



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 95749

(13) C2

(51) МПК

H01M 10/48 (2006.01)

H01M 2/10 (2006.01)

H01M 4/06 (2006.01)

H01M 4/134 (2010.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ТЕРМОСТАТОВАНА АКУМУЛЯТОРНА БАТАРЕЯ

1

(21) а201011993

(22) 11.10.2010

(24) 25.08.2011

(46) 25.08.2011, Бюл.№ 16, 2011 р.

(72) ДЗЕНЗЕРСЬКИЙ ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ,  
ТАРАСОВ СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, ФІНАГІНА ІРИ-  
НА ІГОРІВНА, БУРЯК ОЛЕКСАНДР АФАНАСІЙО-  
ВИЧ(73) ІНСТИТУТ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ І ТЕХ-  
НОЛОГІЙ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРА-  
ЇНИ "ТРАНСМАГ"

(56) US 5385793, 31.01. 1995

JP 8096837, 12.04.1996

JP 60207259, 18.10.1985

UA 60693 A, 15.10.2003

US 4735871, 05.04. 1988

JP 2004063397, 26.02.2004

WO 2010071463, 24.06. 2010

US 4008099, 15.02.1977

JP 2007122977, 17.05.2007

RU 2233510, 27.07.2004

UA 25637 C2, 15.10.2002

UA 46888 C2, 17.06.2002

2

US 3745048, 30.12. 1970

(57) Термостатована акумуляторна батарея, що включає корпус, в якому встановлений комплект електродів, охолоджуваних теплоносієм, і оснащений штуцерами для введення і виведення теплоносія, засіб для примусового транспортування теплоносія по контуру охолодження, систему каналів для протікання потоку теплоносія, і зовнішній теплообмінник, що сполучається з охолоджуючими каналами, яка **відрізняється** тим, що комплект електродів виконаний з пастованих пластин, частина позитивних електродів через рівні проміжки перемешована одиночними литими свинцевими пластинами, за допомогою яких здійснюється тепловий дренаж масиву електродів, причому періодичність перемешування обумовлена оптимізацією тепловідводу, а канали, через які здійснюється циркуляція теплоносія, виконані в тілі литих електродів при їх виготовленні, литі електроди для збільшення стійкості забезпечені ніжками для спираючого на дно корпусу, а в корпусі встановлені датчики температури для режимного моніторингу.

Винахід належить до електротехнічної промисловості і може бути використаний при розробці стаціонарних та тягових акумуляторних батарей великої потужності із збільшеним експлуатаційним ресурсом.

Проблеми, що виникають при експлуатації акумуляторних батарей, пов'язані, в переважній більшості випадків, з двома фізичними чинниками: температурним та силовим. Силкові дії (механічні поштовхи, вібрації) виникають тільки при використанні акумуляторів на транспортних засобах. Температурні ж проблеми - універсальні. Оптимальний температурний режим акумуляторних батарей (АБ) обмежений електрохімічними умовами потенціалозбудження. Робочий діапазон відображає область існування цих умов, і при експлуатації

повинен принаймні враховуватися. Оптимальна робоча внутрішня температура стаціонарних акумуляторних батарей лежить в діапазоні 15-20°C. Підвищення її на кожні 10 градусів зменшує ресурс батареї майже удвічі. Так при 50°C термін служби не перевищує 1-1,5 року. А при стабілізації оптимального діапазону батарея служить 4-5 років. Точне ж дотримання паспортних умов є гарантією безвідмовної роботи пристрою в межах розрахованого числа циклів. Крім того, оскільки від температури акумулятора залежить його розрядна ємність, то при температурних перекосах між окремими акумуляторами в батареї, при розряді спостерігається неоднакова віддача ємності. Таким чином, йдеться не тільки про охолодження, а й про забезпечення робочої температури незалежно

(13) C2

(11) 95749

(19) UA

від зовнішніх умов і по всьому об'єму енергоблока. В зимовий період операцією виводу на робочий діапазон є нагрів батареї. Окрім врахування зовнішніх умов необхідно брати до уваги, що під час роботи в акумуляторах з'являються внутрішні джерела теплової енергії. Ними є шари активної речовини електродів, в яких йдуть екзотермічні реакції фазових перетворень і струмовідвідні деталі, на омичному опорі яких розсіюється вироблена пристроєм електроенергія. У всіх випадках з фізичної сторони справа зводиться до організації теплообміну між акумуляторами батареї і рухливим (обмінним) теплоносієм з метою виведення надлишкової або ж притоку бракуючої теплової енергії для утримання оптимального температурного інтервалу і зрівнювання температурного режиму всіх акумуляторів батареї.

Проблема стабілізації температурного поля в межах робочого діапазону набуває особливого значення для стаціонарних акумуляторів, розрахованих на обслуговування потужних механізмів. Для таких акумуляторів відведення тепла з внутрішніх шарів блока дуже утруднено. При довготривалих розрядах тепло, що виділяється, накопичується, оскільки притік перевищує відтік, і недостатнє його відведення може призвести до режимного розбалансу хімічної системи. До посилення компенсаційних струмів (між областями з різним темпом потенціалозбудження) і до ще більшого перегріву активної маси вже з цієї причини. Теплообмін при охолодженні з боку бокових стінок малоефективний, оскільки тепловий потік, при утворенні градієнта вимушений рухатися уперек шарів електродного композиту, шарувата структура якого створює додатковий опір переміщення теплової енергії. Основний внесок в збільшення теплового опору вносять значна різниця в теплопровідності шарів (свинцевих і сепараторних) та велика кількість границь між ними з неповним тепловим контактом.

Існують більш ефективні циркуляційні способи термостатування, в яких охолодженню підлягає безпосередньо електроліт, який виводиться з цієї метою за межі корпусу, в зовнішній теплообмінник. Для здійснення цього способу акумулятор забезпечують додатковим контуром, по якому в примусовому режимі циркулює електроліт. Його виводять з корпусу, пропускають через теплообмінник і охолоджений повертають назад. В цьому пристрої виникають значні струми витоку по електроліту, які технічно важко усунути. А заходи по мінімізації втрат надмірно ускладнюють конструкцію.

Проблема управління температурним режимом батареї при експлуатації вже має свою історію.

Так, відома термостатована акумуляторна батарея (Thermal management battery systems) за пат. США №5385793, МПК<sup>6</sup> H01M10/48, автори Tiedemann W.H., Newman J., пріоритет від 20.07.92, Опубл. 31.01.95. Батарея включає комплект монополярних і біполярних електродів, які мають струмозбірники, що відходять від протилежних кінців батареї. Струмозбірники розташовані в охолоджуючих каналах, які наповнені теплоносієм. Роль теплоносія може виконувати повітря, вода,

фреон і т.п. Батарея може бути вентильованою або обладнана теплообмінником, що сполучається з охолоджуючими каналами. Ці ж канали можуть бути використані для підігріву батареї в зимовий час.

До недоліків пристрою слід віднести обмежену ефективність тепловідводу, який реалізовано кондуктивним методом.

Найближчим технічним рішенням, вибраним як прототип, є охолоджувана текучим середовищем пакетна система батарей за пат. України №46888 H01M2/10, 10/50, Автори Оффінський Стенфорд Р, US, Корріган Денніс А, US, та ін., заявка №99084633, пріор, від 13.01.1997, опубл. 17.06.2002, Бюл. №6. Вона включає корпус, що містить принаймні один засіб для введення і принаймні один засіб для виведення теплоносія і безліч модулів батарей, зібраних в матричну конфігурацію усередині корпусу, причому згаданий модуль батарей містить безліч окремих батарей, зв'язаних разом, і принаймні один засіб транспортування теплоносія, який вимушує його надходити в корпус і протікати через канали і виходити з корпусу. Матрична конфігурація виконана з можливістю забезпечення протікання потоку теплоносія крізь одну поверхню батарей кожного з модуля батарей. Згадані модулі розташовані в корпусі на відстані від нього і від інших модулів так, щоб сформувати канали для перебігу теплоносія уздовж принаймні однієї поверхні батарей. При цьому ширина каналів має оптимальні розміри для забезпечення максимальної теплопередачі через конвективні, кондуктивні і випромінювальні механізми теплопереносу. Система батарей охолоджується за допомогою неелектропровідних рідких або газоподібних теплоносіїв. Якщо теплоносієм вибрано повітря, то засіб його транспортування включає повітряний вентилятор. Якщо теплоносієм рідинний, то засіб багатократного його використання виготовлений у вигляді системи для циркуляції, який включає насос, теплообмінник і контур відведення і повернення теплоносія. Система охолодження підтримує середню температуру по модулях батарей не нижче 45°, і різницю температур між модулями менше ніж 8°C.

До недоліків прототипу можна віднести зменшення питомої енергоемності батарей за рахунок збільшення об'єму батареї, що є наслідком виконання каналів для циркуляції теплоносія між стінками і акумуляторами, а також відсутність міжелектродного теплового дренажу, що зменшує ефективність теплового управління.

В основу винаходу поставлена задача збільшення інтенсивності і рівномірності теплообміну у всіх зонах акумуляторних батарей без істотної зміни їх габаритів, що приводить до збільшення ефективності управління їх тепловим режимом, а також до поліпшення експлуатаційних характеристик і подовження терміну служби батареї.

Поставлена задача вирішується тим, що в термостатованій акумуляторній батареї, виконаній з пастованих електродів, частина позитивних електродів через рівні проміжки замінені одиночними литими свинцевими пластинами, за допомогою яких здійснюється тепловий дренаж масиву аку-

муляторів, причому періодичність заміни обумовлена оптимізацією тепловідводу, а канали, через які здійснюється циркуляція теплоносія, виконані в тілі литих електродів при їх виготовленні, литі електроди для збільшення стійкості забезпечені ніжками для спирання на дно корпусу, а в корпусі встановлені датчики температури для режимного моніторингу.

Оцінимо важливість відмінних ознак модернізованої акумуляторної батареї.

Відмінна ознака «в термостатованій акумуляторній батареї, виконаній з пастованих електродів, частина позитивних електродів через рівні проміжки замінені одиночними литими свинцевими пластинами, за допомогою яких здійснюється тепловий дренаж масиву акумуляторів, причому періодичність заміни обумовлена оптимізацією тепловідводу» є найсильнішою, від якої залежать всі інші.

В прототипі заявлений принцип охолодження, в якому мінімальною функціональною одиницею пристрою (яка далі не розділяється в аналізі і у виконанні), є модуль батареї, як закінчена замкнута система. Навпаки, мінімальною одиницею розподілу пристрою, що патентується, є електрод. І в процес теплообміну активно включаються елементи, з яких зіставлений акумулятор, що входять, в порядку структурної ієрархії, до складу батареї акумуляторів, а не тільки площини модулів, як у прототипі, усередині яких неможливо організувати технологічні зазори для циркуляції теплоносія.

Технічною передумовою рішення є рівнозастосовне існування акумуляторів як з литими, так і з пастованими електродами (Багоцкий В.С., Скундин А.М., Химические источники тока, - М.: Энергоиздат, 1981. - С.178-179).

В прототипі створюється така монтажна конфігурація, яка механічно добавляє систему охолодження до структури акумуляторної батареї. І поставлена задача вирішується шляхом формування додаткових об'ємів (зазорів) усередині корпусу. Тим самим габарити батареї суттєво зростають.

В пристрої, що патентується, теплове управління проводиться шляхом внутрішнього дренажу масиву електродів. При цьому, інтенсивному прямому охолодженню піддаються діючі елементи хімічної системи акумулятора (позитивні електроди), а не оболонки цілісних модулів батареї.

Такий засіб теплового управління набуває значної ефективності в порівнянні з прототипом, оскільки тепловий контакт з корпусами модулів замінено повним безпосереднім контактом теплоносія з матеріалом електродів. При цьому внесок конвективних і випромінювальних механізмів теплопереносу зберігають свій рівень, а кондуктивний (провідний) теплообмін істотно збільшується.

Використання литих пластин (електродів Планте) як елементів теплового дренажу виправдано з декількох позицій:

а) інтегральна теплопровідність товстих суцільнолитих електродних пластин достатньо висока відносно до матеріалу оболонки модулів прототипу;

б) перешарування всього масиву пастованих електродів декількома литими електродами, що

використовуються як стоки теплової енергії, скорочує дистанцію теплопереносу;

с) пластини Планте не порушують перебігу основних електрохімічних реакцій акумуляторів.

Товщина пластини позитивного електрода не збільшується спеціально для виконання системи каналів. Ці пластини мають нормативну товщину для литих пластин стаціонарних акумуляторів (до 10мм). Така зміна конструкції не порушує принципів створення системи потенціалозбудження даного хімічного джерела струму, оскільки пастовані електроди мають опору також литну свинцеву основу (решітку) тільки малої товщини.

Ідея модернізації заснована на заміні тільки невеликої частини пастованих електродів литими.

В прототипі охолоджуються тільки зовнішні поверхні модулів, як мінімальних одиниць пристрою. Організація протоку теплоносія в матричному порядку з'єднання модулів виконане шляхом відсовування від стінки корпусу акумулятора або шляхом розсовування рядів модулів. Тобто, для охолоджуючого контуру відводять додатковий пасивний у хімічному відношенні об'єм. Додатковий об'єм, який займає система охолодження в прототипі, зменшує в результаті загальний індекс питомого заповнення об'єму акумулятора активними речовинами.

В акумуляторі, що патентується, об'єм для системи охолодження займає активний матеріал. При цьому, термодіагностика йде більш рівномірно, що зменшує небезпеку формування локальних зон перегріву або переохолодження.

Заміна виділених пастованих позитивних електродів на литі пластини проводиться з урахуванням декількох чинників. Найважливішим є баланс між тепловою енергією, що виділяється в пасті, і теплопровідністю системи охолодження. З урахуванням тієї обставини, що шляхи теплопереносу проходять через активну речовину пастованих електродів. Охолоджуваній литий електрод має постійну температуру, температура ж пастованих електродів пропорційна їх віддаленості від литого. Частоту введення литих електродів можна розрахувати по такому співвідношенню:

$$n_x = \Delta T \cdot h \cdot L \cdot \lambda / Q \cdot x \quad (1),$$

де

$n_x$  - кількість пастованих електродів, що поміщаються між литими;

$\Delta T = T_x - T_0$  - градієнт температур між охолоджуваним електродом ( $T_0$ ) і серединою масиву пастованих електродів ( $T_x$ );

$h$  - висота електродних пластин;

$L$  - ширина електродних пластин;

$\lambda$  - усереднений коефіцієнт питомої теплопровідності активної маси електродів (таблична величина);

$Q$  - тепловиділення в активній масі при сталому режимі роботи акумулятора (визначається експериментально);

$x$  - товщина пастованого електрода (задається технологією виготовлення).

Опорним практичним орієнтиром в розрахунках слугить значення показника  $T_x$ , оскільки саме він визначає оптимальні умови роботи із гарантією заданої продуктивності і збереженням експлуата-

ційного ресурсу (терміну служби). Для стаціонарних свинцево-кислотних акумуляторів  $T_x$  лежить в достатньо вузькому діапазоні 15-20°C і може використовуватися в розрахунках як константа. По цьому ж параметрі йде моніторинг режиму. Змінна величина  $T_0$  регулюється шляхом зміни інтенсивності охолодження литих електродів, що може бути здійснене зміною швидкості циркуляції теплоносія, корекцією його температури, впливом на температуру води, що охолоджує теплоносії і т.п.

До позитивних відмін конструкції, що патентується, можна віднести ще й те, що решітки пастованих електродів при охолодженні і функціональній підтримці зі сторони литих електродів перестають бути теплонапруженими пластинами, їх механічна міцність при цьому росте, а електроопір падає.

Ознака «канали, через які здійснюється циркуляція теплоносія виконані в тілі литих електродів при їх виготовленні, литі електроди для збільшення стійкості оснащені ніжками для спирання на дно корпусу» робить пропонувану схему відбору надмірної теплової енергії більш ефективною, в порівнянні з прототипом.

Це обумовлено тим, що, як відомо, кондуктивний теплоперенос обмежений перерізом каналу тепловідтоку, а також його довжиною. Дренажний спосіб знімає обидва ці обмеження, збільшуючи переріз каналу до розмірів площі пластини (тепловий потік йде не уздовж електродів, а в поперечному напрямі), а також укорочує довжину каналу. Крім того, процес тепловідтоку йде в глибині електродної системи, а не через оболонки модулів, як у прототипі. Тепло акумулюється великою масою литої пластини, звідки його інтенсивно поглинає теплоносії, що рухається по каналах в тілі пластини.

Введений в конструкцію додатковий елемент виконує ще одну функцію. Маючи відносно високу механічну міцність і практичну нечутливість до навантажень, кожний литий електрод використовується в ролі проміжного опорного вузла. Так, пара литих електродів надійно утримує масив затиснених між ними пастованих електродів, оберігає контактуючі з ним шари активної речовини від обсіпання, що є важливим для батарей, встановлених на транспортних засобах.

Ознака «В корпусі встановлені датчики температури для режимного моніторингу» дуже важливий, оскільки надає практичну визначеність ознакам, що мають відтінок деякої декларативності.

Акумуляторна батарея, що патентується, укомплектована системою термодатчиків з тим, щоб можна було максимально обґрунтовано коректувати температуру електроліту і активної речовини пластин. Дані від датчиків можуть бути використані в розрахунках при модернізації базового зразка батареї.

Всі перелічені відмінності модернізованого пристрою при реалізації ведуть до збільшення інтенсивності і рівномірності теплообміну у всіх зонах електродних блоків акумуляторів. Таким чином, сума відмінних ознак сприяє рішення поставленої задачі.

За відомостями, що є у авторів, запропоновані істотні відмінності, які характеризують суть винаходу, не відомі в даному розділі техніки.

Запропоноване технічне рішення може бути використане для конструювання стаціонарних і тягових батарей великої потужності із збільшеним терміном служби.

Критерій «промислове впровадження» підтверджується актуальністю технічного рішення і його практичною прив'язкою до реальних виробничих технологій.

На Фіг.1 приведений інформативний переріз акумуляторної батареї, що ілюструє принцип теплового дренажу, реалізований в даній конструкції.

На Фіг.2 наведена схема литого електрода з системою каналів.

На Фіг.3 представлено горизонтальний переріз батареї по АА (схема колектора);

Електродний масив термостатованої акумуляторної батареї (Фіг.1) розміщений усередині корпусу 1. Він складається з набору пар різнополярних пастованих пластин 2. В конструкції, виділені масиви пастованих електродів, перемежуються однорідними литими пластинами 3 позитивних електродів. Для цього один з намазних позитивних електродів через певний проміжок замінюють литим. Частота заміни визначається із співвідношення (1). Такі комбіновані акумулятори дають можливість організувати тепловий дренаж. З цієї метою в литих пластинах 3, що містять вушка струмовідводів 4, при виготовленні виконані канали 5 (Фіг.2), через які здійснюється циркуляція теплоносія. Теплоносієм може служити фреон, повітря або дистильована вода. Контур циркуляції оснащений накопичувальною камерою 6, розташованою за межами батарейного корпусу. Усередині камери 6 розміщений незалежний теплообмінник 7, охолоджуваний проточною водою з магістралі 8. Циркуляція теплоносія проводиться примусовим способом за допомогою насоса 9. Від камери 6 відходить живильна трубка 10, яка входить в корпус акумулятора через отвір впускання і розгалужується по схемі, представленій на Фіг.3, утворюючи колектор, причому трубки 11 з'єднуються з штуцерами 12 каналів. Вихідні штуцера 13 з'єднуються з нижнім колектором. (Не показаний), який аналогічний вхідному колектору. Далі трубки сходяться в одній точці, звідки трубка 14 сполучає електроди з насосом 9, який теж встановлений зовні. Від нього відходить трубка 15, що сполучає насос з камерою 6. Таким чином, контур циркуляції замкнений. Трубки виконані із струмопровідних матеріалів. Литі електроди 3 для механічного зміцнення масиву і для спирання на дно корпусу можуть бути укомплектовані ніжками 16, виконаними з діелектрика. Камера 6 оснащена клапаном впускання 17, який використовується для заливки теплоносія. В корпусі 1 розміщені датчики температури 18 для режимного моніторингу.

Термостатована акумуляторна батарея працює наступним чином.

Теплоносії заливають в накопичувальну камеру 6 системи циркуляції через клапан впускання 17. Після включення акумулятора починається постійний моніторинг температури електроліту за

допомогою датчиків 18. При виявленні перегріву включають насос 9, який під тиском проганяє теплоносії по контуру циркуляції. Теплоносії, проходячи по каналах 5, охолоджує пластини 3. Від центру кожного масиву пастованих електродів 2 унаслідок збільшення температурного градієнта збуджуються теплові потоки, які відводять надлишкову теплову енергію до литих пластин 3. Насос 9 перекидає теплоносії, що нагрівся від пластин 3, в накопичувальну камеру 6, де він втрачає температуру при контакті з теплообмінником 7, через який пропускають холодну воду з магістралі 8. Струми витоку в даному пристрої не виникають, оскільки для охолодження використовуються непровідні речовини (типу дистильованої води), а електричний контакт по трубках уривається оскільки вони виготовлені з діелектрика.

Інтенсивність охолодження збільшується за рахунок дренажу внутрішніх шарів масиву пластин, в результаті якого площини тепловідводу литих пластин 3 входять в контакт безпосередньо з

площинами прилеглих до них пастованих електродів 2.

Дану систему циркуляції можна використовувати і для підігріву акумулятора при роботі в холодному приміщенні.

Одною з найважливіших відзнак запропонованої конструкції можна вважати те, що деталі теплового дренажу і деталі акумулятора поєднані функціонально, з використанням мінімуму додаткових конструктивних засобів.

Батарея з комбінованим набором електродів, що патентується, може використовуватися як в стаціонарних пристроях, так і в тягових, на деяких транспортних засобах (наприклад, на залізничному транспорті), оскільки в ній проводиться щільна фіксація електродів, при якій крихкі пастовані електроди здавлюються міцними литими пластинами, а самі ці пластини спираються на днище корпусу акумулятора, утримуючи тим самим і електроди, що стискаються ними.

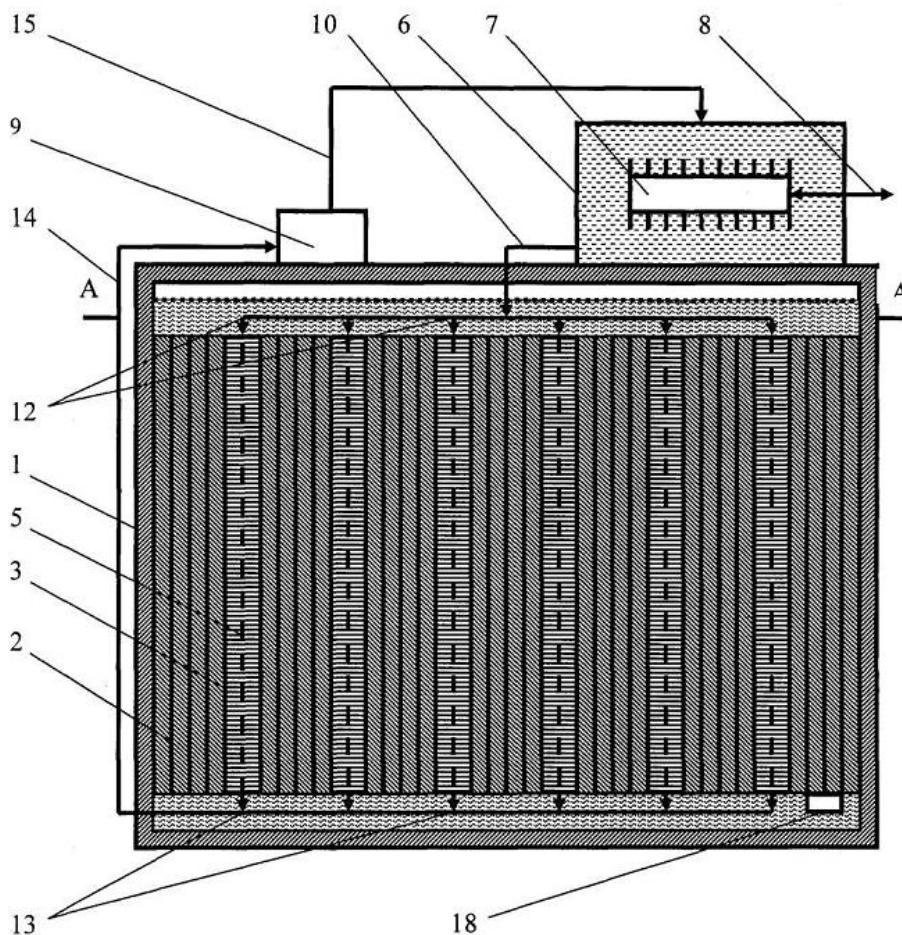


Fig. 1

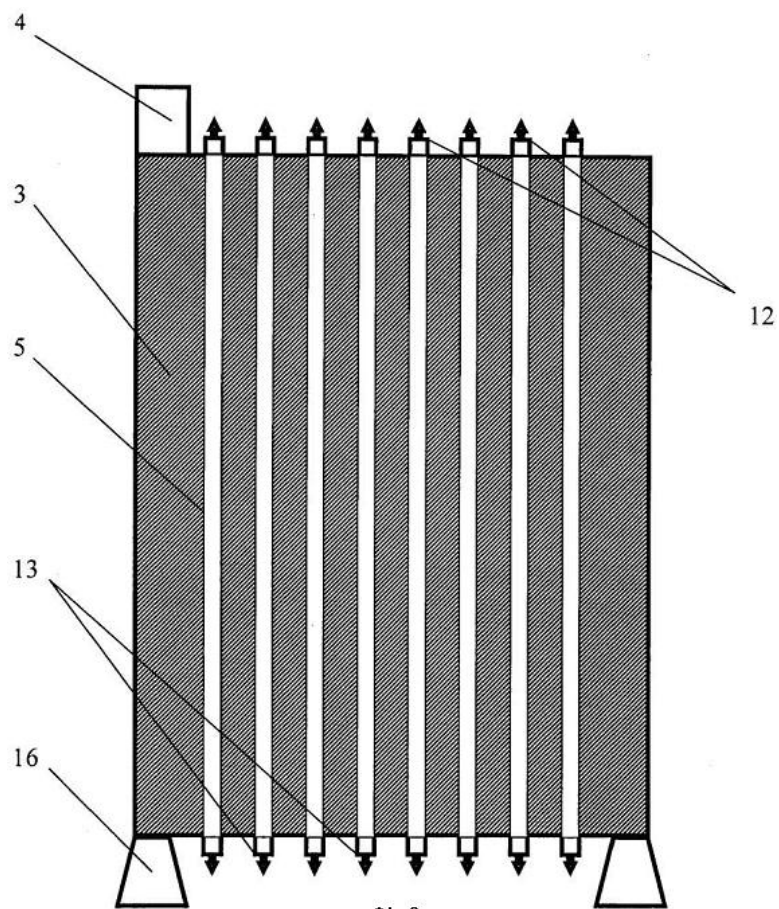


Fig. 2

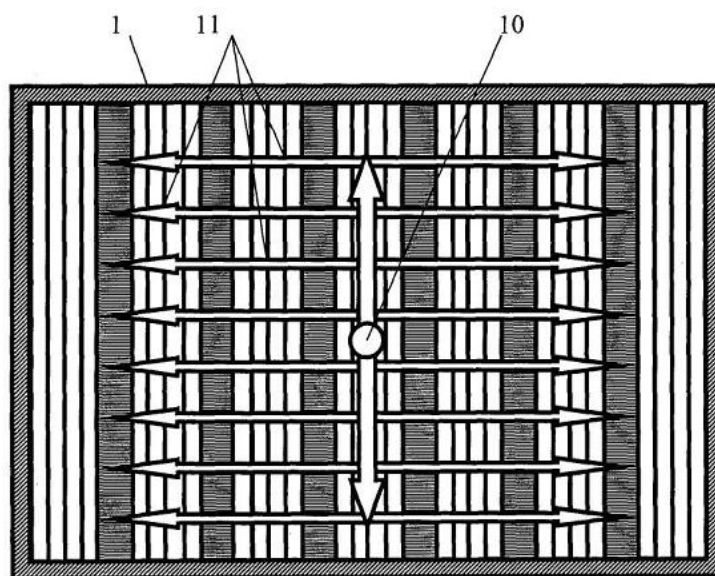


Fig. 3