

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 243683 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **438491**

(22) Data zgłoszenia: **2021.07.15**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.01.16 BUP 03/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.10.02 WUP 40/2023**

(51) MKP:

H02J 15/00 (2006.01)

H02J 7/02 (2016.01)

H01M 10/0525 (2010.01)

H01G 11/00 (2013.01)

H02M 3/157 (2006.01)

F25B 21/04 (2006.01)

B60L 50/40 (2019.01)

B60L 50/60 (2019.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**WIBAR-TECHNOLOGY SPÓŁKA
Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ,
Augustów, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**PIOTR GRZEJSZCZAK, Grabów Nowy, PL
ADAM CZAPLICKI, Sulejówek, PL
MAREK SZYMCZAK, Dys, PL
BARTOSZ NOWATKIEWICZ, Warszawa, PL
MIKOŁAJ KOSZEL, Lublin, PL
KRZYSZTOF RAFAŁ, Warszawa, PL
TOMASZ OSEWSKI, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

Maciej Dylik, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Hybrydowy system do zasilania

PL 243683 B1

Opis wynalazku

Niniejszy wynalazek dotyczy systemów do zasilania energią elektryczną urządzeń lub maszyn, zwłaszcza urządzeń lub maszyn, które charakteryzują się niejednorodnym trybem pracy i powinny charakteryzować się krótkim czasem ładowania, takich jak np. samojezdne wózki, spotykane w halach magazynowych i produkcyjnych, czy też elementy systemów automatycznego składania towarów na regałach.

Podczas doboru układów elektrycznego zasilania do jakichkolwiek urządzeń, które nie mogą być stale podłączone do sieci, konstruktorzy stają przed wyborem pomiędzy głównymi technologiami – ogniwami elektrochemicznymi, np. ogniwami/bateriami litowo-jonowymi (Li-Ion), a także kondensatorami/superkondensatorami. W przypadku urządzeń o niewielkim poborze mocy/energii, superkondensatory są częstym wyborem (np. w słuchawkach bezprzewodowych, pisakach do telefonów/tabletów), gdyż mogą być ładowane wielokrotnie i za każdym razem od 0 do 100% swojej pojemności. Superkondensatory czasem też znajdują zastosowanie w urządzeniach, które do działania wymagają impulsów prądu o dużym natężeniu. Jednakże, ogniwa Li-Ion wciąż potrafią zmagazynować więcej energii w danej objętości, toteż znajdują zastosowanie w zasilaniu urządzeń, które wymagają więcej energii do działania i mogą być rzadziej ładowane – np. zasilaniu samochodów elektrycznych, tabletów itd. W przypadku wielu urządzeń/pojazdów pożądanym byłoby zapewnienie systemów zasilania, które łączyłyby w sobie zalety ogniw Li-Ion i superkondensatorów, czyli potrafiły zapewnić względnie dużą ilość zgromadzonej energii jak i były w stanie umożliwiać odpowiednio szybkie ładowanie, kilka, kilkanaście czy nawet kilkadziesiąt razy szybsze niż czas ładowania typowych akumulatorów litowo-jonowych.

W stanie techniki znane są różnego rodzaju systemy do zasilania takich urządzeń/maszyn, np. z publikacji "Sizing of Lithium-Ion Battery/Supercapacitor Hybrid Energy Storage System for Forklift Vehicle"; Théophile Paul, Tedjani Mesbahi, Sylvain Durand, Damien Flieller, Wilfried Uhring; *Energies* 2020, 13, 4518; doi:10.3390/en13174518, znane są układy zasilania elektrycznych wózków widłowych, które łączą w sobie superkondensatory oraz baterie litowo-jonowe. Podobny układ został również opisany w publikacji "Charging supercapacitor mechanism based-on bidirectional DC-DC converter for electric ATV motor application"; Braham Lawas Lawu; Syifaul Fuada; Surya Ramadhan; Achmad Fajar Sabana; Arif Sasongko; 2017 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD); DOI: 10.1109/ISESD.2017.8253318. Jednakże, opisany tam układ zasilania wykorzystuje tylko jeden przekształtnik DC/DC typu BUCK, co ogranicza możliwości kontrolowania przepływu mocy przez system oraz umożliwia do uzyskania sprawność energetyczną. Nie daje to również możliwości sterowania przyłączem baterii litowo-jonowych.

Z kolei z dokumentu CN109910641B znane są systemy sterowania układem zasilania wyposażonym zarówno w ogniwa litowo-jonowe jak i superkondensatory, które mają na celu kontrolę pracy układu w celu wydłużania żywotności stosowanych baterii Li-Ion. Jednakże, opisany tam układ z uwagi na ograniczenia konfiguracji sprzętowej i charakter działania, nie pozwala na osiągnięcie bardzo wysokiej (rzędu 95%) sprawności działania superkondensatorów i wysokosprawnego przekształcania pochodzącej z nich energii na potrzeby ładowania akumulatorów Li-Ion, przy względnie niskich napięciach obwodu pośredniego. Co więcej, ten system sterowania nie umożliwia bezpośredniego sterowania pracą przekształtników DC/DC, ani nie zapewnia możliwości stabilizacji termicznej ogniw Li-Ion w szerokim zakresie temperatur otoczenia.

Również dokument CN111251907A ujawnia hybrydowy system zasilania maszyn/pojazdów, który ma zwiększone możliwości sterowania elementami magazynującymi energię (zarówno superkondensatorami jak i ogniwami Li-Ion), jednakże nie jest on przystosowany do pracy w dużym zakresie temperatur otoczenia, co obniża żywotność ogniw Li-Ion.

Wobec powyższego, celem wynalazku jest zapewnienie systemu zasilania, który wykazywałby wszelkie zalety hybrydowych systemów zasilania, posiadających ogniwa Li-Ion i superkondensatory, jak również charakteryzowałby się wyższą sprawnością, dużą możliwością regulacji napięć występujących w systemie i ciągłego zasilania prądem o dużym natężeniu. Co więcej, celem wynalazku jest zapewnienie systemu zasilania, który byłby w stanie zapewnić dużą żywotność ogniw litowo-jonowych, nawet w warunkach pracy w ekstremalnych temperaturach, nawet z zakresu od -30°C do +60°C.

Przedmiotem wynalazku jest hybrydowy system do zasilania energią elektryczną urządzeń lub pojazdów, posiadający:

- pierwsze przyłącze, do szybkiego ładowania systemu, oraz drugie przyłącze, do zasilania odbiornika,

- ogniwa litowo-jonowe oraz superkondensatory, stanowiące odpowiednio litowo-jonowy magazyn energii oraz superkondensatorowy magazyn energii, do przechowywania energii elektrycznej,
- przekształtniki prądu stałego DC/DC,
- mikroprocesorowy układ sterujący pozostałymi komponentami systemu,

przy czym system jest przystosowany do pobierania energii elektrycznej z sieci o niskim napięciu, zwłaszcza poniżej 100 V, oraz zasilania odbiornika energii, np. silnika urządzenia lub pojazdu, zwłaszcza napięciem 24 V,

charakteryzujący się tym, że

- pomiędzy pierwszym przyłączem, do ładowania systemu, a drugim przyłączem, do zasilania odbiornika, kolejno podłączone są następujące komponenty systemu:
 - pierwszy przekształtnik DC/DC, przystosowany i skonfigurowany do obniżania napięcia pobieranego z pierwszego przyłącza i przewodzenia prądu o wysokim natężeniu,
 - superkondensatorowy magazyn energii, połączony z i przystosowany i skonfigurowany do naładowywania się poprzez pierwszy przekształtnik DC/DC,
 - drugi przekształtnik DC/DC, przystosowany i skonfigurowany do stabilizacji napięcia wyjściowego, tj. zarówno obniżania jak i podwyższania napięcia – stosownie do chwilowych potrzeb, który jest połączony z superkondensatorowym magazynem energii,
 - litowo-jonowy magazyn energii, połączony z i przystosowany do naładowywania się poprzez drugi przekształtnik DC/DC, a także połączony z drugim przyłączem – do zasilania odbiornika,
- posiada dodatkowo układ stabilizacji termicznej, skonfigurowany do utrzymywania ogniw litowo-jonowych w z góry określonym zakresie temperatur, obejmujący:
 - wymiennik ciepła, przystosowany i skonfigurowany do obierania z lub dostarczania ciepła do każdego z ogniw litowo-jonowych a także z przekształtników DC/DC,
 - zestaw ogniw Peltier'a, przystosowany i skonfigurowany do odbierania ciepła z lub dogrzewania ogniw litowo-jonowych, stosownie do ich temperatury oraz temperatury otoczenia, poprzez wspomniany wymiennik ciepła,
 - pomocniczy przekształtnik DC/DC, wyposażony w przełącznik do wyboru trybu zasilania, skonfigurowany i przystosowany do zasilania ogniw Peltier'a i realizacji trybu pracy tych ogniw, tj. chłodzenie/dogrzewanie, jak również do wyboru trybu zasilania pomiędzy zasilaniem z pierwszego przyłącza a zasilaniem z superkondensatorowego lub litowo-jonowego magazynu energii, stosownie do instrukcji otrzymanych z mikroprocesorowego układu sterującego,

który to układ stabilizacji termicznej odpowiednio wykorzystuje ciepło lub przeciwdziała ciepłu strat własnych, wydzielanemu przez pozostałe komponenty systemu.

Korzystnie, pierwszy przekształtnik DC/DC ma konstrukcję wyposażoną w dodatkowe/specjalne elementy rozpraszające ciepło z tranzystorów stanowiących część przekształtnika, gdzie tranzystory przymocowane są do płytki drukowanej PCB na jej pierwszej stronie, przy czym we wspomnianej płytce drukowanej PCB wykonane są przelotowe otwory, w których umieszczone są przelotki z materiału przewodzącego ciepło, gdzie po stronie płytki drukowanej PCB przeciwnej do tej na której umieszczone są tranzystory – umieszczony jest ciepłowód, zwłaszcza wykonany z miedzi, przy czym do ciepłowodu przymocowany jest radiator.

Korzystnie, przelotowe otwory przez płytkę drukowaną PCB mają 0,7 mm średnicy i są oddalone od siebie o 0,2 mm.

Korzystnie, tranzystory stanowiące część pierwszego przekształtnika DC/DC są przystosowane i skonfigurowane do pracy z częstotliwością łączy 100 kHz.

Korzystnie, ogniwa Peltier'a są ze sobą połączone szeregowo.

Korzystnie, do ogniw Peltier'a dołączone są rozpraszacze ciepła, wykonane z aluminium. Korzystnie, w systemie według wynalazku:

- pierwszy przekształtnik DC/DC ma moc znamionową równą 10 kW i jest przystosowany i skonfigurowany do ładowania superkondensatorowego magazynu energii prądem o natężeniu 300 A i pracy przeciążeniowej przez 5 s z prądem o natężeniu 450 A,
- superkondensatorowy magazyn energii ma napięcie nominalne równe 36 V, a także korzystnie pojemność nominalną co najmniej 102 Wh,

- drugi przekształtnik DC/DC ma moc znamionową równą 1 kW i jest przystosowany i skonfigurowany do pracy ciągłej z prądem o natężeniu 30 A,
- litowo-jonowy magazyn energii ma napięcie nominalne równe 25 V, a także korzystnie znamionową pojemność elektryczną równą 18 Ah,
- zestaw ogniw Peltier'a ma napięcie znamionowe równe 12 V, a także korzystnie znamionową moc równą 396 W.

Korzystnie, system jest umieszczony w hermetycznej obudowie o wymiarach 400 mm na 510 mm na 135 mm.

Korzystnie, system dodatkowo posiada wyjście komunikacyjne typu RS485/CAN, do umożliwienia monitorowania pracy systemu przez i jego komunikację z zewnętrznymi systemami zarządzania, zwłaszcza systemami sterowania zasilanymi pojazdami AGV.

System do zasilania według wynalazku cechuje się wysoką sprawnością, dużą kontrolą nad przepływem energii elektrycznej pomiędzy komponentami systemu, a także ma dobre parametry eksploatacyjne, tj. szybko się ładuje i utrzymuje ogniwa litowo-jonowe w umiarkowanych temperaturach, zwiększając ich żywotność oraz zapobiega spadkowi pojemności w niskich temperaturach.

Niniejszy wynalazek zostanie poniżej bliżej przedstawiony w korzystnych przykładach wykonania i w nawiązaniu do załączonego rysunku, na którym:

Fig. 1 przedstawia poglądowy schemat układu zasilania według wynalazku,

Fig. 2 przedstawia schemat układu zasilania według jednego z korzystnych przykładów wykonania, ze wskazaniem konkretnych parametrów danych elementów,

Fig. 3 przedstawia schemat elektryczny układu zasilania według jednego z korzystnych przykładów wykonania,

Fig. 4 przedstawia przekrój przez część pierwszego przekształtnika DC/DC, przedstawiający strukturę odprowadzającą ciepło, gdzie strzałkami zaznaczono kierunek przepływu ciepła z tranzystora,

Fig. 5 przedstawia schematycznie widok z góry płytki drukowanej PCB z Fig. 4, widzianej od góry,

Fig. 6 przedstawia przykładową część systemu do zasilania, obejmującą magazyn litowo-jonowy z częściami odprowadzającymi ciepło i ogniwami Peltier'a, w widoku rozstrzelonym,

Fig. 7 przedstawia schematycznie kształt ciepłowodu, według jednego z korzystnych przykładów wykonania,

Fig. 8 przedstawia schematycznie i w widoku rozstrzelonym umiejscowienie ogniw Peltier'a względem ciepłowodu, stanowiącego wymiennik ciepła, z zaznaczonym kierunkiem przepływu ciepła (strzałkami) w jednym z dwóch możliwych trybach pracy,

Fig. 9 przedstawia schematycznie i w widoku rozstrzelonym umiejscowienie drugiego przekształtnika DC/DC względem ciepłowodu według korzystnego przykładu wykonania, z widocznym magazynem litowo-jonowym oraz zaznaczonym kierunkiem przepływu ciepła (strzałkami),

Fig. 10 przedstawia schematycznie i w widoku rozstrzelonym umiejscowienie pierwszego przekształtnika DC/DC względem ciepłowodu według korzystnego przykładu wykonania, z widocznym magazynem litowo-jonowym oraz zaznaczonym kierunkiem przepływu ciepła (strzałkami), zaś

Fig. 11 przedstawia przykładową hermetyczną obudowę systemu, według korzystnego przykładu wykonania.

Oznaczenia numeryczne:

- 1 – zewnętrzny zasilacz przemysłowy AC/DC 48 V do ładowania modułu,
- 2a – pierwsze przyłącze mocy do ładowania modułu,
- 2b – drugie przyłącze mocy do zasilania odbiornika,
- 2c – przyłącze komunikacyjne RS485/CAN,
- 3 – pierwszy przekształtnik DC/DC typu Buck,
- 4 – zabezpieczenia nadprądowe,
- 5 – magazyn superkondensatorowy,
- 6 – czujniki temperatury,
- 7 – zewnętrzny odbiornik,
- 8 – drugi przekształtnik DC/DC typu buck-boost,
- 9 – przewód do komunikacji wewnętrznej (Ethernet),
- 10 – przewód do komunikacji zewnętrznej RS485/CAN,
- 11 – mikroprocesorowy układ sterujący,
- 12 – magazyn litowo-jonowy,

- 13 – ogniwa Peltier'a,
- 14 – przełącznik wyboru zasilania modułów Peltier'a,
- 15 – pomocniczy przekształtnik DC/DC do regulowania mocy i trybu działania modułów Peltier'a,
- 16 – układ zarządzania baterią Li-ion (BMS),
- 17 – hermetyczna obudowa modułu EHES,
- 18 – izolacja termiczna magazynu Li-ion.

Przedstawiony na Fig. 1 poglądowy schemat układu zasilania według wynalazku ukazuje główne elementy systemu do zasilania i ich wzajemne relacje. Patrząc wzdłuż linii zasilania i zaczynając od przyłącza 2a (poprzez które układ zasilania może zostać podłączony do zewnętrznego zasilacza 1) do zasilania systemu według wynalazku, jest najpierw obecny pierwszy przekształtnik prądu stałego DC/DC 3, którego zadaniem jest obniżyć napięcie jednocześnie podwyższając natężenie prądu kierowanego dalej w kierunku superkondensatorów SCAP 5 (jest to przekształtnik typu BUCK).

W niektórych korzystnych przykładach wykonania (por. Fig. 2 i Fig. 3), ten pierwszy przekształtnik DC/DC 3 ma moc znamionową 10 kW i jest przystosowany do zasilania superkondensatorów 5 prądem o natężeniu 300 A w normalnym trybie pracy (tj. przez czas potrzebny do naładowania superkondensatorów 5) a prądem o natężeniu 450 A przy pracy przeciążeniowej utrzymywanej przez czas np. rzędu 5 s.

Kolejnym elementem wzdłuż linii zasilania jest bateria superkondensatorów SCAP 5, stanowiących superkondensatorowy magazyn energii 5, których zadaniem jest umożliwienie doładowania systemu energią w krótkim czasie (liczonym w sekundach). Możliwość tak szybkiego doładowania jest szczególnie przydatna np. w systemach magazynowych wykorzystujących automatyczne wózki transportowe, które podjeżdżając do stacji załadunku/rozładunku mogą przy okazji uzupełnić zapasy energii. Co więcej, krótki czas ładowania umożliwia wykorzystanie mniejszego rozmiaru przekształtników energoelektronicznych kontrolujących proces ładowania, co pozwala również na zmniejszenie rozmiarów całego systemu.

Energia zgromadzona w superkondensatorach 5 jest w pierwszej kolejności wykorzystywana do zasilania bieżących potrzeb zasilanego urządzenia, np. wózka, i zapewnia nawet kilkadziesiąt minut jazdy, bez konieczności doładowywania. Dodatkowo superkondensatory 5 charakteryzują się żywotnością na poziomie 1 mln cykli co oznacza bezawaryjną pracę ponad 10 lat 24 h/dobę.

W niektórych korzystnych przykładach wykonania (por. Fig. 3), superkondensatorowy magazyn energii 5 ma znamionową pojemność energii 102 Wh i napięcie 36 V.

Następnym komponentem systemu według wynalazku, patrząc wzdłuż linii zasilania, jest drugi przekształtnik prądu stałego DC/DC 8, którego zadaniem jest odpowiednio dostosowywać napięcie i natężenie prądu kierowanego z superkondensatorów 5 do odbiornika 7. Stosownie do danego chwilowego poziomu naładowania superkondensatorów SCAP 5, konieczne może być podwyższenie napięcia prądu bądź jego obniżenie. Z tego powodu, drugi przekształtnik DC/DC 8 jest typu obniżająco-podwyższającego (typu BUCK-BOOST).

W niektórych korzystnych przykładach wykonania (por. Fig. 2 i Fig. 3), ten drugi przekształtnik DC/DC 8 ma moc znamionową 1 kW i jest przystosowany do pracy ciągłej z prądem o natężeniu 30 A.

Elementem systemu według wynalazku jest także bateria litowo-jonowa 12, która składa się z wielu mniejszych ogniw litowo-jonowych, która stanowi litowo-jonowy magazyn energii 12. Taki litowo-jonowy magazyn energii 12, dzięki dużej gęstości zgromadzonej energii, stanowi dodatkowe, awaryjne źródło energii wykorzystywane w sytuacjach awaryjnych, kiedy wyczerpana zostaje energia zgromadzona w superkondensatorach, np. na skutek dłuższego postoju.

Energia zgromadzona w baterii litowo-jonowej 12 pozwala na dodatkowe kilka godzin zasilania urządzenia wyposażonego w system według wynalazku, np. jazdy wózka transportowego przy bardzo długim czasie podtrzymania. Z kolei, gdy energia elektryczna z magazynu litowo-jonowego 12 jest wykorzystywana tylko do zasilania potrzeb własnych systemu (np. pracy układu sterującego 11) – pojemność magazynu litowo-jonowego 12 umożliwia takie zasilanie na jednym ładowaniu nawet przez kilkanaście-kilkadziesiąt godzin. Natomiast podczas typowej/dedykowanej pracy – litowo-jonowy magazyn energii 12 korzystnie pozostaje naładowany i przy obniżeniu napięcia naładowania poniżej 25 V – jest korzystnie doładowywany podczas postoju przy stacji ładującej lub w trakcie pracy z wykorzystaniem energii z superkondensatorowego magazynu energii 5. Stosowanie takiego litowo-jonowego źródła energii głównie w sytuacjach awaryjnych i dynamicznych, pozwala na zachowanie jego żywotności podobnej do ogniw superkondensatorowych.

W niektórych korzystnych przykładach wykonania (por. Fig. 2 i Fig. 3), ten litowo-jonowy magazyn energii 12 ma znamionową pojemność energii 18 Ah i napięcie 25 V.

Litowo-jonowy magazyn energii 12 jest równolegle połączony z drugim przekształtnikiem DC/DC 8 i wspólnie są podłączone do drugiego przyłącza 2b, poprzez które jest zasilane urządzenie wyposażone w system według wynalazku stanowiące odbiornik 7, takie jak np. wózek transportowy.

W niektórych korzystnych przykładach wykonania (por. Fig. 2), system według wynalazku jest przystosowany do zasilania odbiornika 7 prądem stałym o napięciu ok. 24 V.

Mikroprocesorowy układ sterujący/zarządzający 11 czuwa nad stanem pozostałych komponentów systemu według wynalazku i kontroluje ich pracę. W niektórych korzystnych przykładach wynalazku (por. Fig. 3) jest on z nimi połączony przewodowo, np. przewodami typu Ethernet 9. Ten mikroprocesorowy układ 11, poza wykonywaniem typowych dla niego zadań (zarządzania przepływem prądu przez komponenty systemu i monitorowania ich stanu) zarządza również dodatkowym elementem/komponentem, jakim jest układ do stabilizacji termicznej 16 ogniw litowo-jonowych.

Układ do stabilizacji termicznej służy odpowiednio do dogrzewania lub schładzania ogniw litowo-jonowych 12, gdy temperatura otoczenia czy też samych ogniw wykracza poza rekomendowany zakres (co zwykle skutkuje obniżeniem ich żywotności czy nawet awarią). Układ do stabilizacji termicznej według wynalazku posiada dwie główne części składowe: wymiennik ciepła, do odbierania od/dostarczania ciepła do ogniw a także ogniwa Peltier'a 13, które są w kontakcie z wymiennikiem ciepła i są skonfigurowane tak, by pobierać z lub oddawać ciepło do otoczenia, poza obudowę całego systemu do zasilania według wynalazku.

Jak to zostało przedstawione na Fig. 3 – układ sterujący 11 korzystnie zarządza pracą układu do stabilizacji temperatury poprzez układ zarządzania (BMS) 16, połączony z nim przewodem, korzystnie typu Ethernet 9.

Według korzystnych przykładów wykonania, wymiennik ciepła jest wykonany z materiału dobrze przewodzącego ciepło, takiego jak miedź lub aluminium. Przykład konstrukcji takiego wymiennika ciepła jest widoczny na Fig. 6 i został oznaczony numerem 4.

Co więcej, ogniwa Peltier'a 13 są korzystnie podłączone do zasilania w sposób szeregowy, który przy prądowym wymuszeniu przepływu ciepła daje pewność, że wszystkie ogniwa litowo-jonowe 12 pracują z tymi samymi parametrami cieplnymi.

Regulacja mocy i trybu pracy ogniw Peltier'a 13 (schładzanie lub dogrzewanie) odbywa się przy użyciu pomocniczego przekształtnika DC/DC 15 o zmiennej polaryzacji napięcia wyjściowego i regulowanym wypełnieniu PWM, który jest sterowany z głównego sterownika modułu. Dzięki temu możliwe jest precyzyjne zarządzanie ciepłem pomiędzy wymiennikiem ciepła a magazynem litowo-jonowym 12. Dodatkowo dzięki zastosowaniu przełącznika/przełącznika 14 możliwe jest przełączanie źródła zasilania systemu stabilizacji temperatury, co pozwala minimalizować zużycie energii z wewnętrznych magazynów energii 5, 12 do celów stabilizacji, poprzez wykorzystywanie energii zewnętrznej podczas ładowania modułu, oraz wykorzystywać energię zmagazynowaną w kondensatorach wejściowych pierwszego przekształtnika DC/DC 3.

Układ do stabilizacji termicznej ogniw litowo-jonowych według wynalazku podczas testów okazał się skuteczny, by utrzymywać ogniwa litowo-jonowe w odpowiedniej dla nich temperaturze nawet w sytuacjach ekstremalnych, gdy temperatura otoczenia wynosiła nawet -30°C czy też $+60^{\circ}\text{C}$.

Według korzystnych przykładów wykonania (por. Fig. 3), w skład układu do stabilizacji termicznej ogniw wchodzi ogniwa Peltier'a 13, korzystnie mające moc znamionową 396 W i napięcie 12 V.

Całość systemu do zasilania według wynalazku jest korzystnie umieszczona w trwałej obudowie 17, która w niektórych korzystnych przykładach wykonania jest przystosowana do tego, by spełniać warunki klas produktów IP65, IK10 i zapewniać ognioodporność.

W przypadkach, gdy konieczne jest zwiększenie trwałości i wytrzymałości izolacji elektrycznej ogniw litowo-jonowych, korzystnie stosuje się dodatkowo taśmę kaptonową.

Kolejnym istotnym aspektem systemu do zasilania według wynalazku, który w znacznym stopniu umożliwił zmniejszenie jego rozmiarów geometrycznych, jest zmodyfikowanie konstrukcji przekształtników prądowych DC/DC 3, 8. Aby umożliwić lepsze odprowadzanie ciepła, które wydzielają się podczas przepływu prądu przez tranzystory wchodzące w skład przekształtnika DC/DC, w płytce PCB wykonano otwory, przez które przeprowadzono przelotki odprowadzające ciepło z tranzystorów, poprzez płytkę PCB aż do ciepłowodu połączanego z radiatorem (por. Fig. 4 i Fig. 5).

W wyniku testów zweryfikowano, że przy przyjęciu minimalnej osiąganym obecnie odległości pomiędzy otworami w płytce PCB, która wynosi obecnie 0,2 mm, optymalna średnica tych otworów

(a zatem także przelotek umieszczonych w tych otworach, odprowadzających ciepło do ciepłowodu) wynosi 0,7 mm. Rezystancję termiczną przelotek można dodatkowo zmniejszać zmniejszając grubość płytki PCB, jednakże wiąże się to ze zmniejszeniem wytrzymałości mechanicznej płytki PCB – w tej kwestii doświadczalnie stwierdzono, że korzystnie grubość płytki PCB wynosi 1,6 mm.

Przelotki przechodzące przez otwory w płytce PCB i odprowadzające ciepło z tranzystorów w kierunku ciepłowodu i radiatora są korzystnie wykonane z cyny, ew. pokrytej od zewnątrz warstwą miedzi (por. Fig. 4).

Ciepłowód i radiator w korzystnych przykładach wykonania wynalazku są wykonane z materiału dobrze przewodzącego ciepło, takiego jak miedź lub aluminium.

Taka konfiguracja tranzystorów i przelotek odprowadzających ciepło poprawia możliwości wykorzystywanych w systemie przekształtników DC/DC 3, 8, ponieważ umożliwia skutecznie rozpraszanie ciepła z tranzystorów w obudowie SMD, gdzie tranzystory te normalnie nie są przystosowane by bezpośrednio do nich przykręcać radiatory.

Dzięki zmodyfikowaniu pod kątem termicznym tranzystorów przekształtników DC/DC 3, 8, a także dodatkowym wykorzystaniu łączników półprzewodnikowych w technologii GaN, możliwe było zmniejszenie ich rozmiarów fizycznych i skonfigurowanie ich by pracowały z częstotliwością łączy równą 100 kHz, polepszając parametry elektro-energetyczne i sprawność przekształtników 3, 8.

Co więcej, udało się skonfigurować przekształtniki 3, 8 by pracowały z napięciem wejściowym z zakresu 5–36 V, co łącznie przyczynia się do możliwości wykorzystanie do 96% energii zgromadzonej w superkondensatorach i osiąganie sprawności przekształcania energii nawet do 98%, przy utrzymywaniu stabilnego napięcia na wyjściu z przekształtników DC/DC 3, 8.

W powiązaniu z pozostałymi komponentami systemu według wynalazku, mikroprocesorowy układ sterujący 11 odpowiada za następujące procesy w systemie zasilania:

- utrzymywanie poprawnego i wydajnego (ok. 95% sprawności) działania systemu ładowania magazynu superkondensatorowego 5 i wysokosprawnego (do 98%) przekształcania energii tego magazynu dla potrzeb ładowania akumulatorów litowo-jonowych 12 w przedziale napięć obwodu pośredniego od 5 V do 36 V,
- bezpośrednie sterowanie pracą przekształtników DC/DC 3, 8,
- monitoring litowo-jonowego magazynu energii 12,
- zarządzanie układem stabilizacji termicznej i utrzymywanie bezpiecznej temperatury pracy magazynu litowo-jonowego w zakresie temperatur otoczenia od -30 stopni C do + 60 stopni C
- zarządzanie zabezpieczeniami termicznymi, przeciążeniowymi i przeciwzwarciovymi.

Dzięki zastosowaniu systemu zasilania według wynalazku w pojazdach, takich jak np. wózek transportowe zautomatyzowanych systemów magazynowych, osiągane są następujące korzyści:

- duża bezobsługowość (brak konieczności wymiany baterii na potrzeby ładowania);
- wysoka wydajność układu impulsowego ładowania zapewniającego bezprzerwową pracę systemu;
- niewielkie straty własne dzięki zastosowaniu m.in. technologii azotku galu;
- długi czas bezprzerwowej i bezawaryjnej pracy dzięki wykorzystaniu dodatkowego źródła w postaci baterii Li-ion;
- wysoka żywotność – rutynowo wykorzystywany jest superkondensator o bardzo długiej żywotności, a bateria litowo-jonowa wykonuje cykle tylko w przypadku sytuacji awaryjnych, lub długich przestojów poza punktem ładowania;
- niski koszt przygotowania infrastruktury (brak ingerencji w tory jezdne, zasilanie napięciem bezpiecznym, pojedyncze stykowe punkty zasilania);
- praca w szerokim zakresie temperatur otoczenia, czyli bezobsługowa praca systemu zarówno w mroźniach (do -30 stopni) jak też w magazynach bez izolacji termicznej (do 60 stopni C).

Zastrzeżenia patentowe

1. Hybrydowy system do zasilania energią elektryczną urządzeń lub pojazdów, posiadający:
 - pierwsze przyłącze (2a), do szybkiego ładowania systemu, oraz drugie przyłącze (2b), do zasilania odbiornika,

- ogniwa litowo-jonowe oraz superkondensatory, stanowiące odpowiednio litowo-jonowy magazyn energii (12) oraz superkondensatorowy magazyn energii (5), do przechowywania energii elektrycznej,
 - przekształtniki prądu stałego DC/DC (3, 8),
 - mikroprocesorowy układ sterujący (11) pozostałymi komponentami systemu,
- przy czym system jest przystosowany do pobierania energii elektrycznej z sieci o niskim napięciu, zwłaszcza poniżej 100 V, oraz zasilania odbiornika energii (7), np. silnika urządzenia lub pojazdu, zwłaszcza napięciem 24 V,

znamienny tym, że

- pomiędzy pierwszym przyłączem (2a), do ładowania systemu, a drugim przyłączem (2b), do zasilania odbiornika (7), kolejno podłączone są następujące komponenty systemu:
 - pierwszy przekształtnik DC/DC (3), przystosowany i skonfigurowany do obniżania napięcia pobieranego z pierwszego przyłącza (2a) i przewodzenia prądu o wysokim natężeniu,
 - superkondensatorowy magazyn energii (5), połączony z i przystosowany i skonfigurowany do naładowywania się poprzez pierwszy przekształtnik DC/DC (3),
 - drugi przekształtnik DC/DC (8), przystosowany i skonfigurowany do stabilizacji napięcia wyjściowego, tj. zarówno obniżania jak i podwyższania napięcia – stosownie do chwilowych potrzeb, który jest połączony z superkondensatorowym magazynem energii (5),
 - litowo-jonowy magazyn energii (12), połączony z i przystosowany do naładowywania się poprzez drugi przekształtnik DC/DC (8), a także połączony z drugim przyłączem (2b) – do zasilania odbiornika (7),
- posiada dodatkowo układ stabilizacji termicznej, skonfigurowany do utrzymywania ogniw litowo-jonowych w z góry określonym zakresie temperatur, obejmujący:
 - wymiennik ciepła, przystosowany i skonfigurowany do obierania z lub dostarczania ciepła do każdego z ogniw litowo-jonowych a także z przekształtników DC/DC (3, 8),
 - zestaw ogniw Peltier'a (13), przystosowany i skonfigurowany do odbierania ciepła z lub dogrzewania ogniw litowo-jonowych, stosownie do ich temperatury oraz temperatury otoczenia, poprzez wspomniany wymiennik ciepła,
 - pomocniczy przekształtnik DC/DC (15), wyposażony w przełącznik (14) do wyboru trybu zasilania, skonfigurowany i przystosowany do zasilania ogniw Peltier'a (13) i realizacji trybu pracy tych ogniw, tj. chłodzenie/dogrzewanie, jak również do wyboru trybu zasilania pomiędzy zasilaniem z pierwszego przyłącza (2a) a zasilaniem z superkondensatorowego (5) lub litowo-jonowego (12) magazynu energii, stosownie do instrukcji otrzymanych z mikroprocesorowego układu sterującego (11),

który to układ stabilizacji termicznej odpowiednio wykorzystuje ciepło lub przeciwdziała ciepłu strat własnych, wydzielanemu przez pozostałe komponenty systemu.

2. System według zastrz. 1, **znamienny tym**, że pierwszy przekształtnik DC/DC (3) ma konstrukcję wyposażoną w specjalne elementy rozpraszające ciepło z tranzystorów stanowiących część przekształtnika, gdzie tranzystory przymocowane są do płytki drukowanej PCB na jej pierwszej stronie, przy czym we wspomnianej płytce drukowanej PCB wykonane są przelotowe otwory, w których umieszczone są przelotki z materiału przewodzącego ciepło, gdzie po stronie płytki drukowanej PCB przeciwnej do tej na której umieszczone są tranzystory – umieszczony jest ciepłowód, zwłaszcza wykonany z miedzi, przy czym do ciepłowodu przymocowany jest radiator.
3. System według zastrz. 2, **znamienny tym**, że przelotowe otwory przez płytkę drukowaną PCB mają 0,7 mm średnicy i są oddalone od siebie o 0,2 mm.
4. System według zastrz. 1, 2 albo 3, **znamienny tym**, że tranzystory stanowiące część pierwszego przekształtnika DC/DC (3) są przystosowane i skonfigurowane do pracy z częstotliwością łączy 100 kHz.
5. System według któregośkolwiek z poprzednich zastrz. od 1 do 4, **znamienny tym**, że ogniwa Peltier'a (13) są ze sobą połączone szeregowo.
6. System według któregośkolwiek z poprzednich zastrz. od 1 do 5, **znamienny tym**, że do ogniw Peltier'a (13) dołączone są rozpraszacze ciepła, wykonane z aluminium.
7. System według któregośkolwiek z poprzednich zastrz. od 1 do 6, **znamienny tym**, że

- pierwszy przekształtnik DC/DC (3) ma moc znamionową równą 10 kW i jest przystosowany i skonfigurowany do ładowania superkondensatorowego magazynu energii (5) prądem o natężeniu 300 A i pracy przeciążeniowej przez 5 s z prądem o natężeniu 450 A,
 - superkondensatorowy magazyn energii (5) ma napięcie nominalne równe 36 V, a także korzystnie pojemność nominalną co najmniej 102 Wh,
 - drugi przekształtnik DC/DC (8) ma moc znamionową równą 1 kW i jest przystosowany i skonfigurowany do pracy ciągłej z prądem o natężeniu 30 A,
 - litowo-jonowy magazyn energii (12) ma napięcie nominalne równe 25 V, a także korzystnie znamionową pojemność elektryczną równą 18 Ah,
 - zestaw ogniw Peltier'a (13) ma napięcie znamionowe równe 12 V, a także korzystnie znamionową moc równą 396 W.
8. System według zastrz. 7, **znamienny tym**, że jest umieszczony w hermetycznej obudowie (17) o wymiarach 400 mm na 510 mm na 135 mm.
9. System według któregośkolwiek z zastrz. od 1 do 8, **znamienny tym**, że dodatkowo posiada wyjście komunikacyjne (2c) typu RS485/CAN, do umożliwiania monitorowania pracy systemu przez i jego komunikację z zewnętrznymi systemami zarządzania, zwłaszcza systemami sterowania zasilanymi pojazdami AGV.

Rysunki

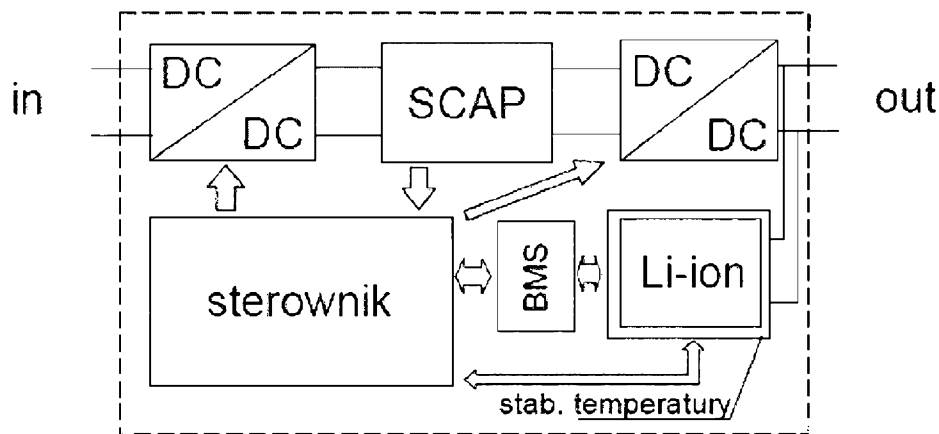


Fig. 1

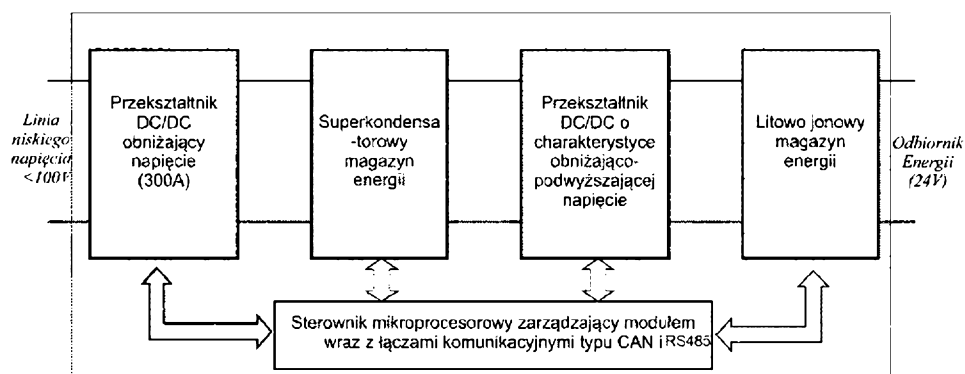


Fig. 2

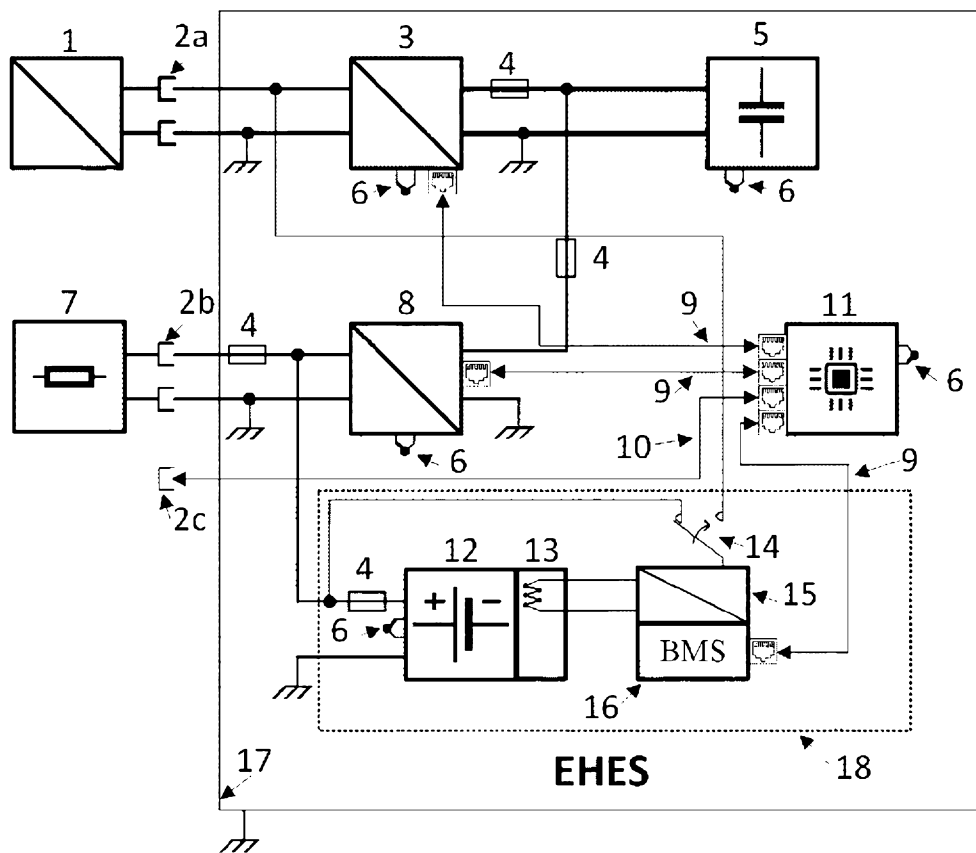


Fig. 3

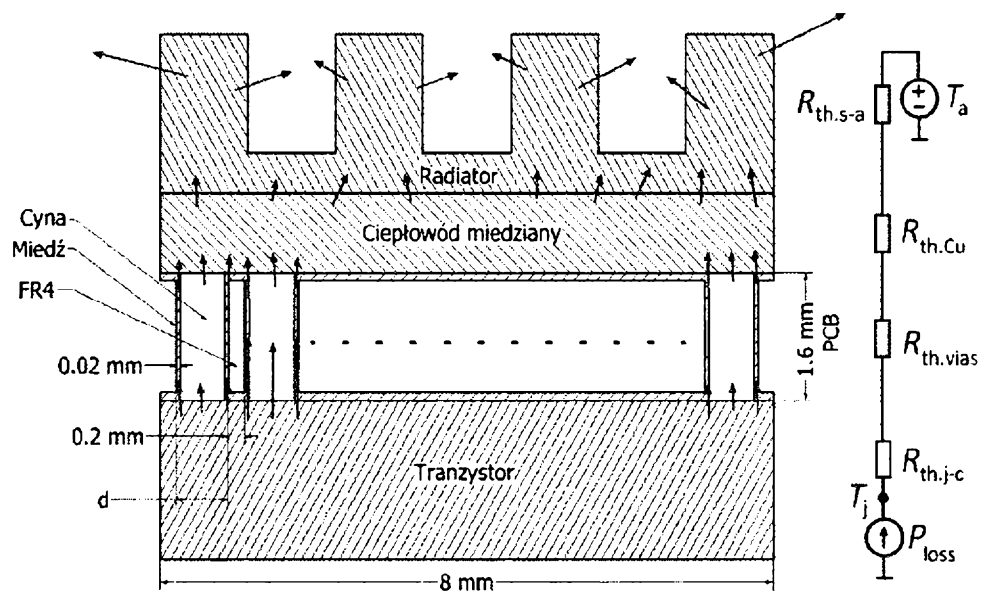


Fig. 4

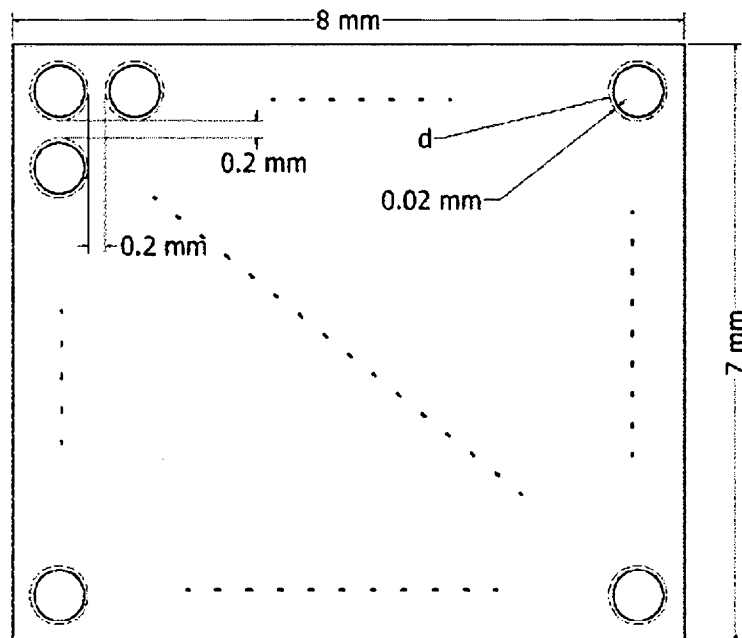


Fig. 5

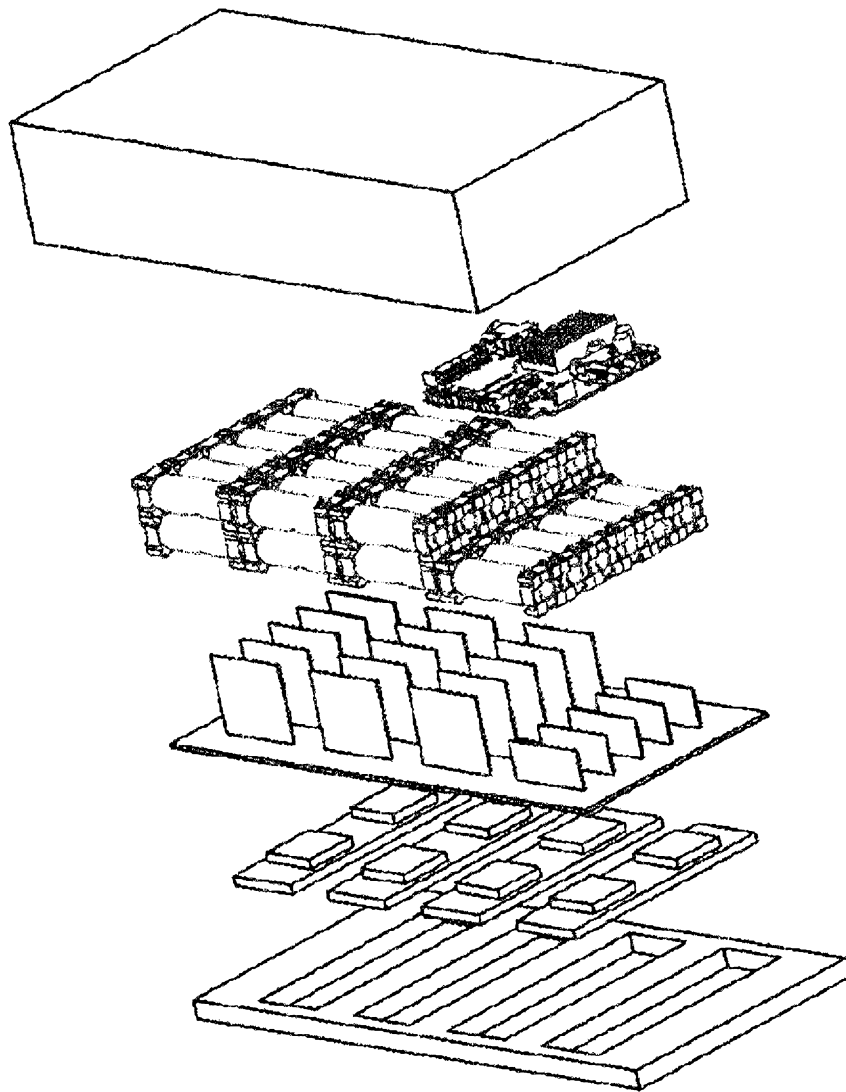


Fig. 6

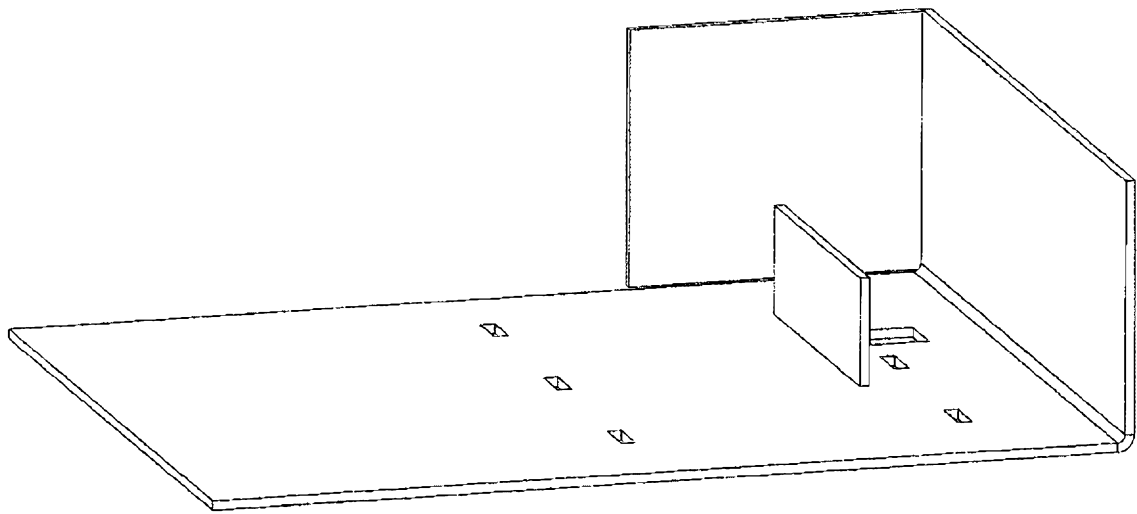


Fig. 7

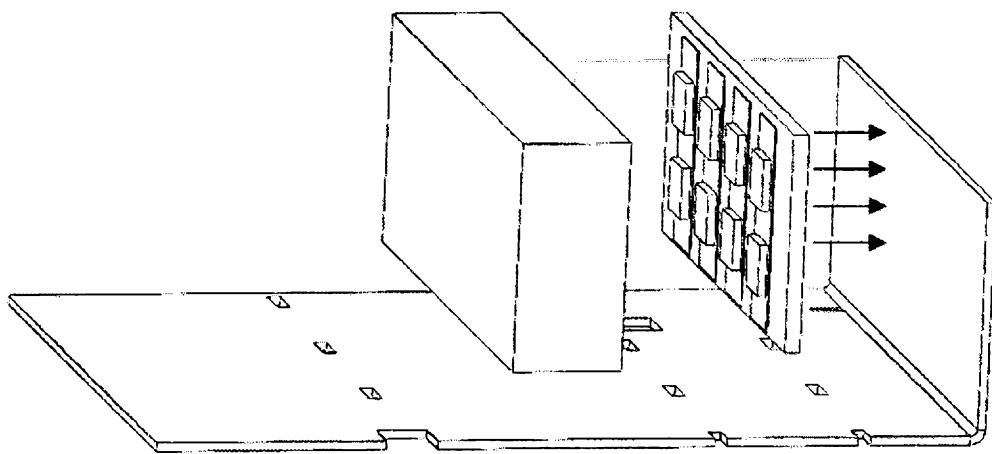


Fig. 8

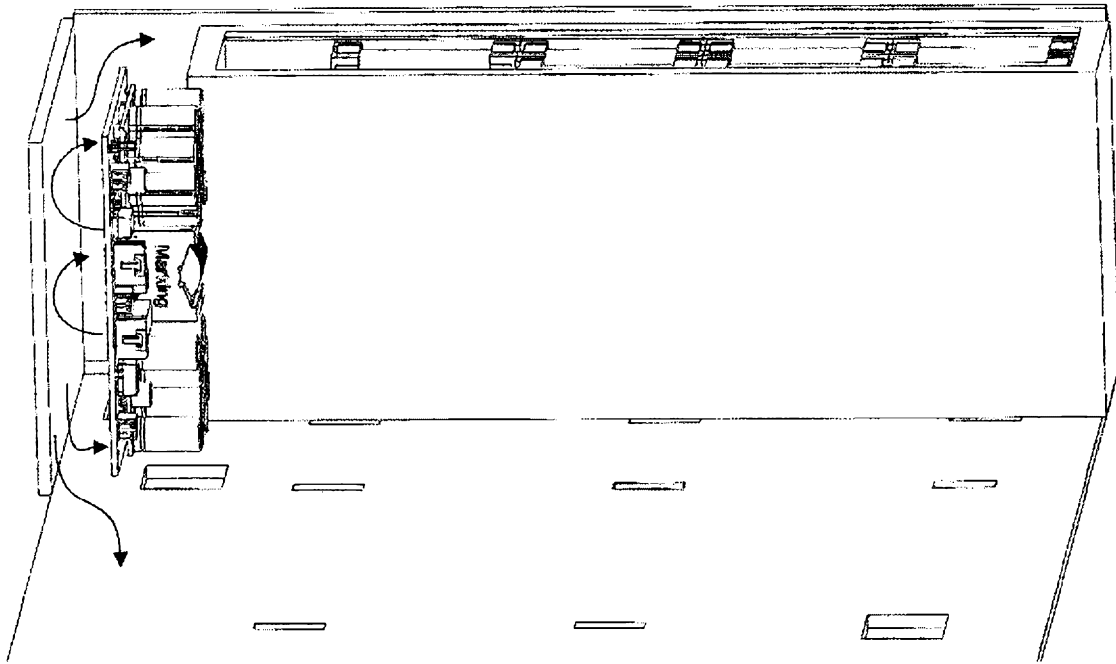


Fig. 9

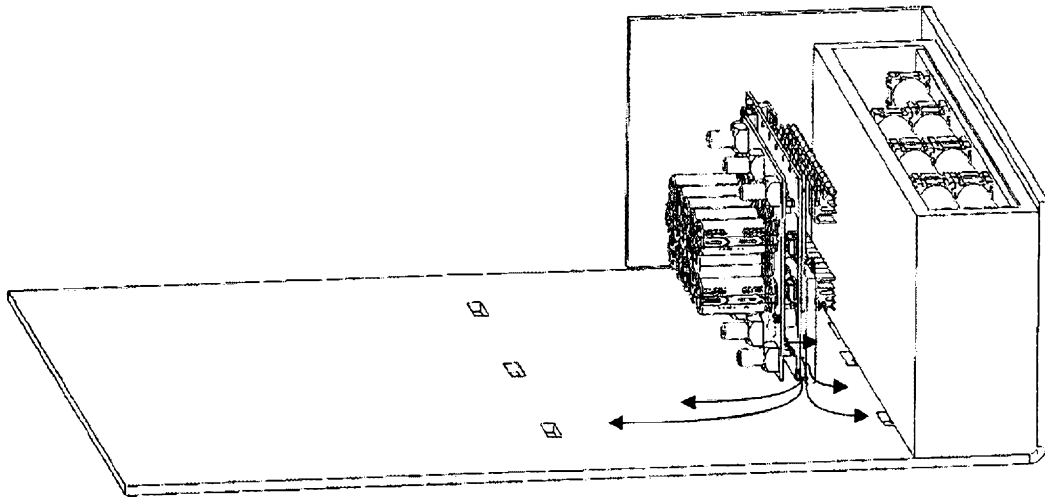


Fig. 10

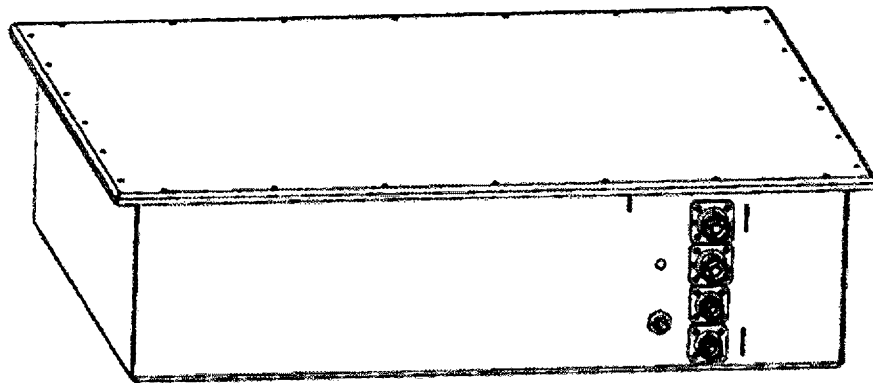


Fig. 11