

# PATENTOVÝ SPIS

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **1999-228**  
(22) Přihlášeno: **22.01.1999**  
(30) Právo přednosti: **26.01.1998 FR 1998/773**  
(40) Zveřejněno: **11.08.1999**  
**(Věstník č. 8/1999)**  
(47) Uděleno: **17.12.2008**  
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **28.01.2009**  
**(Věstník č. 4/2009)**

(11) Číslo dokumentu:

## 300 079

(13) Druh dokumentu: **B6**

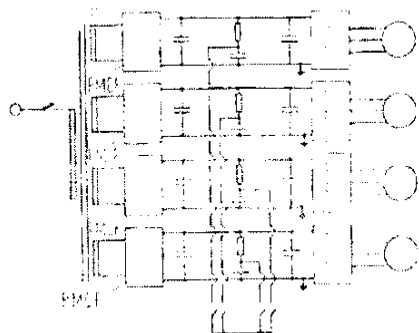
(51) Int. Cl.:  
**H02M 1/12** (2006.01)  
**H02K 17/04** (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:  
GB 1210116; CA 793423

(73) Majitel patentu:  
ALSTOM TRANSPORT SA, Paris, FR  
(72) Puvodce:  
Liu Rong Fan, Pau, FR  
(74) Zástupce:  
JUDr. Petr Kalenský, Hálkova 2, Praha 2, 12000

(54) Název vynálezu:  
**Trakční napájecí systém obsahující napájecí  
sběrnice trakčního elektrického stroje**

(57) Anotace:  
Trakční napájecí systém obsahuje napájecí sběrnice trakčního elektrického stroje, přičemž napájecí sběrnice obsahují každá 2F filtr. Prostřední uzly 2F filtrů celku napájecích sběrnic jsou mezi sebou spojeny.



CZ 300079 B6

## Trakční napájecí systém obsahující napájecí sběrnice trakčního elektrického stroje

### Oblast techniky

5

Vynález se obecně týká trakčních elektrických pohonů a konkrétně se týká trakčního napájecího systému obsahujícího napájecí sběrnice trakčního elektrického stroje.

10

### Dosavadní stav techniky

V oblasti trakčních elektrických pohonů se u trakčních elektrických pohonů, které obsahují sběrnice společného typu, upřednostňuje provedení elektrických výkonových obvodů s GTO technikou (GATE TURN OFF, vypínací tyristory).

15

Technika IGBT (INSULATE GATE BIPOLAR TRANSISTOR, bipolární tranzistory s izolovaným hradlem) se přednostně používá v provedeních elektrických výkonových obvodů u trakčních elektrických pohonů se sběrnicemi odděleného typu.

20

Elektrické výkonové obvody trakčních elektrických pohonů podle dosavadního stavu techniky se sběrnicemi společného typu mají následující výhody:

celkový trakční výkon se rozděluje mezi jednofázové můstky s nucenou komutací (dále PMCF) na stejné sběrnici, v případě rozdělení výkonů na každý trakční střídač tedy na úrovni PMCF nedochází k nadproudům,

25

– v případě sběrnice sestávající z N PMCF umožňuje propojení N PMCF minimalizovat všechny vyšší harmonické 1. až N-1. řádu, čímž je zaručeno chování z hlediska absence oscilací v síti napájecího vedení vyšších, než je hladina hodnot primárního proudu IPE,

– v případě jednoho izolovaného PMCF je vždy zajištěn celkový rozběhový výkon a současně zachována kvalita propojenosti v generování proudu zbývajících PMCF,

30

– ve stejnosměrné síti je jednoduché instalovat pomocné zařízení.

Elektrické výkonové obvody trakčních elektrických pohonů podle dosavadního stavu techniky se sběrnicemi společného typu mají následující nevýhody:

– zkrat společné sběrnice způsobí přetížení všech trakčních motorů,

35

– jelikož komutace IGBT potřebuje nízkou indukanci obvodu, zkrat na soustavě kondenzátorů společné sběrnice může způsobit vysoký nadproud.

Elektrické výkonové obvody trakčních elektrických pohonů podle dosavadního stavu techniky se sběrnicemi typu odděleného podle nápravy mají následující výhody:

40

– v případě zkratu sběrnice je nadproud minimalizován a přetížení motoru je omezeno pouze na jeden střídač, ostatní sběrnice tedy nejsou ovlivněny.

Elektrické výkonové obvody trakčních elektrických pohonů podle dosavadního stavu techniky se sběrnicemi typu odděleného podle nápravy mají následující nevýhody:

45

– jelikož jsou funkce každé sběrnice nezávislé, z důvodu rozložení stejnosměrných napětí a výkonů trakce na každém střídači nelze zaručit kvalitu propojení N PMCF na N oddělených sběrnicích, vyšší harmonické a hodnota primárního proudu IPE jsou tedy zhoršené,

– díky stejnému problému s propojením budou muset být PMCF lehce naddimenzované,

– na oddělených sběrnicích je obtížné instalovat pomocná zařízení.

50

Následující Tabulka 1 shrnuje chování jednotlivých elektrických výkonových obvodů trakčních elektrických obvodů podle dosavadního stavu techniky.

| CHOVÁNÍ/<br>KONFIGURACE                       | HARMONICKÉ A<br>IPE | OŠETŘENÍ<br>ZKRATU | POUŽITELNOST<br>V DEGRADOVANÉM<br>REŽIMU |
|-----------------------------------------------|---------------------|--------------------|------------------------------------------|
| Společné sběrnice (na motorizovanou jednotku) | dobré               | špatné             | dobrá                                    |
| Oddělené sběrnice (na nápravu)                | špatné              | dobré              | špatná                                   |
| Oddělené sběrnice (na podvozek)               | průměr              | průměr             | průměr                                   |

| vhodnost pro<br>použití                       | s POMOCNÝM<br>ZAŘÍZENÍM PRO<br>VYSOKÉ VÝKONY | NEZÁVISLOST<br>NÁPRAV |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|
| Společné sběrnice (na motorizovanou jednotku) | dobrá                                        | špatná                |
| Oddělené sběrnice (na nápravu)                | špatná                                       | dobrá                 |
| Oddělené sběrnice (na podvozek)               | špatná                                       | průměrná              |

TABULKA 1

## 5 Podstata vynálezu

Předmětem tohoto vynálezu je tedy trakční elektrický pohon obsahující napájecí sběrnici trakčního elektrického stroje, která má výhody trakčních pohonů obsahujících napájecí sběrnice společného typu podle dosavadního stavu techniky a také výhody trakčních pohonů obsahujících napájecí sběrnice odděleného typu podle dosavadního stavu techniky.

Dalším předmětem tohoto vynálezu je trakční elektrický pohon obsahující napájecí sběrnice trakčního elektrického stroje, které nemají nevýhody trakčních elektrických pohonů podle dosavadního stavu techniky.

Dalším předmětem tohoto vynálezu je trakční elektrický pohon obsahující napájecí sběrnice trakčního elektrického stroje tak, aby bylo jeho chování celkově vyrovnané.

- 5 Výhodou trakčního napětového pohonu obsahujícího napájecí sběrnice trakčního elektrického stroje podle tohoto vynálezu je lepší chování jak v oblasti výkonů, tak co se týče vyšších harmonických složek.

#### Přehled obrázků na výkresech

- 10 Vynález bude blíže vysvětlen prostřednictvím konkrétních příkladů provedení znázorněných na výkresech, na kterých představuje

- obr. 1 elektrický obvod trakčního elektrického. pohonu, který obsahuje sběrnice odděleného typu podle dosavadního stavu techniky
- obr. 1A až 1D harmonické složky, respektive průběh čtyř sekundárních proudů, získané z elektrického obvodu podle obr. 1
- 15 obr. 2 elektrický obvod trakčního elektrického pohonu obsahujícího sběrnice typu společného podle podvozku podle dosavadního stavu techniky
- obr. 2A až 2D harmonické složky, respektive průběh čtyř sekundárních proudů, získané z elektrického obvodu podle obr. 2
- obr. 3 elektrický obvod trakčního elektrického pohonu obsahujícího sběrnice společného typu podle dosavadního stavu techniky
- 20 obr. 3A a 3B harmonické složky, respektive průběh čtyř sekundárních proudů, získané z elektrického obvodu podle obr. 3
- obr. 4 elektrický obvod prvního upřednostňovaného provedení trakčního elektrického pohonu obsahujícího sběrnice polo–společného typu podle tohoto vynálezu
- 25 obr. 4A a 4B harmonické složky, respektive průběh čtyř sekundárních proudů, získané z elektrického obvodu podle obr. 4
- obr. 5 elektrický obvod jiného upřednostňovaného provedení trakčního elektrického pohonu obsahujícího dvě sběrnice polo–společného typu podle tohoto vynálezu
- obr. 5A až 5C náhradní schémata k elektrickému obvodu podle obr. 5 pro případ stejnosměrných proudů, střídavých proudů a zkratu na horní sběrnici.
- 30 obr. 6 elektrický obvod jiného upřednostňovaného provedení trakčního elektrického pohonu obsahujícího sběrnice polo–společného typu podle tohoto vynálezu
- obr. 7 elektrický obvod jiného upřednostňovaného provedení trakčního elektrického pohonu obsahujícího sběrnice polo–společného typu podle tohoto vynálezu.

- 35 Obr. 1 znázorňuje trakční pohon se čtyřmi sběrnicemi, přičemž každá sběrnice obsahuje PMCF a 2F filtr.

Obr. 1A až 1D znázorňují harmonické složky, respektive průběh čtyř sekundárních proudů, získané z elektrického obvodu podle obr. 1 při běžném provozu se zavřeným PMCF.

- 40 Obr. 2 je elektrický obvod trakčního elektrického pohonu obsahující sběrnice typu společného podle podvozku podle dosavadního stavu techniky.

Tento obr. 2 znázorňuje trakční pohon se čtyřmi sběrnicemi, přičemž každá sběrnice obsahuje PMCF a 2F filtr, sběrnice jsou sdruženy do dvojic takovým způsobem, aby byla každá dvojice na sběrnici spojena se dvěma PMCF.

- 45 Obr. 2A až 2D znázorňují harmonické složky, respektive průběh čtyř sekundárních proudů, získané z elektrického obvodu podle obr. 2 při běžném provozu se zastaveným motorem.

Obr. 3 je elektrický obvod trakčního elektrického pohonu obsahující sběrnice společného typu podle dosavadního stavu techniky.

- 5 Tento obr. 3 znázorňuje trakční pohon se čtyřmi sběrnicemi, přičemž každá sběrnice obsahuje PMCF a pouze jedna sběrnice obsahuje 2F filtr, sběrnice jsou sdruženy takovým způsobem, aby byly sběrnice jako celek spojené se čtyřmi PMCF.

- 10 Obr. 3A a 3B znázorňují harmonické složky, respektive průběh čtyř sekundárních proudů, získané z elektrického obvodu podle obr. 3.

Obr. 4 je elektrický obvod prvního upřednostňovaného provedení trakčního elektrického pohonu obsahujícího sběrnice polo–společného typu podle tohoto vynálezu.

- 15 Trakční napěťový pohon obsahuje napájecí sběrnice trakčního elektrického stroje.

Každá napájecí sběrnice obsahuje jeden 2F filtr tak, že prostřední uzly jsou mezi sebou spojeny, přičemž se upřednostňují prostředky s vypínatelnými prvky.

- 20 Obr. 4 tedy znázorňuje trakční pohon se čtyřmi sběrnicemi, každá sběrnice obsahuje PMCF a 2F filtr, přičemž 2F filtry jsou nastaveny takovým způsobem, aby byly prostřední uzly 2F filtrů celku napájecích sběrnic mezi sebou spojeny.

- 25 Obr. 4A a 4B znázorňují harmonické složky, respektive průběh čtyř sekundárních proudů, získané z elektrického obvodu podle obr. 4.

Obr. 5 představuje elektrický obvod prvního upřednostňovaného provedení trakčního elektrického pohonu se dvěma sběrnicemi polo–společného typu podle tohoto vynálezu.

- 30 Obr. 5A až 5C znázorňují obvody ekvivalentní elektrickému obvodu podle obr. 5 pro případ stejnosměrných proudů, proudů na 2F filtrech, resp. zkratu horní sběrnice.

Obr. 6 je elektrický obvod jiného upřednostňovaného provedení trakčního elektrického pohonu obsahujícího sběrnice polo–společného typu podle tohoto vynálezu.

- 35 Podle tohoto jiného upřednostňovaného provedení trakčního elektrického pohonu podle tohoto vynálezu jsou napájecí sběrnice přímo spojeny mezilehlými indukčními prvky.

- 40 Obr. 7 je elektrický obvod jiného upřednostňovaného provedení trakčního elektrického pohonu obsahujícího sběrnice polo–společného typu podle tohoto vynálezu. Slovní spojení „polo–společný typ“ znamená, že sběrnice elektrického trakčního pohonu mohou být propojeny spínači typu zapnuto–vypnuto.

- 45 Podle tohoto jiného upřednostňovaného provedení trakčního elektrického pohonu podle tohoto vynálezu obsahuje první polovina napájecích sběrnic každá jeden 2F filtr, druhá polovina napájecích sběrnic je spojena po dvojicích s první polovinou napájecích sběrnic a prostřední uzly 2F filtrů první poloviny napájecích sběrnic jsou mezi sebou spojeny.

#### Příklady provedení vynálezu

50

#### Simulace

Následující definované simulace jsou realizovány na čtyřech typech elektrických výkonových obvodů trakčního elektrického pohonu podle dosavadního stavu techniky obsahujících sběrnice různého typu.

– Konfigurace trakčních pohonů

Varianta 1 podle dosavadního stavu techniky:

- 5 Trakční pohon se čtyřmi sběrnici, přičemž každá sběrnice obsahuje PMCF a 2F filtr (obr. 1).

Varianta 2 podle dosavadního stavu techniky:

- 10 Trakční pohon se čtyřmi sběrnici, přičemž každá sběrnice obsahuje PMCF a 2F filtr. sběrnice jsou sdruženy do dvojice takovým způsobem, že je každá dvojice sběrnic spojena se dvěma PMCF (obr. 2).

Varianta 3 podle dosavadního stavu techniky:

- 15 Trakční pohon se čtyřmi sběrnici, přičemž každá sběrnice obsahuje PMCF, jedna jediná sběrnice obsahuje 2F filtr. sběrnice jsou sdruženy takovým způsobem, že celek sběrnic je spojen se čtyřmi PMCF (obr. 3).

Varianta 4 podle tohoto vynálezu:

- 20 Trakční pohon se čtyřmi sběrnici, přičemž každá sběrnice obsahuje PMCF a 2F filtr. přičemž 2F filtry jsou sdruženy takovým způsobem, že všechny prostřední uzly 2F filtrů celku napájecích sběrnic jsou mezi sebou spojeny.

Výsledky simulace v případě, že mezi sběrnici existují malé rozptyly.

Následující tabulka 2 shrnuje výsledky simulace pro omezené rozptyly mezi stejnosměrnými sběrnici.

|                                       | Varianta<br>1 | Varianta<br>2 | Varianta<br>3 | Varianta<br>4 |
|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Počet sběrnic                         | 4             | 2             | 1             | -             |
| Počet PMCF a střídačů na sběrnici     | 1             | 2             | 4             | -             |
| Počet propojených PMCF                | 4             | 4             | 4             | -             |
| Hodnota rozptylu $U_c$ na sběrnici 1  | 10 %          | 10 %          | 0 %           | -             |
| Hodnota rozptylu výkonu na sběrnici 1 | 10 %          | 10 %          | 0 %           | -             |
| Hodnota primárního proudu IPE         | špatná        | průměrná      | dobrá         | -             |
| Spektrum primárního proudu IPE        | Obr. 1A       | Obr. 2A       | Obr. 3A       | -             |
| Křivky čtyř sekundárních proudů       | Obr. 1B       | Obr. 2B       | Obr. 3B       | -             |

TABULKA 2

Porovnání úrovní harmonických složek pro malé rozptyly způsobené chybou měření  $U_c$  nebo řízením střídačů ukazuje, že nesouměrnost řádu 10 %  $U_c$  a výkonu na sběrnici umožňuje vznik:

- 1. harmonické a 58% zvýšení hodnoty primárního proudu IPE pro případ čtyř oddělených sběrnic, kde každá obsahuje PMCF,
- 5 - 2. harmonické (složky) a 35% zvýšení hodnoty primárního proudu IPE pro případ dvou oddělených sběrnic, kde každá obsahuje dvě PMCF.

Výsledky se zdají přijatelné pro oddělené sběrnice za podmínky, že je trakční napájení bez chyby.

- 10 Když je nicméně lokomotiva daleko od Trakční napájecí stanice, harmonické a IPE proudu jsou citlivě náchylné k degradaci.

Výsledky simulace v případě, že mezi sběrnici existuje významná nesouměrnost.

Následující tabulka 3 shrnuje výsledky simulace pro významný rozdíl výkonu mezi střídači.

|                                       | Varianta<br>1 | Varianta<br>2 | Varianta<br>3 | Varianta<br>4 |
|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Počet sběrnic                         | 4             | 2             | -             | 1             |
| Počet PMCF a střídačů na sběrnici     | 1             | 2             | -             | 4             |
| Počet propojených PMCF                | 4             | 4             | -             | 4             |
| Hodnota rozptylu $U_c$ na sběrnici 1  | 0 %           | 0 %           | -             | 0             |
| Hodnota rozptylu výkonu na sběrnici 1 | 100 %         | 50 %          | -             | 0             |
| Hodnota primárního proudu IPE         | špatná        | průměr        | -             | dobrá         |
| Spektrum primárního proudu IPE        | Obr. 1C       | Obr. 2C       | -             | Obr. 4A       |
| Křivky čtyř sekundárních proudů       | Obr. 1D       | Obr. 2D       | -             | Obr. 4B       |

TABULKA 3

15

V případě, že je rozdíl výkonu mezi oddělenými sběrnici významný, harmonické a IPE již není možné zaručit.

20

Co se týče Varianty 1, pokud je střídač na sběrnici 1 vypojený (teoretický případ), IPE může vykazovat čtyřnásobně více než normálně.

Co se týče Varianty 2, pokud je střídač na sběrnici 1 vypojený, IPE může vykazovat dvojnásobně více než normálně.

25

Tento druh situace může občas nastat, když je významný výkon pomocného zařízení vázaného na stejnosměrné trakční sběrnice.

Varianta 4 podle tohoto vynálezu, tj. obvod s oddělenými společnými sběrnicemi, vykazuje chování stejné, jako u obvodu se společnými sběrnicemi.

- 5 Obr. 5 je elektrický obvod jiného upřednostňovaného provedení trakčního elektrického pohonu obsahujícího dvě sběrnice polo–společného typu podle tohoto vynálezu.

Obr. 5A až 5C znázorňují obvody ekvivalentní k elektrickému obvodu podle obr. 5 pro případ stejnosměrných proudů, proudů 2F filtry, respektive zkratu na horní sběrnici.

- 10 Elektrický obvod trakčního elektrického pohonu obsahujícího dvě sběrnice polo–společného typu podle tohoto vynálezu obsahuje spojení mezi jednotlivými sběrnicemi pomocí vlastní indukce.

- 15 Podle prvního upřednostňovaného provedení elektrického obvodu trakčního elektrického pohonu obsahujícího sběrnice polo–společného typu podle tohoto vynálezu obsahuje trakční elektrický pohon spojení mezi 2F filtry (obr. 4).

Výhodou tohoto prvního upřednostňovaného provedení elektrického obvodu je zachování jak výhod oddělených sběrnic, tak výhod společných sběrnic bez přidávání významných zařízení.

- 20 V případě ustáleného provozu trakčního elektrického pohonu podle tohoto vynálezu umožňuje spojení filtrů průchod energie mezi sběrnicemi a přináší sjednocení stejnosměrných napětí  $U_c$ .

- 25 Proudů PMCF jsou tedy sjednocené a výhoda trakčních elektrických pohonů se společnými sběrnicemi je také zachována.

V případě zkratu na stejnosměrné sběrnici tečou zkratové příspěvky ostatních sběrnic indukcí 2F filtrů.

- 30 Výhoda trakčního elektrického pohonu s oddělenými sběrnicemi je také zachována.

#### Závěry

- 35 Aby se předešlo nadproudům v případě zkratu na stejnosměrné sběrnici, zvolením obvodu se sběrnicí stejnosměrně oddělenou se zhorší chování harmonických a IPE z důvodu rozptylu napětí  $U_c$  a zatížení.

Z důvodu výskytu harmonických nízkých řádů však toto zhoršení způsobuje riziko přetížení v případě rezonance na trakčním napájení.

- 40 U návrhu výkonového obvodu se společnými sběrnicemi, který je založený na obvodu s oddělenými sběrnicemi, je také důležité, že kondenzátory 2F filtru jsou opatřeny společně na všech sběrnicích.

- 45 Výsledky simulací ukazují, že výkonový obvod s polo–společnými sběrnicemi podle tohoto vynálezu vykazuje stejné harmonické a stejnou hodnotu IPE, jako u obvodů se společnými sběrnicemi podle dosavadního stavu techniky, přičemž obvod podle tohoto vynálezu zachovává výhody výkonového obvodu s oddělenými sběrnicemi podle dosavadního stavu techniky co se přechodových stavů týče.

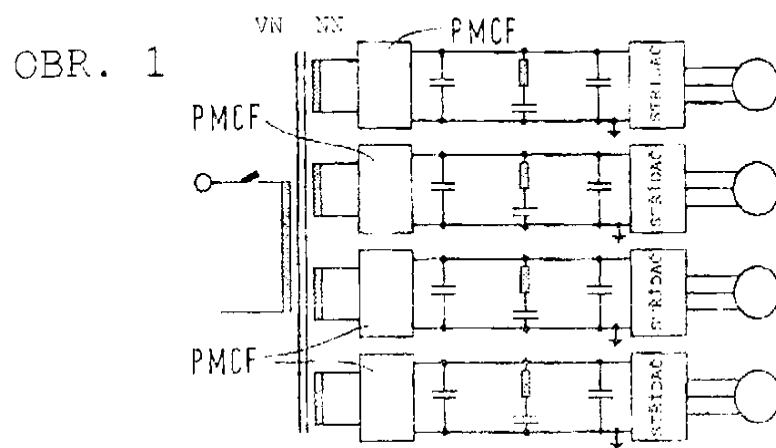
50

## PATENTOVÉ NÁROKY

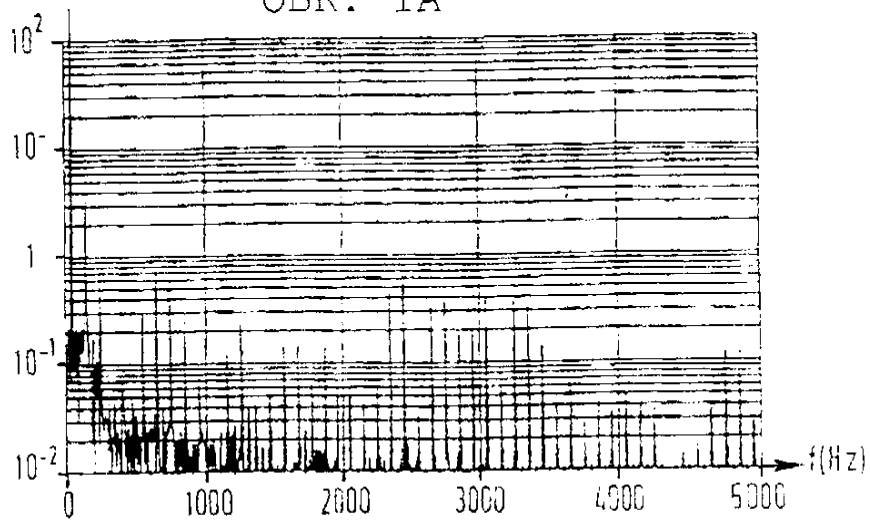
- 5 1. Trakční napájecí systém obsahující napájecí sběrnice trakčního elektrického stroje, kde každá sběrnice alespoň jedné části napájecích sběrnic obsahuje 2F filtr, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že prostřední uzly 2F filtrů napájecí sběrnice jsou mezi sebou propojeny.
- 10 2. Trakční napájecí systém podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že část představuje první polovinu napájecích sběrnic, přičemž druhá polovina napájecích sběrnic je spojena ve dvojici s první polovinou napájecích sběrnic.

9 výkresů

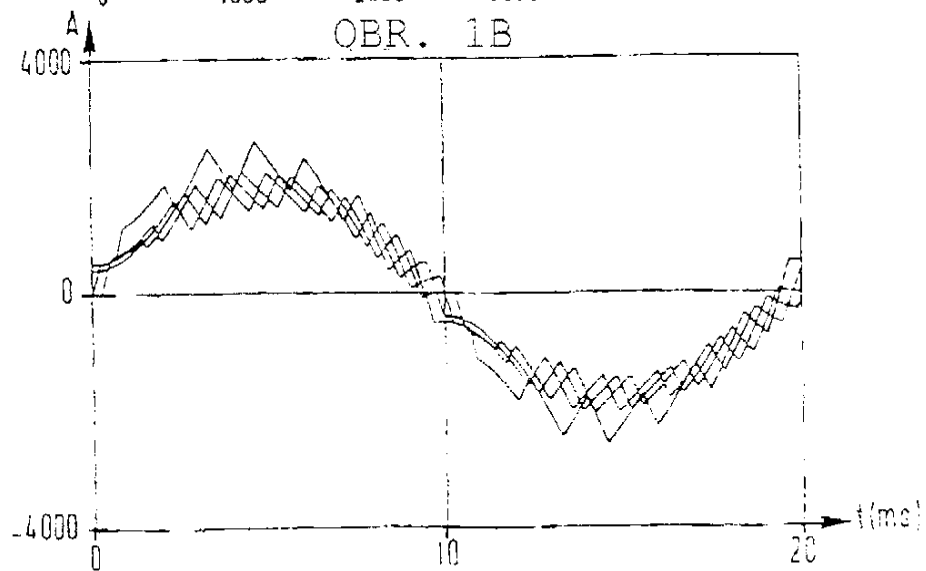
15



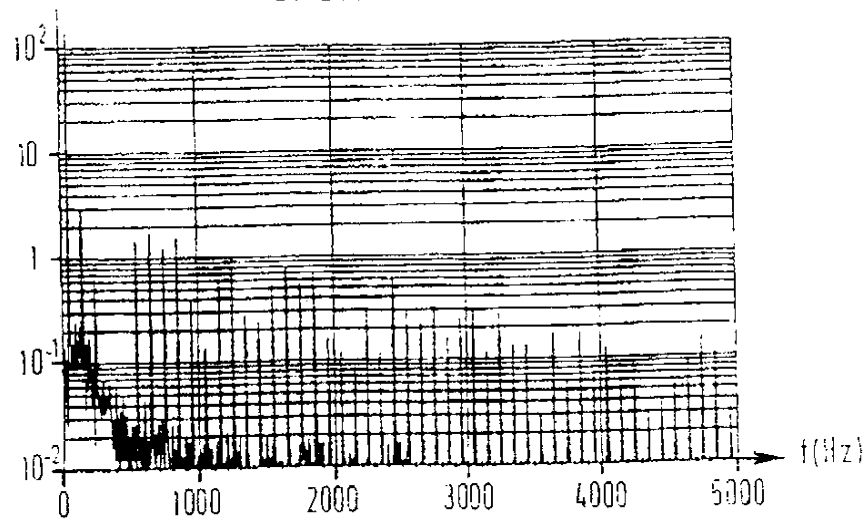
OBR. 1A



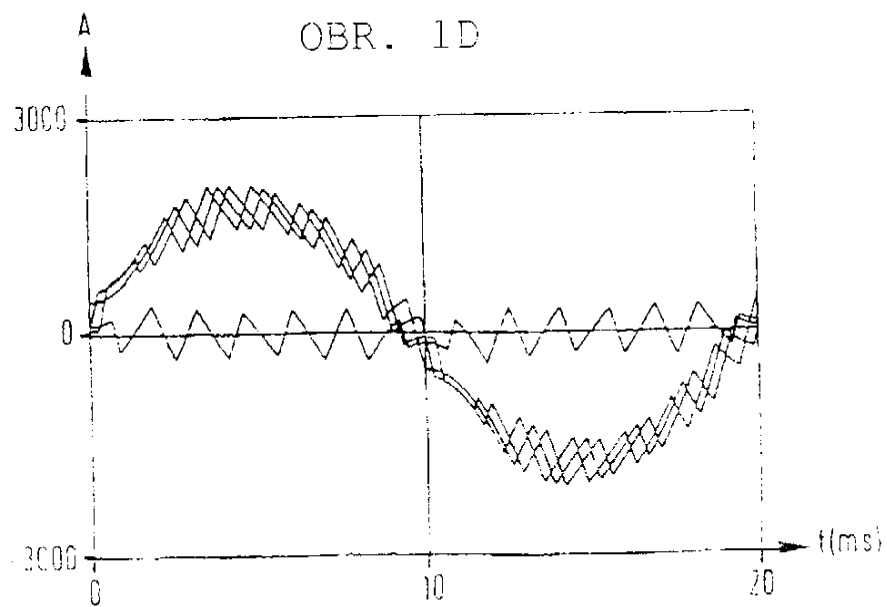
OBR. 1B



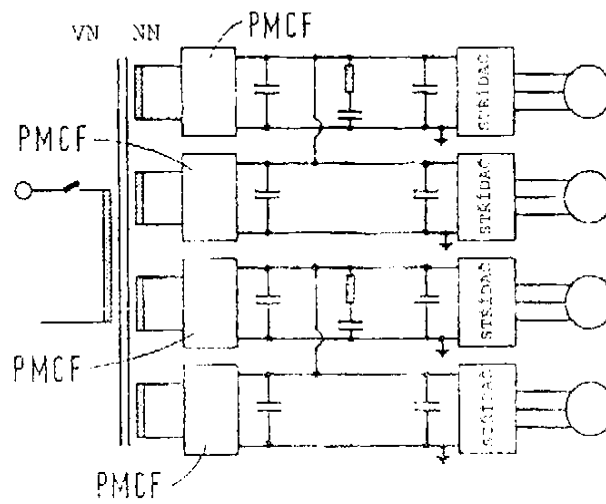
OBR. 1C



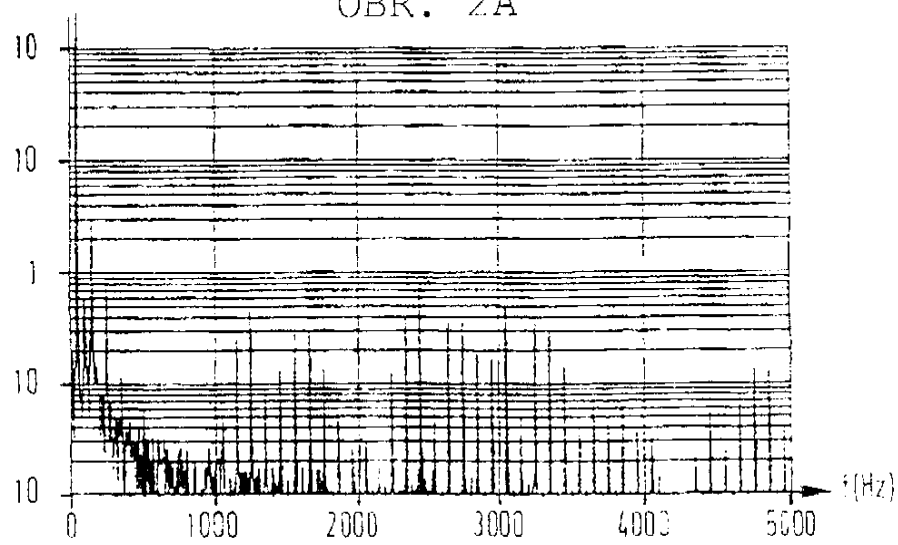
OBR. 1D



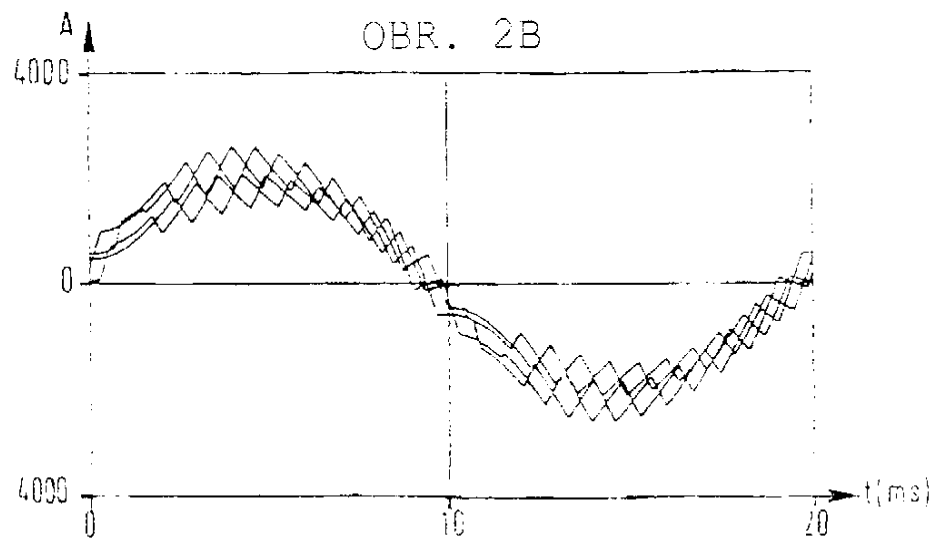
OBR. 2



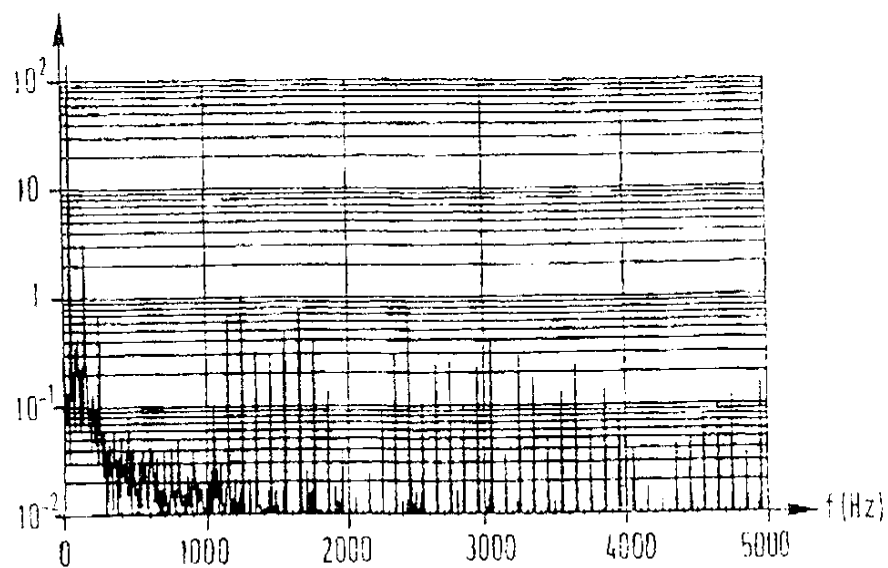
OBR. 2A



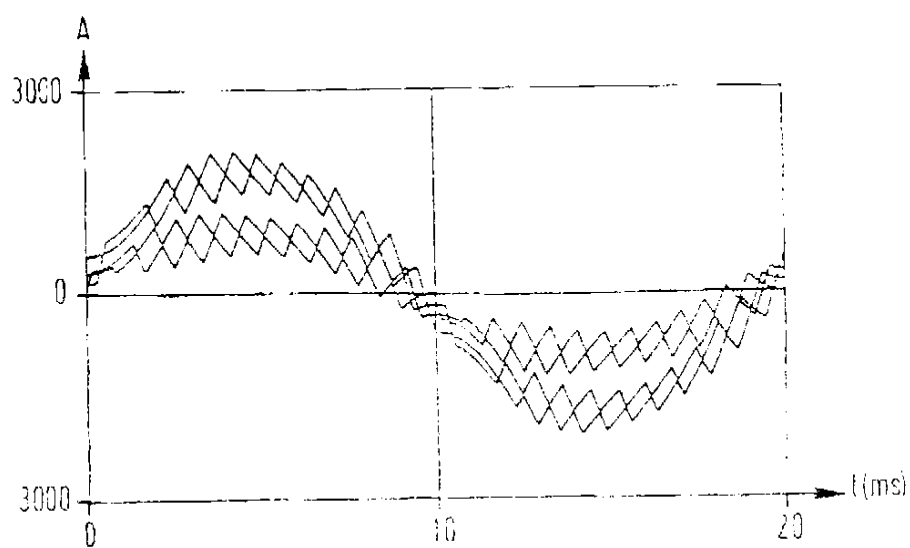
OBR. 2B



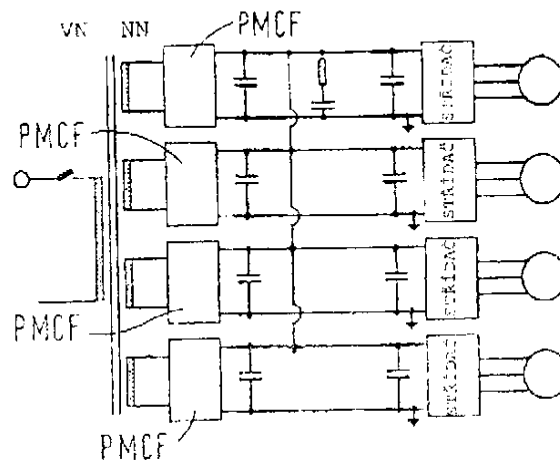
OBR. 2C



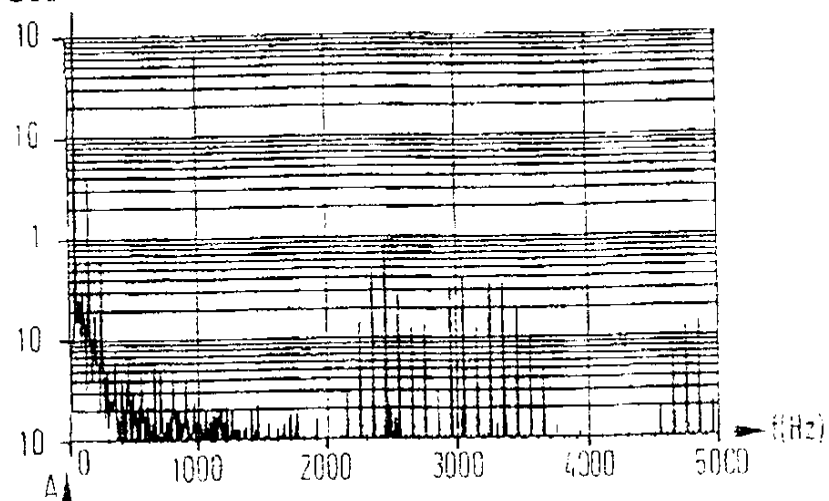
OBR. 2D



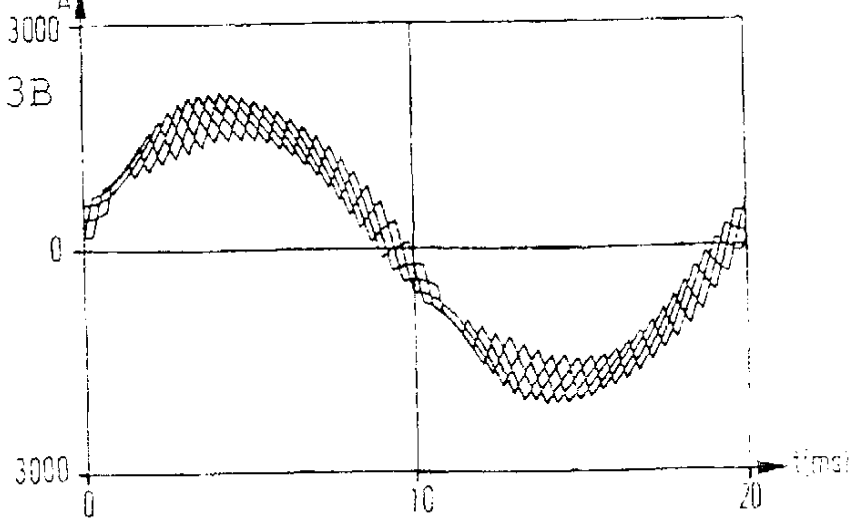
OBR. 3



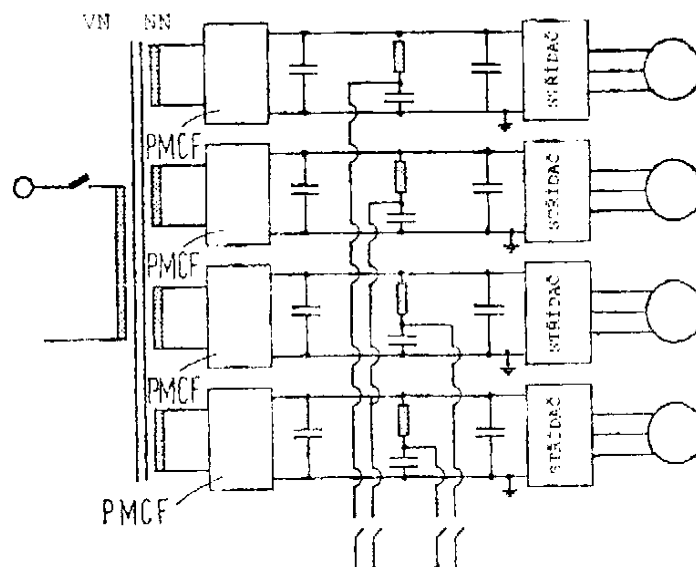
OBR. 3A



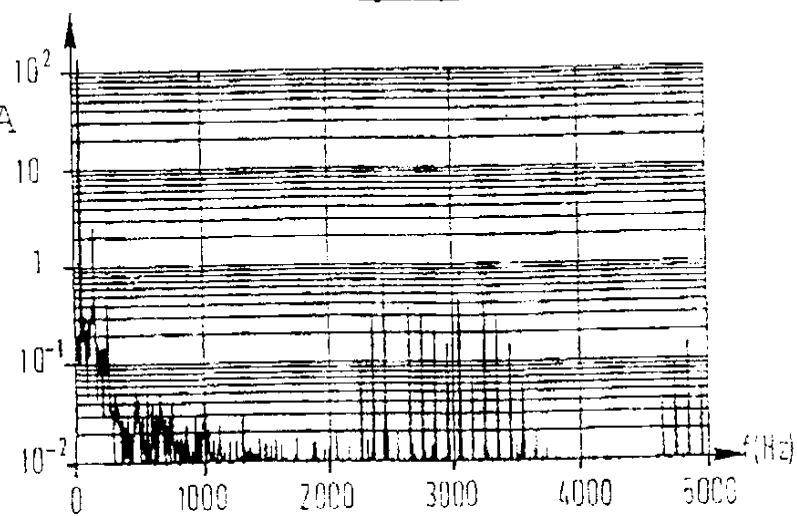
OBR. 3B



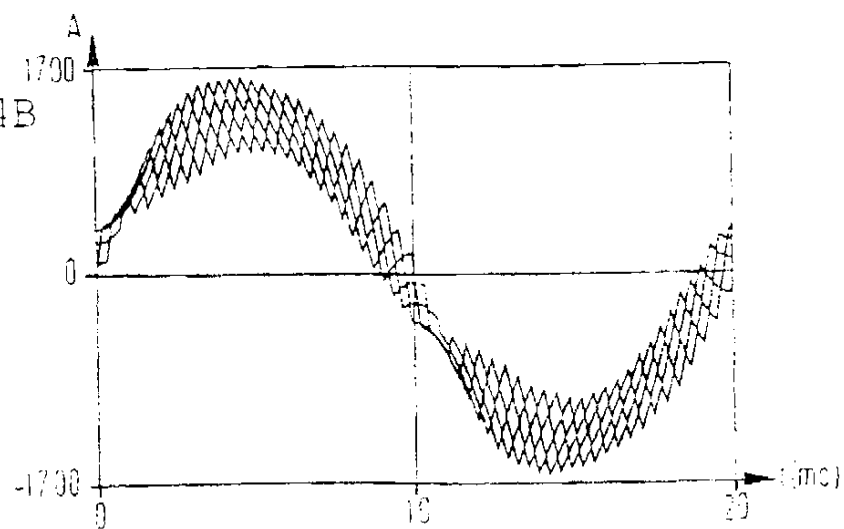
OBR. 4

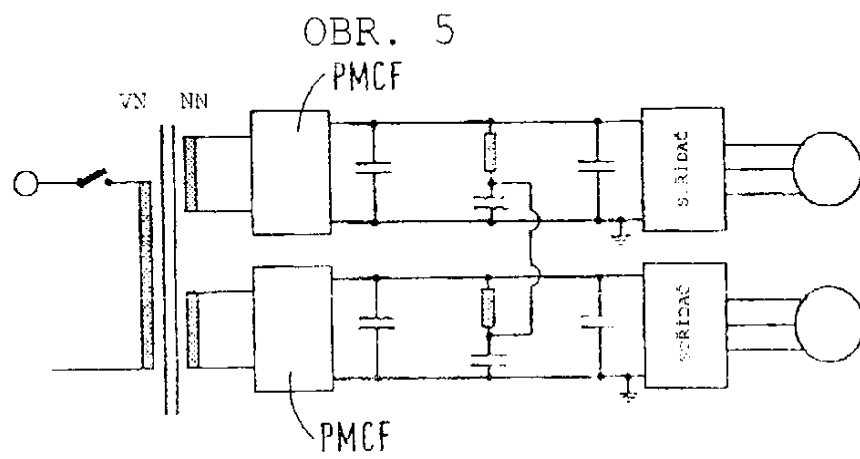


OBR. 4A

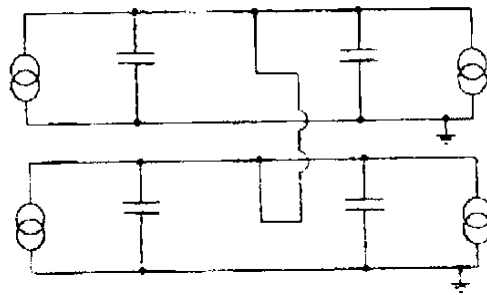


OBR. 4B

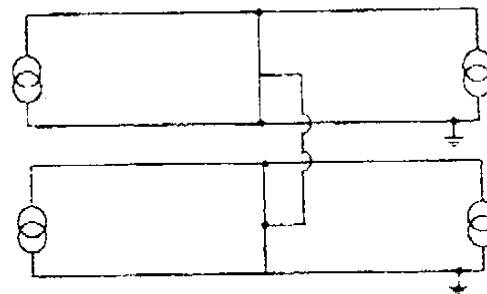




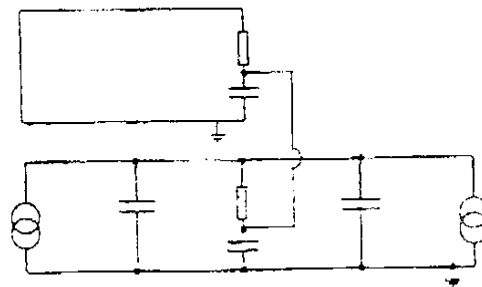
OBR. 5A



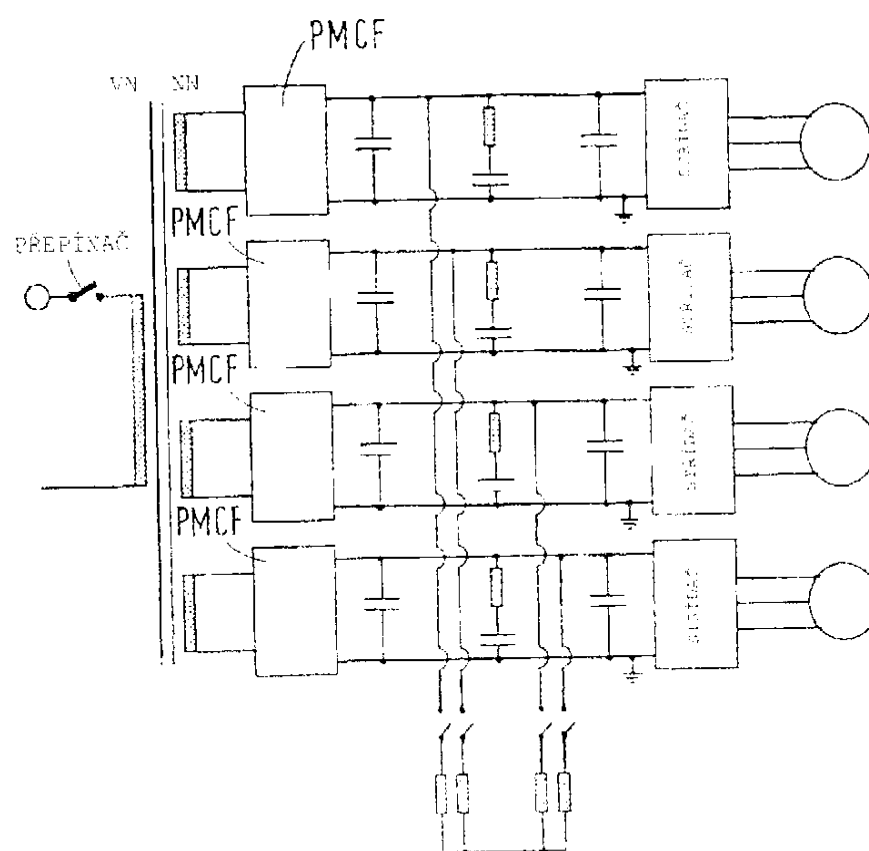
OBR. 5B



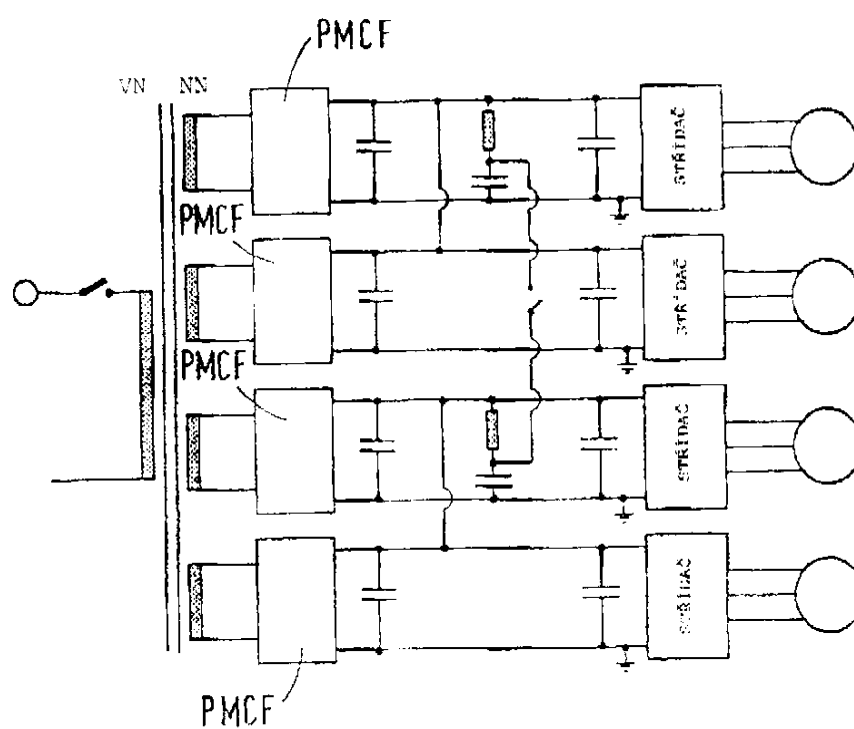
OBR. 5C



OBR. 6



OBR. 7



---

Konec dokumentu

---