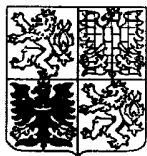


PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

288 049

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **1996 - 602**

(22) Přihlášeno: **08.09.1993**

(30) Právo přednosti:
08.09.1993 WO 1993/DE9300824

(40) Zveřejněno: **12.06.1996**
(Věstník č. 6/1996)

(47) Uděleno: **08.02.2001**

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: **11.04.2001**
(Věstník č. 4/2001)

(86) PCT číslo: **PCT/DE93/00824**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 95/07570**

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.⁷:
H 02 H 9/02
H 03 K 17/08

(73) Majitel patentu:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT, München,
DE;

(72) Původce vynálezu:

Helmut Rösch, Sinzing, DE;
Zierhut Hermann, Neutraubling, DE;

(74) Zástupce:

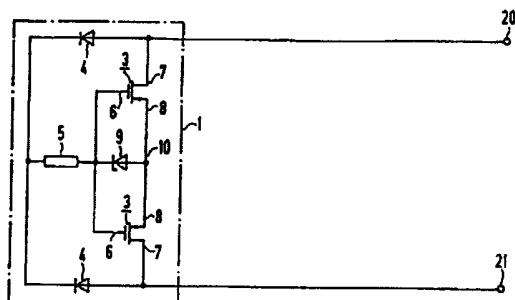
Čermák Karel Dr., Národní 32, Praha 1, 11000;

(54) Název vynálezu:

Omezovač proudu

(57) Anotace:

Omezovač proudu pro omezování nadproudů prostřednictvím polovodičového prvku (1) je proveden s alespoň jedním říditelným polovodičem (3) s emitorem (8), s kolektorem (7) a s řídicí elektrodou (6), který má charakteristiky tranzistorů (3) řízených polem. Polovodič (3) je opatřen řídicím zapojením, které je pro své napájení energií zapojeno paralelně s polovodičem (3) nebo v dráze zatěžovacího proudu polovodiče (3) a má výstup pro řídicí napětí polovodiče (3), přičemž tento výstup je spojen s řídicí elektrodou (6).



Omezovač proudu

Oblast techniky

5

Vynález se týká omezovače proudu pro omezování nadproudů prostřednictvím polovodičového prvku s alespoň jedním řiditelným polovodičem se zdrojem elektronů, se sběračem elektronů a s řídící elektrodou řídící tok elektronů, který má charakteristiky na způsob tranzistorů řízených polem.

10

Dosavadní stav techniky

U ochranných spínacích přístrojů, jako například u výkonových spínačů, motorových ochranných spínačů, všeobecně u automatických spínačů, je žádoucí, aby se vyskytující nadproud, zejména zkratové proudy, rychle identifikovaly a co nejrychleji omezily na malé hodnoty a konečně odpojily. U v podstatě mechanických automatických spínačů, například u výkonových ochranných spínačů vedení, se používají takzvané rychlospouště, u kterých je dimenzován optimálně jak magnetický obvod, tak také magnetická kotva, často vytvořená jako ponorná kotva, tak, že kontaktní systém rychle a s velkou silou sepne. Přesto se v praxi ještě nedosáhlo při otevírání kontaktů časů kratších, než přibližně 1 milisekunda. Zkratový proud přitom neomezeně stoupá až do otevření kontaktů. Teprve při otevření kontaktů vzniká elektrický oblouk, který se rychle zavede do zhášecí komory a zchladuje se na zhášecích plechách v důsledku rozdělení oblouku. V důsledku vysokého napětí elektrického oblouku, které přitom vznikne, se zkratový proud omezuje a konečně vypne.

U známých automatických spínačů se při předpokládaném zkratovém proudu 6 kA, $\cos \varphi = 0,6$ a $\psi = 60^\circ$ dosáhne stěží menších proudových hodnot nežli:

30 spínacího proudu = 4000 A, doby nárůstu až do vrcholové hodnoty = 4 milisekundy, integrálu čtverce proudu po dobu = 30 000 A²s.

Mezitím bylo navrženo použít pro omezování proudů v ochranných spínacích přístrojích polovodiče. To je v praxi ztíženo nebo dokonce znemožněno těmito různými skutečnostmi:

35

- polovodičové prvky mají zpravidla nedostačující proud omezující účinek a příliš nepatrnou schopnost odčerpávání energie,
- polovodičové prvky mají zpravidla v normálním provozu odpor v propustném směru na 10 miliohmů při 16 A,
- polovodičové prvky mají zpravidla také příliš nepatrnou odolnost proti napětí.

40

Úkolem vynálezu je vyvinout omezovač proudu z jednoho polovodičového prvku s nejméně jedním řiditelným polovodičem, u kterého se dosud obvyklé nedostatky polovodičových zapojení zmenší na technicky upotřebitelný rozměr.

45

Podstata vynálezu

50

Uvedený úkol splňuje omezovač proudu pro omezování nadproudů prostřednictvím polovodičového prvku s alespoň jedním řiditelným polovodičem se zdrojem elektronů, se sběračem elektronů a s řídící elektrodou řídící tok elektronů, který má charakteristiky na způsob tranzistorů řízených polem, podle vynálezu, jehož podstatou je, že řiditelný polovodič je opatřen řídícím

zapojením, které je pro své napájení energií zapojeno paralelně s říditelným polovodičem nebo v dráze zatěžovacího proudu říditelného polovodiče a má výstup pro řídicí napětí říditelného polovodiče, přičemž tento výstup je spojen s řídicí elektrodou.

- 5 Zatěžovací proud protéká polovodičovým prvkem, přičemž v případě střídavého proudu jsou antisériově zapojeny dva říditelné polovodiče, a přičemž jsou uspořádány prostředky pro interní získávání řídicího napětí potřebného pro řízení polovodičového prvku alespoň z části úbytku napětí na polovodičovém prvku a/nebo alespoň z části ze zatěžovacího proudu, protékajícího polovodičovým prvkem.

10

Známy výkonový vypínač (WO 93/11608) působí jako omezovač proudu pro omezování nadproudu prostřednictvím polovodičového prvku s nejméně jedním říditelným polovodičem se zdrojem elektronů, sběračem elektronů a řídicí elektrodou, řídicí tok elektronů, který má charakteristiky tranzistorů řízených polem (FET), přičemž zatěžovací proud protéká polovodičovým prvkem, a přičemž při střídavém napětí jsou dva tranzistory FET zapojeny antisériově. Přitom je uspořádáno externí řídicí napětí.

15

Podle výhodného provedení vynálezu jsou k omezení nadproudů při střídavém napětí upraveny alespoň dva říditelné polovodiče, které jsou zapojeny antisériově.

20

Řídicí zapojení je s výhodou připojeno ke sběrači elektronů a k řídicí elektrodě říditelného polovodiče.

Řídicím zapojením je s výhodou měnič proudu/napětí.

25

Podle dalšího výhodného provedení vynálezu sestává řídicí zapojení u stejnosměrného napětí z odporu, který je zapojen mezi vývodem sběrače elektronů a vývodem řídicí elektrody, a při střídavém napětí jsou vývody sběračů elektronů obou antisériově řazených říditelných polovodičů spojeny vždy prostřednictvím ventilu a prostřednictvím odporu s vývody řídicích elektrod. Takové zapojení je vhodné ve spojení s tranzistory řízenými polem obohacovacího typu, tedy se samočinnými uzavíracími tranzistory řízenými polem, které mají n-kanál jako spouštěcí zapojení, které umožňuje uvedení omezovače proudu do provozního stavu. Takové spouštěcí zapojení není nutné, jestliže se použijí samovodící tranzistory řízené polem s n-kanálem, tedy ochuzovacího typu, přičemž jsou vhodné zejména ochuzovací tranzistory MOSFET.

35

Podle dalšího výhodného provedení vynálezu sestává řídicí zapojení při stejnosměrném napětí ze zdroje konstantního proudu, který je zapojen mezi vývodem sběrače elektronů a vývodem řídicí elektrody, a při střídavém napětí jsou vývody sběračů elektronů obou antisériově řazených říditelných polovodičů spojeny vždy prostřednictvím ventilu a prostřednictvím zdroje konstantního proudu s vývody řídicích elektrod.

40

Podle dalšího výhodného provedení vynálezu je jako měnič proud/napětí upraven translátor, k jehož sekundárnímu vinutí je připojen prvek omezující napětí v obou směrech polarity, zejména dvě antisériově zapojené Zenerovy diody, jejichž výstupy jsou prostřednictvím usměrňovacího zapojení spojeny s vývody řídicích elektrod. Jako Zenerovy diody se zde označují souhrnně všechny prvky, které mají účinek napětí omezujících Zenerových diod. U střídavého napětí jsou charakteristiky v prvním a ve třetím kvadrantu diagramu s proudem mezi sběračem a zdrojem elektronů vynášeným na svislé ose a s napětím mezi sběračem a zdrojem elektronů vynášeným na vodorovné ose omezeny na požadovanou hodnotu proudu mezi sběračem a zdrojem elektronů.

50

Použití translátoru mezi dvěma antisériově zapojenými tranzistory řízenými polem jako indukčnosti pro omezení zkratového proudu je předmětem vlastní evropské patentové přihlášky se starší

prioritou (značka spisu 92 116 358.0, obr. 4, 7). Zde slouží translátor pro napojení externího řídicího napětí.

U omezovače proudu v provedení jako měnič proud/napětí se řídicí napětí získá ze zatěžovacího proudu, tedy interně. Dále se dosáhne té výhody, že zatěžovací proud se může vést v nízko-ohmickém primárním vinutí s málo závity, a že sekundární strana může být provedena vysokoohmicky s mnoha závity, aby se ze zatěžovacího proudu odvodilo napětí pro řízení. Prostřednictvím prvku omezujícího napětí se přitom zajistí, že mezi sběračem a zdrojem elektronů je proud s malými ztrátami omezen na křivku s odpovídajícím parametrem napětí.

Podle dalšího výhodného provedení vynálezu je k sekundárnímu vinutí translátoru připojeno usměrňovací zapojení, jehož výstupy neboli potenciální body stejnosměrného napětí jsou spojeny jednak s vývody řídicích elektrod říditelných polovodičů a jednak se středním vývodem primárního vinutí, přičemž mezi výstupy stejnosměrného napětí je zapojen kondenzátor pro řídicí napětí. Kondenzátor může být popřípadě vytvořen z kapacity tranzistoru řízeného polem mezi řídicí elektrodou a zdrojem elektronů, jestliže tato kapacita má dostatečnou velikost. Při použití prvků omezujících napětí je výhodné tyto prvky ze Zenerových diod uspořádat do můstku tak, že na sekundárním vinutí translátoru je uspořádán můstkový usměrňovač ze Zenerových diod, jehož výstupy stejnosměrného napětí jsou spojeny s řídicími elektrodami.

Usměrňovací zapojení je s výhodou vytvořeno jako zapojení napětíové násobičky.

Podle dalšího výhodného provedení vynálezu je měnič proud/napětí vytvořen jako vibrační měnič s napětíovou násobičkou, zapojenou za ním, čímž se následně získá bez translátoru řídicí napětí ze zatěžovacího proudu.

Řešení podle vynálezu a jeho přednosti lze dále zlepšit tím, jestliže říditelné polovodiče jako tranzistory řízené polem jsou zhotoveny z karbidu křemičitého SiC. Přitom se střídavě podporují a doplňují známé přednosti tranzistorů řízených polem z karbidu křemičitého a omezovače proudu podle některého z patentových nároků.

Proudového omezení ve spojení s prostředky pro řízení z úbytku napětí nebo zatěžovacího proudu se dá všeobecně dosáhnout zapojením, podle něhož je mezi vývodem řídicí elektrody, popřípadě vývody řídicích elektrod, a vývodem zdroje elektronů, popřípadě spojením obou vývodů zdrojů elektronů, zapojen prvek omezující napětí s účinkem Zenerovy diody omezující napětí pro nastavení napětí řídicí elektrody říditelného polovodiče, popřípadě říditelných polovodičů, na předem stanovenou hodnotu, při které je vytvořeno požadované omezení nadproudu.

Přídavně k internímu získávání řídicího napětí je podle dalšího provedení také možné uspořádat na polovodičovém prvku řídicí zařízení k přídavnému externímu řízení. Z vnějšku se potom mohou přivádět korigující řídicí napětí. Je také možné řízením z venku, při obdržení požadovaného vstupního signálu, vytvořit napětí uzavírající polovodičový prvek. Takový omezovač proudu působí potom jako vypínač. Takový omezovač proudu lze všeobecně zhotovit s polovodiči, které mají popsané zvláštní vlastnosti. Omezovač proudu může být proveden jako integrované zapojení na čipu s diskrétními stavebními prvky nebo jako smíšená konstrukce.

Pro určité případy použití může být výhodné uspořádat v sérii s polovodičovým prvkem nejméně jeden mechanický spínací kontakt. Postačí poměrně jednoduchý spínací kontakt bez zvláštních zhášecích prostředků, neboť nárůst proudu se omezuje omezovačem proudu. Spínací kontakt, poté, co se otevřel, chrání omezovač proudu proti dlouhodobým přetížením. Tato souhra umožňuje výhodné konstrukce.

Ochranný spínač v provedení jako automatický spínač se dvěma antisériově uspořádanými tranzistory řízenými polem je znám z PCT/EP 92/02678. U tohoto staršího, jako výkonový

spínač provedeného, ochranného spínače je ke dvěma antisériově zapojeným tranzistorům řízeným polem paralelně připojena jednotka sestávající z relé a spínacích kontaktů. Spínací kontakty jsou také zapojené v sérii se zapojením tranzistorů řízených polem. Vnitřní odpor polovodičového prvku má však při určitém řídicím napětí nízkou hodnotu a se stoupajícím
 5 napětím na pracovních elektrodách vzroste skokově vnitřní odpor, takže vybavovací člen relé je zásobován napětím a odpojovací proces může začít.

Působení omezovače proudu s jedním mechanickým kontaktem, zapojeným do série, se přitom zásadně odlišuje. Spínací kontakt může být podle dalšího výhodného provedení přímo nebo
 10 nepřímým prostřednictvím zásobníku síly v záběrovém spojení s magnetickým systémem, který v závislosti na omezovači proudu spínací kontakt otevře.

Zejména výhodného spolupůsobení polovodičového prvku a magnetického systému se dosáhne tím, že magnetický systém má vzhledem k sekundárnímu vinutí nízkoohmické primární vinutí
 15 a jednak tvoří translátor pro získání řídicího napětí ze zatěžovacího proudu, a jednak svým nízkoohmickým primárním vinutím tvoří současně budicí vinutí pro magnetický systém, jehož kotva je v činném spojení se spínacím kontaktem. Dosáhne se přitom vícenásobného použití konstrukčních prvků v kombinovaném uspořádání. Zvlášť výhodné je, když je u magnetického systému jeho pracovní vzduchová mezera přemostěna pomocným jhem, přičemž vybavovací
 20 proud pro magnetickou kotvu leží v oblasti magnetického nasycení pomocného jha, takže vznikne dobře uzavřený magnetický obvod pro měnič proud/napětí, který je dimenzován tak, že při poměrně malých proudech se dostane do nasyceného stavu. Tím zůstane jak funkce kotvy, tak také magnetického obvodu pro měnič proud/napětí v praxi neovlivněná.

K tomu je tedy pracovní vzduchová mezera přemostěna pomocným jhem, které je dimenzováno tak, že se dostane do magneticky nasyceného stavu již při proudech, které jsou menší než
 25 vybavovací proud pro magnetickou kotvu.

Podle dalšího výhodného provedení vynálezu je polovodičový prvek jako proud omezující díl s funkcí limitujícího prvku uspořádán v samočinném spínači, výkonovém spínači, ochranném
 30 spínači vedení, v ochranném spínači motoru nebo podobně.

Polovodičový prvek a mechanický spínací kontakt jsou s výhodou vždy částí prostorově oddělených spínacích mechanismů.
 35

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude dále blíže objasněn na příkladech provedení, schematicky znázorněných na připojených výkresech.
 40

Na obr. 1 je znázorněn první zjednodušený příklad provedení omezovače proudu, přičemž řídicí napětí se získává z úbytku napětí na polovodičovém prvku.

45 Na obr. 2 je znázorněn omezovač proudu, jehož řídicí napětí je získáno ze zatěžovacího proudu.

Na obr. 3 je znázorněn omezovač proudu, jehož řídicí napětí se získává z úbytku napětí na polovodičovém prvku.

50 Na obr. 4 je znázorněn omezovač proudu, jehož řídicí napětí je získáno ze zatěžovacího proudu a úbytku napětí na polovodičovém prvku.

Obr. 5 znázorňuje dvojí další provedení omezovače proudu. Měnič proudu/napětí mezi dvěma antiparalelně zapojenými říditelnými polovodiči, provedenými jako tranzistory řízené polem,

zapojenými antisériově, se získává řídicí napětí ze zatěžovacího proudu zvláště výhodným způsobem.

Na obr. 6 je znázorněn omezovač proudu se spínacím kontaktem, u kterého na sekundární straně
5 měniče proud/napětí jsou antisériově zapojeny Zenerovy diody jako napětí omezující prvky v můstkovém zapojení. Mezi bodem stejnosměrného potenciálu pro řídicí napětí je na sekundární straně zapojen kondenzátor. Napětí omezující prvek na primární straně je zbytečný.

Na obr. 7 je schematicky znázorněno použití zapojení násobičky napětí pro omezovač proudu
10 podle obr. 6.

Na obr. 8 je znázorněn jiný příklad omezovače proudu pro řízení ze zatěžovacího proudu, podle kterého je měnič proud/napětí proveden jako stejnosměrný měnič s následně zapojenou násobičkou napětí.

Na obr. 9 je znázorněn princip přípravy řídicího napětí ze zatěžovacího proudu podle znázornění na obr. 5.

Na obr. 10 je znázorněn další základní princip podle znázornění na obr. 5, podle kterého je
20 příprava řídicího napětí při použití měniče proud/napětí členěna na přípravu pomocného napětí na sekundární straně a přípravu napětí pro řídicí elektrodu.

Na obr. 11 je na znázornění podle obr. 10 ukázáno, jak se může provádět přídavné externí řízení.

Na obr. 12 je znázorněno alternativní provedení pro povelový prvek pro přídavné externí řízení
25 podle obr. 11.

Na obr. 13 je znázorněn příklad provedení pro další provedení omezovače proudu, podle kterého je proveden translátor jako měniče proud/napětí s magnetickým systémem kombinovaně pro
30 ovládání spínacího kontaktu.

Na obr. 14 je v horní části podrobný symbol pro samozavírající tranzistor řízený polem s n-kanálem a pod tím odpovídající zkrácený symbol v přihlášce.

Na obr. 15 je znázorněn diagram, pomocí kterého bude vysvětlena funkce omezovače proudu.
35

Na obr. 16 je znázorněn magnetický systém pro omezovač proudu, jehož pracovní vzduchová mezera je přemostěna pomocným jhem, který je dimenzován tak, že dojde k magnetickému
40 sycení již při proudech, které jsou menší než vybavovací proud pro magnetickou kotvu.

Příklady provedení vynálezu

Polovodičový prvek 1 pracuje s říditelnými polovodiči 3, tvořenými podle příkladného provedení
45 vynálezu tranzistory řízenými polem, neboli tranzistory FET, viz obr. 1. V daném příkladu provedení mohou být říditelné polovodiče 3 vytvořeny podle horní části obr. 14 jako tranzistory obohacovacího typu, které se samočinně zavírají a mají například jeden n-kanál. V dolní části obr. 14 je znázorněn zde použitý zkrácený symbol. Na obr. 1 je znázorněn omezovač proudu pro střídavé napětí, který při dvou spínaných polaritách pracuje se dvěma antisériově zapojenými
50 říditelnými polovodiči 3. Pro řízení polovodičového prvku 1, respektive říditelného polovodiče 3, se získá potřebné řídicí napětí z úbytku napětí tím, že k říditelnému polovodiči 3 je připojeno vždy k jeho sběrači 7 elektronů sériové zapojení, sestávající z ventilu 4, například diody, a z odporu 5, které je na druhé straně spojeno s vývodem řídicí elektrody 6 říditelného polovodiče 3. Při střídavém napětí a dvou antisériově zapojených říditelných polovodičích 3 je tedy

na kolektorech 7 vždy prostřednictvím ventilu 4 a prostřednictvím odporu 5 vytvořeno spojení s vývody řídicích elektrod 6. Vývody emitorů 8 říditelných polovodičů 3 jsou navzájem spolu spojeny.

- 5 Když má být nyní zapojen pouze jeden potenciál, postačí spojit říditelný polovodič 3, na obr. 1 buď horní nebo dolní, s příslušným ventilem 4 a odporem 5. Emitor 8 může být potom spojen se zemí.

- 10 V příkladu provedení podle obr. 1 je při dvou antisériově zapojených říditelných polovodičích 3 zapojena jako prvek 9 omezující napětí mezi vývody řídicích elektrod 6 a spojením 10 emitorů 8 antisériově spojených polovodičů 3 Zenerova dioda. Spojení 10 vede zatěžovací proud.

- 15 Napětí řídicích elektrod 6 antisériově spojených říditelných polovodičů 3 se tedy získá prostřednictvím ventilů 4 a odporu 5. Prvkem 9 omezujícím napětí se omezí napětí řídicích elektrod 6, a proto i maximální protékající zkratový proud.

- 20 Na obr. 2 je znázorněno, jak se získává řídicí napětí U_s jako funkce zatěžovacího proudu I , $U_s = f(I)$. Na obr. 3 je znázorněno, že řídicího napětí U_s může být docíleno jako funkce úbytku napětí U na polovodičovém prvku 1, $U_s = f(U)$. Obr. 4 znázorňuje, jak lze docílit řídicího napětí jako funkce zatěžovacího proudu I a funkce napětí U na polovodičovém prvku: $U_s = f(I)$ a $U_s = f(U)$.

- 25 U dalšího provedení vynálezu podle obr. 5 je s omezovačem proudu zapojen do série mechanický spínací kontakt 2. Omezovač proudu pracuje se dvěma antisériově zapojenými říditelnými polovodiči 3, které jsou svými emitory 8 spolu navzájem spojeny prostřednictvím primárního vinutí 12 měniče 11 proud/napětí. Podstatné přitom dále je, že na sekundární vinutí 13 měniče 11 proud/vinutí je napojen prvek 14 omezující napětí v obou směrech, zejména dvě antisériově zapojené Zenerovy diody 15. Na sekundární straně zapojené Zenerovy diody 15 omezují napětí na sekundární straně, čímž se na primární straně v důsledku převodového poměru měniče 11 proud/napětí objeví úbytek napětí o hodnotě jen několik desítek milivoltů. Proto se bezztrátovým omezením napětí na sekundární straně omezí měničem 11 proud/napětí na primární straně rovněž zatěžovací proud protékající říditelnými polovodiči 3. Toto působení je v souladu s omezením podmíněným technikou polovodičů v důsledku zvláštního řízení říditelných polovodičů 3.
30 Převodový poměr měniče 11 proud/napětí jinak umožňuje vést poměrně vysoké napětí jako napětí mezi řídicí elektrodou 6 a emitorem 8 na primární straně, čímž se zmenší odpor R_{ON} , který vznikne při velkých napětích mezi řídicí elektrodou 6 a emitorem 8. Účinek bude podrobně vysvětlen později pomocí obr. 15.

- 40 U příkladu provedení podle obr. 5 je na měnič 11 proud/napětí na jeho sekundární vinutí dále připojeno usměrňovací zapojení 16, které je jednak napojeno na vývod řídicí elektrody 6 říditelných polovodičů 3 a jednak prostřednictvím středního vývodu 18 na primární vinutí 12. V příkladu provedení plní kondenzátor 19 jako akumulací kondenzátor dvojí funkci: za prvé odděluje potenciální body neboli výstupy 17 stejnosměrného napětí pro řídicí napětí a za druhé zajišťuje, aby v oblasti charakteristik proud/napětí polovodičového prvku 1 s antisériově zapojenými říditelnými polovodiči 3 nebylo vždy nutné najetí až na odpor R_{ON} mezi charakteristikami, podmíněnými parametry, pro napětí mezi řídicí elektrodou 6 a emitorem 8 v prvním a třetím kvadrantu, nýbrž, aby bylo rovněž možno při střídavém napětí pracovat mezi prvním a třetím kvadrantem na odporu R_{ON} . Toto bude ještě blíže vysvětleno pomocí obr. 15. V této druhé funkci slouží kondenzátor v příkladu provedení podle obr. 6. Tam jsou výstupy 17 stejnosměrného
50 napětí usměrňovacího zapojení 16 aktivovány i bez kondenzátoru 19.

U omezovače proudu podle obr. 5 není měnič 11 proud/napětí jako obvykle zakončen odporem, nýbrž Zenerovými diodami 16 prvku 14 omezujícího napětí. Z výstupů 17 stejnosměrného napětí se přivede na primární stranu měniče 11 proud/napětí pomocné napětí, které doplní, popřípadě

nahradí, vytváření pomocného napětí na primární straně, jak je vysvětleno ve spojení s obr. 1. Na sekundární straně měniče 11 proud/napětí se při Zenerově napětí přibližně 9,1 V a při napětí v propustném směru přibližně 0,9 V na Zenerových diodách 15 v jednom směru dosáhne napětí o součtu přibližně 10 V. Když tedy v primárním vinutí 12 teče dostatečně velký proud, aby překonal indukční odpor, vznikne na primární straně v důsledku napětí 10 V na sekundární straně napětí, odpovídající převodovému poměru měniče 11 proud/napětí. Například při převodovém poměru 1 ku 1000 vznikne tedy na primárním vinutí 12 napětí pouze 10 mV.

Zapojení podle obr. 5 pracuje podrobněji následovně:

10

Jestliže je na přípojných svorkách 20 a 21 automatického spínače napětí v důsledku zapnutí spotřebiče, teče přes ventily 4, popřípadě diody, proud podle polaritý střídavého napětí a v důsledku úbytku napětí na odporu 5 vzhledem ke kladnému napětí na svorce 20, je na řídicích elektrodách 6 zmenšený kladný potenciál, takže na palem říditelných polovodičích 3 je otevírací napětí mezi řídicí elektrodou 6 a emitorem 8 a dráhy mezi kolektorem 7 a emitorem 8 se uvedou do ON-stavu. Proud tekoucí primárním vinutím 12 měniče 11 proud/napětí vytváří na vysokoohmickém sekundárním vinutí napětí, které se při dosažení Zenerova napětí horní nebo dolní Zenerovy diody 15 omezí na Zenerovo napětí vzhledem k napětí ve směru toku proudu druhé Zenerovy diody 15, a to v obou směrech toku proudu přiřazených střídavému napětí. Na sekundárním vinutí 13 vzniká přitom téměř obdélníkové napětí, které prostřednictvím diod 22 pro směr usměrňování v zapojení dvoucestného usměrňovače vytváří na kondenzátoru 19 stejnosměrné napětí o velikosti Zenerova napětí každé ze Zenerových diod 15. Toto stejnosměrné napětí se přivede mezi řídicí elektrodu 6 a emitor 8 říditelných polovodičů 3, čímž jsou tyto udržovány v ON-stavu bez toho, že by byl zapotřebí úbytek napětí na odporu 5. Jinými slovy: odporem 5 neteče potom žádný proud.

25

V příkladu provedení podle obr. 6 je jako napětí omezující prvek 14 vytvořeno můstkové zapojení ze čtyř Zenerových diod 15. U tohoto zapojení se ušetří proud omezující prvek 9 na primární straně měniče 11 proud/napětí. V sérii je opět uspořádán spínací kontakt 23.

30

Amplitudy střídavého napětí v sekundárním vinutí 13 měniče 11 proud/napětí mohou být udržovány menší, jestliže je za napětí omezujícím prvkem 14 zařazeno zapojení 24 napětíové násobičky, jak je znázorněno na obr. 7.

35

Pro řízení ze zatěžovacího proudu může být měnič proud/napětí podle obr. 8 vytvořen jako stejnosměrný měnič 39 se za ním zařazeným zapojením 24 napětíové násobičky. Na stejnosměrném měniči 39 je napětí vyskytující se při zatěžovacím proudu na odporu 55. Pro omezení úbytku napětí, a aby se minimalizoval ztrátový výkon, je výhodné uspořádat napětí omezující prostředek 40. V příkladu provedení to mohou být dvě antiparalelně zapojené diody, které omezují úbytek napětí na odporu 5 na průchodový odpor diod v propustném směru.

40

Na obr. 9 je schematicky znázorněno vytváření řídicího napětí mezi vývody řídicích elektrod 6 a vývody emitorů 8 říditelných polovodičů 3. Vytváření řídicího napětí se může rozdělit na napájení 25 řídicím napětím při rozběhu a na napájení 26 pomocným napětím, jak bylo podrobně vysvětleno podle obr. 5.

45

Na obr. 10 je schematicky znázorněna konstrukce omezovače proudu s napájením 25 řídicím napětím a s napájením 26 pomocným napětím. Napájení 25 řídicím napětím může být provedeno jako rozběhové zapojení, takže řídicí napětí je v pracovním provozu potom převzato napájením 26 pomocným napětím.

50

Aby se polovodičový prvek 1 mohl řídit přidavně i externě, může se uspořádat externí řídicí zařízení 41 podle obr. 11. Jestliže se ovládací kontakty 42 uzavřou, zkratuje se napětí mezi řídicí

elektrodou 6 a emitorem 8, takže řiditelný polovodič 3 jako samouzavírací tranzistor řízený polem přejde do uzavřeného stavu.

Externí řídící zařízení 41 může také pracovat s polovodičovými kontakty 43 podle obr. 12.

5

Na obr. 13 je znázorněno jednak výhodné vytvoření uspořádání podle obr. 10, přičemž zdroj pomocného napětí je proveden jako zapojení napěťové násobičky, a jednak další provedení vynálezu, podle kterého je nízkoohmické primární vinutí v účinném spojení s kotvou 27, která je uveditelná do záběrového spojení se spínacím kontaktem 23. Takové provedení je výhodné zejména z hlediska nákladů, neboť měnič 11 proud/napětí a elektromagnetický systém 36, který prostřednictvím kotvy 27 otevírá spínací kontakt, jsou spolu navzájem konstrukčně a funkčně integrovány. Přídavně se může uspořádat akumulátor 38 energie na způsob zámku vypínače. Na nízkoohmické primární vinutí 12, ovládající kotvu, se přitom může umístit vysokoohmické vinutí s mnoha závity jako sekundární vinutí 13. Přitom může malé magnetické jho 37 uzavřít magnetický obvod pro funkci měniče 11 proud/napětí, viz obr. 16. Toto pomocné jho 37 je výhodně dimenzováno tak, že již při poměrně malých proudech se nasytí, takže se prakticky neovlivní funkce kotvy 27 působící na spínací kontakt 23. Nízkoohmické primární vinutí 12 může sestávat z méně závitů, například dvou až čtyř, a příznivý napěťový rozsah pro pomocné napětí se může na sekundární straně zvýšit na požadovanou hodnotu pomocí napěťové násobičky. Zapojení napěťové násobičky sestává z následujících stavebních prvků: z kondenzátorů 28 a 19, přičemž kondenzátory 19 současně připravují stejnosměrné napětí pro řízení řiditelných polovodičů 3, a z diod 29, které ve znázorněném zapojení současně obstarávají usměrnění.

Napájení 25 řídícím napětím podle obr. 13 představuje možnost vytvoření charakteristiky "ústupu". Podstatnými stavebními díly jsou přitom tranzistor 30 a odpory 131, 132 a 133. Tato část zapojení pracuje následovně:

Když v důsledku zvýšeného proudu, který nastane například při zkratu, započne proudové omezování řiditelných polovodičů 3, stoupne napětí na svorkách 20 a 21. Toto napětí se objeví na můstkovém usměrňovači, který je tvořen diodami ventilů 4, a plošnými diodami 31, označovanými také jako inverzní diody, řiditelných polovodičů 3. Jako plošná dioda se označuje, jak známo, vnitřní diodový účinek přechodu pn z emitoru do kolektoru vlastní každé mezní vrstvě, zejména tranzistoru MOS-FET. Plošné diody 31 jsou naznačeny čárkovane. Napětí na můstkovém usměrňovači existuje také na sériovém zapojení odporů 131 a 133, čímž se na odporu 133 objeví takový úbytek napětí, který uvede tranzistor 30 do vodivého stavu. Velikostí odporu 132 se může nastavit napětí mezi řídící elektrodou 6 a emitorem 8, které při stoupajícím napětí na svorkách 20 a 21 bude stále menší, čímž se zmenší i proud, tedy zatěžovací proud, tekoucí řiditelnými polovodiči 3. Znázorněný příklad provedení představuje jen jednu možnost vytváření "ústupových" charakteristik podle principů vynálezu. Jak je známo, může se operačním zesilovačem vytvářet každá požadovaná charakteristika.

Na obr. 14 je v horní části znázorněn úplný symbol pro tranzistor řízený polem a v dolní části zkrácený symbol, používaný v tomto popisu. Zaneseny jsou obvyklé zkratky pro kolektor 7, řídící elektrodu 6 a emitor 8, jakož i kladný směr proudu mezi řídící elektrodou 6 a emitorem 8. Znázornění podle obr. 14 představuje tranzistor řízený polem obohacovacího typu, tedy samouzavírací tranzistor řízený polem, který má jeden n-kanál. Znázornění podle obr. 14 lze považovat zejména za tranzistor MOS-FET. Je samozřejmé, že znázorněná zapojení podle obr. 1 až 13 mohou být realizována také prostřednictvím jiných odpovídajících součástí, zejména jinými tranzistory řízenými polem. Při použití tranzistorů řízených polem s p-kanály se dosáhne pouze obvyklého obrácení polarity. Podstatné přitom je, že se mohou realizovat charakteristiky, znázorněné na obr. 15, že tedy pro stejnosměrné napětí je nastavitelný maximální proud nezávisle na napětí, a že pro střídavé napětí panují takové poměry ve dvou protilehlých diagonálních

kvadrantech. Zapojení, znázorněná zde například pomocí určitých tranzistorů řízených polem, je třeba chápat v tomto všeobecném smyslu.

Podle obr. 15 budou nyní vysvětleny principy působení omezovače proudu.

5

Obr. 15 znázorňuje graf, u něhož na svislé ose I_{DS} je vynášen proud I_{DS} mezi řídicí elektrodou 6 a emitorem 8 a na vodorovné ose U_{DS} je vynášeno napětí U_{DS} mezi řídicí elektrodou 6 a emitorem 8. Druh tranzistoru řízeného polem, jak je popsán v souvislosti s obr. 14, má přirozenou charakteristiku 32, která při záporném napětí mezi řídicí elektrodou 6 a emitorem 8 přejde do charakteristiky 33 plošné diody. Horizontální charakteristiky vzniknou při jednom parametru napětí mezi řídicí elektrodou 6 a emitorem 8 a omezují napětí mezi řídicí elektrodou 6 a emitorem 8 při odpovídajícím zapojení. Při vysokých napětích mezi řídicí elektrodou 6 a zdrojem 8 elektronů se dosáhne strmého zapnutého odporu R_{ON} . Při antisériovém zapojení říditelných polovodičů 3 se v případě střídavých napětí dosáhne symetrického způsobu práce mezi prvním a třetím kvadrantem, přičemž charakteristika 33 plošné diody se již nebere v úvahu. Se zapojením s měničem 11 proud/napětí popsaného vytvoření se dosáhne plného náběhu prostřednictvím charakteristiky 35, která přejde do přímkové charakteristiky 34 pro fyzikálně předem daný odpor R_{ON} použitého říditelného polovodiče 3.

Plnému chodu pro každý směr polarity střídavého napětí se zabrání v antisériovém uspořádání říditelných polovodičů 3 tehdy, jestliže se kondenzátor 19 zapojí jako akumulací kondenzátor. Působení omezující proud antisériově zapojených říditelných polovodičů 3 se potom rozvine mezi zvolenou horizontální charakteristikou s odpovídajícím napětím mezi řídicí elektrodou 6 a emitorem 8 jako parametrem v prvním a třetím kvadrantu ve spojení s přechodem přímkové charakteristiky 34 pro fyzikálně předem daný odpor R_{ON} . Zde se projeví plocha mezi charakteristikou 32 a zvolenou charakteristikou, ležící vlevo v prvním kvadrantu, jako úspora ztrát, jak lze seznat ze znázorněného součinu proudu mezi řídicí elektrodou 6 a emitorem 8 a napětí mezi řídicí elektrodou 6 a emitorem 8. Možnosti popsaných principů se použitím říditelných polovodičů 3 jako tranzistorů řízených polem z karbidu křemičitého SiC dále podstatným způsobem zvýší. Polovodičový prvek 1, který je se spínacím zařízením zapojen v sérii, se může v různých způsobech provedení realizovat jako zcela nebo částečně integrovaný spínací obvod. Omezovač proudu i bez spínacího zařízení může mít mnohonásobné použití.

Na obr. 16 je znázorněn magnetický systém 36, který má primární vinutí 12 a sekundární vinutí 13, dále pomocné jho 37 a kotvu 27. Tento magnetický systém je výhodný pro konstrukční kombinaci omezovače proudu se spínacím zařízením, jak již bylo vysvětleno.

40

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Omezovač proudu pro omezování nadproudů prostřednictvím polovodičového prvku (1) s alespoň jedním říditelným polovodičem (3) s emitorem (8), s kolektorem (7) a s řídicí elektrodou (6), který má charakteristiky tranzistorů FET řízených polem, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že polovodič (3) je opatřen řídicím zapojením, které je pro své napájení energií zapojeno paralelně s polovodičem (3) nebo v dráze zatěžovacího proudu polovodiče (3) a má výstup pro řídicí napětí polovodiče (3), přičemž tento výstup je spojen s řídicí elektrodou (6).

50

2. Omezovač proudu podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že k omezení nadproudů při střídavém napětí jsou upraveny alespoň dva polovodiče (3), které jsou zapojeny antisériově.

3. Omezovač proudu podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že řídicí zapojení je připojeno ke kolektoru (7) a k řídicí elektrodě (6) polovodiče (3).
- 5 4. Omezovač proudu podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že řídicím zapojením je měnič (11) proud/napětí.
- 10 5. Omezovač proudu podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že řídicí zapojení pro stejnosměrné napětí sestává z odporu (5), který je zapojen mezi vývodem kolektoru (7) a vývodem řídicí elektrody (6), a že pro střídavé napětí jsou vývody kolektorů (7) obou antisériově řazených polovodičů (3) spojeny vždy prostřednictvím ventilu (4) a prostřednictvím odporu (5) s vývody řídicích elektrod (6).
- 15 6. Omezovač proudu podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že řídicí zapojení pro stejnosměrné napětí sestává ze zdroje konstantního proudu, který je zapojen mezi kolektorem (7) a řídicí elektrodou (6), a že při střídavém napětí jsou kolektory (7) obou antisériově řazených polovodičů (3) spojeny vždy prostřednictvím ventilu (4) a prostřednictvím zdroje konstantního proudu s vývody řídicích elektrod (6).
- 20 7. Omezovač proudu podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že jako měnič (11) proud/napětí je upraven translátor, k jehož sekundárnímu vinutí (13) je připojen prvek (14) omezující napětí obou polarit, zejména dvě antisériově zapojené Zenerovy diody, a jeho výstup je prostřednictvím usměrňovacího zapojení (16) spojen s vývody řídicích elektrod (6).
- 25 8. Omezovač proudu podle nároku 7, **vyznačující se tím**, že k sekundárnímu vinutí (13) translátoru je připojeno usměrňovací zapojení (16), jehož výstupy (17) stejnosměrného napětí jsou spojeny jednak s vývody řídicích elektrod (6) polovodičů (3) a jednak se středním vývodem (18) primárního vinutí (12) přes kondenzátor (19), který je zapojen mezi výstupy (17) stejnosměrného napětí.
- 30 9. Omezovač proudu podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že na sekundárním vinutí (13) translátoru je uspořádán můstkový usměrňovač ze Zenerových diod, jehož výstupy (17) stejnosměrného napětí jsou spojeny s řídicími elektrodami (6).
- 35 10. Omezovač proudu podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že usměrňovací zapojení je vytvořeno jako zapojení (24) napěťové násobičky.
11. Omezovač proudu podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že měnič (11) proud/napětí je vytvořen jako vibrační měnič s napěťovou násobičkou, zapojenou za ním.
- 40 12. Omezovač proudu podle jednoho z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že polovodič (3) je zhotoven z karbidu křemičitého SiC.
- 45 13. Omezovač proudu podle jednoho z nároků 1, 2, 3 nebo 4, **vyznačující se tím**, že mezi vývodem řídicí elektrody (6), nebo vývody řídicích elektrod (6), a vývodem emitoru (8), nebo spojením (10) obou emitorů (8), je zapojen prvek (9) omezující napětí s účinkem Zenerovy diody pro nastavení napětí řídicí elektrody (6) polovodiče, popřípadě polovodičů, na předem stanovenou hodnotu, při které je vytvořeno požadované omezení nadproudu.
- 50 14. Omezovač proudu podle jednoho z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že polovodičový prvek (1) je opatřen řídicím zařízením pro přídavné externí řízení.

15. Omezovač proudu podle nároku 14, **vyznačující se tím**, že řídicí zařízení je upraveno pro přívod vstupního signálu, přičemž řídicí zařízení má na svém výstupu napětí uzavírající polovodičový prvek (1).

5 16. Omezovač proudu podle jednoho z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že v sérii s polovodičovým prvkem (1) je zapojen mechanický spínací kontakt (23).

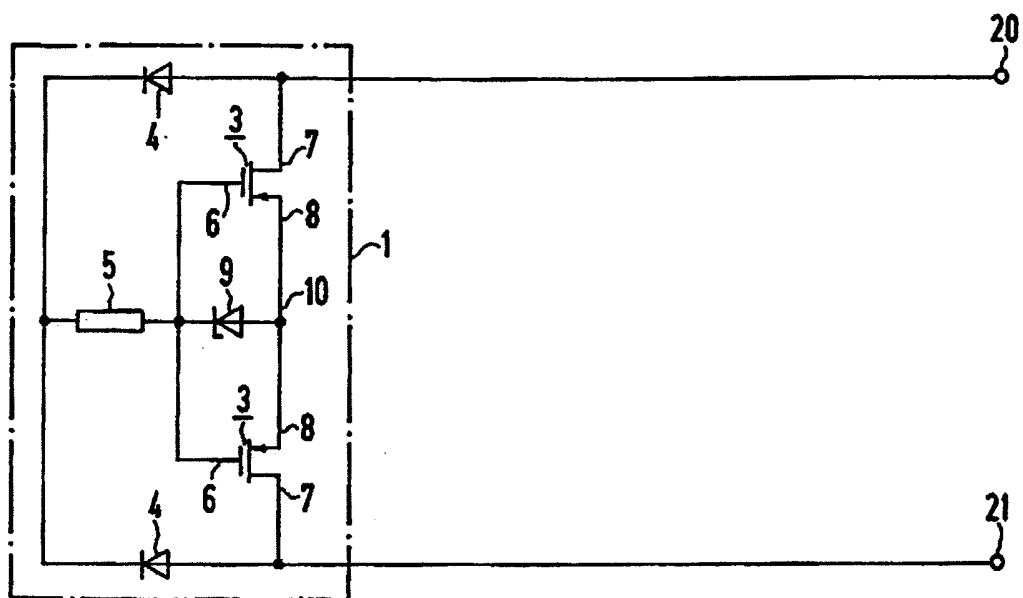
10 17. Omezovač proudu podle nároku 16, **vyznačující se tím**, že spínací kontakt (23) je přímo nebo nepřímo prostřednictvím akumulátoru (38) energie spojen s elektromagnetickým systémem (36).

15 18. Omezovač proudu podle nároku 17, **vyznačující se tím**, že elektromagnetický systém (36) má vzhledem k sekundárnímu vinutí (13) nízkohmické primární vinutí (12) a jednak tvoří transformátor pro získání řídicího napětí ze zatěžovacího proudu a jednak svým nízkohmickým primárním vinutím (12) tvoří současně budicí vinutí pro magnetický systém, jehož kotva (27) je v činném spojení se spínacím kontaktem (23).

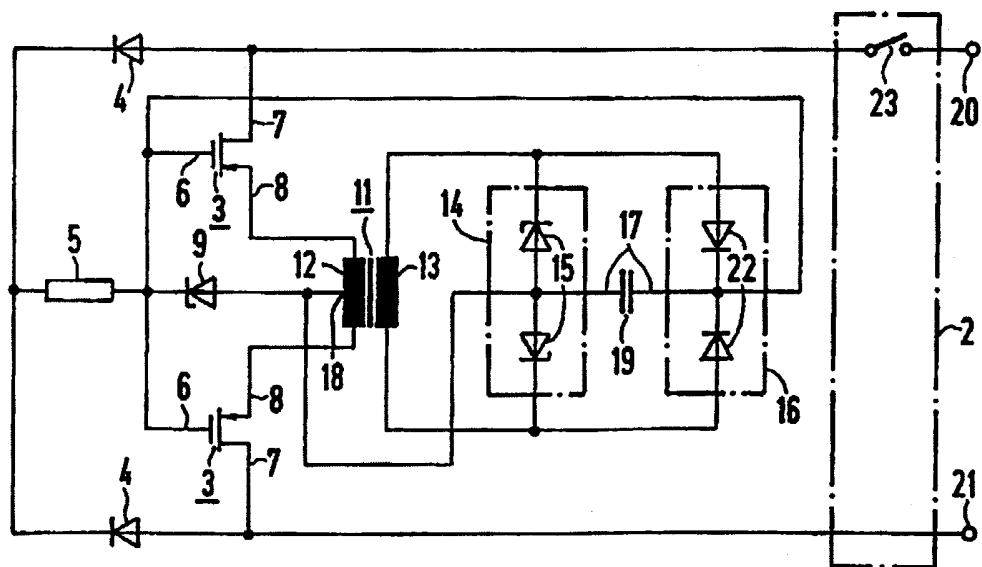
20 19. Omezovač proudu podle nároku 18, **vyznačující se tím**, že u elektromagnetického systému (36) je jeho pracovní vzduchová mezera přemostěna pomocným jhem (37), přičemž vybavovací proud pro magnetickou kotvu (27) leží v oblasti magnetického nasycení pomocného jha (37).

25 20. Omezovač proudu podle jednoho z předcházejících nároků 16 až 19, **vyznačující se tím**, že polovodičový prvek (1) je jako proud omezující díl s funkcí limitujícího prvku uspořádán v samočinném spínači, výkonovém spínači, ochranném spínači vedení, v ochranném spínači motoru nebo podobně.

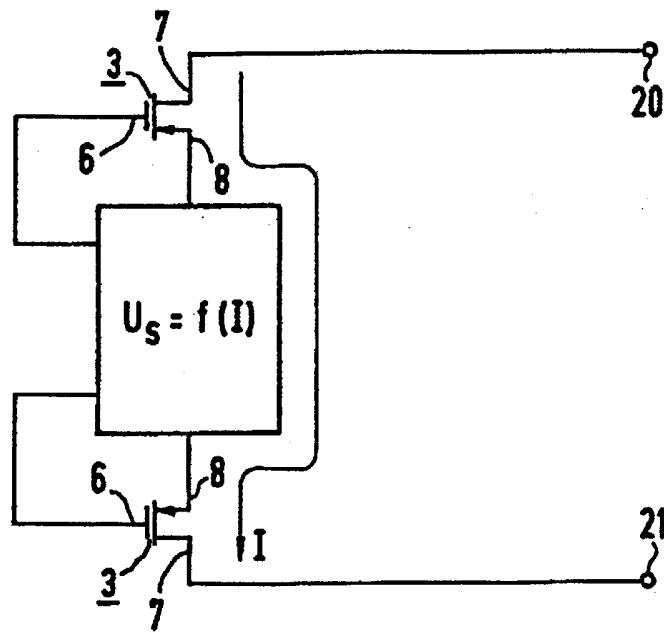
30 21. Omezovač proudu podle nároku 16, **vyznačující se tím**, že polovodičový prvek (1) a mechanický spínací kontakt (23) jsou vždy částí prostorově oddělených spínacích mechanismů.



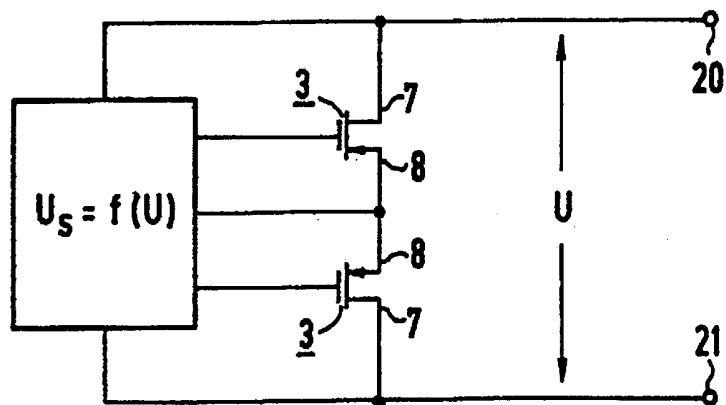
Obr. 1



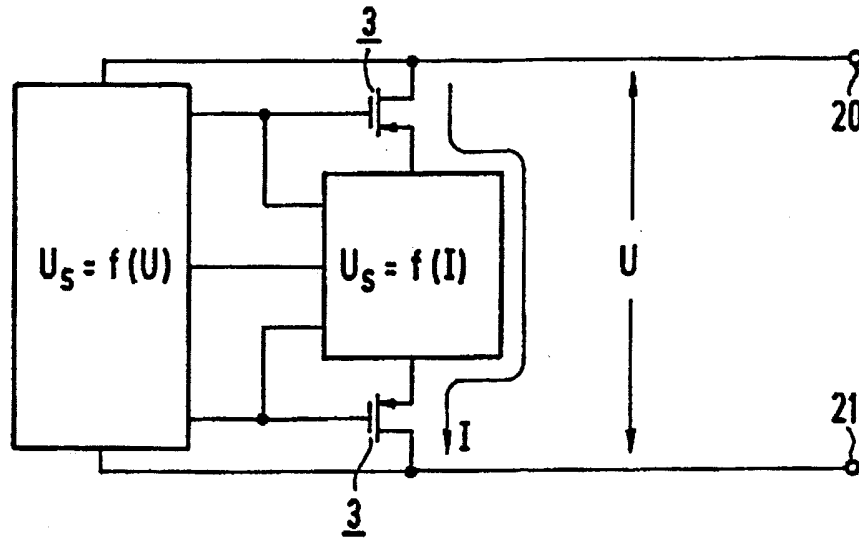
Obr. 5



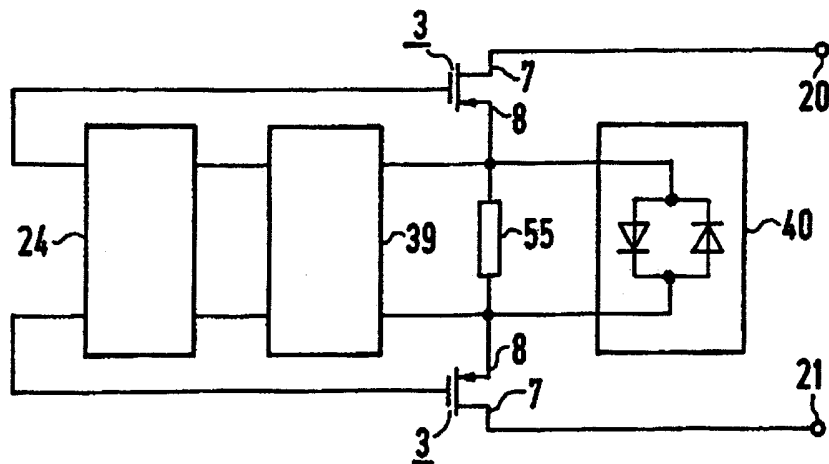
Obr. 2



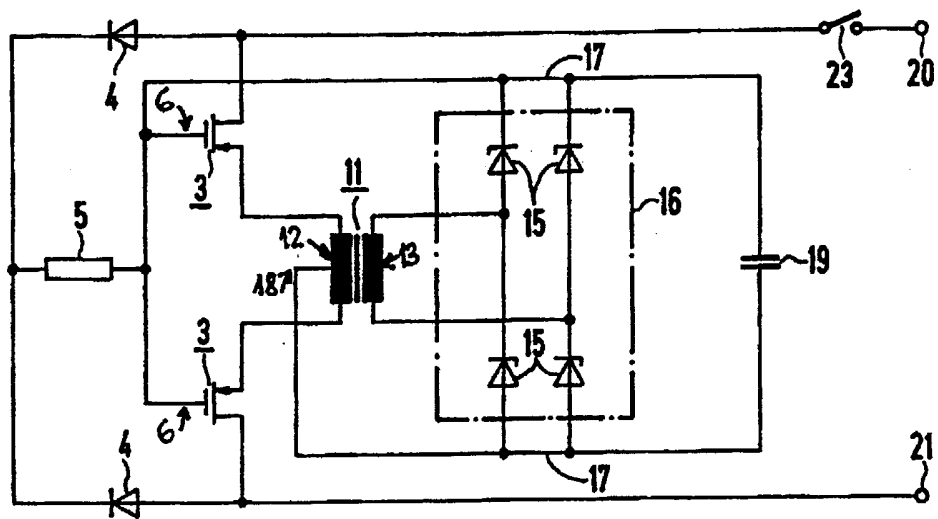
Obr. 3



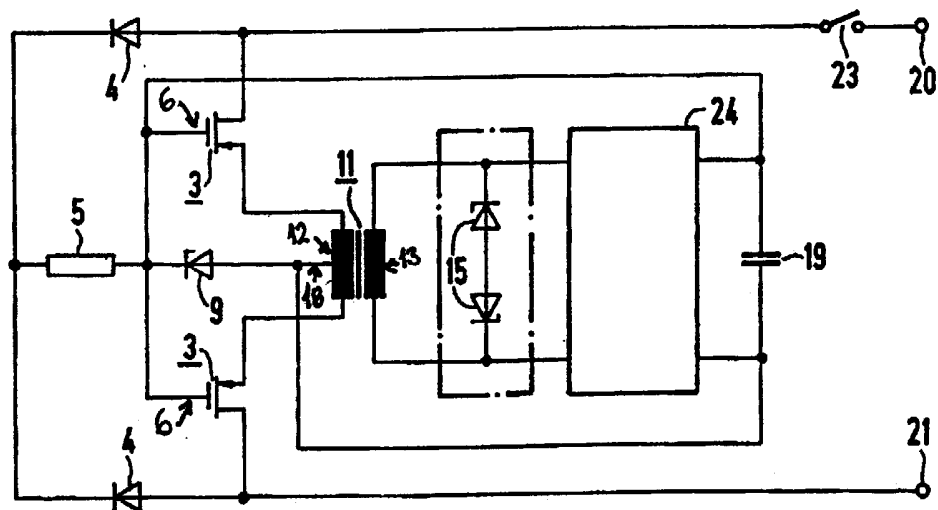
Obr. 4



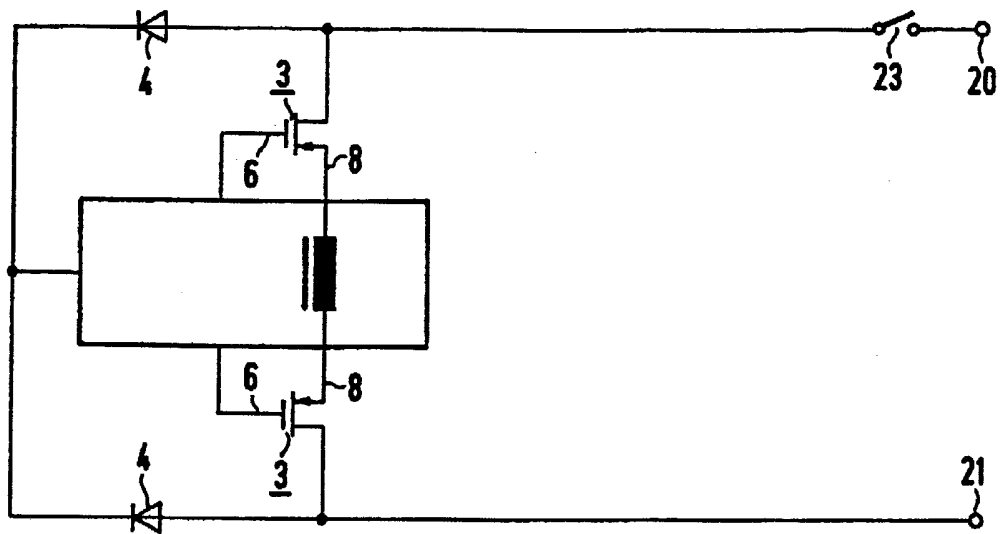
Obr. 8



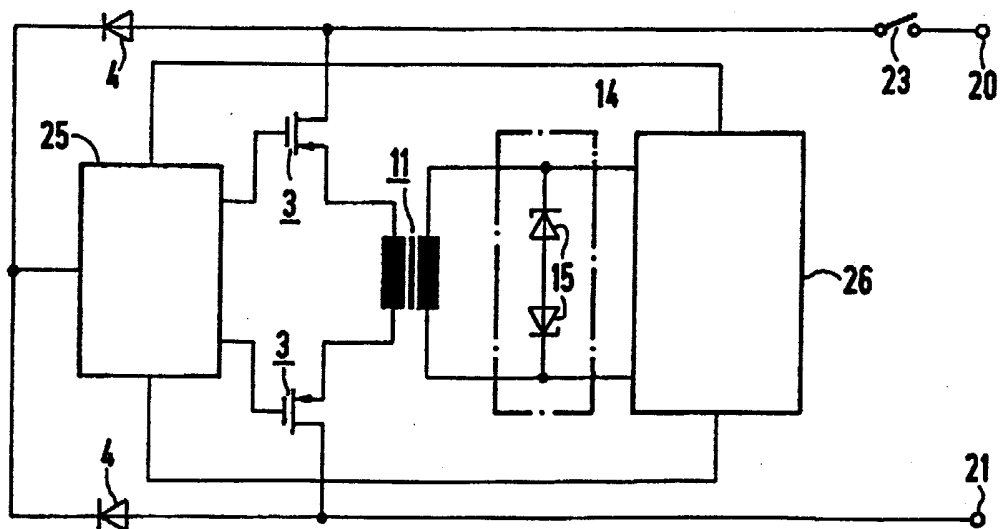
Obr. 6



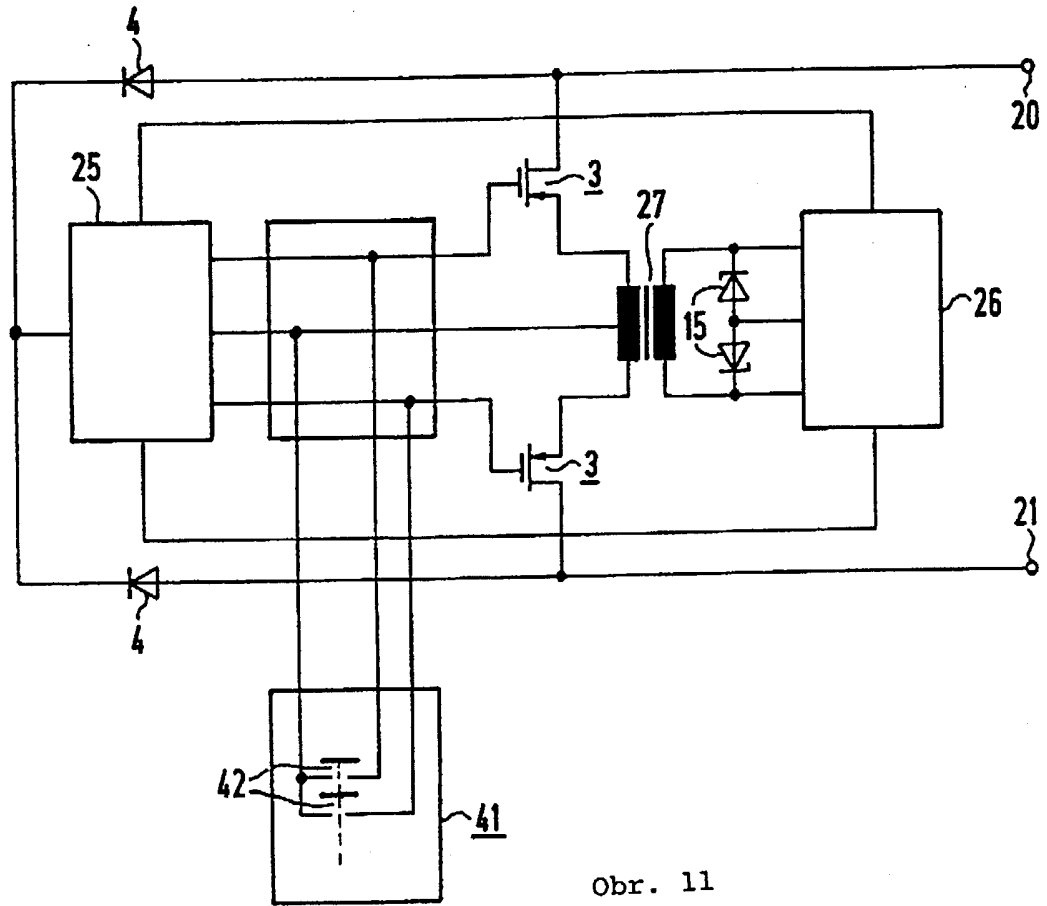
Obr. 7



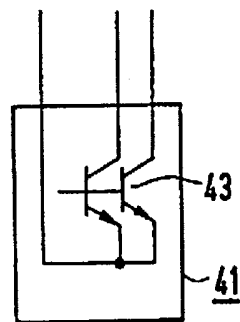
Obr. 9



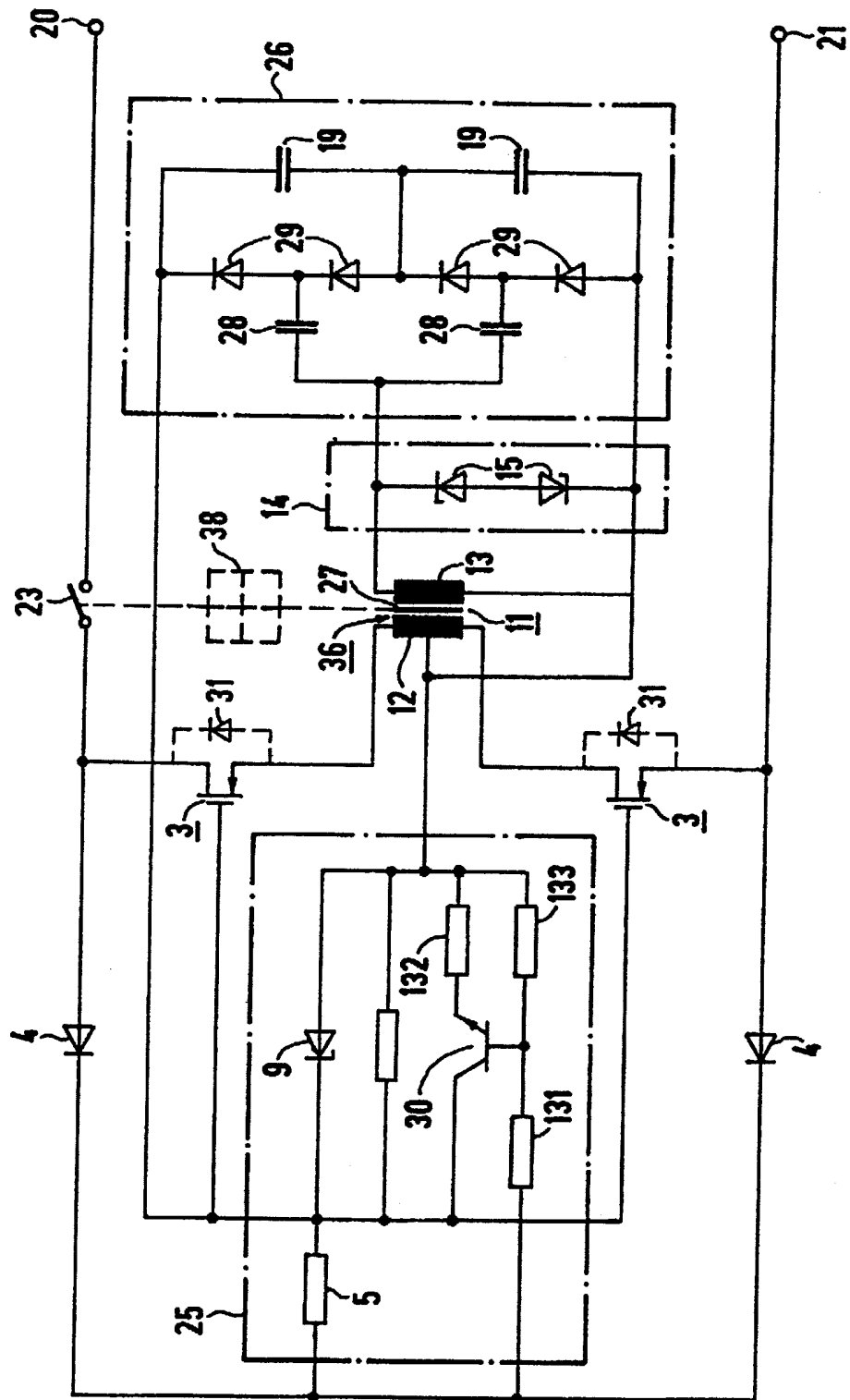
Obr. 10



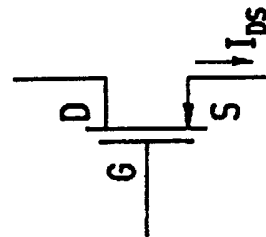
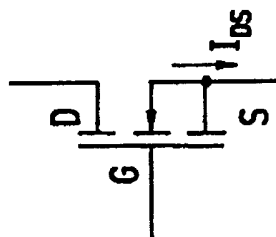
Obr. 11



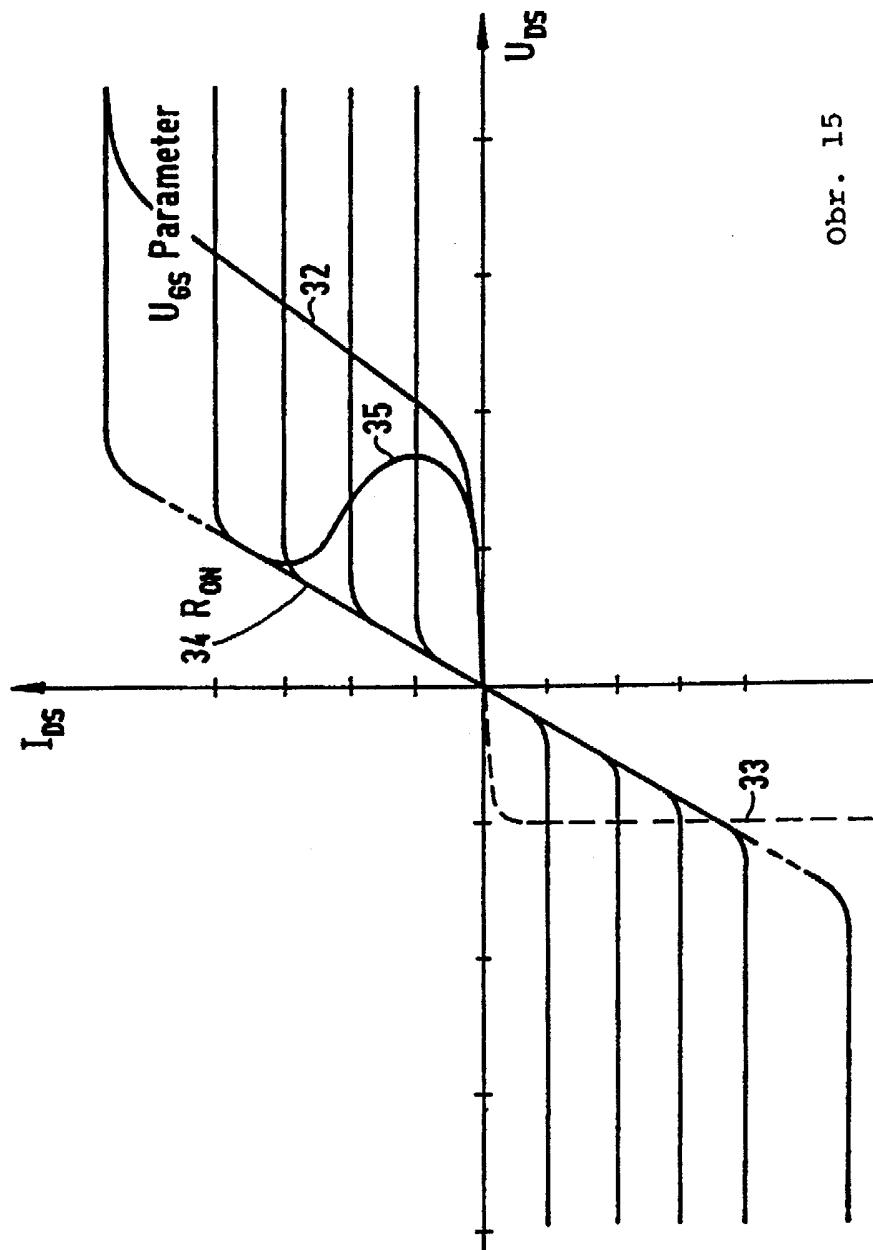
Obr. 12



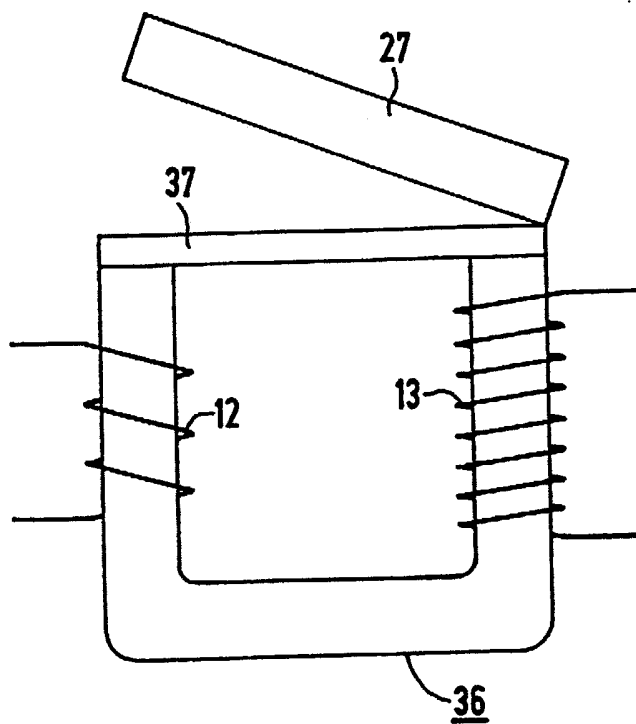
Obr. 13



Obr. 14



Obr. 15



Obr. 16

Konec dokumentu
