



УКРАЇНА

(19) UA (11) 94171 (13) C2  
(51) МПК  
H02K 9/04 (2011.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

## (54) СТАТОР ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ

1

(21) a200913324  
(22) 02.06.2008  
(24) 11.04.2011  
(86) PCT/RU2008/000357, 02.06.2008  
(31) 2007122366  
(32) 04.06.2007  
(33) RU  
(46) 11.04.2011, Бюл.№ 7, 2011 р.  
(72) АНТОНЮК ОЛЕГ ВІКТОРОВІЧ, RU, ГУРЄВІЧ  
ЕЛЬРІХ ІОСІФОВІЧ, RU, КАРТАШОВА ТАТ'ЯНА  
НІКОЛАЄВНА, RU, ПАФОМОВ ЮРІЙ ВЛАДИСЛА-  
ВОВІЧ, RU  
(73) ОТКРИТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "СИ-  
ЛОВИЕ МАШИНЫ - ЗТЛ, ЛМЗ, ЕЛЕКТРОСИЛА,  
ЕНЕРГОМАШЕКСПОРТ", RU  
(56) RU 2047257 C1, 27.10.1995  
RU 2095919 C1, 10.11.1997  
SU 1387102 A1, 07.04.1988  
EP 0690543 A1, 03.01.1996  
US 6376945 B1, 23.04.2002  
US 4061937 A, 06.12.1977  
(57) 1. Статор електричної машини з газовою сис-  
темою вентиляції, що містить корпус, повітроводи,  
камеру низького тиску й камеру високого тиску,  
розташовану в просторі між корпусом і сердечни-  
ком з укладеною в пази обмоткою, причому серде-  
чник складається із шихтованих пакетів і з'єднаних  
з камерами високого й низького тиску вентиляцій-  
них каналів, утворених вентиляційними розпірка-  
ми, прикріпленими до шихтованих пакетів у зубча-  
стій зоні й зоні ярма, причому в зубчастій зоні  
вентиляційні розпірки встановлені із забезпече-  
нням зсуву потоку охолоджувального газу в аксіа-  
льному напрямку в сусідній вентиляційний канал  
за допомогою отворів, розподілених по висоті зуб-  
ців, який відрізняється тим, що всі вентиляційні  
канали закрито з боку розточення сердечника ста-  
тора, повітроводи розміщені в камері високого  
тиску на зовнішній поверхні сердечника по його  
довжині із кроком через одне зубчасте ділення,  
причому повітроводи з однієї сторони сполучають-

2

ся з вентиляційними каналами, з іншої сторони  
сполучаються з камерою низького тиску, розташо-  
ваною в просторі лобових частин обмотки статора,  
а в зоні ярма вентиляційні розпірки встановлені із  
забезпеченням проходу потоку охолоджувального  
газу в парних вентиляційних каналах з камери ви-  
сокого тиску в зубчасту зону, а в непарних венти-  
ляційних каналах із зубчастої зони у повітроводи.  
2. Статор за п. 1, який відрізняється тим, що в  
кожному зубці встановлено чотири вентиляційні  
розпірки, причому перші дві вентиляційні розпірки  
встановлені радіально на відстані від розточення  
сердечника статора й симетрично щодо осі симет-  
рії зубця з утворенням трьох радіальних каналів  
для проходу охолоджувального газу, а на відстані  
від перших двох вентиляційних розпірок для відді-  
лення частини отворів встановлені дві інші венти-  
ляційні розпірки, кінці яких, звернені до першого  
двох вентиляційних розпірок, зведені разом на осі  
симетрії зубця, а протилежні кінці встановлені на  
відстані від основи зубця й розсунуті в протилеж-  
них напрямках від осі симетрії зубця.  
3. Статор за п. 2, який відрізняється тим, що в  
зоні ярма вентиляційні розпірки з'єднані з однієї  
сторони з бічними стінками повітроводів, а з іншої  
сторони встановлені похило до радіальних осей  
пазів з утворенням проходів для газу біля дна па-  
зів, причому в парних вентиляційних каналах на-  
хил вентиляційних розпірок, приєднаних до бічних  
стінок кожного повітроводу, виконано у напрямку  
один до одного, а в непарних вентиляційних кана-  
лах у напрямку один від одного.  
4. Статор за п. 2, який відрізняється тим, що в  
зоні ярма у вентиляційних каналах встановлено  
перегородки, а вентиляційні розпірки встановлені  
радіально напроти бічних стінок повітроводів на  
відстані від перегородок, причому в парних венти-  
ляційних каналах перегородки закривають прохід  
для газу в кожен повітровід, а в непарних венти-  
ляційних каналах між сусідніми повітроводами.

(19) UA (11) 94171 (13) C2

Винахід стосується електромашинобудування, а саме, електричних машин з газовим охолодженням, наприклад, турбогенераторам.

Відома конструкція й система газового охолодження статора електричної машини, описана у винаході «Система вентиляції електричної машини» (Патент РФ N22220491, H02K9/00, H02K1/20, опубл. 27.12.2003р.). У розглянутій конструкції електричної машини під пазовими клинами розміщені канали, що з'єднують радіальні канали сусідніх зубців й утворюють єдиний радіально-тангенціальний вентиляційний канал із входом і виходом охолоджувального газу з боку зовнішньої поверхні сердечника статора.

У розглянутій конструкції всі вентиляційні канали закриті з боку розточення сердечника статора, тобто відділені від повітряного зазору між статором і ротором. Така конструкція має наступні недоліки:

- змушене зростання висоти паза без збільшення корисного об'єму, зайнятого обмоткою;
- високий аеродинамічний опір радіально-тангенціального вентиляційного каналу через обмежений перетин пазової ділянки каналу;
- підвищення температури охолоджувального газу на ділянці радіально-тангенціального каналу від входу на зовнішній поверхні сердечника статора до каналу, розміщеного під пазовим клином, за рахунок припливу тепла по сталі сердечника в тангенціальному напрямку від іншої частини цього каналу, що відводить підігрітий газ із сердечника.

Найбільш близьким по технічній сутності до заявленого винаходу є конструкція, описана у винаході «Статор електричної машини» (Патент РФ N2047257, H02K1/20, H02K9/02, опубл. 27.10.1995р.). У даному винаході статор електричної машини з газовою багатоструминною системою вентиляції має корпус, розділений на відсіки, що чергуються, (камери) високого й низького тиску газу. Сердечник статора складається із шихтованих пакетів, розділених радіальними вентиляційними каналами. Вентиляційні канали утворені за допомогою вентиляційних розпірок, установлених між пакетами в зонах ярма й зубців сердечника. Радіальні канали сполучаються з відсіками (камерами) корпуса. Принаймні в середній частині сердечника вентиляційні розпірки в зоні ярма встановлені зі зсувом потоку охолоджувального газу в тангенціальному напрямку на крок, кратний кроку по відсіках (камерах) корпуса статора, а в зубцях вентиляційні розпірки встановлені із забезпеченням зсуву потоку в аксіальному напрямку в сусідній канал за допомогою наскрізних щілинних отворів, розподілених по висоті зубців.

У першому випадку встановлюються прямі вентиляційні розпірки в зубцях і похилі в ярмі сердечника статора, причому нахил розпірок у сусідніх вентиляційних каналах виконаний у протилежних напрямках.

У другому випадку вентиляційні розпірки мають прямолінійні ділянки в зубцях й у ярмі через один вентиляційний канал по довжині сердечника й прямолінійні ділянки в зубцях і похилі в ярмі в інших вентиляційних каналах.

У третьому випадку вентиляційні розпірки виконані прямими в зубцях й у ярмі, а вентиляційні канали оснащені перегородками, розташованими по зовнішній окружності сердечника із кроком, рівним ширині відсіків (камер) корпуса, причому перегородки сусідніх каналів між собою зміщені на згаданий крок.

У вентиляційних каналах у зубчастих зонах високого тиску газу між вентиляційними розпірками встановлені знімні заглушки.

Між відсіками (камерами) високого тиску корпуса статора й між відсіками (камерами) низького тиску виконані тангенціальні перепускні канали.

Дана конструкція й система охолодження мають наступні недоліки:

1. Надходження у вентиляційні канали, що сполучаються з відсіками низького тиску, підігрітого газу із зазору між статором і ротором приведе до значного підвищення й нерівномірного розподілу температури обмотки й сталі статора по довжині сердечника.

2. Відсутня циркуляція газу між обмоткою й вентиляційними розпірками в зоні зубців вентиляційних каналів, що сполучаються з відсіками високого тиску та які відділені від газу в зазорі між статором і ротором знімними заглушками, установленими між вентиляційними розпірками.

3. Конструкція ускладнена поділом корпуса статора на аксіальні відсіки, що чергуються в тангенціальному напрямку, і з'єднанням відсіків різного тиску за допомогою перепускних каналів.

Задачею даного винаходу є поліпшення охолодження обмотки й зубців по всій довжині й окружності сердечника статора за рахунок інтенсифікації тепловіддачі.

Зазначений технічний результат досягається тим, що статор електричної машини з газовою системою вентиляції містить корпус, сердечник, повітроводи, камеру низького тиску й камеру високого тиску. Камера низького тиску розташована в зоні лобових частин обмотки статора, а камера високого тиску розташована в просторі між корпусом і сердечником. У пази сердечника покладена обмотка, причому сердечник складається із шихтованих пакетів й сполучених з камерами високого й низького тиску вентиляційних каналів. Вентиляційні канали утворені вентиляційними розпірками, прикріпленими до шихтованих пакетів у зубчастій зоні й зоні ярма сердечника. Всі вентиляційні канали закриті з боку розточення сердечника статора. У камері високого тиску на зовнішній поверхні сердечника по всій його довжині із кроком через одне зубчасте ділення розміщені повітроводи, які з однієї сторони сполучаються з камерою низького тиску, а з іншої сторони з вентиляційними каналами сердечника. У зубчастій зоні сердечника вентиляційні розпірки встановлені із забезпеченням зсуву потоку охолоджувального газу в аксіальному напрямку через наскрізні отвори, виконані в шихтованому пакеті по висоті зубця, у сусідній вентиляційний канал. У зоні ярма сердечника вентиляційні розпірки встановлені із забезпеченням проходу потоку охолоджувального газу з камери високого тиску по парних вентиляційних каналах у зубчасту зону й проходу потоку охолоджувального

газу із зубчастої зони у повітроводи по непарних вентиляційних каналах.

Доцільно в кожному зубці встановити чотири вентиляційні розпірки. Перші дві вентиляційні розпірки встановлені радіально на відстані від розточення сердечника статора й симетрично щодо осі симетрії зубця з утворенням трьох радіальних каналів для проходу охолоджувального газу. На відстані від перших двох вентиляційних розпірок встановлені дві інші вентиляційні розпірки таким чином, щоб відокремити частину отворів. Кінці зазначених розпірок, звернені до перших двох вентиляційних розпірок, зведені разом на осі симетрії зубця, а їхні протилежні кінці встановлені на відстані від основи зубця й розсунуті в протилежних напрямках від осі симетрії зубця.

Пропонована установка вентиляційних розпірок у зубці дозволяє одержати рівномірний розподіл витрати охолоджувального газу по перетину кожного аксіального отвору в зубці.

В першому варіанті конструкції в зоні ярма встановлені вентиляційні розпірки похило до радіальних осей пазів і приєднані попарно з однієї сторони до бічних стінок кожного повітроводу. З іншої сторони протилежні кінці кожної пари вентиляційних розпірок встановлені з забезпеченням проходу біля дна пазів для частини потоку охолоджувального газу, що подається з камери високого тиску. У парних вентиляційних каналах нахил вентиляційних розпірок виконано по напрямку один до одного, а в непарних вентиляційних каналах - по напрямку один від одного.

У даному варіанті розташування вентиляційних розпірок у зоні ярма, крім проходу охолоджувального газу з камери високого тиску по вентиляційних каналах у зубчасту зону в парних вентиляційних каналах і проходу охолоджувального газу з зубчастої зони у повітроводи в непарних вентиляційних каналах, забезпечується додатковий прохід частини потоку охолоджувального газу біля дна пазів, минаючи зубчасту зону. Це дає можливість відводити охолоджувальним газом частину втрат, що виділяються в сталі ярма, і дозволяє зменшити підігрів охолоджувального газу в зоні зубців і знизити температуру обмотки й зубців.

У другому варіанті конструкції в зоні ярма додатково встановлені перегородки, а вентиляційні розпірки розташовані радіально напроти бічних стінок повітроводів на відстані від перегородок для забезпечення проходу потоку охолоджувального газу. Перегородки приєднані до бічних стінок кожного повітроводу. У парних вентиляційних каналах за допомогою перегородок закрито прохід для охолоджувального газу в кожен повітровід, а в непарних вентиляційних каналах закрито прохід для охолоджувального газу між сусідніми повітроводами.

При такому розташуванні вентиляційних розпірок весь потік охолоджувального газу направляється в зубчасту зону. За рахунок цього відбувається збільшення швидкостей охолоджувального газу у вентиляційних каналах, коефіцієнтів тепловіддачі з поверхонь зубців й аксіальних отворів, виконаних у зубцях, і зниження температури обмотки й зубців.

Новим у конструкції, що заявляється, є:

- закриття всіх вентиляційних каналів з боку розточення сердечника статора;

- розташування камери низького тиску в просторі лобових частин обмотки статора, а не в просторі між корпусом і сердечником статора;

- розміщення повітроводів у камері високого тиску на зовнішній поверхні сердечника по всій його довжині із кроком через одне зубчасте ділення;

- сполучання повітроводів з однієї сторони з камерою низького тиску, а з іншої сторони з вентиляційними каналами сердечника;

- установка в зоні ярма вентиляційних розпірок із забезпеченням проходу потоку охолоджувального газу в парних вентиляційних каналах з камери високого тиску в зубчасту зону, а в непарних вентиляційних каналах - із зубчастої зони у повітроводи.

Пропонована конструкція сердечника статора в порівнянні із прототипом дозволяє одержати рівномірний розподіл температури обмотки й зубців по довжині й окружності сердечника, підвищити інтенсивність охолодження й знизити температуру обмотки й зубців сердечника статора.

Ознака «установка у зоні ярма вентиляційних розпірок із забезпеченням проходу потоку охолоджувального газу в парних вентиляційних каналах з камери високого тиску в зубчасту зону, а в непарних вентиляційних каналах - з зубчастої зони у повітроводи» не виявлена у рівні техніки, із чого можна зробити висновок, що пропоноване як винахід технічне рішення відповідає умові патентоспроможності «винахідницький рівень».

На фігурах представлені приклади конкретно виконання пропонованого статора.

На фіг. 1 показано поздовжній розріз активної зони статора;

на фіг.2 показана установка вентиляційних розпірок у зубці сердечника статора;

на фіг. 3 - поперечний розріз статора по сусідніх вентиляційних каналах (а - парних каналах, б - непарних каналах), у випадку, якщо вентиляційні розпірки в зоні ярма встановлені похило;

на фіг. 4 - поперечний розріз статора по сусідніх вентиляційних каналах (а - парних каналах, б - непарних каналах), у випадку, якщо вентиляційні розпірки в зоні ярма встановлені радіально й канали оснащені додатковими перегородками.

Статор електричної машини містить корпус 1, сердечник 2, у пазах якого укладена обмотка 3, закріплена пазовими клинами 4. Сердечник 2 складається із шихтованих пакетів 5, у зубчастій зоні яких виконано аксіальні наскрізні отвори 6, розташовані по осі симетрії зубців, і вентиляційних каналів 7, утворених вентиляційними розпірками 8. У просторі між корпусом 1 і сердечником 2, що є камерою високого тиску 9, розміщені повітроводи 10, які займають частину висоти камери високого тиску 9. Повітроводи 10 приєднані вхідними вікнами до поверхні сердечника 2 і сполучаються з камерою низького тиску (на фігурі не показана), розташованої в зоні лобових частин обмотки 3. Повітроводи 10 мають довжину рівну довжині сердечника 2, а їхні бічні стінки, що утворюють вхідні

вікна, розміщені по осях симетрії сусідніх зубців сердечника 2 через одне зубчасте ділення.

Вентиляційні канали 7 сполучаються з камерою високого тиску 9 і повітроводами 10 з камерою низького тиску (на фігурі не показано). Вентиляційні канали 7 закриті з боку розточення сердечника 2 тангенціальними дистанційними розпірками 11, установленими в зубцях між пазовими клинами 4, що кріплять обмотку 3.

У кожному зубці, представленому на фіг.2, установлені чотири вентиляційні розпірки 8, перші дві вентиляційні розпірки 8 розташовані на відстані від тангенціальної дистанційної розпірки 11, мають довжину близьку до половини висоти зубця, установлені симетрично щодо його осі, утворюючи три радіальних канали для проходу газу. Кінці двох інших вентиляційних розпірок 8 зведені разом на осі симетрії зубця, відсунуті до основи зубця від кінців перших двох вентиляційних розпірок 8, відокремлюючи частину отворів 6. Протилежні кінці вентиляційних розпірок 8 розсунуті вліво й вправо від осі симетрії поблизу основи зубця. Вентиляційні розпірки 8 забезпечують зсув потоку охолоджувального газу в аксіальному напрямку в сусідній канал через наскрізні отвори 6.

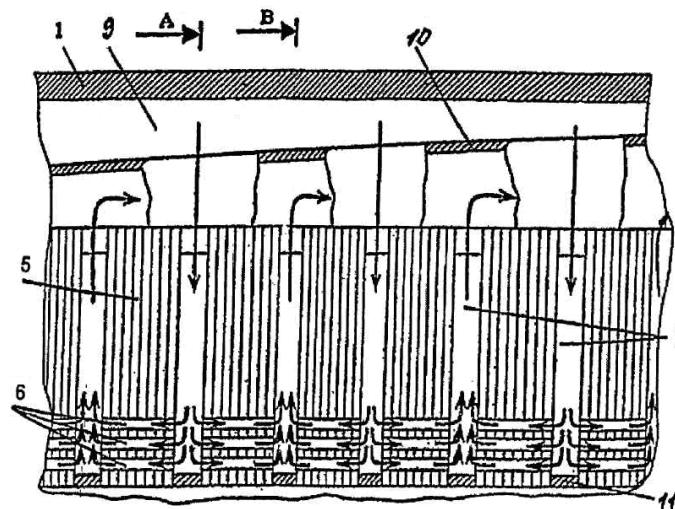
У зоні ярма в першому варіанті конструкції, представленому на фіг. 3, вентиляційні розпірки 8 установлені похило до радіальних осей пазів. Вентиляційні розпірки 8 з'єднані з бічними стінками 5 повітроводів 10, утворюючи своїми протилежними кінцями біля дна пазів, на осях яких установлені повітроводи 10, проходи для газу. У парних вентиляційних каналах 7 нахил вентиляційних розпірок 8, приєднаних до кожного повітроводу 10, виконано у напрямку один до одного. У непарних вентиляційних каналах 7 нахил вентиляційних розпірок 8 виконано по напрямку один від одного.

У другому варіанті конструкції, представленому на фіг. 4, додатково встановлені перегородки

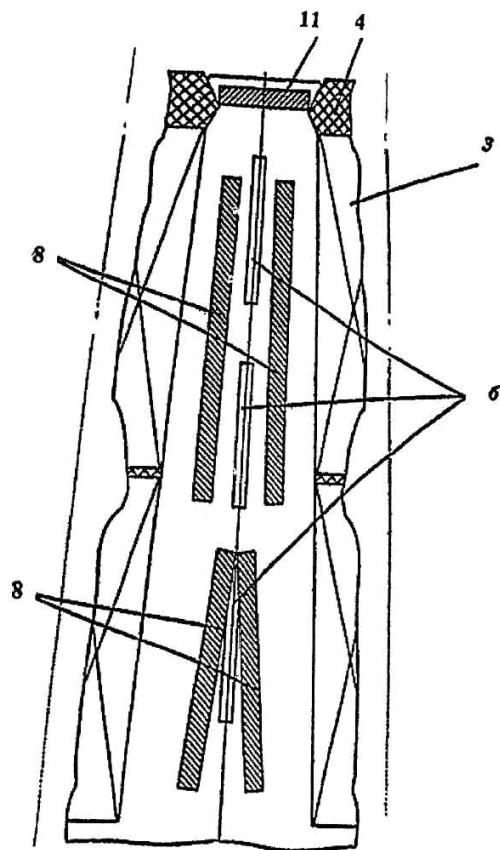
12, виконані П-подібної форми, які приєднані до бічних стінок повітроводів 10. Кожна перегородка 12 у парних вентиляційних каналах 7 закриває прохід для потоку охолоджувального газу у повітроводи 10, а в непарних вентиляційних каналах 7 закриває прохід для потоку охолоджувального газу в камеру високого тиску 9. Вентиляційні розпірки 8 установлені радіально на деякій відстані від перегородок 12 і від дна пазів.

При роботі електричної машини потік охолоджувального газу з камери високого тиску 9 проходить між повітроводами 10 у парні вентиляційні канали 7 зони ярма, утворені вентиляційними розпірками 8 між шихтованими пакетами 5 сердечника 2. У зоні ярма охолоджувальний газ переміщується по парних вентиляційних каналах 7 у напрямку до зубчастої зони. У зубчастій зоні з парних вентиляційних каналів 7 крізь аксіальні наскрізні отвори 6 охолоджувальний газ попадає в сусідні (непарні) вентиляційні канали 7. Далі охолоджувальний газ переміщується із зубчастої зони по непарних вентиляційних каналах 7 у зону ярма й далі по повітроводах 10 потрапляє в камеру низького тиску (на фігурах не показані), розташовану в зоні лобових частин обмотки 3 сердечника 2.

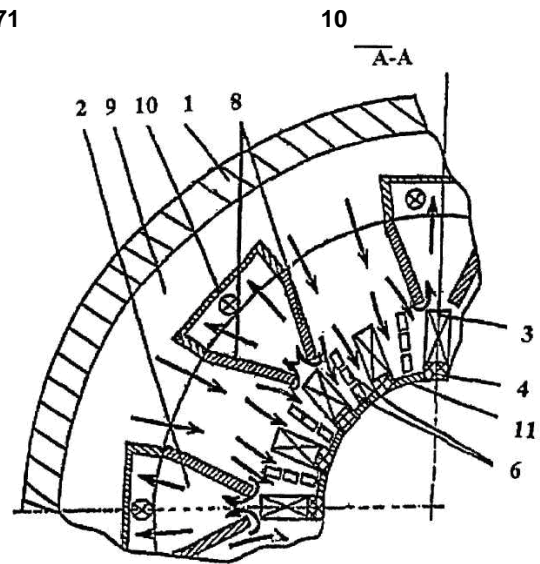
Особливість першого варіанту конструкції полягає в наступному. Частина потоку охолоджувального газу в парних вентиляційних каналах 7 направляється із зони ярма по проходах, утворених по осях повітроводів 10 поблизу дна пазів похилими вентиляційними розпірками 8, минаючи зубчасту зону, у повітроводи 10. У непарних вентиляційних каналах частина потоку охолоджувального газу з камери високого тиску 9 переміщується по ярму й по проходах, утворених по осях між повітроводами 10 поблизу дна паза похилими вентиляційними розпірками 8, приєднується до потоку газу, що виходить із зубчастої зони, і спрямовується у повітроводи 10.



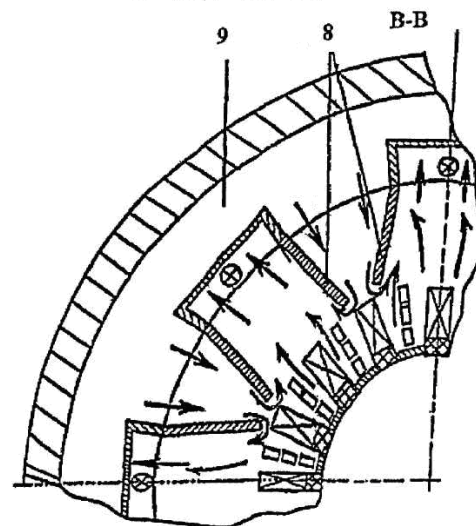
Фиг. 1



Фиг. 2

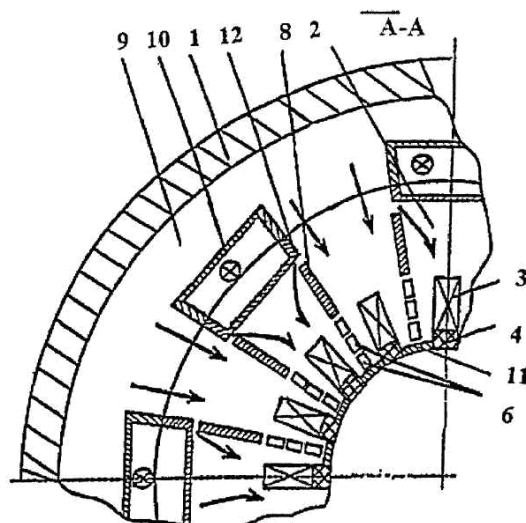


а - парні канали

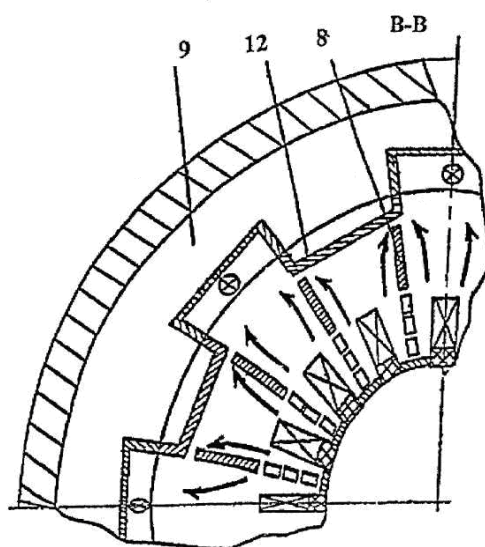


б - непарні канали

Фиг. 3



а – парні канали



б – непарні канали

Фіг.4