

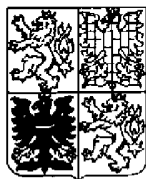
PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2000 - 2480

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: 24.12.1998

(32) Datum podání prioritní přihlášky: 08.01.1998

(31) Číslo prioritní přihlášky: 1998/19801026

(33) Země priority: DE

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: 13.12.2000
(Věstník č. 12/2000)

(86) PCT číslo: PCT/EP98/08471

(87) PCT číslo zveřejnění: WO99/35733

(13) Druh dokumentu: A3

(51) Int. Cl. 7:

H 02 J 1/10

(71) Přihlašovatel:

DAIMLERCHRYSLER AG, Stuttgart, DE;

(72) Původce:

Böcker Joachim, Berlin, DE;

(74) Zástupce:

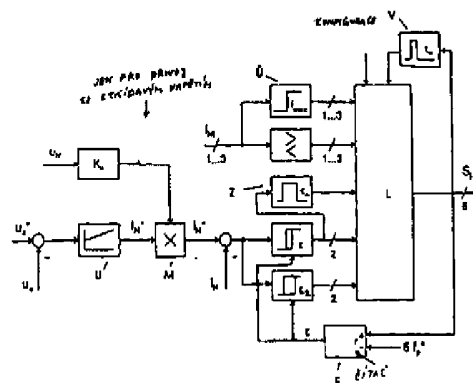
Matějka Jan JUDr., Národní 32, Praha 1, 11000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

Způsob k vytvoření řídicích příkazů pro výkonové měniče

(57) Anotace:

Řešení se týká způsobu ke generování řídicích příkazů pro výkonové měniče, zvláště výkonové měniče vytvořené z modulů, jejichž moduly jsou vždy podle dříve nalezeného napěťového systému odpovídajícím způsobem seskupeny do paralelních větví za účelem dodávky konstantního výstupního napětí k napájení palubní sítě a prostřednictvím spínací regulace proudu, které je nadřazena regulace výstupního napětí, jsou koordinovaně regulovány. Řídicí příkazy pro moduly jsou generovány dosažením jedné ze dvou mezních hodnot, tolerančního pásma předem zadatelného jeho šířkou pro regulační odchylku proudu $(i_{N*} - i_N)$ celkového počtu (i_N) protékajícího výkonovým měničem. Podle řešení se definuje dvoustupňová strategie, určující, který z modulů se přepne při vzniku události: proud dosáhne horní/dolní mezní hodnoty tolerančního pásma, s kroky: 1. Výběr paralelní větve p modulů, 2. Výběr sériové polohy r modulů uvnitř zvolené větve p.



Způsob k vytvoření řídicích příkazů pro výkonové měniče

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu generování řídicích příkazů pro výkonový měnič vytvořený z modulů. Takový výkonový měnič může být použit např. jako vícesystémový měnič palubní sítě osobních vagónů.

Dosavadní stav techniky

V Evropě je možné se setkat s různými napěťovými systémy energetického napájení elektrických drah. Přitom pro průchozí, systémy překračující provoz drah, jsou potřebné nejen vícesystémové lokomotivy, ale také vícesystémové osobní vagóny. Právě k tomu byl koncipován vícesystémový měnič pro osobní vagóny (Prospekt firmy ADtranz: Mehrsystem-Energieversorgung für RIC-Speisewagen, EVB 5/100; 11.1997).

Vytvořením tohoto měniče ze šesti modulů se měnič může velmi dobře přizpůsobit různým napěťovým systémům odpovídajícími konfiguracemi: jedna paralelní větev $p = 1$ se 6 moduly v sériové poloze $r = 1 \dots 6$, dvě paralelní větve $p = 1, 2$ se 3 moduly v sériové poloze $r = 1 \dots 3$ nebo tři paralelní větve $p = 1 \dots 3$ se 2 moduly v sériové poloze $r = 1, 2$ (obr. 1a až 1c). Na výstupu měniče je nezávisle na vstupním napětí u_n k dispozici konstantní výstupní napětí u_a k napájení palubní sítě, přičemž v případě stejnosměrného napětí je výkonový měnič napájen přímo ze stejnosměrné sítě a v případě střídavého napětí je napájen ze sítě přes lokomotivní transformátor nebo je napájen z generátoru dieselové

lokomotivy.

Na obr. 2 je blíže znázorněna jedna možná podrobná struktura jednoho např. ze šesti modulů obsaženého ve výkonovém měniči podle dříve uvedeného způsobu. Na vstupní straně každého modulu je umístěn např. neřízený usměrňovač GI a nastavovací ovládač HSS, který napájí vnitřní stejnosměrný meziobvod s kondenzátorem C meziobvodu. Sériový rezonanční měnič RSU, který se makroskopicky chová jako nosič stejnosměrného napětí, přeměňuje napětí meziobvodu u_a pomocí transformátoru Tr a usměrňovače GI na výstupní napětí modulu.

Podstatným úkolem regulace takového výkonového měniče je udržování výstupního napětí u_a měniče palubní sítě na konstantní žádané hodnotě co možno nezávisle na podmínkách zatížení nebo sítě. K tomu má regulace k dispozici šest modulů jako řídicích členů, tedy v dříve popsaném případě nastavovací ovládače HSS šesti modulů a jako řídicí veličiny řídicí příkazy S ke spínání nastavovacího ovládače HSS šesti modulů, toto je celkem šest binárních veličin. Sériové rezonanční měniče RSU všech šesti modulů budou čistě regulovány řídicími příkazy s konstantním taktovacím poměrem. Tyto řídicí příkazy nemají být použity k řízení celého systému.

Mimo to se regulace výkonového měniče musí postarat o to, aby byly splněny vnější požadavky, jako maximální přípustné spektrální mezní hodnoty síťového proudu, nejmenší účinník při střídavém provozu, nejmenší vstupní impedance při stejnosměrném provozu a aby byla dodržena vnitřní omezení, jako maximální přípustné proudy a maximální pulzní frekvence modulů.

Podle zkušenosti se nedá při jednosmyčkové regulaci

výstupního napětí u_a , která reaguje poměrně pomalu a zpožděně na změny řídicích příkazů, dosáhnout vyhovující kvality regulace a robustnosti.

Naproti tomu se pro tento druh systémů osvědčila kaskádní regulace, u které je regulaci výstupního napětí podřízena regulace proudu. S podřízenou regulací proudu se ostatně může regulovat jednodušeji, pokud proudy zůstávají v přípustném rozsahu.

Podřízená regulace proudu výkonových měničů regulací proudu s řízením napětí (pulzní šířkovou modulací - PWM) je principiálně možná (viz např. u výše uvedeného stavu techniky). K realizaci by byl zapotřebí regulační procesor se značným výpočtovým výkonem a vysokou spínací frekvencí a s odpovídajícími spínacími ztrátami modulů, což by regulaci zdražilo. K regulaci výkonového měniče pracujícího jako měnič palubní sítě je však potřebné udržet náklady značně menší než např. při regulaci pohonu lokomotivy, kde se používá např. způsobu s pulzní šířkovou modulací (PWM).

Při spínací regulaci proudu nebo při regulaci v tolerančním pásmu (obr. 3a) je při podřízené regulaci proudu naproti tomu možné se zcela zřítci procesoru ve prospěch programovatelných logických základních součástí, jako je např. elektricky programovatelné logické zařízení (EPLD - Electrically Programmable Logic Device) nebo polem programovatelný logický člen (FPGA - Field Programmable Gate Array). Řídicí příkazy S pro moduly, tedy ve výše uvedeném případě pro nastavovací ovládač HSS modulů, se generují přímo narázem celkového skutečného proudu i_N na předem dané toleranční pásmo $+E/-E$ pro žádanou hodnotu proudu i_N^* (obr. 3b). Další výhodou spínací regulace je dále vysoké efektivní zesílení regulačního obvodu, ze kterého vyplývá velmi dobré

chování při vedení a rušení. K realizaci je ovšem nutná spínací logika působící rychle bez zpoždění.

Na základě jmenovaných vlastností se zdá, že spínací regulace se nejdříve velmi dobře hodí ke zde nutné regulaci proudu. Nesmí se ale přehlédnout, že proti jednosmyčkové regulaci s jediným spínacím členem se zde k uloženým úkolům, které se mají vyplnit, vytváří něco komplexnějšího. Úlohy jsou:

- Symetrizace dílčích proudů paralelních větví
- Symetrizace výkonů modulů uvnitř paralelní větve
- Přesazené taktování modulů, rozdělení spínacích požadavků na jednotlivé moduly, generování např. celkem šesti řídicích příkazů.

V literatuře je několik aplikací, jak se může spínací regulace proudu použít u takového výkonového měniče. Návrh k regulaci čtyř paralelně zapojených čtyřkvadrantových ovládačů lokomotivy představuje strategii, k jejímuž převedení by směl ale být nevyhnutelný mikroprocesor (Mayer, Sonnenmoser: A hysteresis current control for parallel connected line-side converters of an inverter locomotive. Proc. EPE'93, Brighton 1993). Realizace spínací regulace mikroprocesorem se však musí považovat jako méně optimální, protože k udržení malých časů zpoždění spínací regulace, musí procesor pracovat s velmi vysokou rychlostí snímání oproti pulzní frekvenci. K tomu je zapotřebí značný výkon procesoru a následně cenově velmi nákladná základní součástka.

Místo toho by měla být účelně realizována spínací regulace pomocí paralelně pracující logiky.



Taková logika může prakticky reagovat podle přání bez zpoždění a způsobem realizace poskytuje v nákladech výhody proti mikroprocesorům.

K tomu je z DE 195 23 731 C 1 známá spínací regulace k regulaci čtyřkvadrantových ovládačů ve dvouúrovňové a tříúrovňové technice, která je založena na jednoduchých programovatelných logických základních součástkách jako je elektricky programovatelné logické zařízení (EPLD) nebo polem programovatelný logický člen (FPGA). Stavové grafy se používají jako návrhová metoda. Ukazuje se ale, že tato metoda je nešikovná k vývoji spínací regulace k nasazení výkonového měniče jako měniče palubní sítě. Toto spočívá ve větším počtu stavů sepnutí, které se mají zvládnout. Např. tříúrovňový čtyřkvadrantový ovládač může mít $3^2 = 9$ různých stavů sepnutí (dvě větve se třemi stavy), zatímco v měniči palubní sítě uvedeném jako příklad je třeba ovládat $2^6 = 64$ stavů sepnutí (šest nastavovacích ovládačů HSS se dvěma stavy).

Podstata vynálezu

Úkolem vynálezu je realizace koordinace modulů výkonového měniče vytvořeného z modulů s jedinou spínací regulací proudu. K tomu má být nalezena strategie, která nepřihlíží individuálně ke každému stavu sepnutí, ale místo toho definuje obecné předpisy.

Úkol je řešen význaky uvedenými v nároku 1. Další výhodná provedení vynálezu jsou uvedena v podnárocích.

Regulace se vyznačuje následujícími vlastnostmi:

- Bezprostředně se reguluje celkový vstupní proud i_n výkonového měniče, nikoli třeba částečné proudy i_{n_i}

jednotlivých modulů nebo skupin modulů. Tímto způsobem jsou také nejlepším možným způsobem držena pod kontrolou zpětná působení sítě, která se projevují v celkovém proudu I_N .

- Obecně formulovaná spínací strategie je identická jak pro všechna seskupení modulů, tak také pro provoz se střídavým a stejnosměrným napětím.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález má být blíže vysvětlen pomocí příkladu provedení. V obrázcích je:

na obr. 1a až 1c měnič vytvořený ze šesti modulů s různými počty paralelních větví a různými počty sériově zapojených modulů,

na obr. 2 struktura jednoho ze šesti modulů obsaženého ve výkonovém měniči,

na obr. 3a spínací regulace proudu nebo regulace tolerančního pásma pro podřízenou regulaci proudu,

na obr. 3b toleranční pásmo a řídicí příkazy \underline{S} pro moduly,

na obr. 4 celková struktura regulace pro jeden výkonový měnič vytvořený ze šesti modulů (např. vícesystémový měnič palubní sítě).

Příklady provedení vynálezu

Nejdříve se má definovat polarita řídicích příkazů \underline{S} (obr. 3b), případně stavy sepnutí jednotlivých modulů (např. nastavovacího ovládače \underline{HSS} podle obr. 2). Přitom se má vždy řídicí příkaz \underline{S}_{pr} označit indexem větví p a sériovou polohou

\underline{r} příslušného modulu (obr. 1a - obr. 1c) uvnitř větve \underline{p} :

$S_{pr} = 1$: měnič propojí vstupní napětí \underline{u}_a (zde napětí meziobvodu) na vstup, tj. nastavovací ovládač HSS-IGBT (Insulated Gate Bipolar Tranzistor - bipolární tranzistor s izolovaným hradlem) nevede.

$S_{pr} = 0$: vstupní napětí modulu je nulové, tj. nastavovací ovládač HSS-IGBT (bipolární tranzistor s izolovaným hradlem) vede a spojuje vstup nakrátko.

Strategie musí nyní definovat, který ze šesti modulů má být přepnut při vzniku události:

$$R+: |i_N| > |i_N^* + \epsilon|,$$

$$R-: |i_N| < |i_N^* - \epsilon|.$$

(náraz celkového proudu i_N na toleranční pásmo $i_N^* + \epsilon$ případně $-\epsilon$ viz obr. 3b).

Strategie je dvoustupňová:

Při událostech $R+$ nebo $R-$ se nejdříve zvolí paralelní větve \underline{p} skupiny modulů, ve které má následovat přepnutí. Podle konfigurace se má zvolit mezi jednou, dvěma nebo třemi paralelními větvemi $\underline{p} = 1, \dots, 3$ (obr. 1a - obr. 1c). Výběr sice případně degeneruje jen na jednu větev, přece může být tímto způsobem uvedena strategie použitelná ve všech konfiguracích.

V druhém stupni volby se potom uvnitř zvolené paralelní větve \underline{p} určí sériová poloha \underline{r} toho modulu, který má být

přepnut.

Strategie se dá velmi jednoduše načrtnout v následujícím schématu průběhu, přičemž rozlišení případů pro případy R+ a R- je zřetelně uděláno slovem "případně".

Událost R+ případně R- =>

a) Výběr paralelní větve p:

- vybrat větev p s nejmenším počtem modulů, ve kterých je stav sepnutí $S_{pj} = 1$ (modul není na vstupní straně spojen nakrátko), případně $S_{pj} = 0$ (modul je na vstupní straně spojen nakrátko);

- v případě více větví se stejným nejmenším počtem modulů, vybrat takovou větev p s proudem i_{np} v paralelní větvi podle velikosti největším při R+ případně nejmenším při R-.

b) Výběr sériové polohy r modulu uvnitř vybrané větve:

- vybrat sériovou polohu r toho modulu uvnitř vybrané paralelní větve, který je nejdéle ve stavu $S_{pr} = 0$ při R+ případně ve stavu $S_{pr} = 1$ při R-.

=> Přepojení modulu:

Řídící příkaz pro zvolený modul: Dát na modul $S_{pr} = 1$ při R+ případně $S_{pr} = 0$ při R-.

Jako krok b k výběru modulu, který se má přepnout, jsou alternativně realizovatelné následující varianty:

- Vybrat sériovou polohu r toho modulu uvnitř paralelní větve, jehož výstupní proud je největší při R+ případně

nejmenší při R- nebo

- při použití měničů s napěťovým meziobvodem jako modulu vybrat sériovou polohu r toho modulu uvnitř paralelní větve, jehož vnitřní napětí meziobvodu u_d je největší při R+ případně nejmenší při R-.

V uvedené strategii nejsou k výběru přepínaného modulu na žádném místě nutné aritmetické operace, které jsou požadovány při použití procesoru.

Pro spolehlivý provoz nestačí jako spouštěcí událost jednoduchý náraz celkového proudu i_N na toleranční pásmo +E případně -E, proto se v dalším výhodném provedení vynálezu doporučují při definici událostí R+ a R- ještě následující modifikace:

- Když také samotná spínací logika L reaguje téměř bez zpoždění, vrátí se celkový proud i_N znovu do tolerančního pásma +E případně -E teprve po zpoždění, které je podmíněno impulzním zesilovačem a spínacím chováním bipolárního tranzistoru s izolovaným hradlem (IGBT). Po každém přepnutí je proto spínací logika L účelně blokována spínacím blokováním V po určitou dobu τ_w několika 10 μs , až je dovolena obnovená stejná událost R+ případně R-. Střídající se události R-, R+, R-... jsou zpracovány ihned nezávisle na tomto blokování.

- Druhé toleranční pásmo +E₂ případně -E₂, které se zvolí přibližně dvakrát větší než první toleranční pásmo, zmenšuje překročení prvního tolerančního pásma +E případně -E v případě, že během doby τ_w blokování zvětší velký napěťový rozdíl celkový proud i_N příliš daleko z toleranční oblasti +E případně -E. Jestliže se po detekci prvního tolerančního

pásma $+E$ případně $-E$ dosáhne poprvé tohoto druhého tolerančního pásma $+E_2$ případně $-E_2$, je zrušeno případné blokování \underline{V} sepnutí a ihned je spuštěna další stejná událost $R+$ případně $R-$. Potom je znovu spuštěno blokování \underline{V} přepnutí.

- Když síťové napětí a vnitřní napětí meziobvodů modulů jsou v určitém rozumném poměru, může celkový proud $|i_N|$ probíhat dlouho v tolerančním pásmu $+E$ případně $-E$, aniž by narazil na mez a spustil přepnutí. Tímto způsobem jsou do jednotlivých modulů vstříknuty delší proudové bloky, které mohou krátkodobě vést k malým nesymetriím výkonů modulů mezi sebou. Rezonancemi sériového rezonančního obvodu RSU v příkladu zapojení modulů jsou tyto malé nesymetrie při procházející délce proudových bloků částečně značně zesíleny. Tento účinek se výhodně zmenší tím, že se spustí nucené přepnutí \underline{Z} , když celkový proud zůstává v tolerančním pásmu $+E$ případně $-E$ bez nárazu déle než je doba τ_w .

- V dalším vývoji vynálezu se integruje nadproudová ochrana \underline{U} , ve které v případě překročení proudu i_{Np} co do velikosti v paralelní větvi s více moduly přes přípustnou maximální hodnotu i_{max} se všechny moduly dotyčné paralelní větve p zapnou do stavu $S_{pj} = 1$.

Spínací frekvence f_p spínací regulace plyne nepřímo z tolerančního pásma $+E$ případně $-E$ a napěťových rozdílů vznikajících na indukčnostech. Je proto účelné kontrolovat spínací frekvenci f_p v uzavřeném regulačním obvodu, přičemž stačí, monitorovat součet přepnutí všech šesti modulů ($6 f_p$).

Spínací strategií podle vynálezu je zajištěno, že moduly uvnitř paralelní větve p jsou zapnuty přesně stejně často.

Možné odchylky spínací frekvence f_p paralelních větví p mezi sebou se ukazují jako malé, takže se mohou zanedbat.

Jako regulátoru F spínací frekvence se může použít I-členu tak, že je účelně vytvořen jako čítač. Každé přepnutí řídicích příkazů $S_1 \dots S_6$ zvyšuje stav čítače, zatímco oscilující signál se šestinásobnou požadovanou pulzní frekvencí stav čítače zmenšuje. Stav čítače omezují maximální a minimální hodnoty. Šířka tolerančního pásma $+E$ případně $-E$ se vyrábí ze stavu čítače pomocí faktoru. Regulátor F spínací frekvence pro spínací logiku L se může realizovat společně se spínací strategií v programovatelných logických součástech (elektricky programovatelném logickém zařízení (EPLD), polem programovatelném logickém členu (FPGA)).

Regulátor k regulaci výstupního napětí u_a je nadřazen spínací regulaci proudu. Výstupem regulátoru U napětí je žádaná hodnota proudu i_N^* . Při stejnosměrném provozu může tato žádaná hodnota proudu i_N^* být dále předána přímo regulátoru proudu. Při provozu se střídavým napětím však regulátor proudu vyžaduje odpovídající oscilující žádanou hodnotu, pokud výstup napěťového regulátoru v ustáleném stavu je stejnosměrná veličina. V tomto případě se musí ze stejnosměrné veličiny vytvořit střídavá žádaná hodnota. K tomu se může žádaná hodnota proudu i_N^* přímo násobit signálem úměrným síťovému napětí (násobičkou M). Výkonový měnič se potom chová jako odporový spotřebič. Proud je stále úměrný síťovému napětí, jen při sinusovém napětí je sinusový. Stejně může být provedena přeměna na sinusovou žádanou hodnotu také pomocí jiného signálu (zvláště sinusového) fázově synchronního s napětím sítě, což by se mohlo vyrobit např. pomocí fázového závěsu (PLL - phase-locked loop)).

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Způsob ke generování řídicích příkazů pro výkonový měnič vytvořený z modulů, jehož moduly na vstupní straně řídicími příkazy spojitelně nakrátko, vždy podle předem nalezeného vstupního napětového systému, za účelem dodávání konstantního výstupního napětí, jsou seskupeny na primární straně do sériového a/nebo paralelního spojení a prostřednictvím jediné spínací regulace proudu, které je nadřazena regulace výstupního napětí, jsou koordinovaně regulovány, přičemž pro moduly se generují řídicí příkazy při dosažení horní mezní hodnoty

($R+ : |i_N| > |i_N^* + \epsilon|$), případně dolní mezní hodnoty ($R- : |i_N| < |i_N^* - \epsilon|$) tolerančního pásma (2ϵ) předem zadatelného jeho šířkou pro regulační odchylku proudu ($i_N^* - i_N$) celkového proudu (i_N) protékajícího výkonovým měničem, s následující dvoustupňovou strategií k výběru modulu, který je přepnut při dosažení jedné ze dvou mezních hodnot ($|i_N^* + \epsilon|$ případně $|i_N^* - \epsilon|$):

a) Výběr paralelní větve p modulu:

- vybrat větev p s nejmenším počtem modulů, ve kterých je stav sepnutí "na vstupní straně není spojení nakrátko" ($S_{p_j} = 1$ při $R+$), případně "na vstupní straně je spojení nakrátko" ($S_{p_j} = 0$ při $R-$);

- v případě více větví se stejným nejmenším počtem modulů, pro které nastávají dříve jmenované stavy sepnutí, vybrat takovou větev p, kterou protéká co do velikosti největší částečný proud při $R+$ případně nejmenší částečný proud při $R-$.

b) Výběr sériové polohy r modulu uvnitř vybrané paralelní větve p

- vybrat sériovou polohu r toho modulu, který je nejdéle ve stavu spojení vstupu nakrátko ($S_{pr} = 0$ při $R+$) případně vstupu nespojeného nakrátko ($S_{pr} = 1$ při $R-$), načež následuje přepnutí vybraného modulu.

2. Způsob podle nároku 1 v y z n a č u j í c í s e tím, že v kroku b výběru pro výběr modulu, který se má přepnout, je vybrána sériová poloha r toho modulu, jehož výstupní proud je největší při $R+$ případně nejmenší při $R-$.

3. Způsob podle nároku 1 v y z n a č u j í c í s e tím, že při použití modulů, které jsou vytvořeny jako měnič s napěťovým meziobvodem, je v kroku b výběru pro výběr modulu, který se má přepnout, vybrána sériová poloha r toho modulu, jehož vnitřní napětí u_d meziobvodu je největší při $R+$ případně nejmenší při $R-$.

4. Způsob podle jednoho z předchozích nároků v y z n a - č u j í c í s e tím, že spínací logika po každém přepnutí modulu je po předem daný časový úsek (τ_w) zablokována pro stejný náraz na toleranční pásmo.

5. Způsob podle nároku 4 v y z n a č u j í c í s e tím, že je opatřeno druhé toleranční pásmo ($+E_2$ případně $-E_2$) pro celkový proud (i_N) výkonového měniče, které je proti prvnímu tolerančnímu pásmu ($+E$ případně $-E$) širší, které při jeho dosažení spustí nezávisle na zablokování další přepnutí a tak omezí překročení tolerančního pásma ($+E$ případně $-E$) během časového úseku (τ_w) blokování.

6. Způsob podle jednoho z předchozích nároků v y z n a -

č u j í s e tím, (pozn. překladatele: dále v originálu zřejmě chybí slova, která jsem dal uvozovk) "že se spustí" nucené přepnutí modulů, pokud celkový skutečný proud i_N zůstává po předem danou dobu (τ_w) bez nárazu uvnitř prvního tolerančního pásma (+E případně -E).

7. Způsob podle jednoho z předchozích nároků v y z n a - č u j í c í s e tím, že pokud proud (i_{Nj}) modulu překročí co do velikosti dovolenou maximální hodnotu (i_{max}), je na všechny moduly dotyčné paralelní větve p připojen řídicí příkaz $S_{pj} = 1$ ("na vstupní straně není spojení nakrátko").

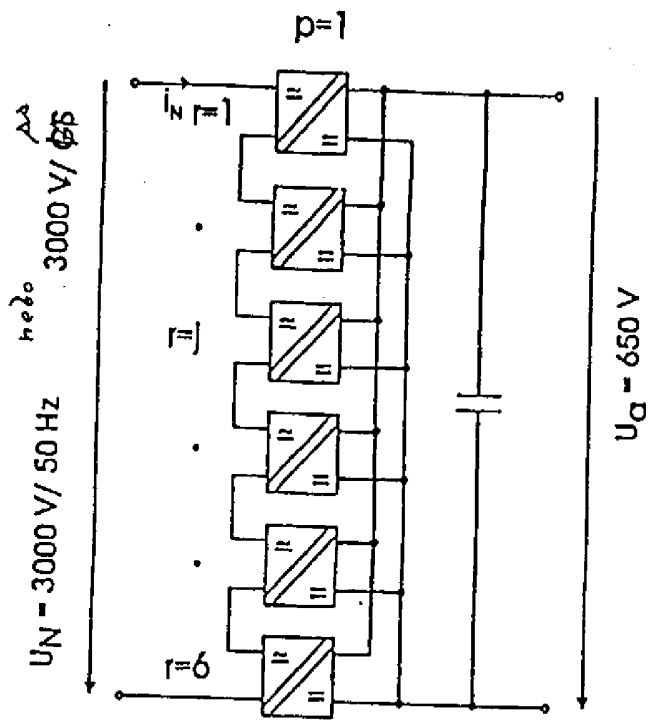
8. Způsob podle jednoho z předchozích nároků v y z n a - č u j í c í s e tím, že spínací frekvence spínací regulace proudu v uzavřeném regulačním obvodu je kontrolována, přičem součet přepnutí všech modulů se monitoruje.

9. Způsob podle jednoho z předchozích nároků v y z n a - č u j í c í s e tím, že při provozu výkonového měniče se střídavým napětím na vstupu se odpovídající oscilující žádaná hodnota (i_N^*) napájecího celkového proudu získá násobením signálu úměrného nebo fázově synchronního s napětím sítě žádanou hodnotou v měřítku efektivní hodnoty nebo amplitudy proudu.

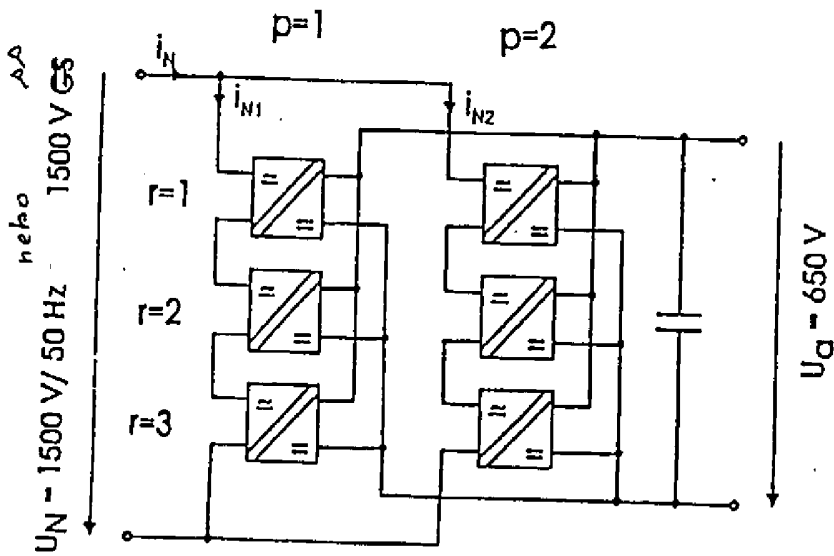
10. Způsob podle jednoho z předchozích nároků v y z n a - č u j í c í s e tím, že spínací regulace proudu se dá realizovat programovatelnými logickými součástkami.

11. Způsob podle nároku 10 v y z n a č u j í c í s e tím, že jako regulátor spínací frekvence je použit I-člen, který je vytvořen jako čítač a je realizován společně se spínací logikou proudu v programovatelných logických součástkách.

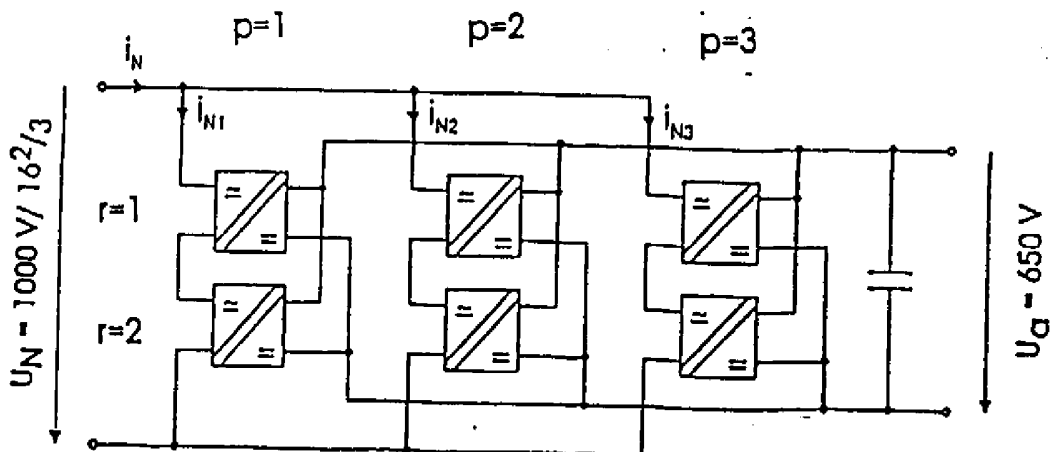
12. Způsob podle jednoho z předchozích nároků v y z n a -
č u j í c í s e použitím vícesystémového měniče palubní
sítě vytvořeného na vstupním napětí sítě ze šesti modulů
s konfiguracemi: 1x6 modulů (jedna paralelní větev se šesti
do série spojenými moduly), 2x3 moduly (2 paralelní větve se
třemi do série spojenými moduly) a 3x2 moduly (3 paralelní
větve se dvěma do série spojenými moduly).



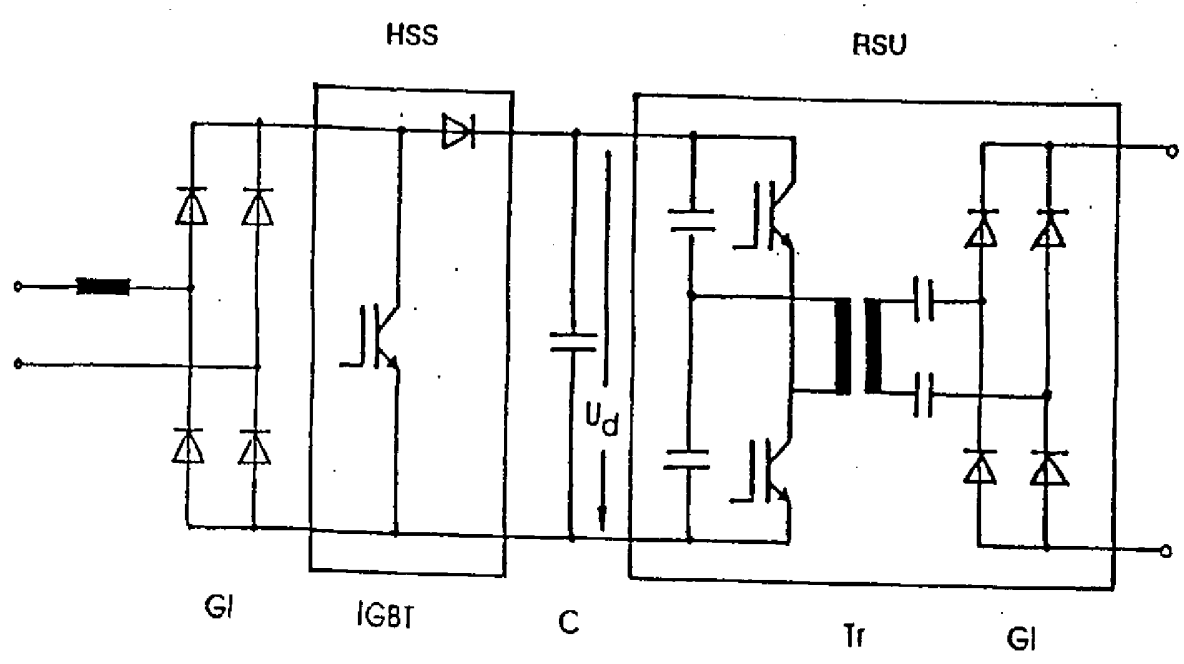
OBR. 1a



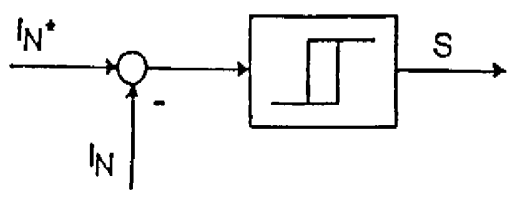
OBR. 1b



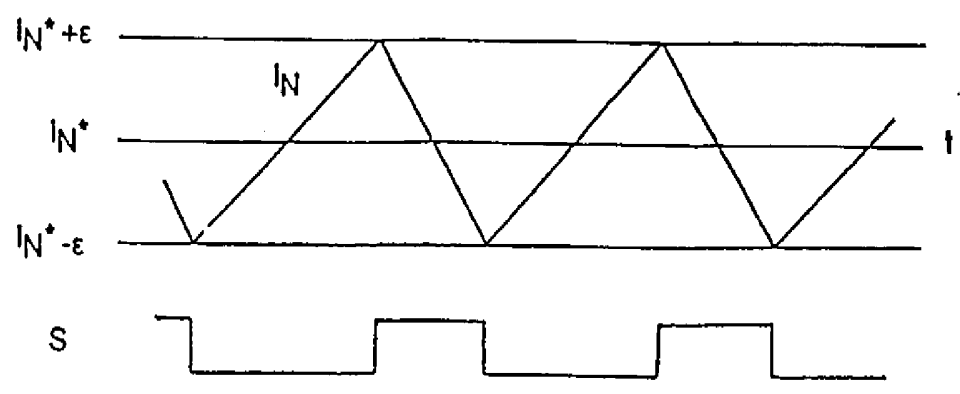
OBR. 1c



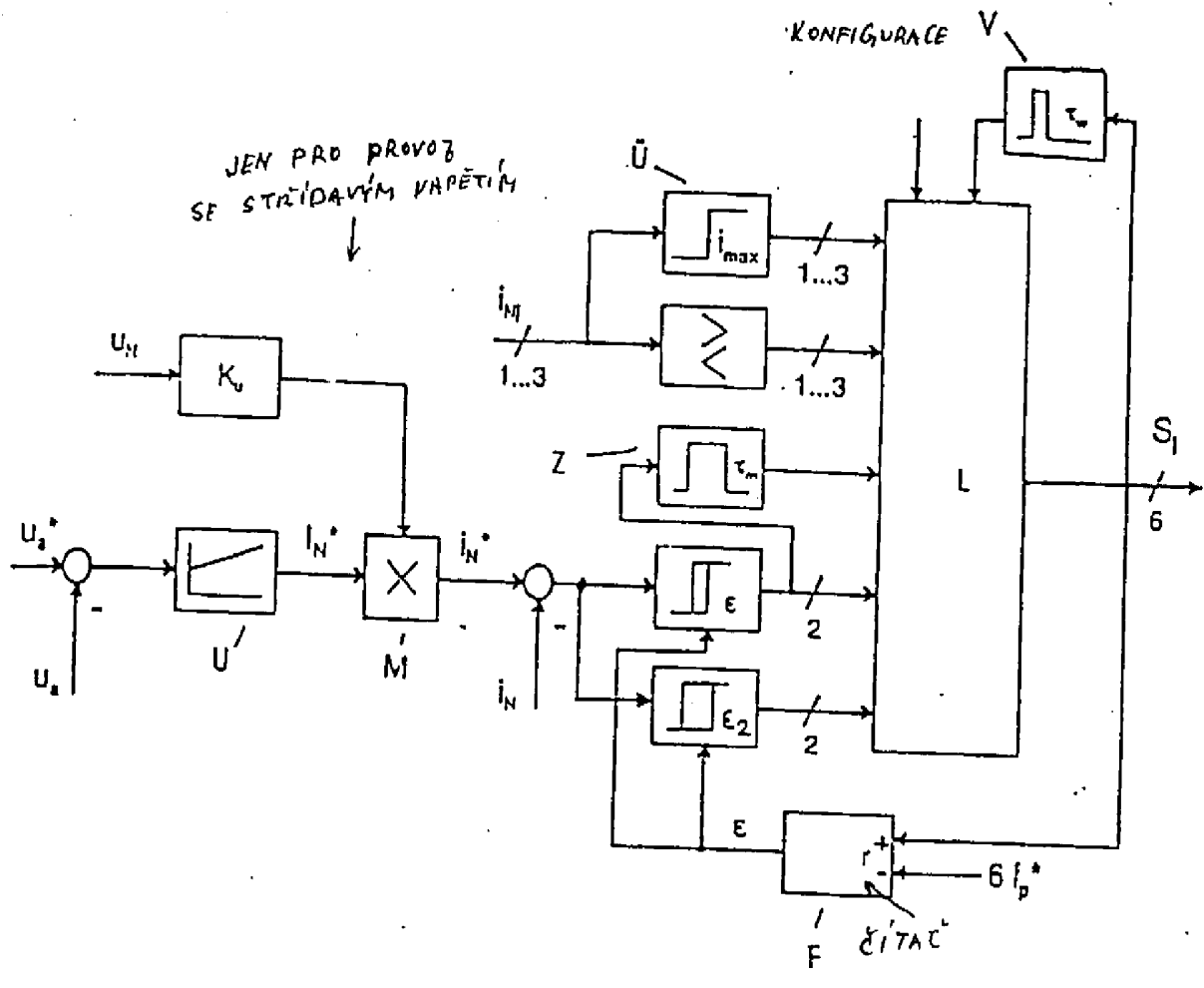
OBR. 2



OBR. 3a



OBR. 3b



OBR. 4