časti zaťažovacieho prúdu, pretekajúceho polovodičovým prvkom (1).



Obmedzovač prúdu

Oblasť techniky

Vynález sa týka obmedzovača prúdu pre obmedzovanie nadprúdu prostredníctvom polovodičového prvku, s najmenej jedným riaditeľným polovodičom, ktorý má charakteristiky na spôsob tranzistorov riadených poľom (FET).

Doterajší stav techniky

U ochranných spínacích prístrojov, ako napríklad u výkonových spínačov, motorových ochranných spínačov, všeobecne u automatických spínačov, je žiadúce, aby sa vyskytujúce nadprúdy, najmä skratové prúdy, rýchlo identifikovali a čo najrýchlejšie obmedzili na malé hodnoty a konečne odpojili. U v podstate automatických spínačov, napríklad u výkonových ochranných spínačov sa používa tak zvaná rýchlospúšť, u ktorých je dimenzovaný optimálne tak magnetický obvod, ako aj magnetická kotva, často vytvorená ako ponorná kotva, tak, že kontaktný systém rýchlo a veľkou silou zopne. Napriek tomu sa v praxi ešte nedosiahlo kratších časov pri otváraní kontaktov ako približne jedna milisekunda. Skratový prúd pri tom neobmedzene stúpa až do otvorenia kontaktov. Až pri otvorení kontaktov vzniká elektrický oblúk, ktorý sa rýchlo zavedie do zhášacej komory a zchladzuje sa na zhášacích plechoch v dôsledku rozdelenia oblúka. V dôsledku vysokého napätia elektrického oblúka, ktoré je pritom, sa skratový prúd obmedzuje a konečne vypne.

U známych automatických spínačov dosiahne sa pri predpo-

kladanom skratovom prúde 6 kA, $\cos \varphi = 0,6$ a $\varphi = 60^\circ$ sotva menších prúdových hodnôt ako:

spínaný prúd = 4 000 A, doba nárastu až do vrcholovej hodnoty = 4 milisekundy, integrála kvadrátu štvorca za čas = 30.000 A²s.

Medzitým bolo navrhnuté použiť pre obmedzovanie prúdu v ochranných spínacích prístrojoch polovodičov. To je v praxi sťažené alebo dokonca znemožnené rôznymi skutočnosťami:

- polovodičové prvky majú spravidla nedostačujúci prúd obmedzujúci účinok a príliš nepatrnú schopnosť odčerpávania energie
- polovodičové prvky majú spravidla v normálnej prevádzke odpor v priepustnom smere na 10 milióhmov pri 16 A.
- polovodičové prvky majú spravidla tiež príliš nepatrnú napäťovú pevnosť.

Podstata vynálezu

Úlohou vynálezu je vyvinúť prúdový obmedzovač z jedného polovodičového prvku s najmenej jedným riaditeľným polovodičom, u ktorého sa dosiaľ obvyklé nedostatky polovodičových zapojení zmenšia na technicky použiteľný rozmer.

Táto úloha sa podľa vynálezu rieši obmedzovačom prúdu horeuvedeného druhu tým, že zaťažovací prúd preteká polovodičovým prvkom, pričom v prípade striedavého prúdu sú anti-sériovo zapojené dva tranzistory riadené poľom a pričom sú usporiadané prostriedky pre interné získavanie riadiace napätia potrebného pre riadenie polovodičového prvku aspoň z časti z úbytku napätia na polovodičovom prvku a/alebo aspoň

z častí zo zaťažovacieho prúdu, pretekajúceho polovodičovým prvkom.

Známy výkonový vypínač (WO 93/11608) pôsobí ako obmedzovač prúdu pre obmedzovanie nadprúdu prostredníctvom polovodičového prvku s najmenej jedným riaditeľným polovodičom so zdrojom elektrónov (Source), kolektoru elektrónov (Drain) a riadiacej elektródy (Gate) riadiacej tok elektrónov, ktorý má charakteristiky tranzistorov riadených poľom (FET), pričom zaťažovací prúd preteká polovodičovým prvkom a pričom pri striedavom napätí sú dva FET's zapojené antisériovo. Pritom je usporiadané externé riadiace napätie.

Prostriedkom pre riadenie z úbytku napätia môže byť riadiace zapojenie, zapojené vždy na kolektor a emitor elektrónov. Ako prostriedok pre riadenie zo zaťažovacieho prúdu hodí sa prevodník prúd - napätie zapojený v zaťažovacom prúde.

Zapojenie pre riadenie u jednosmerného napätia sa môže v najjednoduchšom prípade skladať z odporu, ktorý je zapojený medzi Drain - prípojom a Gate - prípojom tranzistorov FETs. Zapojenie pre riadenie u striedavého napätia môže byť v najjednoduchšom prípade vytvorené tak, že Drain - prípoje dvoch antiparalelne zapojených tranzistorov riadených poľom sú spojené prostredníctvom ventilu a odporu s Gate - prípoji. Takéto zapojenie je vhodné v spojení s tranzistormi riadenými poľom Enhancement - typov, teda so samočinným uzatváraním tranzistorov riadených poľom, ktoré majú n - kanál ako spúšťacie zapojenie, ktoré umožňuje obmedzovaču prúdu dostať sa do prevádzkového stavu. Takéto spúšťacie zapojenie nie je nutné, keď sa použijú samovodiace tranzistory riadené poľom s n - kanálom, teda ochudobneného typu, najmä sú vhodné

Depletion MOSFET, t.j. tranzistor MOS so vstavaným kanálom.

Ako zapojenie pre riadenie u jednosmerného napätia je vhodný tiež zdroj konštantného prúdu, ktorý je zapojený medzi Drain - prípojom a Gate - prípojom. Zapojenie pre riadenie striedavého prúdu môže sa tiež výhodne vytvoriť tak, že Drain - prípoje dvoch antisériovo zapojených tranzistorov riadených poľom sú spojené prostredníctvom ventilu a zdroje konštantného prúdu s Gate - prípojmí.

Ako menič prúd/napätie pre riadenie zo zaťažovacieho prúdu je vhodný najmä translátor, na ktorého sekundárne vinutie je zapojený prvok, obmedzujúci napätie v oboch smeroch polarity, najmä dve antisériovo zapojené Zenerove diódy, ktorého výstupy sú prostredníctvom usmerňovača spojené s Gate - prípojmí. Ako Zenerove diódy sa tu označujú súhrnne všetky prvky, ktoré majú účinok napätia obmedzujúcich Zenerových diód. U striedavého napätia ležia charakteristiky v prvom a treťom kvadrante diagramu s Drain - Source - prúdom na ose súradníc nad Drain - Source - napätím na ose úsečiek Drain - Source - prúd obmedzený na požadovanú hodnotu.

Použitie translátora medzi dvoma antisériovo zapojenými tranzistormi riadenými poľom ako indukčnosti pre obmedzenie skratového prúdu je predmetom vlastnej európskej patentovej prihlášky so staršou prioritou (značka spisu 92 116 358.0, obr. 4, 7). Tu slúži translátor pre napojenie externého riadiaceho napätia.

U prúdového obmedzovača vo vyhotovení ako menič prúd/napätie, získa sa riadiace napätie zo zaťažovacieho prúdu, teda interne. Ďalej sa dosiahne tá výhoda, že zaťažovací prúd sa môže viesť v primárnom vinutí s málo závitmi, ktoré sú nízkoohmické, a že sa sekundárna strana môže vyhotoviť

vysokoohmicky s mnohými závitmi, aby sa zo zaťažovacieho prúdu odvodilo napätie pre riadenie. Prostredníctvom prvku obmedzujúceho napätie sa pritom zaistí, že Drain - Source - prúd je na krivke s malými stratami Gate - Source - napätím so zodpovedajúcim parametrom.

Je výhodné pripojiť na sekundárne vinutie translátora zapojenie usmerňovača a zapojiť kondenzátor medzi body potenciálu jednosmerného napätia pre riadenie, v podrobnostiach podľa nároku 7. Kondenzátor môže byť prípadne vytvorený z Gate - Source - kapacity tranzistora riadeného poľom, keď táto má dostačujúcu veľkosť. Pri použití napätia obmedzujúcich prvkov je výhodné, tieto zo Zenerových diód usporiadať do mostíka, podrobnosti sú uvedené v nároku 8.

Zapojenie usmerňovača môže byť výhodne prevedené tiež ako násobiace zapojenie napätia, podľa nároku 9.

Konečne môže byť menič prúd/napätie podľa nároku 10 jednosmerný menič s následne zapojenou zosilňovačkou napätia, čím sa získa bez translátora riadiace napätie zo zaťažovacieho prúdu.

Riešenie podľa vynálezu a jeho prednosti možno ďalej zlepšiť tým, že tranzistory riadené kovom sú zhotovené z karbidu kremičitého (SiC). Pritom sa podporujú a dopĺňajú striedavo známe prednosti tranzistorov riadených poľom z karbidu kremičitého a obmedzovače prúdu podľa niektorého z patentových nárokov.

Prúdového obmedzenia v spojení s prostriedkami pre riadenie z úbytkov napätia alebo zaťažovacieho prúdu dá sa všeobecne dosiahnuť zapojením podľa nároku 12.

Prídavne k internému získavaniu riadiaceho napätia je podľa nároku 13 tiež možné usporiadať na polovodičovom prvku riadiace zariadenie k prídavnému externému riadeniu. Z vonkajšku sa potom môžu priviesť korigujúce riadiace napätia. Je tiež možné generovať riadením zvonka podľa nároku 14 pri obdržaní požadovaného vstupného signálu napätia, uzatvárajúci polovodičový prvok. Takýto obmedzovač prúdu pôsobí potom ako vypínač. Takýto obmedzovač prúdu možno všeobecne zhotoviť s polovodičmi, ktoré majú popísané zvláštne vlastnosti. Obmedzovač prúdu môže byť vyhotovený ako integrované zapojenie na čipe, s diskretnými stavebnými prvkami, alebo ako zmiešaná konštrukcia.

Pre určité prípady použitia môže byť výhodné, usporiadať v sérii s polovodičovým prvkom najmenej jeden mechanický spínací kontakt podľa nároku 15. Vyhovujúci je pomerne jednoduchý spínací kontakt bez zvláštnych vypínacích prostriedkov, pretože nárast prúdu sa obmedzuje obmedzovačom prúdov. Spínací kontakt, potom čo sa otvoril, chráni obmedzovač prúdu proti dlhodobému preťaženiu. Táto súhra umožňuje výhodné konštrukcie.

Ochranný spínač vo vyhotovení ako automatický spínač s dvoma antisériovo usporiadanými tranzistormi ridenými poľom je známy z PCT/EP 92/02678. U tohoto staršieho, ako výkonový spínač vyhotoveného ochranného spínača, je ku dvom antisériovo zapojeným tranzistorom riadených poľom, paralelne pripojená jednotka, ktorá sa skladá z relé a spínacích kontaktov. Spínacie kontakty sú tam tiež zapojené v sérii k zapojeniu tranzistorov riadených poľom. Vnútorňý odpor polovodičového prvku má pri určitom riadiacom napätí však nízku hodnotu a so stúpajúcim napätím na pracovných elektródach narastie skokom vnútorný odpor, a tak vybavovací člen relé je zásobovaný napätím a odpojovací proces môže začať.

Pôsobením obmedzovača prúdu s jedným mechanickým kontaktom, zapojeným do série, sa pritom zásadne odlišuje. Spínací kontakt môže byť podľa nároku 16 priamo alebo nepriamo prostredníctvom zásobníka sily v záberovom spojení s magnetickým systémom, ktorý v závislosti na obmedzovači prúdu spínací kontakt otvorí.

Najmä výhodného spolupôsobenia polovodičového prvku a magnetického systému sa dosiahne konštrukciou podľa nároku 17. Magnetický systém má v porovnaní so sekundárnym vinutím pomerne nízkoohmické primárne vinutie a tvorí tak translátor pre získanie riadiaceho napätia zo zaťažovacieho prúdu. Ďalej tvorí magnetický systém so svojím nízkoohmickým primárnym vinutím súčasne budiace vinutie pre ten magnetický systém, ktorého kotva je v činnom spojení so spínacím kontaktom. Dosiahne sa pritom viacnásobného použitia konštrukčných prvkov v kombinovanom usporiadaní. Najmä sa môže vzduchová medzera kotvy premostiť pomocným jarmom podľa nároku 18 tak, že vznikne dobre uzavretý magnetický obvod pre menič prúd/napätie, ktorý je dimenzovaný tak, že pri pomerne malých prúdoch sa dostane do nasýteného stavu. Tým zostane tak funkcia kotvy, ako aj magnetického obvodu pre menič prúd/napätie v praxi neovplyvnená.

K tomu je teda pracovná vzduchová medzera premostená pomocným jarmom, ktoré je dimenzované tak, že sa dostane do magnetického nasýteného stavu už pri prúdoch, ktoré sú menšie ako vybavovací prúd pre magnetickú kotvu.

Polovodičový prvok všeobecne sa môže použiť v automatickom spínači, ako napríklad vo výkonovom spínači, vo výkonovom ochrannom spínači alebo v motorovom ochrannom spínači alebo v iných ochranných zariadeniach, ako prúd obmedzujúci časť s funkciou takzvaného limitéru. Je zrejmé,

Že polovodičový prvok a mechanický spínací kontakt môžu byť časťou priestorovo oddeleného spínacieho zariadenia.

Prehľad obrázkov na výkrese

Vynález bude ďalej bližšie objasnený na príkladoch vyhotovenia schématicky znázornených na pripojenom výkrese.

Na obr. 1 je znázornený prvý zjednodušený príklad vyhotovenia pre obmedzovač prúdu, pričom riadiace napätie sa získava z úbytku napätia na polovodičovom prvku.

Na obr. 2 je znázornený obmedzovač prúdu, ktorého riadiace napätie je získané zo zaťažovacieho prúdu.

Na obr. 3 je znázornený obmedzovač prúdu, ktorého riadiace napätie sa získa z úbytku napätia na polovodičovom prvku.

Na obr. 4 je znázornený obmedzovač prúdu, ktorého riadiace napätie je získané zo zaťažovacieho prúdu a úbytku napätia na polovodičovom prvku.

Obr. 5 ukazuje dvojnásobné rozvinutie obmedzovača prúdu. Meničom prúdu/napätia medzi dvoma antiparalelne zapojenými tranzistormi riadenými poľami, zapojenými antisériovo, sa získava riadiace napätie zo zaťažovacieho prúdu veľmi výhodným spôsobom.

Na obr. 6 je znázornený obmedzovač prúdu so spínacím kontaktom, u ktorého na sekundárnej strane meniča prúd/napätie sú antisériovo zapojené Zenerove diódy ako

napätie obmedzujúce prvky v mostíkovom zapojení. Medzi bodom jednosmerného potenciálu pre riadiace napätie na sekundárnej strane je zapojený kondenzátor. Napätie obmedzujúci prvok na primárnej strane je zbytočný.

Na obr. 7 je schématicky znázornené použitie zapojenia zosilňovača napätia pre obmedzovač prúdu podľa obr. 6.

Na obr. 8 je znázornený iný príklad obmedzovača prúdu pre riadenie zo zaťažovacieho prúdu, podľa ktorého menič prúd/napätie je vyhotovený ako jednosmerný menič s následným zapojením zosilňovača napätia.

Na obr. 9 je znázornený princíp prípravy riadiaceho napätia zo zaťažovacieho prúdu podľa znázornenia na obr. 5.

Na obr. 10 je znázornený ďalší základný princíp podľa znázornenia na obr. 5, podľa ktorého je príprava riadiaceho napätia pri použití meniča prúd/napätie členená na prípravu pomocného napätia na sekundárnej strane a príprava napätia pre riadiacu elektródu.

Na obr. 11 je na znázornení podľa obr. 10 ukázané, ako sa môže vyhotoviť prídavné externé riadenie.

Na obr. 12 ukazuje alternatívne vyhotovenie pre povelový prvok pre prídavné externé riadenie podľa obr. 11.

Na obr. 13 je znázornený príklad vyhotovenia pre ďalšie rozvinutie obmedzovača prúdu, podľa ktorého je vyhotovený translátor ako menič prúd/napätie s magnetickým systémom kombinovane pre ovládanie spínacieho kontaktu.

Na obr. 14 je v hornej časti podrobný symbol pre samoza-

tvárajúci tranzistor ovládaný poľom s n-kanálom a pod tým odpovedajúci skrátený symbol v prihláške.

Na obr. 15 je znázornený diagram, pomocou ktorého bude vysvetlená funkcia obmedzovača prúdu.

Na obr. 16 je znázornený magnetický systém pre obmedzovač prúdu, ktorého pracovná vzduchová medzera je premostená pomocným jarmom, ktoré je tak dimenzované, že dôjde k magnetickému nasýteniu už pri prúdoch, ktoré sú menšie, ako vybavovací prúd pre magnetickú kotvu.

Príklady vyhotovenia vynálezu

Polovodičový prvok 1 pracuje v príklade vyhotovenia s tranzistormi 3 riadenými poľom. (Vid' obr. 1.) V príklade vyhotovenia môžu byť tranzistory 3 riadené poľom tvorené v súlade s obr. 14 ako obohateného typu (Enhancement), ktoré sa samočinne zatvárajú a majú jeden n-kanál. V dolnom znázornení podľa obr. 14 je uvedený skrátený symbol. V obr. 1 je znázornený prúdový obmedzovač pre striedavé napätie, ktorý pri dvoch spínaných polaritách pracuje s dvomi antisériovo zapojenými tranzistormi 3 ovládanými poľom. Pre riadenie polovodičového prvku, resp. tranzistorov 3 ovládaných poľom sa získava riadiace napätie z úbytku napätia tým, že na tranzistor 3 riadený poľom je vždy na jeho Drain - prípoj 7 napojené sériové spojenie ventilu 4 napríklad diódy a odporu 5, ktoré je spojené s Gate - prípojom 6 tranzistoru 3 riadeného poľom. Pri striedavom napätí a dvoch antisériovo spojených tranzistoroch 3 riadených poľom je teda na Drain - prípoje 7 vždy prostredníctvom ventilu 4 a odporu 5 vytvore-

né spojenie ku Gate - prípojom 6. Source - prípoje 8 tranzistorov 3 riadených poľom sú spolu navzájom spojené.

Ak sa má zapojiť iba jeden potenciál, je postačujúce, podľa obr. 1, horný alebo dolný tranzistor 3 riadený poľom spojiť s priradeným ventilom 4 a odporom 5. Source - prípoj 8 môže byť potom spojený so zemou.

V príklade vyhotovenia podľa obr. 1 je pri dvoch antisériovo spojených tranzistoroch 3 riadených poľom zapojená ako napätie obmedzujúci prvok 9 medzi Gate - prípojmi 6 a spojenie 10 Source - prípojov 8 antisériovo spojených tranzistorov 3 riadených poľom, Zenerova dióda. Spojenie 10 vedie zaťažovací prúd.

Gate - napätie antisériovo spojených tranzistorov 3 ovládaných poľom sa získa prostredníctvom ventilov 4 a odporov 5. Prostredníctvom napätie obmedzujúceho prvku 9 sa Gate- napätie obmedzí a tým aj maximálne tečúci skratový prúd.

Na obr. 2 je znázornené, ako sa získava riadiace napätie U_s ako funkcia zaťažovacieho prúdu I , $U_s = f(I)$. Na obr. 3 je znázornené, že riadiace napätie U_s sa môže docieľiť ako funkcia napäťového úbytku U na polovodičovom prvku, $U_s = f(U)$. Na obr. 4 je znázornené, ako je možno riadiace napätie U_s docieľiť ako funkciu zaťažovacieho prúdu a funkciu napäťového úbytku na polovodičovom prvku: $U_s = f(I)$ a $U_s = f(U)$.

U ďalšieho rozvinutia vynálezu podľa obr. 5 je k obmedzovaču prúdu zapojený do série mechanický spínací kontakt 2. Obmedzovač prúdu pracuje s dvomi antisériovo zapojenými tranzistormi 3 riadenými poľom, ktoré sú svojimi Source - prípojmi spolu navzájom spojené prostredníctvom primárneho vinutia 12 meniča prúd/napätie 11. Podstatné pritom ďalej je,

že na sekundárne vinutie 12 meniča prúd/napätie 11 je napojený v oboch smeroch polarity napätie obmedzujúci prvok 14, najmä dve antisériovo zapojené Zenerove diódy 15. Na sekundárnej strane zapojené Zenerove diódy 15 obmedzujú napätie na sekundárnej strane, čím sa na primárnej strane v dôsledku prevodového pomeru meniča prúd/napätie 11 objaví úbytok napätia iba niekoľko desiatok milivoltov. Na primárnej strane sa tiež obmedzí zaťažovací prúd tečúci cez tranzistory 3 riadenými poľom, meničom prúd/napätie 11 v dôsledku bezstratového obmedzenia napätia na jeho sekundárnej strane. Toto pôsobenie je výsledkom súhry s obmedzením, technicky podmieneným polovodičmi v dôsledku zvláštného riadenia tranzistorov 3 riadených poľom. Prevodový pomer meniča prúd/napätie 11 umožňuje viesť na primárnej strane pomerne vysoké napätie ako Gate - Source - napätie, čím sa zmenší ON -odpor. R_{ON} sa dostane pri veľkých Gate - Source napätiach. Účinok bude podrobnejšie vysvetlený neskôr pomocou obr. 15.

Pri príklade vyhotovenia podľa obr. 5 je na menič prúd/napätie 11 na jeho sekundárne vinutie ďalej zapojené usmerňovacie zapojenie 16, ktoré je tak napojené na Gate - prípoj 6 tranzistorov 3 riadených poľom ako aj prostredníctvom stredného vývodu 18 na primárne vinutie 12. V príklade vyhotovenia spĺňa kondenzátor 19 ako akumulčný kondenzátor dvojité funkcie: Za prvé oddeľuje potenciálne body 17 jednosmerného napätia pre riadiace napätie a za druhé zaisťuje, aby v charakteristickom poli prúd-napätie polovodičového prvku 1 s antisériovo zapojenými tranzistormi 3 riadenými poľom nebolo vždy nevyhnutné nabehnutie až na ON -odpor pre Gate - Source - napätie v prvom a treťom kvadrante, ale že sa tiež pri striedavom napätí môže pracovať medzi prvým a tretím na ON odpore. Toto bude ešte bližšie vysvetlené pomocou obr. 15. V tejto druhej funkcii slúži kon-

denzátor v príklade vyhotovenia podľa obr. 6. Tam sú potenciálne body 17 jednosmerného napätia usmerňovacieho zapojenia pripravené aj bez kondenzátora 19.

U obmedzovača prúdu podľa obr. 5 nie je menič prúdu/napätia 11 ako zvyčajne zakončený odporom, ale Zenorovými diódami 16 prvku 14 obmedzujúceho napätie. Vývodom z potencionálnych bodov 17 jednosmerného napätia sa privedie na primárnu stranu meniča 11 Gate - pomocné napätie, ktoré doplní, prípadne nahradí vytvárané pomocné napätie na primárnej strane, ako je vysvetlené k obr. 1. Na sekundárnej strane meniča prúd/napätie 11 sa dosiahne pri Zenerovom napätí približne 9,1 V a v priepustnom smere približne 0,9 V na Zenerových diódach 15 v jednom smere napätia so súčtom približne 10 V. Keď teda v primárnom vinutí 12 tečie dostatočne veľký prúd, aby prekonal indukčný odpor, vznikne na primárnej strane v dôsledku 10 V na sekundárnej strane napätie, zodpovedajúce prevodovému pomeru meniča prúd/napätie 11. Napríklad pri prevodovom pomere 1 ku 1 000 vznikne teda na primárnom vinutí 12 napätie iba 10 mV.

Zapojenie podľa obr. 5 pracuje v podrobnostiach nasledovne:

Keď na prípojných svorkách 20 a 21 automatického spínača je napätie v dôsledku zapnutia spotrebiča, tečie cez ventily 4 prípadne diódy prúd podľa polaritu striedavého napätia a v dôsledku úbytku napätia na odpore 5 vzhľadom na kladné napätie na svorke 20 je na Gate - prípojoch 6 zmenšený kladný potenciál, a tak na tranzistoroch 3 riadených poľom je otvárajúce Gate - Source - napätie a Drain - Source - dráhy sa uvedú do ON - stavu. Prúd tečúci primárnym vinutím 12 meniča prúd/napätie 11 vytvára na vysokoohmickom sekundárnom napätí,

ktoré sa pri dosiahnutí Zenerovho napätia hornej alebo dolnej Zenerovej diódy 15 obmedzí na Zenerovo napätie vzhľadom na napätie prúdu druhej Zenerovej diódy a to v oboch smeroch toku prúdu priradených striedavému napätiu. Na sekundárnom vinutí 13 vzniká pritom takmer obdĺžnikové napätie, ktoré prostredníctvom diód 22 pre smer usmerňovania v zapojení dvojcestného usmerňovača vytvára na kondenzátore 19 jednosmerné napätie vo veľkosti Zenerovho napätia každej zo Zenerových diód 15. Toto jednosmerné napätie sa privedie obidvom Gate - Source dráham tranzistorov 3 riadených poľom, čím sú tieto udržiavané v ON - stave, bez toho, že by bol potrebný úbytok napätia na odpore 5. Inými slovami: Odporom 5 netečie potom žiadny prúd.

V príklade vyhotovenia podľa obr. 5 je ako napätie obmedzujúci prvok 14 vytvorené mostíkové zapojenie zo štyroch Zenerových diód 15. U tohto zapojenia sa stáva zbytočným prúd obmedzujúci prvok 9 na primárnej strane meniča prúd/napätie 11. V sérii je opätovne usporiadaný spínací kontakt 23.

Amplitúdy striedavého napätia v sekundárnom vinutí 13 meniča prúd/napätie 11 môžu byť udržiavané menšie, ak je za napätie obmedzujúcim prvkom 14 zaradené zapojenie 24 napäťovej zosilňovačky, ako je to znázornené na obr. 7.

Pre riadenie zo zaťažovacieho prúdu môže byť menič prúd/napätie podľa obr. 8 vytvorený ako jednosmerný menič 39 so za ním zaradeným zapojením 24 napäťového zosilňovača. Na jednosmernom meniči 39 je napätie vyskytujúce sa pri zaťažovaní prúdu na odpore 55. Pre obmedzenie úbytku napätia a aby sa minimalizoval stratový výkon, je výhodné usporiadať napätie obmedzujúci prostriedok 40. V príklade vyhotovenia to môžu byť dve antiparalelne zapojené diódy, ktoré obmedzujú úbytok napätia na odpore 5 na odpor diódy v priepustnom smere.

Na obr. 9 je schématicky znázornené vytváranie riadiaceho napätia medzi Gate - prípojmi 6 a Source - prípojmi 8 tranzistorov 3 riadených poľom. Vytváranie riadiaceho napätia sa môže rozdeliť na vytváranie riadiaceho napätia 25 pri rozbehu a na vytváranie pomocného napätia 26, ako bolo podrobne vysvetlené pomocou obr. 5.

Na obr. 10 je schématicky znázornená konštrukcia obmedzovača prúdu s napájaním riadiaceho napätia 25 a s napájaním pomocným napätím 26. Napájanie riadiaceho napätia 25 môže byť vyhotovené ako rozbehové zapojenie, tak, že riadiace napätie je v pracovnej prevádzke potom prevzaté napájaním 26 pomocného napätia.

Aby sa polovodičový prvok mohol riadiť prídavne externe, môže sa usporiadať externé riadiace zariadenie 41 podľa obr.11. Ak sa ovládacie kontakty 42 uzatvoria, skratuje Gate - Source - napätie, a tak samouzatvárajúci tranzistor 3 ovládaný poľom prejde do uzatvoreného stavu.

Externé riadiace zariadenie 41 môže tiež pracovať s polovodičovými kontaktmi 43 podľa obr. 12.

Na obr. 13 je jednak znázornené výhodné vytvorenie usporiadania podľa obr. 10, pričom zdroj pomocného napätia je vyhotovený ako zapojenie napäťového zosilňovača a jednak je znázornené rozvinutím vynálezu, podľa ktorého je nízko-ohmické primárne vinutie v účinnom spojení s kotvou 27, ktorá je uvediteľná do záberového spojenia so spínacím kontaktom 23. Takéto vyhotovenie je najmä nákladovo výhodné, pretože menič prúd/napätie 11 a magnetický systém 36, ktorý prostredníctvom kotvy 27 otvára spínací kontakt, sú konštrukčne a funkčne integrované spolu navzájom. Prídavne sa môže usporiadať silový zásobník 38 na spôsob zámku

spínača. Na nízkoohmické primárne vinutie 12, ovládajúce kotvu sa môže pritom umiestniť vysokoohmické vinutie s mnohými závitmi ako sekundárne vinutie 13. Pritom môže malé magnetické jarmo 37 uzavrieť magnetický obvod pre funkciu meniča prúd/napätie 11, viď obr. 16. Toto pomocné jarmo 37 je výhodne dimenzované tak, že už pri pomerne malých prúdoch sa nasýti, a tak sa prakticky neovplyvní funkcia kotvy 27 pôsobiacej na spínací kontakt 23. Nízkoohmické primárne vinutie 12 sa môže skladať z malého počtu závitov, napríklad dvoch až štyroch a priaznivý napäťový rozsah pre pomocné napätie sa môže na sekundárnej strane zvýšiť na požadovanú hodnotu pomocou napäťového zosilňovača. Zapojenie napäťového zosilňovača sa skladá z nasledujúcich stavebných prvkov: kondenzátorov 28 a 19, pričom kondenzátory 19 súčasne pripravujú jednosmerné napätie pre riadenie tranzistorov 3 riadených poľom, z diód 29, ktoré v znázornenom zapojení súčasne uskutočňujú usmernenie.

Riadiace napájanie 25 podľa obr. 13, ukazuje možnosť, vytvoriť "Fall - Back" charakteristiku. Podstatné stavebné diely pre to sú tranzistor 30 a odpory 31, 32, a 33. Táto časť zapojenia pracuje následne:

Keď v dôsledku zvýšeného prúdu, ku ktorému dôjde napríklad pri skrate, začne prúdové obmedzovanie tranzistorov 3 ovládaných poľom, stúpne napätie na svorkách 20 a 21. Toto napätie sa objaví na mostíkovom usmerňovači, ktorý je tvorený diódami ventilov 4 a Body - diódami, ktoré sú označované ako inverzné diódy, tranzistorov 3 ovládanými poľom. Ako Body - dióda označuje sa, ako je známe, každá medzná vrstva, najmä vnútorné diódy pn - prechodu od zdroja ku kolektoru, čo je vlastné tranzistoru MOS - FET. Body - diódy 31 sú naznačené prerušovanou čiarou. Napätie na mostíkovom usmerňovači je tiež na sériovom spojení 131 a 133, čím na odpore 133 sa objaví taký úbytok napätia, ktorý uvedie tranzistor 30 do

vodivého stavu. Veľkosťou odporu 132 sa môže nastaviť Gate - Source - napätie, ktoré pri stúpajúcom napätí na svorkách 20 a 21 bude stále menší a tým sa zmenší i prúd, teda zaťažovací prúd, tečúci tranzistormi 3 riadenými poľom. Znáznornený príklad vyhotovenia ukazuje iba jednu možnosť, ako vytvárať podľa princípov vynálezu Fall - Back - charakteristiku. Ako je známe, môže sa operačným zosilňovačom vytvárať každá požadovaná charakteristika.

Na obr. 14 je v hornom obrázku znázornený úplný symbol pre tranzistor riadený poľom a v dolnej časti skrátený symbol, ako sa používa v tomto popise. Zapísané sú zvyčajné skratky pre Drain, Gate und Source, ako i kladný smer Drain - Source - prúdu. Znáznornenie podľa obr. 14 ukazuje tranzistor ovládaný poľom obohateného typu (Enhancement typ), teda samouzatvárajúci tranzistor ovládaný poľom, ktorý má jeden n- kanál. Hlavne je možné znázornenie podľa obr. 14 považovať za tranzistor MOS FET. Je samozrejmé, že znázornené zapojenia podľa obr. 1 až 13 sa môžu realizovať tiež prostredníctvom iných zodpovedajúcich stavebných prvkov najmä inými tranzistormi riadenými poľom. Tak sa pri použití tranzistorov riadených poľom s p - kanálmi dosiahne iba zvyčajného obrátenia polarita. Podstatné pritom je, že sa môžu realizovať charakteristiky, ako sú znázornené na obr. 15, že teda pre jednosmerné napätie je nastaviteľný maximálny prúd, nezávisle na napätí a že pre striedavé napätie existujú takéto pomery v dvoch protiľahlých diagonálnych kvadrantoch. Zapojenie, znázornené tu napríklad pomocou určitých tranzistorov riadených poľom, je nevyhnutné chápať v tomto všeobecnom zmysle.

Pomocou obr. 15 budú teraz vysvetlené princípy fungovania u obmedzovača prúdu.

Obr. 15 zobrazuje diagram, pričom na ose súradníc I_{DS} je vynášaný Drain - Source - prúd I_{DS} a na ose úsečiek U_{DS} je vynášané Drain - Source - napätie U_{DS} . Druh tranzistora riadeného poľom, ako je vysvetlený pri obr. 14, má prirodzenú charakteristiku 32, ktorá pri zápornom Drain - Source - napätí prejde do charakteristiky 33 Body - diódy. Horizontálne charakteristiky sa dostanú pri parametri Gate - Source - napäta a obmedzujú Drain - Source - prúd pri zodpovedajúcom zapojení. Pri vysokých Drain - Source - napätiach sa dosiahne strmého ON - odporu, R_{ON} . Pri antisériovom zapojení tranzistorov riadených poľom sa v prípade striedavých napätí dosiahne symetrického spôsobu práce medzi prvým a tretím kvadrantom, pričom charakteristika 33 Body - diódy nie je už vynášaná. So zapojením s meničom prúd/napätie popísaného vytvorenia sa dosiahne plného nábehu prostredníctvom charakteristiky 35, ktorá sa zmení na priamku pre fyzikálne dopredu zadaného ON - odporu použitého tranzistoru riadeného poľom.

Plnému chodu pre každý smer polarizácie striedavého napätia sa zabráni v antisériovom usporiadaní tranzistorov riadených poľom, tým, ak kondenzátor 19 sa zapojí ako akumulačný kondenzátor. Prúd obmedzujúci pôsobenie antisériovo zapojených tranzistorov riadených poľom rozvine sa potom medzi zvolenú horizontálnu charakteristiku s odpovedajúcim Gate - Source - napätím ako parametrom v prvom a treťom kvadrante v spojení s prechodom charakteristiky pre ON - odpor. Tu sa prejaví plocha medzi charakteristikou 32 a zvolenou charakteristikou, ktorá leží vľavo v prvom kvadrante, ako stratový vstup ako možno poznať zo znázorneného súčinu Drain - Source - prúdu a Drain - Source - napätia. Možnosti uvedených princípov sa použitím tranzistorov riadených poľom z karbidu kremičitého (SiC) ďalej podstatným spôsobom zvýšia. Polovodičový prvok 1, ktorý je so

spínacím zariadením zapojený v sérii, môže sa v rôznych spôsoboch vyhotovenia realizovať ako celkom alebo čiastočne integrovaný spínací obvod. Obmedzovač prúdu aj bez spínacieho zariadenia môže mať mnohonásobné použitie.

Na obr. 6 je znázornený magnetický systém 36, ktorý má primárne vinutie 12 a sekundárne vinutie 13, ďalej pomocné jarmo 37 a kotvu 28. Takýto magnetický systém je výhodný pre stavebnú kombináciu obmedzovača prúdu so spínacím zariadením, ako bolo už vysvetlené.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Obmedzovač prúdu pre obmedzovanie nadprúdov prostredníctvom polovodičového prvku s najmenej jedným riaditeľným polovodičom so zdrojom elektrónov (Source) kolektorom elektrónov (Drain) a riadiacou elektródou, ktorá riadi tok elektrónov (Gate), ktorý má charakteristiky na spôsob tranzistorov riadených poľom, v y z n a č u j ú c i s a t ý m , že zaťažovací prúd preteká polovodičovým prvkom a pritom prípadne pri striedavom napätí sú dva tranzistory riadené poľom antisériovo zapojené a pritom sú usporiadané prostriedky pre interné získavanie riadiaceho napätia potrebného pre riadenie polovodičového prvku (1), z najmenej jednej časti úbytku napätia na polovodičovom prvku a/alebo z najmenej jednej časti zaťažovacieho prúdu, pretekajúceho polovodičovým prvkom (1).

2. Obmedzovač prúdu podľa nároku 1, v y z n a č u j ú c i s a t ý m , že prostriedok pre riadenie z úbytkov napätia je riadiace zapojenie, napojené na Drain (7) a Gate (6) polovodiče (3).

3. Obmedzovač prúdu podľa nároku 1, v y z n a č u j ú c i s a t ý m , že prostriedok pre riadenie zo zaťažovacieho prúdu je menič prúd/napätie pretekajúci zaťažovacím prúdom.

4. Obmedzovač prúdu podľa nároku 2, v y z n a č u j ú c i s a t ý m , že riadiace zapojenie u jednosmerného

napätia sa skladá z odporu (5), ktorý je napojený medzi Drain - prípojom (7) a Gate - prípojom (6) a že prípadne pri striedavom napätí sú Drain - prípoje (7) oboch antisériovo radených tranzistorov riadených poľom vždy prostredníctvom ventilu (4) a prostredníctvom odporu (5) spojené s Gate - prípojmí (6).

5. Obmedzovač prúdu podľa nároku 2, v y z n a č u j ú - c i s a t ý m , že riadiace zapojenie pri jednosmernom napätí pozostáva zo zdroja konštantného prúdu, ktorý je zapojený medzi Drain - prípoj (7) a Gate prípoj (6) a že poprípade pri striedavom napätí sú Drain - prípoje (7) oboch antisériovo radených tranzistorov riadených poľom spojené vždy prostredníctvom ventilu (4) a prostredníctvom zdroja konštantného napätia s Gate - prípojmí (6).

6. Obmedzovač prúdu podľa nároku 3, v y z n a č u j ú - c i s a t ý m , že ako menič prúd/napätie slúži translátor, na ktorého sekundárne vinutie (13) je zapojený prvok (14), obmedzujúci napätie v oboch smeroch polarity, najmä dve antisériovo zapojené Zenerove diódy, ktorých výstupy sú prostredníctvom usmerňovacieho zapojenia (16) spojené s Gate - prípojmí (6).

7. Obmedzovač prúdu podľa nároku 6, v y z n a č u j ú - c i s a t ý m , že na translátore na jeho sekundárnom vinutí (13) je zapojené usmerňovacie zapojenie (16), ktorého potenciálne body (17) jednosmerného napätia sú pripojené tak na Gate - prípoje (6) tranzistorov (3) riadené poľom tak aj na prostredníctvom stredného vývodu (18) primárneho vinutia

(12) a medzi potenciálne body (17) jednosmerného napätia je zapojený kondenzátor (19) pre riadiace napätie.

8. Obmedzovač prúdu podľa nároku 3, v y z n a č u j ú - c i s a t ý m , že na translátore je na jeho sekundárnom vinutí (13) usporiadaný mostíkový usmerňovač zo Zenerových diód, ktorého výstupy jednosmerného napätia sú spojené s Gatem.

9. Obmedzovač prúdu podľa nároku 6, v y z n a č u j ú - c i s a t ý m , že usmerňovacie zapojenie je vytvorené ako zapojenie (24) napäťovej zosilňovačky.

10. Obmedzovač prúdu podľa nároku 3, v y z n a č u j ú - c i s a t ý m , že menič prúd/napätie je vytvorený ako jednosmerný menič (cohpper) so za ním zapojeným napäťovým zosilňovačom.

11. Obmedzovač prúdu podľa niektorého z predchádzajúcich nárokov 1 až 10, v y z n a č u j ú c i s a t ý m , že polovodič (3) je zhotovený z karbidu kremičitého (SiC).

12. Obmedzovač prúdu podľa nároku 1, 2 alebo 3, v y - z n a č u j ú c i s a t ý m , že medzi Gate - prípojmí (6) a Source - prípojom (8) poprípade spojením (10) oboch Source - prípojev je zapojený prvok (9) s účinkom prúd obmedzujúcej Zenerovej diódy, ktorý je tak dimenzovaný, že Gate - napätie polovodiča prípadne polovodičov je nastavené na hodnotu, pri ktorej sa nastaví žiadané obmedzenie nadprúdu.

13. Obmedzovač prúdu podľa niektorého z predchádzajúcich nárokov 1 až 12, v y z n a č u j ú c i s a t ý m , že u polovodičového prvku (1) je vytvorené riadiace zariadenie pre prídavné externé riadenie.

14. Obmedzovač prúdu podľa nároku 13, v y z n a č u j ú c i s a t ý m , že riadiace zariadenie je dimenzované tak, aby po obdržaní dopredu stanoveného vstupného signálu bolo generované napätie uzatvárajúce polovodičový prvok (1).

15. Obmedzovač prúdu podľa niektorého z predchádzajúcich nárokov 1 až 14, v y z n a č u j ú c i s a t ý m , že v sérii s polovodičovým prvkom (1) je zapojený mechanický spínací kontakt (23).

16. Obmedzovač prúdu podľa nároku 15, v y z n a č u j ú c i s a t ý m , že spínací kontakt (23) je priamo alebo nepriamo prostredníctvom silového zásobníka (38) v záberovom spojení s magnetickým systémom (36).

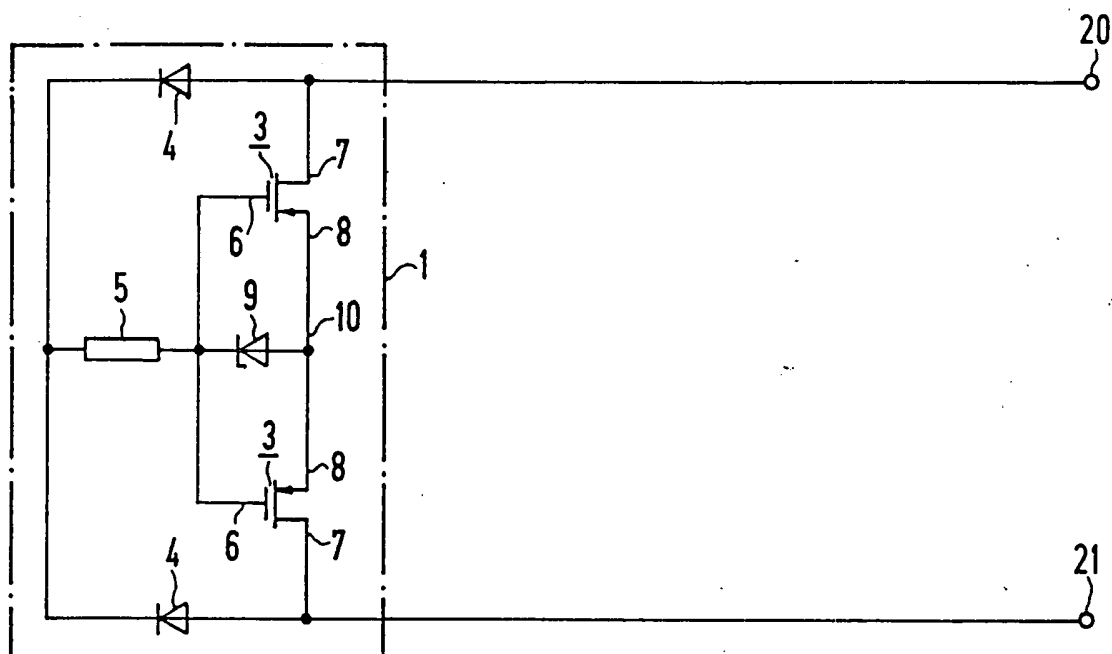
17. Obmedzovač prúdu podľa nároku 16, v y z n a č u j ú c i s a t ý m , že magnetický systém (36) má vzhľadom k sekundárnemu vinutiu (11) nízkoohmické primárne vinutie (12) a tak tvorí translátor pre získanie riadiaceho napätia zo zaťažovacieho prúdu ako aj svojim nízkoohmickým primárnym vinutím (12) tvorí súčasne budiace vinutie pre magnetický systém, ktorého kotva (27) je v činnom spojení so spínacím kontaktom (23).

18. Obmedzovač prúdu podľa nároku 17, v y z n a č u j ú -
c i s a t ý m , že u magnetického systému (36) je jeho
pracovná vzduchová medzera premostená pomocným jarmom (37),
ktoré je dimenzované tak, že príde do magneticky nasýteného
stavu už pri prúdoch, ktoré sú menšie ako žiadaný vybavovací
prúd pre magnetickú kotvu (27).

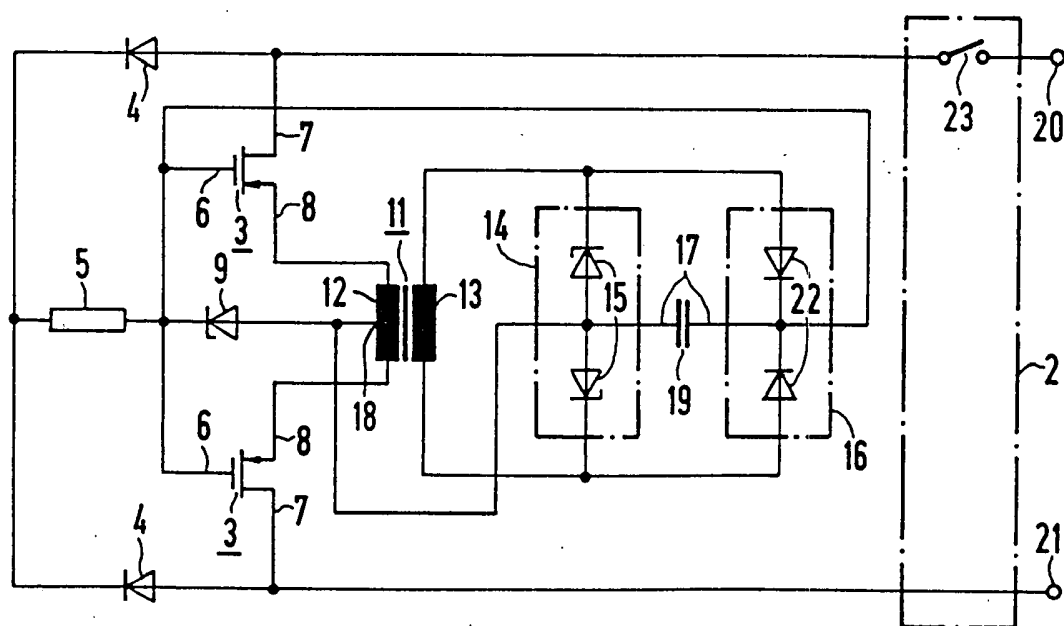
19. Obmedzovač prúdu podľa nároku 15 až 18, v y z n a -
č u j ú c i s a t ý m , že polovodičový prvok (1) je v
samočinnom spínači, ako vo výkonovom spínači, ochrannom
spínači vedenia, alebo v ochrannom spínači motora alebo pod.
možné použiť ako prúd obmedzujúci diel s funkciou limitujúceho
prvku.

20. Obmedzovač prúdu podľa nároku 15, v y z n a č u j ú -
c i s a t ý m , že polovodičový prvok (1) a mechanický
spínací kontakt (23) sú časťou priestorovo oddelených spí-
nacích mechanizmov.

1/9

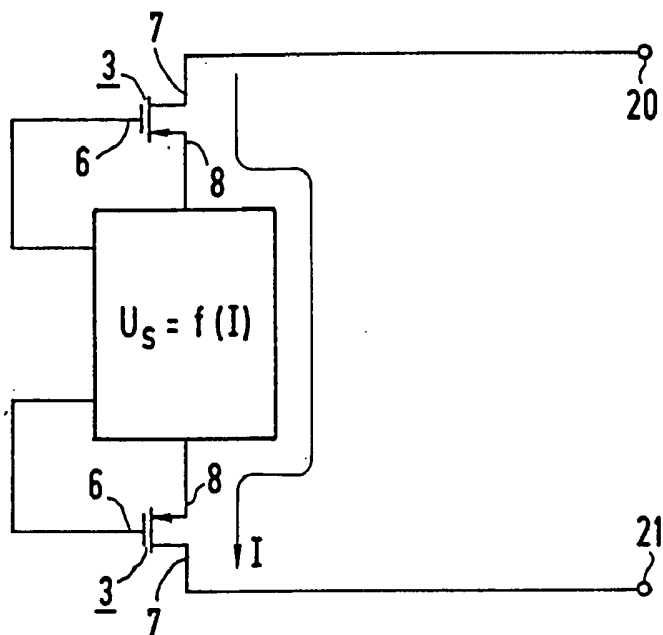


Obr. 1

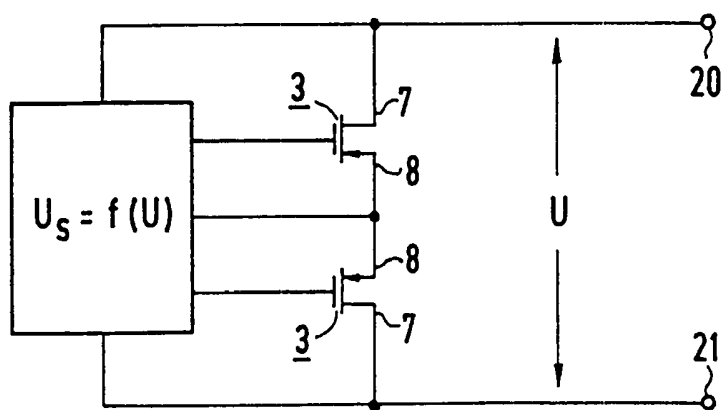


Obr. 5

2/9

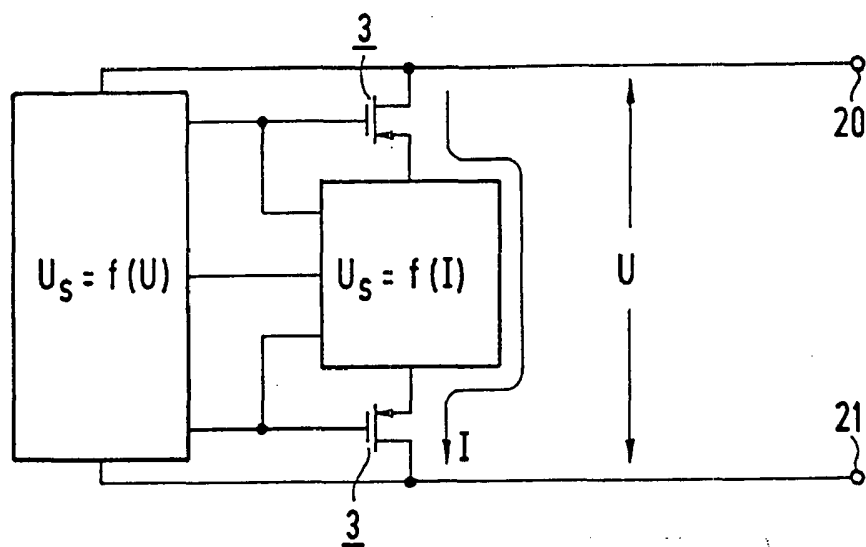


Обр. 2

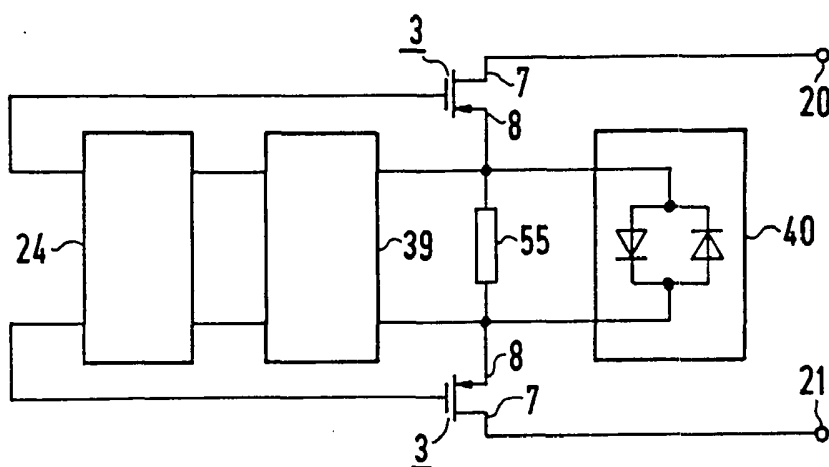


Обр. 3

3/9

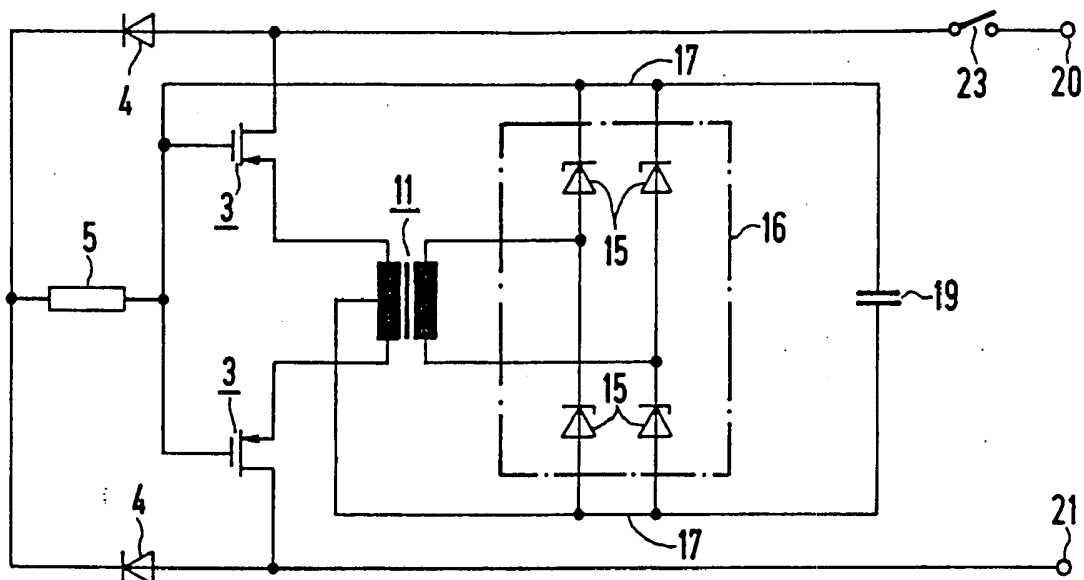


Obr. 4

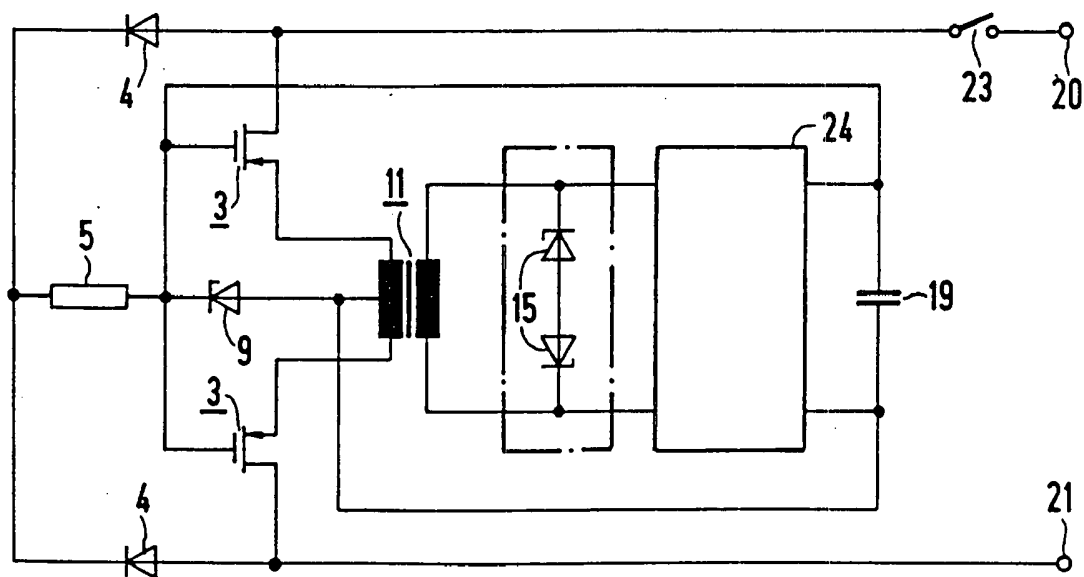


Obr. 8

4/9

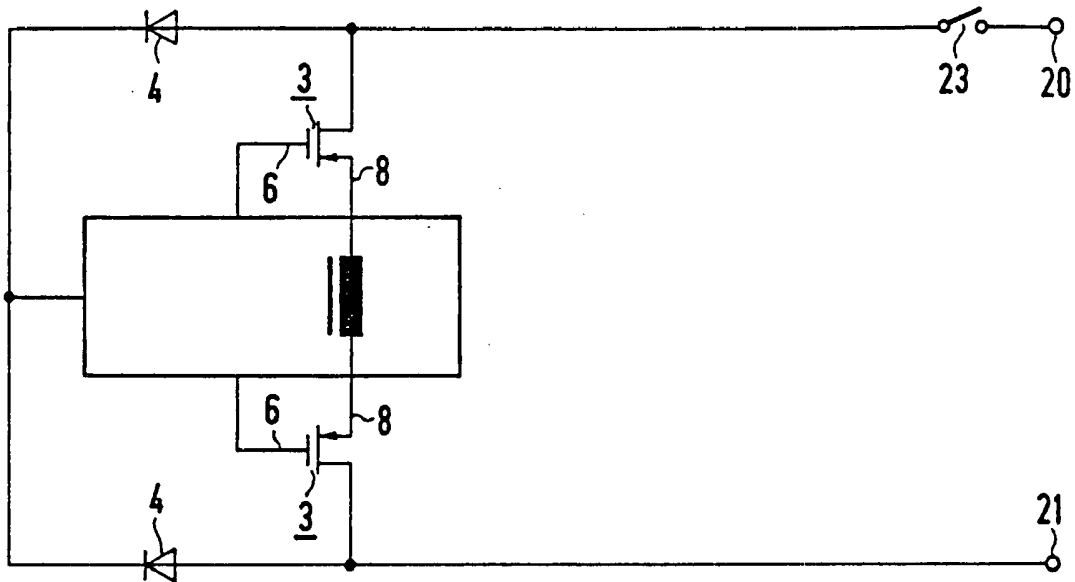


Obr. 6

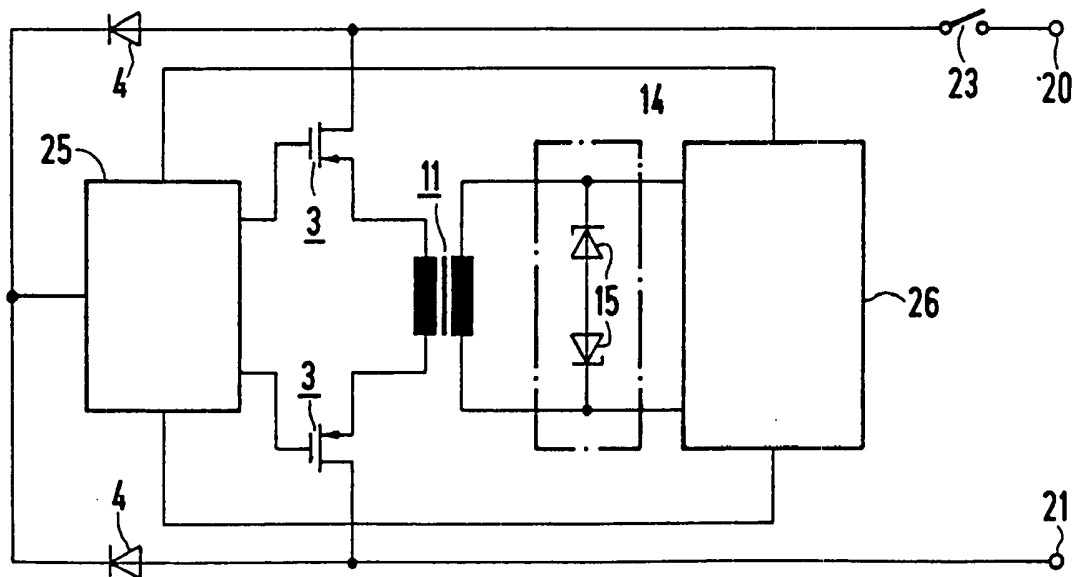


Obr. 7

5/9

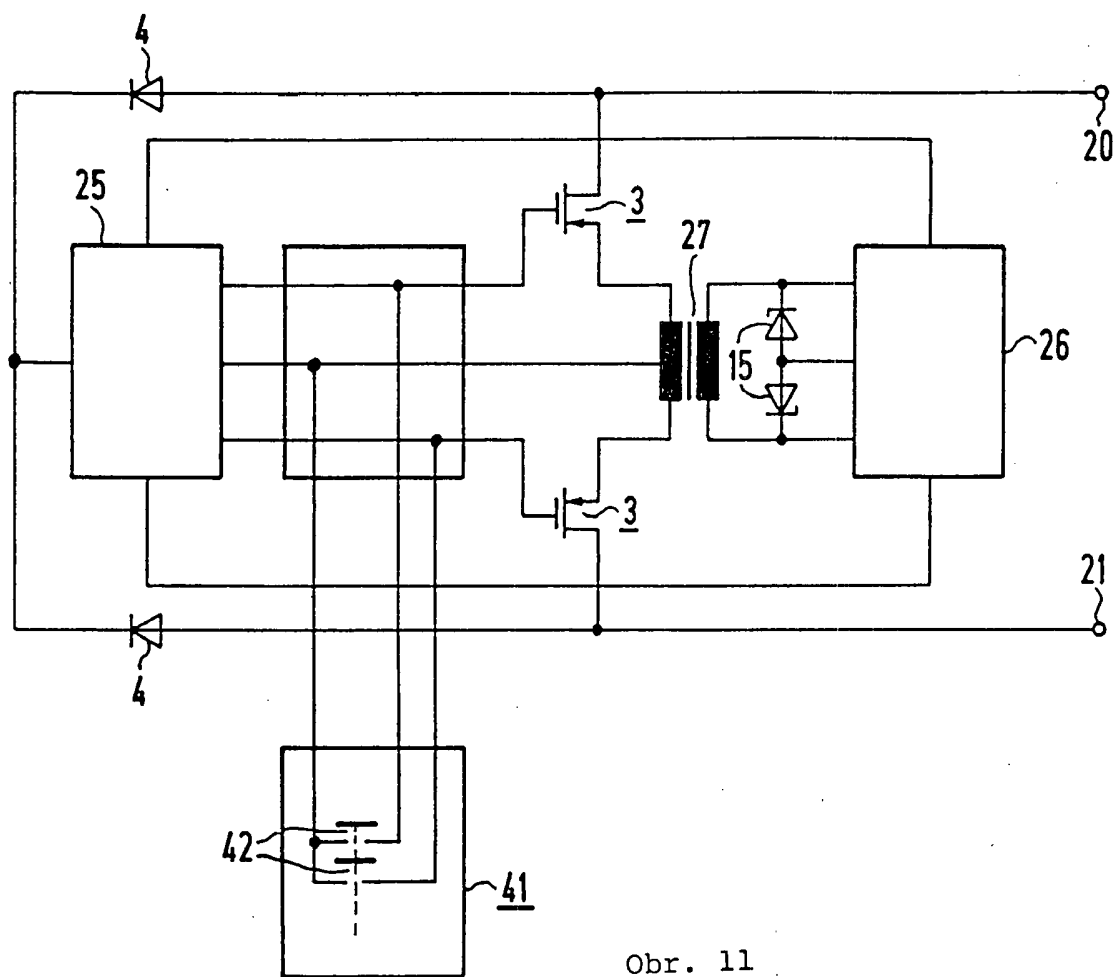


Obr. 9

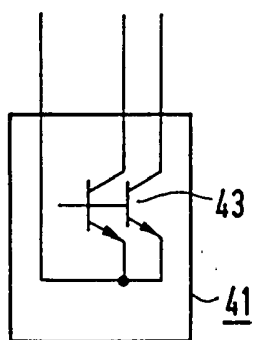


Obr. 10

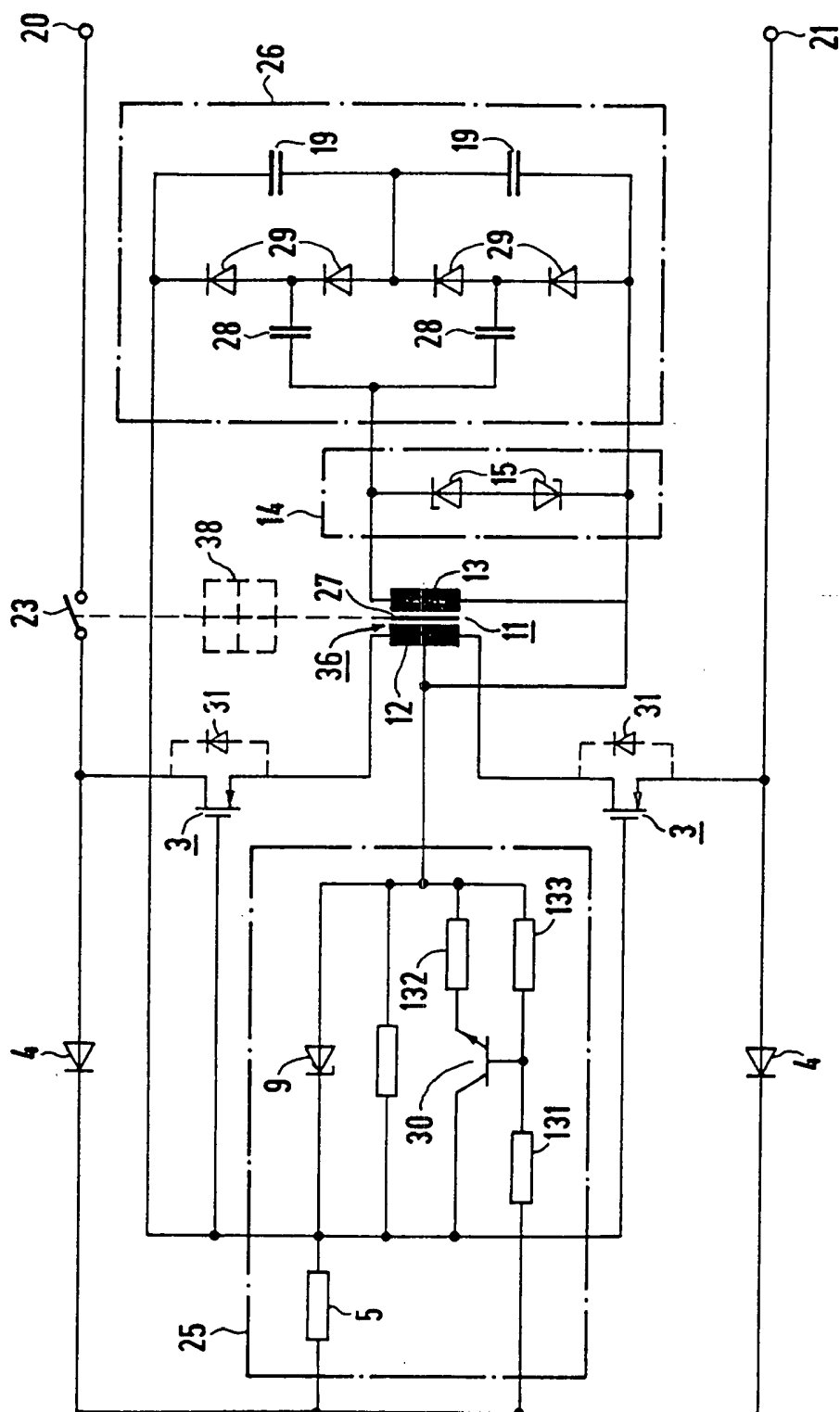
6/9



Obr. 11

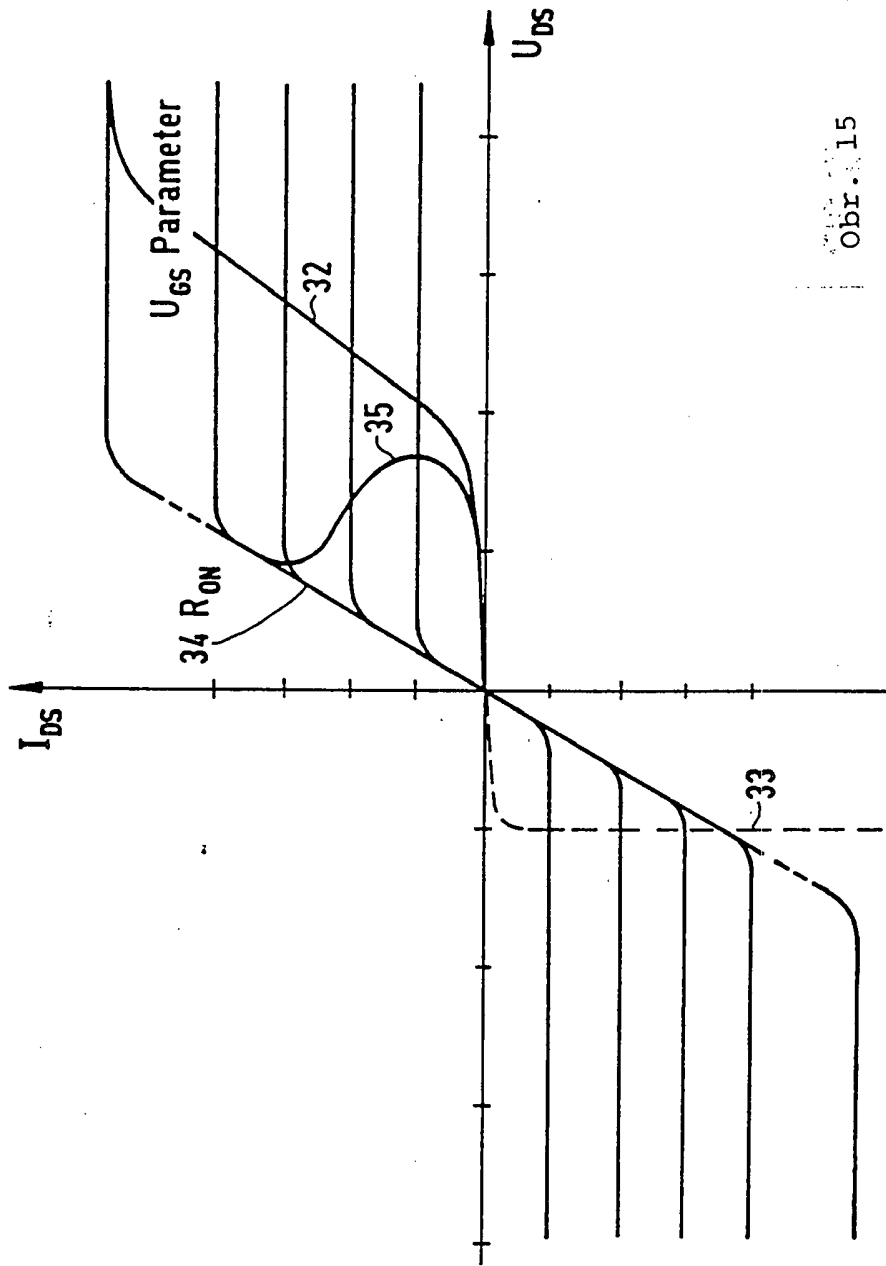


Obr. 12

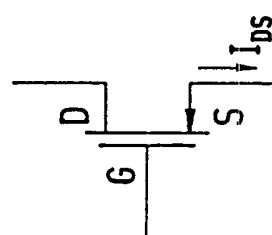
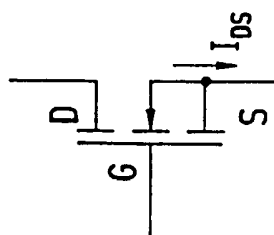


Obr. 13

8/9

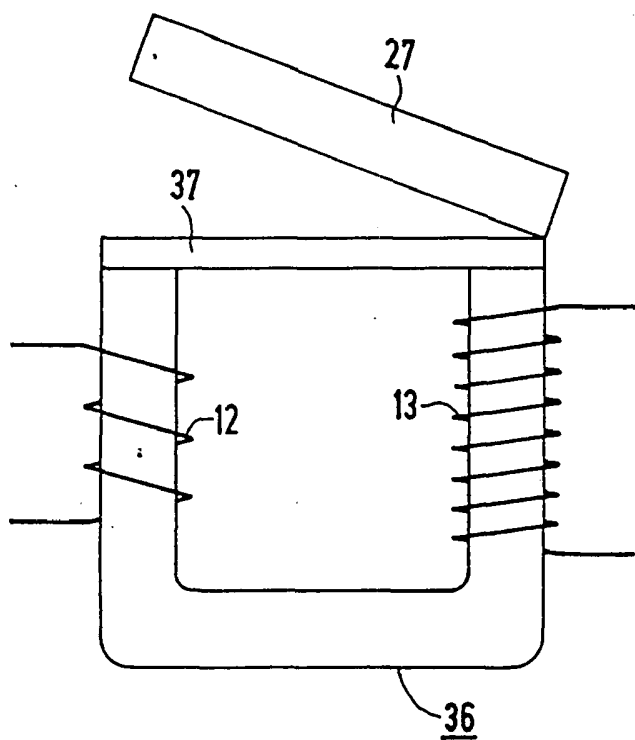


Obr. 15



Obr. 14

9/9



Obr. 16