

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **241859**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **436076**

(51) Int.Cl.

H02M 7/02 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **25.11.2020**

(54)

Prostownik

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

30.05.2022 BUP 22/22

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

19.12.2022 WUP 51/22

(73) Uprawniony z patentu:

LENIK SŁAWOMIR PHU ELEKTRA, Tychy, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

ANDRZEJ DOMINO, Warszawa, PL

PIOTR MAZUREK, Warszawa, PL

ZBIGNIEW ZAKRZEWSKI, Warszawa, PL

KRZYSZTOF ZYMMER, Warszawa, PL

MARCIN PARCHOMIUK, Warszawa, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Włodzimierz Caban

PL 241859 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest prostownik diodowy w układzie podwójnego mostka dedykowany do zasilania komunikacji miejskiej. Prostownik znajduje zastosowanie do zasilania trakcji linii kolejowych, tramwajowych i tym podobnych.

W stanie techniki powszechnie znane są prostowniki trakcyjne zabudowane w szafach sterowniczych, które zawierają moduły półprzewodnikowe połączone w grupy, tworzące bloki. W takich rozwiązaniach wykorzystywane są między innymi moduły diodowe oraz diodowo-tyrystorowe zaopatrzone w radiatory zapewniające chłodzenie modułów półprzewodnikowych oraz właściwe warunki pracy. Ponadto w wielu przypadkach w takich szafach sterowniczych występuje wymuszony obieg powietrza, przykładowo przez zestawy wentylatorów.

DE1935526A1 ujawnia elementy półprzewodnikowe, jak na przykład tyrystory, zabudowane w modułach posiadających radiatory w kształcie rombu, których żebra mają jednakową długość i są nachylone. Żebra radiatorów są nachylone pod kątem mniejszym niż 90° względem płaszczyzny poziomej przechodzącej prostopadle przez oś pojedynczego modułu. Tego rodzaju moduły półprzewodnikowe są przeznaczone do stosowania w prostownikach o dużym natężeniu prądu, co przy umieszczeniu poszczególnych modułów jeden ponad drugim ogranicza dopływ ciepłego powietrza z elementów niżej położonych na elementy położone wyżej. Ciepłe powietrze z radiatorów elementów półprzewodnikowych umieszczonych niżej nie wpływa bezpośrednio na znajdujące się wyżej elementy półprzewodnikowe. Powietrze przechodzi od strony czołowej, przez pochylone żebra radiatora, a następnie wychodzi tylną powierzchnią tego radiatora.

Natomiast DE2906363B1 ujawnia prostownik posiadający moduły półprzewodnikowe z radiatorami w kształcie rombu, których żebra przebiegają równolegle do jednego wzdłużnego boku, a więc są nachylone. W tym prostowniku jako moduły półprzewodnikowe zastosowane są diody prostownicze w obudowie pastylkowej, które są zaciśnięte pomiędzy dwoma radiatorami. Identyczne moduły półprzewodnikowe zostały ułożone w kolumny, przy czym każda kolumna posiada ramę na której zamocowane są moduły półprzewodnikowe. Każdy z modułów połączony jest przewodami z szyną obwodu zasilającego, napięcia i prądu przemiennego, oraz z szyną obwodu wyjściowego, napięcia i prądu stałego. W każdej kolumnie moduły półprzewodnikowe są zamocowane na ramie jeden ponad drugim i są zamocowane w pewnej odległości od siebie, przy czym moduły półprzewodnikowe w jednej kolumnie tworzą wspólną przednią i tylną powierzchnię. Konsekwentnie przednie i tylne powierzchnie radiatorów modułów półprzewodnikowych w jednej kolumnie leżą w jednej płaszczyźnie, a przez to między sąsiadującymi ze sobą kolumnami utworzony jest kanał dla zimnego lub ciepłego powietrza. W prostowniku znajduje się kilka kolumn rozmieszczonych obok siebie, tworzących kanały dla napływającego zimnego powietrza i wypływającego ciepłego powietrza. Poprzez zastosowanie radiatorów o nachylonych żebrach powietrze z niżej umieszczonych radiatorów nie nagrzewa radiatorów położonych powyżej, a jest kierowane do kanału dla ciepłego powietrza. Ponadto w prostowniku poszczególne kolumny są umieszczone parami naprzeciw siebie tak, że pomiędzy parą położonych naprzeciw siebie kolumn znajduje się wspólny dla nich kanał zimnego powietrza.

Z kolei US2016268921A1 ujawnia układ energoelektroniczny zawierający między innymi źródło stałego prądu lub napięcia z obwodem prądu stałego oraz z buforującym kondensatorem. W tym układzie kondensator obwodu prądu stałego przeznaczony jest do połączenia tego obwodu z pozostałą częścią układu energoelektronicznego. Kondensator obwodu prądu stałego jest połączony z modułem przełączającym dla układu energoelektronicznego za pośrednictwem elastycznego, przewodzącego elektrycznie połączenia. Taki rodzaj połączenia ogranicza powstawanie naprężeń mechanicznych podczas pracy układu, powstających na skutek zmian temperatury i nagrzewania się jego elementów. Ponadto elastyczne połączenie znacznie ułatwia instalację układu energoelektronicznego w porównaniu z układami, które muszą być zbudowane wyłącznie ze sztywnych elementów – torów prądowych. Elastyczne, przewodzące elektrycznie połączenie jest wytworzone w podstawowym wykonaniu z elastycznej metalowej taśmy, zwłaszcza z taśmy miedzianej. Winnych rodzajach tego połączenia mogą występować folie elektroprzewodzące, zwłaszcza cienkie miedziane folie elektroprzewodzące, przeznaczone zwłaszcza dla połączenia elementów o szczególnie niskiej indukcyjności. W jeszcze innych rodzajach tego połączenia wykorzystuje się więcej niż jedną folię elektroprzewodzącą. Utworzone jest wtedy elastyczne połączenie zawierające połączone ze sobą folie przewodzące prąd elektryczny i umieszczony pomiędzy nimi izolator, przykładowo folie elektroizolacyjne z tworzywa sztucznego. Wykorzystanie wielu cienkich foli elektroprzewodzących zapewnia niską oporność.

Celem wynalazku jest rozwiązanie problemu technicznego występującego przy umieszczeniu modułów półprzewodnikowych z typowymi radiatorami, nie posiadającymi kształtu rombu, jeden ponad drugim, gdzie wyżej położone radiatory nagrzewane są przez powietrze pochodzące z niżej położonych radiatorów. Jeszcze innym problemem technicznym rozwiązywanym przez wynalazek, jest problem znaczenie utrudnionego montażu oraz czynności serwisowych, który jest związany z wykorzystywaniem do mocowania modułów półprzewodnikowych w prostownikach sztywnych połączeń, gdyż połączenia elastyczne z folii przewodzących nie są dostosowane do wysokiego napięcia i prądu.

Wynalazek dotyczy prostownika, zwłaszcza prostownika trakcyjnego, zawierającego konstrukcję nośną z co najmniej jednym pionowym wspornikiem posiadającym zamocowane jeden ponad drugim diodowe moduły półprzewodnikowe wyposażone w radiatory i połączone elastycznym torem prądowym z jednej strony z szyną obwodu zasilającego, a z drugiej strony z szyną obwodu wyjściowego. Istota wynalazku polega na tym, że elastyczny tor prądowy zawiera sztywne płytki montażowe, pomiędzy którym znajduje się elastyczna plecionka, a ponadto każdy diodowy moduł półprzewodnikowy zamocowany jest na konstrukcji nośnej pod kątem mniejszym niż 90° w odniesieniu do płaszczyzny poziomej prostopadłej do pionowego wspornika konstrukcji nośnej i przechodzącej przez jeden wybrany punkt mocowania diodowego modułu półprzewodnikowego do tego wspornika.

Korzystnie w płytkach montażowych elastycznego toru prądowego znajdują się przelotowe otwory montażowe.

Zasadnym jest, gdy diodowe moduły półprzewodnikowe wyposażone są w czujniki.

Celowym jest, gdy diodowy moduł półprzewodnikowy posiada czujnik pola magnetycznego i prądu, a na radiatorze diodowego modułu półprzewodnikowego zamocowany jest czujnik temperatury.

Równie dobrze jest, gdy czujniki połączone są ze wspólną jednostką transmisji danych.

Podstawową zaletą wynalazku jest znaczne ograniczenie wpływu ciepłego powietrza z diodowych modułów prostownikowych położonych niżej na diodowe moduły półprzewodnikowe położone wyżej, co osiągnięto z typowo stosowanymi radiatorami, poprzez nachylone mocowanie poszczególnych modułów w odniesieniu do płaszczyzny poziomej. Powietrze przepływając przez nachylone radiatory jest kierowane poza obszar z zamocowanymi diodowymi modułami prostownikowymi. Dzięki nachylenemu mocowaniu, zmniejszono nagrzewanie się diodowych modułów prostownikowych, co osiągnięto bez konieczności stosowania specjalnego rodzaju radiatorów, co przełożyło się również na korzyści ekonomiczne. Jeszcze inną zaletą wynalazku jest uproszczenie czynności związanych z montażem i serwisem diodowych modułów prostownikowych poprzez wykorzystanie elastycznego toru prądowego. Elastyczny tor prądowy pozwala na łatwe podłączenie bądź rozłączenie modułów półprzewodnikowych w nachylonej pozycji. Takie działania nie są ograniczane, ani utrudniane sztywnością elementu łączącego. Co więcej sztywne płytki montażowe i elastyczna plecionka z materiałów przewodzących prąd pozwalają na wykorzystanie giętkiego połączenia przy wysokich wartościach napięcia i prądu. Elastyczne połączenie pozwala na znaczne ograniczenie ryzyka powstania uszkodzeń elementów prostownika występujących podczas zmian obciążenia prostownika, a co za tym idzie podczas zmian temperatury elementów konstrukcyjnych, w tym modułów z diodami prostowniczymi. Dzięki elastycznemu połączeniu ogranicza się oddziaływanie naprężeń mechanicznych powstających podczas wspomnianych zmian temperatury. Połączenie w jednym rozwiązaniu nachylonego mocowania typowych modułów półprzewodnikowych oraz elastycznego toru prądowego istotnie zwiększa odporność prostownika na zmienne obciążenia, w tym na występujące w zastosowaniach trakcyjnych stany zwarć i przeciążeń roboczych, zwiększając równomierność rozkładu temperatury, a przez to również niezawodność prostownika. Ponadto zastosowanie czujników pozwala na ciągły monitoring pracy prostowników i poszczególnych modułów półprzewodnikowych, co jest szczególnie ważne w systemach zasilających transport publiczny, a zwłaszcza komunikację miejską. W przypadku wystąpienia niepożądanych zdarzeń pozwala to też na szybką interwencję, nawet przed wystąpieniem awarii. Wykorzystanie czujników pola magnetycznego i prądu pozwala na kontrolę warunków pracy i w przypadku wystąpienia awarii szybkie wykrycie uszkodzonego modułu półprzewodnikowego. Dodatkowo dzięki zastosowaniu kolejnego czujnika pola magnetycznego i prądu można odczytywać prąd płynący w wybranej gałęzi modułu półprzewodnikowego. Co więcej, zastosowanie czujników temperatury daje możliwość sygnalizacji przekroczenia temperatury diod prostowniczych, pozwalając na wyłączenie odpowiedniego zespołu prostownikowego, co chroni moduły półprzewodnikowe przed potencjalnym uszkodzeniem w wyniku przekroczenia dopuszczalnej temperatury pracy. Wszystkie czujniki wykorzystywane w modułach półprzewodnikowych mogą być podłączone do wspólnej jednostki transmisji danych, przez co można utworzyć system

zdalnej diagnostyki uszkodzonych modułów półprzewodnikowych. Pozwala to na wykrywanie uszkodzonej diody prostownikowej w przypadku wystąpienia awarii prostownika wywołanej uszkodzeniem przyrządu półprzewodnikowego, co przekłada się na zapewnienie możliwości szybkiego usunięcia awarii i bezzwłocznego, ponownego wprowadzenia urządzenia do eksploatacji.

Wynalazek został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia zespół prostownikowy w widoku z przodu, fig. 1A – szafę prostownika, fig. 2 – zespół prostownikowy w widoku z boku, fig. 3 – zespół prostownikowy w widoku z góry, fig. 4 – elastyczny tor prądowy, fig. 5 – w powiększeniu połączenie modułów półprzewodnikowych z wykorzystaniem elastycznych torów prądowych.

Prostownik trakcyjny zawiera zespół prostownikowy 1 przystosowany do zabudowy w obudowie w postaci szafy, z dostępem od przodu, gdzie znajduje się panel sterowniczy 2. Szafa prostownika trakcyjnego ma perforacje, zapewniające odpowiednią wentylację. Prostownik trakcyjny zasilany jest z transformatora trójzwojowego o przesuniętych w fazie napięciach uzwojeń wtórnych. Prostownik przeznaczony jest do podstacji trakcyjnej prądu stałego przystosowanej do zasilania tramwajowej lub trolejbusowej trakcji miejskiej i charakteryzuje się napięciem wyprostowanym 660 V i prądem wyprostowanym 1200 A. Z wykorzystaniem prostownika uzyskuje się 12-pulsowe napięcie wyprostowane o małej zawartości składowej przemiennej.

Zespół prostownikowy 1 zawiera tekstolitową konstrukcję nośną z dwoma pionowymi wspornikami 3, 4 oraz z ramami 5 tworzącymi podstawy, na których jeden ponad drugim zamocowane są diodowe moduły półprzewodnikowe 6 wyposażone w radiatory. W zespole prostownikowym 1 zamocowanych jest dwanaście diodowych modułów półprzewodnikowych 6, przy czym są one rozmieszczone w dwóch, sąsiadujących ze sobą kolumnach, po sześć diodowych modułów półprzewodnikowych 6 w jednej kolumnie. Każdy diodowy moduł półprzewodnikowy 6 połączony jest elastycznym torem prądowym 9 z jednej strony z szynami obwodu zasilającego 7 prądu przemiennego, a z drugiej strony z szyną obwodu wyjściowego 8 prądu stałego. Szyny obwodu zasilającego 7 prądu przemiennego umieszczono z tyłu zespołu prostownikowego 1, więc odpowiednio również z tyłu szafy.

W zespole prostownikowym 1 zastosowano dwa rodzaje elastycznego toru prądowego 9. Pierwszy rodzaj elastycznego toru prądowego 9 (fig. 4) zawiera dwie sztywne płytki montażowe 9A, 9B, pomiędzy którymi znajduje się elastyczna plecionka 9C. W płytkach montażowych 9A, 9B znajdują się przełotowe otwory 10 przeznaczone do połączenia elastycznego toru prądowego 9 z jednej strony odpowiednio z szyną obwodu zasilającego 7 bądź z szyną obwodu wyjściowego 8, a z drugiej strony z diodowym modułem półprzewodnikowym 6. Elastyczny tor prądowy 9 jest wykonany z miedzi, przy czym również plecionka 9C jest wykonana z miedzi i pokryta cyną. Drugi rodzaj elastycznego toru prądowego 9 posiada trzy sztywne płytki montażowe, pomiędzy którymi również znajduje się elastyczna plecionka. Elastyczna plecionka w tym w elastycznym torze prądowym 9 drugiego rodzaju, dzieli się na dwie części tak, że elastyczny tor prądowy 9 jest połączony z jednej strony z dwoma szynami obwodu zasilającego 7, a z drugiej strony z diodowym modułem półprzewodnikowym 6.

Każdy diodowy moduł półprzewodnikowy 6 zamocowany jest na ramie 5 połączonej z konstrukcją nośną tworzoną między innymi przez pionowe wsporniki 3, 4. Rama 5 jest podstawą na której mocowane są diodowe moduły półprzewodnikowe 6. Rama 5 ma zamocowane na niej diodowe moduły półprzewodnikowe 6 i ustawiona jest pod kątem α mniejszym niż 90° w odniesieniu do płaszczyzny poziomej A prostopadłej do pionowego wspornika 3, 4 konstrukcji nośnej i przechodzącej przez jeden, wybrany punkt mocowania 11 diodowego modułu półprzewodnikowego 6 do tego wspornika 3, 4. W przykładzie wykonania kąt α równy jest 45° .

W zespole prostownikowym 1 zostały zastosowane także czujniki. W każdym diodowym module półprzewodnikowym 6 znajduje się czujnik pola magnetycznego i prądu w postaci hallotronu oraz czujnik temperatury zamocowany na radiatorze. Wykorzystywanie hallotronu pozwala na monitorowanie pracy każdego diodowego modułu półprzewodnikowego 6 i uzyskiwanie informacji o normalnych, typowych warunkach pracy, czy też możliwym uszkodzeniu. Czujniki temperatury kontrolują temperaturę pracy poszczególnych diodowych modułów półprzewodnikowych 6 i w przypadku wzrostu temperatury pozwalają na wyłączenie odpowiedniego zespołu prostownikowego 1, co chroni diodowe moduły półprzewodnikowe 6 przed potencjalnym uszkodzeniem w wyniku przekroczenia dopuszczalnej temperatury pracy. Kolejny czujnik pola magnetycznego i prądu został zamocowany na szynie obwodu wyjściowego 8 prądu stałego i jest przeznaczony do kontrolowania napięcia głównego – 660 V. W przypadku czujników wymagających odrębnego źródła zasilania, może ono być do nich doprowadzane z linii zasilania pomocniczego prostownika bądź pośrednio z szyny obwodu zasilającego 7 prądu przemiennego.

W innych przykładach wykonania w innych elementach zespołu prostownikowego 1 mogą zostać zastosowane kolejne czujniki prądu pola magnetycznego i prądu oraz czujniki temperatury.

Na przodzie zespołu prostownikowego 1 zamocowany jest panel sterowniczy 2 i jest on wyposażony w moduł transmisji danych. Z panelem sterowniczym 2 i modułem transmisji danych połączone są wszystkie czujniki zastosowane w zespole prostownikowym 1, przy czym moduł transmisji danych tworzy dla czujników wspólną jednostkę transmisyjną. Tym samym wskazania czujników mogą być nie tylko wyświetlane na panelu sterowniczym 2, ale mogą być również transmitowane przykładowo do oddalonego centrum kontroli, czy centrum dyspozytorskiego w przypadku zasilnia trakcji miejskiej. Co więcej wyposażenie panelu sterowniczego w moduł transmisji danych pozwala zdalnie sterować jego pracą, zwłaszcza w przypadku odchyżeń od normalnych warunków pracy wskazywanych przez czujniki.

W innych przykładach wykonania, informacje z czujników mogą być przekazywane wyłącznie do panelu sterowniczego 2, gdzie będzie wyświetlana informacja o przekroczeniu dopuszczalnej temperatury pracy, czy o uszkodzeniu diodowego modułu półprzewodnikowego 6.

Zastrzeżenia patentowe

1. Prostownik, zwłaszcza prostownik trakcyjny, zawierający konstrukcję nośną z co najmniej jednym pionowym wspornikiem posiadającym zamocowane jeden ponad drugim diodowe moduły półprzewodnikowe wyposażone w radiatory i połączone elastycznym torem prądowym z jednej strony z szyną obwodu zasilającego, a z drugiej strony z szyną obwodu wyjściowego, **znamienny tym**, że elastyczny tor prądowy (9) zawiera sztywne płytki montażowe (9A, 9B), pomiędzy którym znajduje się elastyczna plecionka (9C), a ponadto każdy diodowy moduł półprzewodnikowy (6) zamocowany jest na konstrukcji nośnej pod kątem (α) mniejszym niż 90° w odniesieniu do płaszczyzny poziomej (A) prostopadłej do pionowego wspornika (3, 4) konstrukcji nośnej i przechodzącej przez jeden wybrany punkt mocowania (11) diodowego modułu półprzewodnikowego (6) do tego wspornika (3, 4).
2. Prostownik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w płytkach montażowych (9A, 9B) elastycznego toru prądowego (9) znajdują się przelotowe otwory montażowe (10).
3. Prostownik według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że diodowe moduły półprzewodnikowe (6) wyposażone są w czujniki.
4. Prostownik według zastrz. 3, **znamienny tym**, że diodowy moduł półprzewodnikowy (6) posiada czujnik pola magnetycznego i prądu, a na radiatorze diodowego modułu półprzewodnikowego (6) zamocowany jest czujnik temperatury.
5. Prostownik według zastrz. 3 albo 4, **znamienny tym**, że czujniki połączone są ze wspólną jednostką transmisyjną.

Rysunki

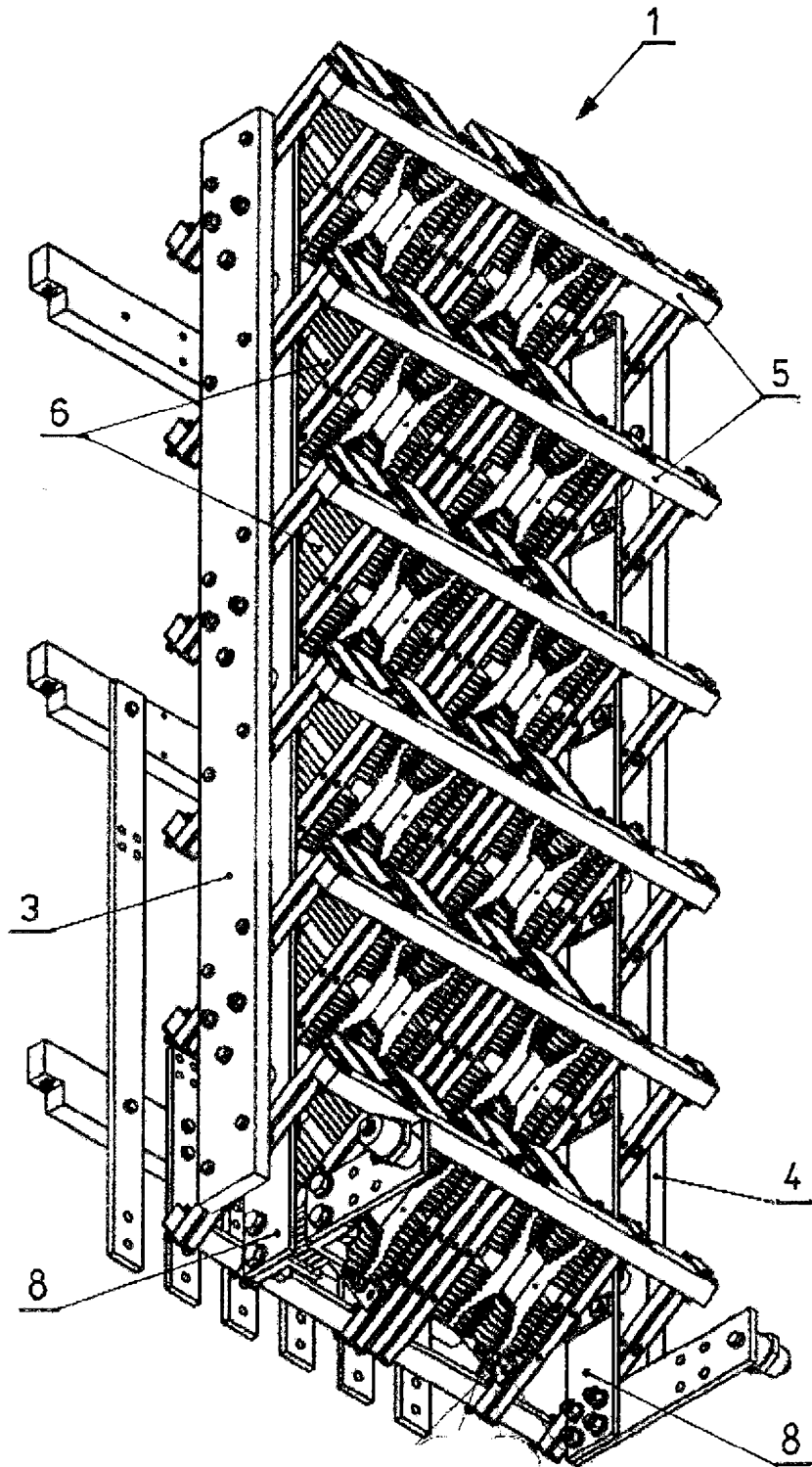


Fig. 1

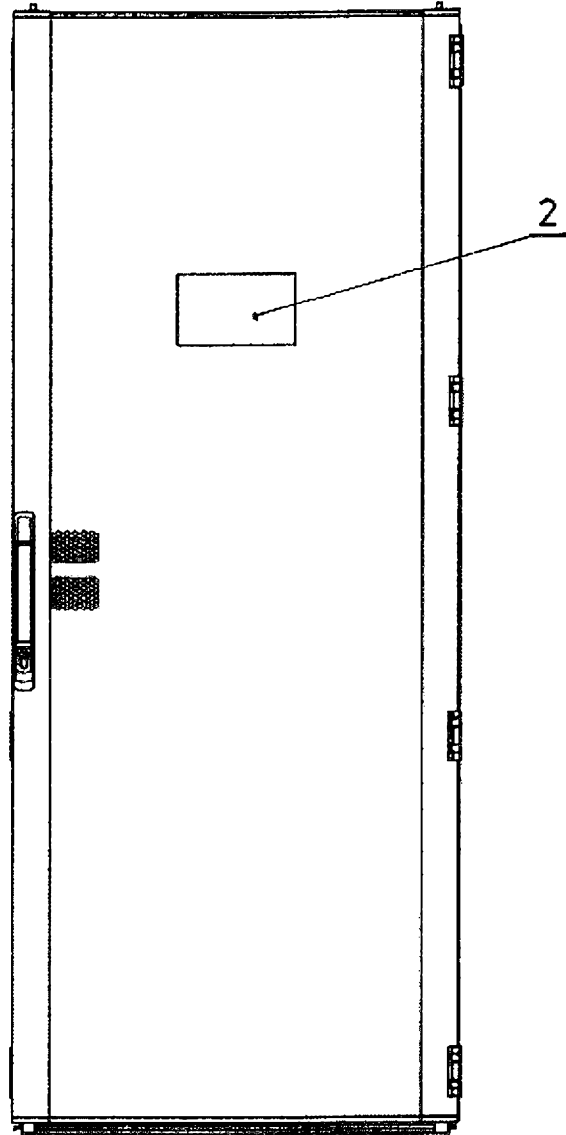


Fig. 1A

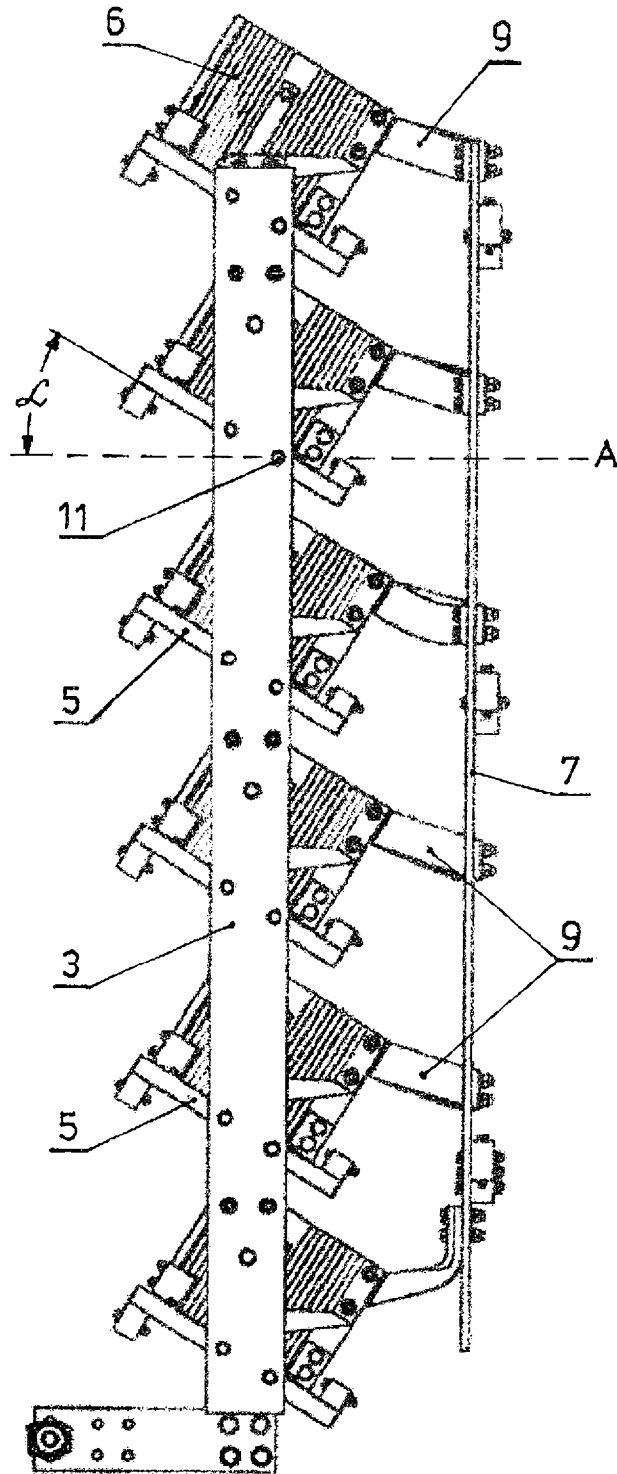


Fig. 2

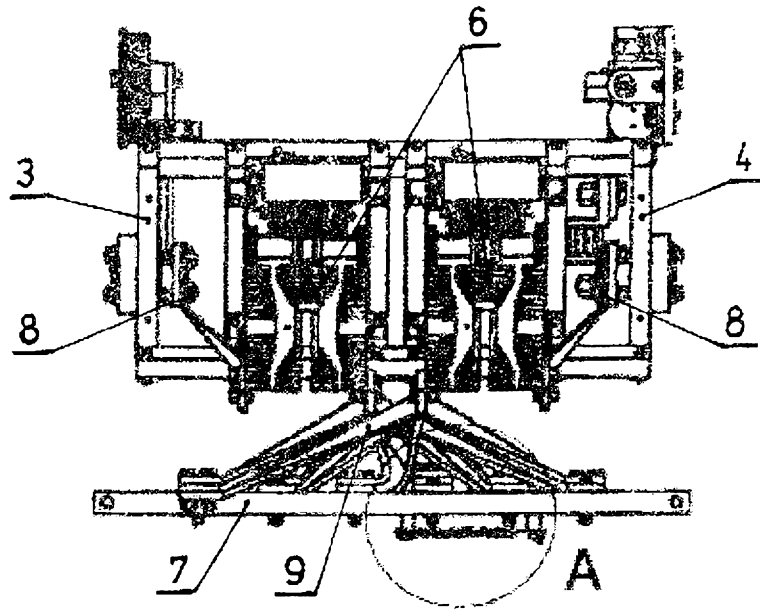


Fig. 3

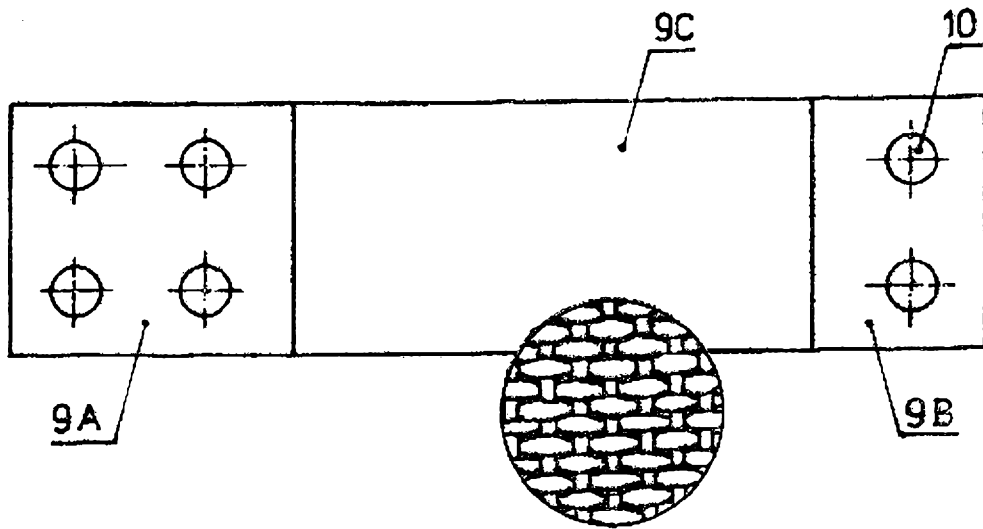


Fig. 4

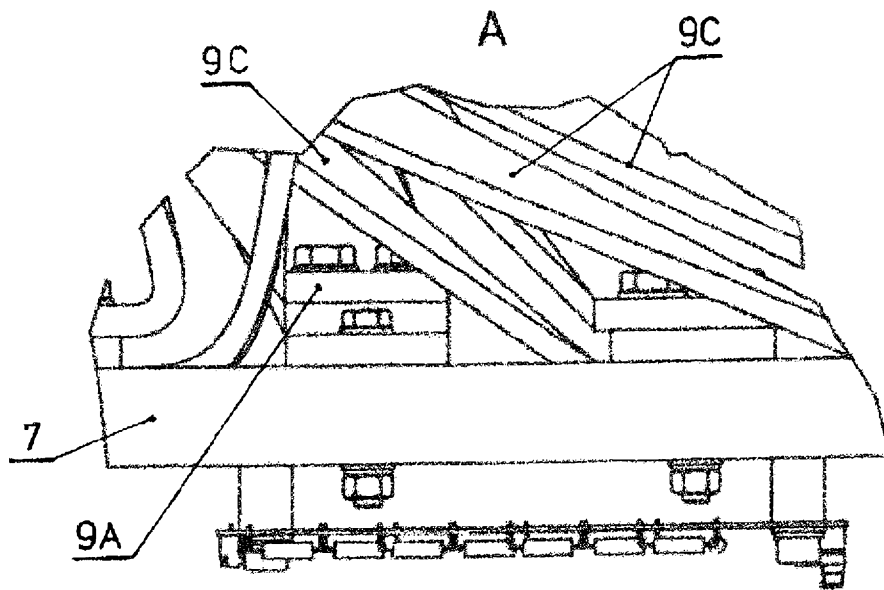


Fig. 5