



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **125075** (13) **C2**
(51) МПК
H05H 1/54 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: a 2019 03598</p> <p>(22) Дата подання заявки: 09.04.2019</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 06.01.2022</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 25.09.2019, Бюл.№ 18</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 05.01.2022, Бюл.№ 1</p>	<p>(72) Винахідник(и): Сокол Євген Іванович (UA), Коритченко Костянтин Володимирович (UA), Болух Володимир Федорович (UA), Буряковський Сергій Геннадійович (UA), Резинкін Олег Лук'янович (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002 (UA)</p> <p>(74) Представник: Лерантович Еліна Томашівна, реєстр. №285</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2143586 C1, 27.12.1999 WO 2016/151609 A1, 29.09.2016 RU 2162624 C1, 27.01.2001 US 2004/0124793 A1, 01.07.2004 US 2002/0008455 A1, 24.01.2002 WO 02/069364 A2, 06.09.2002 JP H08179066 A, 12.07.1996 RU 2040125 C1, 20.07.1995 RU 2119275 C1, 20.09.1998 UA 86388 C2, 27.04.2009</p>
---	---

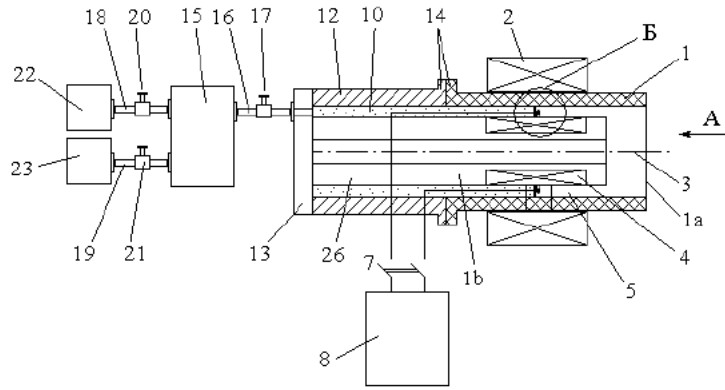
(54) ІМПУЛЬСНИЙ АКСІАЛЬНИЙ ІНДУКТИВНИЙ ПРИСКОРЮВАЧ ПЛАЗМОВОГО КІЛЬЦЯ В ПОВІТРЯНОМУ СЕРЕДОВИЩІ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ

(57) Реферат:

Винахід належить до плазмової техніки і до плазмових технологій, а більш конкретно стосується плазмових прискорювачів. Імпульсний аксіальний індуктивний прискорювач плазмового кільця в повітряному середовищі атмосферного тиску складається з коаксіально розташованих циліндричної напрямної труби, зовнішнього циліндричного магніту і системи термічної іонізації речовини до плазмового стану. Один з відкритих торців циліндричної напрямної труби знаходиться в повітряному середовищі, а на іншому її торці розташована система формування газового потоку. Усередині напрямної труби коаксіально розташовано внутрішній циліндричний магніт, який утворює з зовнішнім циліндричним магнітом магнітну систему, яка формує поперечну відносно осі напрямної труби компоненту індукції магнітного поля. Система термічної іонізації речовини складається з розташованого в зазорі між напрямною трубою і внутрішнім циліндричним магнітом електропровідного кільця, що переходить в плазмовий стан в результаті електричного вибуху. Система формування газового потоку складається з газодетонаційної труби, що закрита з одного з торців, і системи подачі газодетонаційного газу. Електропровідне кільце виконано у вигляді дроту, що складається з

UA 125075 C2

двох однакових частин, кінці яких з'єднані між собою і підключені за допомогою комутатора до високовольтного імпульсного накопичувача енергії, або у вигляді фольги у формі плоского диска, що обмежує вихід газодетонаційного газу з напрямної труби. Циліндричні електромагніти за допомогою комутатора підключені до імпульсного накопичувача енергії, а напрямна труба виконана з ізоляційного матеріалу. Технічним результатом винаходу є підвищення питомої потужності, простота в управлінні роботою, підвищення надійності, зменшення витрат під час виготовлення і експлуатації, зменшення габаритних розмірів.



Фиг. 1

Винахід відноситься до плазмової техніки і до плазмових технологій, а більш конкретно - до імпульсних плазмових прискорювачів.

Відомий імпульсний плазмовий прискорювач, що містить електроди (катод і анод), один з яких виконаний у вигляді мідного стрижня, а інший у вигляді пластини, тверду діелектричну робочу речовину, в якій відбувається абляція під дією електричного розряду, систему подачі робочої речовини в розрядний канал рейкового типу і систему ініціювання розряду [1]. Електроживлення електродів прискорювача здійснюється через струмопідводи від зовнішнього накопичувача енергії. Робота такого прискорювача здійснюється за низького тиску газу в прискорювальному каналі.

Відомий також імпульсний плазмовий прискорювач, який містить прискорювальний канал, утворений двома електродами, ізолятор, що розділяє їх і який є робочою речовиною, систему ініціювання розряду і ємнісний накопичувач енергії, що підключений до електродів через струмопровід. У даному прискорювачі як робоча речовина використовується тефлон [2].

Недоліком описаних плазмових прискорювачів є низька тягова ефективність і питома потужність, що обумовлено використанням тільки енергії, що запасається електричним полем для прискорення. Область застосування таких прискорювачів обмежується вакуумним середовищем, де досягається умова перевищення електромагнітного тиску над газодинамічним. Також ефективність таких прискорювачів обмежується тривалим процесом створення робочої речовини через обмежену швидкість випаровування тефлону і нерівномірним його випаровуванням.

Відомий плазмовий прискорювач, який містить електроди (катод і анод), що з'єднані через омичне і індуктивне навантаження з ємнісним накопичувачем енергії, торцевий керамічний ізолятор, який розділяє електроди і діелектричні шашки, що виконані з матеріалу, в якому відбувається абляція. При цьому шашки встановлені між електродами [3]. Накопичувач енергії підключено до електродів через тонкі струмопроводи. Стінки розрядного каналу утворені поверхнями електродів і діелектричних шашок. Електроди в плазмовому прискорювачі виконані у формі пластин. Пристрій ініціювання розряду розташований у поглибленні, виконаному в торцевому ізоляторі. Діелектричні шашки виконані з можливістю переміщення в напрямку до середньої лінії розрядного каналу за допомогою пружинного штовхача.

Прискорення плазми в розрядному каналі плазмового прискорювача здійснюється наступним чином. На електроди пристрою ініціювання розряду подається короткий високовольтний імпульс від блока ініціювання розряду. У результаті поверхневого пробою утворюється плазмовий згусток, який коротить електроди прискорювача в поглибленні торцевого ізолятора, в якому формується електричний розряд дугового типу. Робоча речовина, що випаровується з поверхні діелектричних шашок променистою енергією розряду, іонізується і прискорюється під дією електромагнітних сил і газодинамічного тиску.

У даному прискорювачі досягнуто більш рівномірного створення робочого тіла в прискорювальному каналі в результаті випаровування тефлону. Також підвищено ефективність прискорення за рахунок використання як електромагнітних сил, так і газодинамічного тиску.

Однак недоліки щодо низької питомої потужності через використання тільки електричної енергії для створення електромагнітних і газодинамічних сил, наявність обмеження в області застосування прискорювача, пов'язані з низьким тиском газу, залишилися не вирішеними.

Відомий імпульсний плазмовий прискорювач, який містить циліндричний електромагніт, що забезпечує термічну іонізацію речовини до плазмового стану і подальше прискорення плазми у вигляді кільця під дією електромагнітних сил [4]. При цьому вісь симетрії плазмового кільця співпадає з віссю циліндричного магніту.

Формування та прискорення плазми в зазначеному плазмовому прискорювачі здійснюється наступним чином. До циліндричного електромагніта, що виконано у вигляді плоскої котушки, підключається потужний генератор струму високої частоти. У газі, що знаходиться над поверхнею котушки, під дією змінного магнітного поля котушки індуктується вихровий струм. Під дією індукваного в газі струму відбувається його нагрівання і термічна іонізація. Конфігурація магнітного поля котушки забезпечує формування плазми в формі кільця, вісь симетрії якого суміщена з віссю котушки. У процесі термічної іонізації відбувається зростання електричної провідності газу і, відповідно, зростання розрядного струму в плазмі. Взаємодія струму котушки з індукованим вихровим струмом призводить до появи електродинамічної сили. Під дією цієї сили відбувається аксіальне прискорення плазми у формі кільця.

Відомий пристрій має просту конструкцію. Однак цей пристрій не може працювати в газі атмосферного тиску. Це пов'язано з індукуванням низької напруженості електричного поля, якої недостатньо для пробою газу атмосферного тиску. Крім того, при цьому забезпечуються

відносно невисокі величини прискорення плазми, оскільки використовуються тільки електродинамічні сили.

Найбільш близьким за технічною суттю є пристрій створення і прискорення плазми, що складається з циліндричної напрямної труби, зовнішнього порожнистого циліндричного магніту і системи термічної іонізації речовини до плазмового стану [5]. При цьому, зазначені труба і магніт розташовані коаксіально відносно один одного. Один з торців зазначеної циліндричної труби є відкритим і знаходиться в повітряному середовищі. На іншому торці циліндричної труби розташована система формування газового потоку, яка виконана у вигляді газотурбінного двигуна. Система термічної іонізації речовини до плазмового стану складається з розрядних електродів, що розташовані усередині напрямної труби, і індукційного нагрівача плазми. Робочим елементом індукційного нагрівача є електромагнітна котушка, що охоплює напрямну трубу, і забезпечує формування плазми всередині напрямної труби у вигляді кільця, вісь якого співпадає з віссю напрямної труби.

У цьому пристрої за рахунок газотурбінного двигуна формується нагрітий газовий потік, який далі спрямовується в циліндричну трубу. Температура газового потоку сягає більше ніж 1000 °С. Нагрітий газ в цьому стані є слабоіонізованим і, відповідно, має високий електричний опір. Оскільки в такому стані газ прискорюється електромагнітними силами неефективно, він направляється в систему термічної іонізації речовини до плазмового стану. У цій системі газ спочатку підігрівають дуговими розрядами, які реалізуються розрядними електродами, що розташовані всередині напрямної труби. Дуговий розряд забезпечує нагрівання газу до високої температури, як правило до 5000-10000 °С, але тільки в області горіння дуги. Тому далі нерівномірно нагрітий газ надходить в область дії індукційного нагрівача, де під дією індуктованих вихрових струмів відбувається формування плазми в формі кільця. За рахунок того, що робочий елемент індукційного нагрівача розташовано коаксіально з циліндричною трубою, то вісь кільцевої плазми, що формується, суміщена з віссю напрямної труби. Далі в потоці газу кільцева плазма зміщується в область дії магніту. Під дією імпульсних магнітних полів, що по чергово створюються магнітами, які розташовані вздовж циліндричної напрямної труби, відбувається подальше прискорення іонізованого плазмового утворення електромагнітними силами.

У цьому пристрої досягається висока питома потужність за рахунок комбінованого використання хімічної енергії згорання палива і енергії електромагнітного поля. У цьому пристрої також забезпечено високу ефективність електромагнітного прискорення газового потоку за рахунок використання системи термічної іонізації речовини до плазмового стану, що працює в газі атмосферного тиску.

Проте відомий пристрій недоцільно використовувати в імпульсному режимі, так як газотурбінний двигун не може працювати в такому режимі. Також даний пристрій має складну конструкцію через наявність газотурбінного двигуна для формування газового потоку, технічно складної системи електророзрядного та індукційного нагрівачів для формування плазми у вигляді кільця. В імпульсному режимі виникають труднощі в синхронізації імпульсного потоку газу з часом включення і виключення системи термічної іонізації.

Крім того, в цьому пристрої використовується складна система управління прискорення іонізованого плазмового утворення, що використовує по чергове включення магнітів, які розташовані уздовж циліндричної напрямної труби. При цьому моменти включення магнітів повинні бути строго синхронізованими зі швидкістю руху плазмового утворення.

Задачею запропонованого винаходу є створення імпульсного аксіального індуктивного прискорювача плазмового кільця в повітряному середовищі атмосферного тиску, в якому забезпечується підвищення питомої потужності, простота в управлінні роботою, підвищення надійності, зменшення витрат під час виготовлення і експлуатації, зменшення габаритних розмірів.

Поставлена задача вирішується тим, що в імпульсному аксіальному індуктивному прискорювачі плазмового кільця в повітряному середовищі атмосферного тиску, що складається з коаксіально розташованих циліндричної напрямної труби, зовнішнього циліндричного магніту і системи термічної іонізації речовини до плазмового стану, один з відкритих торців циліндричної напрямної труби знаходиться в повітряному середовищі, а на іншому її торці розташована система формування газового потоку, зовнішній циліндричний магніт охоплює напрямну трубу, а система термічної іонізації речовини до плазмового стану розташована всередині напрямної труби і формує плазму в формі кільця, вісь якого суміщена з віссю напрямної труби, згідно з винаходом, що пропонується, всередині напрямної труби коаксіально розташовано внутрішній циліндричний магніт, який утворює з зовнішнім циліндричним магнітом магнітну систему, яка формує поперечну відносно осі напрямної труби

компоненту індукції магнітного поля, система термічної іонізації речовини складається з розташованого в зазорі між напрямною трубою і внутрішнім циліндричним магнітом електропровідного кільця, що переходить в плазмовий стан в результаті електричного вибуху, система формування газового потоку складається з газодетонаційної труби, закритої з одного

5

з торців, і системи подачі газодетонаційного газу.
Крім того, циліндричні магніти виконані у вигляді висококоерцитивних постійних магнітів.

Крім того, циліндричні магніти виконані у вигляді електромагнітів, що підключаються до джерела живлення.

10

Крім того, електропровідне кільце виконано у вигляді дроту, що складається з двох однакових частин, кінці яких з'єднані між собою і підключені за допомогою комутатора до високовольтного імпульсного накопичувача енергії.

Крім того, електропровідне кільце виконано у вигляді фольги у формі плоского диска, що обмежує вихід газодетонаційного газу з напрямної труби.

15

Крім того, внутрішній циліндричний магніт встановлено на внутрішній циліндричній напрямній трубі, яка прикріплена до закритого торця газодетонаційної труби.

Крім того, газодетонаційна труба виконана з матеріалу підвищеної міцності і коаксіально розташована з циліндричною напрямною трубою.

Крім того, до закритого торця газодетонаційної труби за допомогою швидкодіючого клапана приєднана ємність з газодетонаційним газом підвищеного тиску.

20

Крім того, циліндричні електромагніти за допомогою комутатора підключені до імпульсного накопичувача енергії, а напрямна труба виконана з ізоляційного матеріалу.

Крім того, електропровідне кільце у вигляді дроту з'єднане з фольгою, яка виконана з діелектричного матеріалу та яка обмежує вихід газодетонаційного газу з напрямної труби.

25

Крім того, джерело живлення електромагнітів є імпульсним накопичувачем енергії.

Внутрішній циліндричний магніт спільно з зовнішнім циліндричним магнітом утворює магнітну систему, яка формує поперечну компоненту індукції магнітного поля відносно осі напрямної труби. Ця магнітна система дозволяє індукувати в рухомому плазмовому кільці вихровий струм, що збільшує час існування плазмового утворення та відстань вильоту з напрямної труби. За рахунок магнітної системи здійснюється збільшення магнітної енергії у плазмовому кільці, що прискорюється.

30

Підвищення питомої потужності прискорювача досягається за рахунок імпульсного режиму роботи і одночасного підведення до плазмового кільця кількох видів енергій, а саме електричної енергії, що забезпечує вибух електропровідного кільця, кінетичної енергії газодетонаційного газу, що забезпечує підвищення швидкості, і електромагнітної енергії від магнітної системи, що забезпечує збільшення енергії магнітного поля в плазмовому кільці.

35

У порівнянні з прототипом простота в управлінні роботою досягається за рахунок відсутності спеціальної системи синхронізації між вказаними вище підводами енергій. Під час пуску прискорювача здійснюється підведення електричної енергії до електропровідного кільця, що викликає його вибух, внаслідок цього відбувається детонація газу, який прискорює плазмове кільце через магнітне поле магнітної системи, що збільшує в ньому енергію магнітного поля.

40

Для надійної фіксації внутрішній циліндричний магніт встановлено на внутрішній циліндричній напрямній трубі, яка прикріплена до закритого торця газодетонаційної труби, що робить конструкцію пристрою механічно надійною.

45

Якщо циліндричні магніти виконані у вигляді висококоерцитивних постійних магнітів, то витрати енергії на них відсутні.

Якщо циліндричні магніти виконані у вигляді електромагнітів, то джерело живлення може бути постійного або змінного струму. Однак, більш доцільним є виконання джерела живлення у вигляді імпульсного накопичувача енергії, наприклад, ємнісного. У разі підключення електромагнітів за допомогою комутатора до імпульсного накопичувача енергії за рахунок імпульсного режиму можливо багаторазово збільшувати в них густину струму, а значить і величину індукції магнітного поля, які недосяжні у разі тривалого режиму роботи. При цьому напрямна труба для проникнення магнітного поля повинна бути виконана з ізоляційного матеріалу. Імпульсне магнітне поле індукує в електропровідному кільці вихровий струм високої густини, що призводить до його електричного вибуху і переходу в плазмовий стан. Цей процес буде особливо ефективний, якщо електропровідне кільце виконано у вигляді фольги у формі плоского диска. За рахунок короткочасного імпульсного режиму роботи, що чергується з тривалою паузою, загальні витрати енергії на магнітну систему невисокі.

50

55

60

У зазорі між напрямною трубою і внутрішнім циліндричним магнітом розташоване електропровідне кільце, вісь якого суміщена з віссю напрямної труби. Це кільце може бути виконане у вигляді дроту, що складається з двох однакових частин, кінці яких з'єднані між собою

і підключені за допомогою комутатора до високовольтного імпульсного накопичувача енергії. Під час розряду імпульсного накопичувача енергії, наприклад ємнісного, відбувається електричний вибух дроту, який переводить його в плазмовий стан. За рахунок того, що кінці частин кільця з'єднані між собою, то в них в результаті переміщення крізь магнітне поле магнітної системи індукуються коловий вихровий струм. В утвореному плазмовому кільці вісь суміщена з віссю напрямної труби.

Система формування газового потоку складається з газодетонаційної труби, що закрита з одного з торців, і системи подачі газодетонаційного газу. До закритого торця газодетонаційної труби за допомогою швидкодіючого клапана приєднана ємність з газодетонаційним газом підвищеного тиску. Тому під час відкриття клапана газ надходить з ємності в газодетонаційну трубу без додаткових наддувів компресором або турбіною. Газодетонаційна труба виконана з матеріалу підвищеної міцності, наприклад нержавіючої сталі, що підвищує надійність пристрою, і коаксіально розташована з циліндричною напрямною трубою, що робить конструкцію технологічною при виготовленні і експлуатації. Газодетонаційна і напрямна труби легко з'єднуються між собою за допомогою фланців.

Якщо електропровідне кільце виконано у вигляді дроту, що з'єднано фольгою із діелектричного матеріалу, то при цьому зазначена фольга обмежує вихід газодетонаційного газу з напрямної труби через відкритий торець. Якщо електропровідне кільце виконано у вигляді фольги в формі плоского диска, то своєю формою вказаний диск обмежує вихід газодетонаційного газу із напрямної труби.

Таким чином, підвищення надійності, зниження витрат і зменшення габаритних розмірів пристрою досягається за рахунок відсутності складних механічних, електронних і електромагнітних пристроїв, наприклад, турбіни і її приводного двигуна і більш простішої магнітної системи. За рахунок імпульсного режиму роботи і відсутності складних пристроїв знижуються енерговитрати на експлуатацію.

Винахід пояснюється кресленнями.

На фіг. 1 схематично представлено імпульсний аксіальний індуктивний прискорювач плазмового кільця в повітряному середовищі атмосферного тиску, у якому електропровідне кільце виконано у вигляді дроту;

на фіг. 2 - схематично представлено імпульсний аксіальний індуктивний прискорювач плазмового кільця в повітряному середовищі атмосферного тиску, у якому електропровідне кільце виконано у вигляді фольги у формі плоского диска;

на фіг. 3 - електропровідне кільце у вигляді дроту, що складається з двох однакових частин, кінці яких з'єднані між собою;

на фіг. 4 - вигляд А на фіг. 1;

на фіг. 5 - вигляд Б на фіг. 1 (дріт показано штриховою лінією).

Імпульсний аксіальний індуктивний прискорювач плазмового кільця в повітряному середовищі атмосферного тиску складається з циліндричної напрямної труби 1, зовнішнього циліндричного магніту 2 і системи термічної іонізації речовини до плазмового стану, які коаксіально розташовані уздовж осі 3.

Один з торців 1а циліндричної напрямної труби 1 є відкритим і знаходиться в повітряному середовищі, а на іншому її торці 1б розташована система формування газового потоку. Зовнішній циліндричний магніт 2 охоплює напрямну трубу 1. Система термічної іонізації речовини до плазмового стану розташована всередині напрямної труби 1. Труба 1 виконана з ізоляційного матеріалу, наприклад, із склотекстоліту.

Усередині напрямної труби 1 коаксіально розташовано внутрішній циліндричний магніт 4, який утворює з зовнішнім циліндричним магнітом магнітну систему, яка формує поперечну по відношенню до осі 3 компоненту індукції магнітного поля.

Система термічної іонізації речовини складається, щонайменше, з електропровідного кільця, яке розташовано в зазорі 5 між напрямною трубою 1 і внутрішнім циліндричним магнітом 4. На фіг. 3 - фіг. 5 електропровідне кільце виконано у вигляді дроту 6, та яке складається з двох однакових частин 6а та 6б, кінці 6с яких з'єднані між собою і підключені через комутатор 7 до високовольтного імпульсного накопичувача енергії 8. Дріт 6 з'єднано з фольгою 9 із діелектричного матеріалу, який обмежує вихід газодетонаційного газу 10 із напрямної труби 1 (фіг.5).

На фіг. 2 електропровідне кільце виконано у вигляді фольги 11 в формі плоского диска, що обмежує вихід газодетонаційного газу 10 з напрямної труби 1.

Система формування газового потоку складається з газодетонаційної труби 12, яка закрита торцевою стінкою 13 з одного з торців, і системи подачі газодетонаційного газу 10. Газодетонаційна труба 12 коаксіально розташована і з'єднана з напрямною трубою 1 за

допомогою з'єднувальних фланців 14. Газодетонаційна труба 12 виконана з матеріалу підвищеної міцності, наприклад з нержавіючої сталі.

Система подачі газодетонаційного газу 10 складається з ємності 15 для газодетонаційного газу 10 підвищеного тиску, яка через трубопровід 16 і клапан 17 приєднана до торцевої стінки 13 газодетонаційної труби 12. До ємності 15 за допомогою трубопроводів 18 і 19, на яких встановлені клапани, відповідно 20 і 21 під'єднані ємність 22 зі стисненим газом і ємність з окислювачем 23, наприклад киснем.

Зовнішній 2 і внутрішній 4 циліндричні магніти можуть бути виготовлені у вигляді високоерцитивних постійних магнітів, наприклад, Nd₂Fe₁₄B, SmCo₅ або Sm₂Co₁₇ (фіг. 1). Зовнішній 2 і внутрішній 4 циліндричні магніти можуть бути виконані у вигляді електромагнітів, які через комутатор 24 підключаються до джерела живлення 25 (фіг. 2). Це джерело живлення може бути змінного струму високої частоти або імпульсним, наприклад, ємнісним накопичувачем енергії.

Внутрішній циліндричний магніт 4 встановлено на внутрішній циліндричній напрямній трубі 26, яка прикріплена до торцевої стінки 13 газодетонаційної труби 12.

Імпульсний аксіальний індуктивний прискорювач плазмового кільця в повітряному середовищі атмосферного тиску працює наступним чином.

Відкриваються клапани 20 і 21 через трубопроводи 18 і 19 з ємностей 22 і 23 стиснений горючий газ і окислювач подаються в ємність 15, утворюючи газодетонаційний газ 10 (фіг. 1). Після цього відкривають клапан 17 і через трубопровід 16 газодетонаційний газ 10 підвищеного тиску надходить в газодетонаційну 12 і в напрямну 1 труби. Клапани 20, 21 і 17 закривають.

За рахунок наявності фольги 9 з діелектричного матеріалу (фіг. 1) і електропровідної фольги 11 в формі плоского диска (фіг. 2) підвищується густина газодетонаційного газу 10 в газодетонаційній 12 і напрямних 1 трубах, перешкоджаючи його виходу в навколишнє повітряне середовище через відкритий торець 1а циліндричної напрямної труби 1.

Відразу ж після цього замикають комутатор 7, і високовольтний імпульсний накопичувач енергії 8 підключається до дроту 6 в формі кільця (фіг. 1). Відбувається при цьому електричний вибух, який переводить дріт в плазмовий стан в формі кільця, вісь якого поєднана з віссю напрямної труби 1. Під час вибуху дроту 6 відбувається детонація газодетонаційного газу 10 підвищеної густини. Внаслідок цього газ з високою швидкістю витікає через газодетонаційну трубу 12, з'єднувальні фланці 14 і напрямну трубу 1 в напрямку її відкритого торця 1а. Цей газовий потік прискорює плазмове створення в формі кільця в зазорі 5 між напрямною трубою 1 її внутрішнім циліндричним магнітом 4 у цьому ж напрямку.

Під час руху плазмового кільця перетинає поперечну відносно осі 3 компоненту індукції магнітного поля. У плазмовому кільці індукується вихровий струм, який додатково розігріває плазмове кільце і збільшує в ньому енергію магнітного поля. Внаслідок цього плазмове кільце, що має високу питому потужність, з високою швидкістю вилітає з напрямної труби 1 на значну відстань.

За умови виконання зовнішнього 2 та внутрішнього 4 циліндричних магнітів у вигляді електромагнітів після наповнення газодетонаційної 12 і напрямної 1 труб газодетонаційним газом 10 замикають комутатор 24 (фіг. 2). Імпульсне або високочастотне джерело живлення 25 збуджує в електропровідній фользі 11 в формі плоского диска вихровий струм високої густини. Внаслідок чого електричний вибух переводить фольгу 11 в плазмовий стан у формі кільця з наступною детонацією газу 10 і переміщенням його в напрямку відкритого торця 1а циліндричної напрямної труби 1.

Таким чином, запропонований аксіальний індуктивний прискорювач плазмового кільця в повітряному середовищі атмосферного тиску забезпечує підвищення питомої потужності, простоту в управлінні роботою, високу надійність, низькі витрати матеріальних ресурсів під час виготовлення і низькі витрати енергоресурсів під час експлуатації, малі габаритні розміри.

Джерела інформації:

1. Rudikov A.I., Atnopov N.N., Popov G.A. Pulsedplasmathrusteroferosiontypefor a geostationaryartificialearthsatellite // 44th CongressoftheInternationalAstronauticalFederation, IAF-93-S.5.487, Graz, Austria: IAF, °C-tober 16-22, 1993.
2. Gregory G. Spanjersetal. Investigationofpropellantinefficienciesin a pulsedplasmathruster // AIAA-96-2723, 32nd JPC, LakeBuena Vista, FL, USA: AIAA / ASME / SAE / ASEE, July 1-3, 1996...
3. Пат RU 2143586 C1, МПК F03H1 /00, H05H1/54, опубл. 27.12.1999.
4. Polzin K.A., Choueiri E.Y. Performance Optimization Criteria for Pulsed Inductive Plasma Acceleration // IEEE Transactions on plasma science, Vol. 34, no. June 2006, P. 945-953.
5. International Publication Number WO 2016/151609. Plasma propulsion system and method. - Publication 29.09.2016. Int. Pat. Clas. H05H 1/54, F02K 3/00, F03H 1/00.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- 5 1. Імпульсний аксіальний індуктивний прискорювач плазмового кільця в повітряному середовищі атмосферного тиску, що складається з коаксіально розташованих циліндричної напрямної труби, зовнішнього порожнистого циліндричного магніту і системи термічної іонізації речовини до плазмового стану, при цьому один з відкритих торців циліндричної напрямної труби знаходиться в повітряному середовищі, а на іншому її торці розташована система формування газового потоку, зовнішній циліндричний магніт охоплює напрямну трубу, а система термічної іонізації речовини до плазмового стану розташована всередині напрямної труби і формує плазму в формі кільця, вісь симетрії якого поєднана з віссю напрямної труби, який **відрізняється** тим, що всередині напрямної труби коаксіально розташовано внутрішній циліндричний магніт, який утворює з зовнішнім циліндричним магнітом магнітну систему, яка формує поперечну відносно осі напрямної труби компоненту індукції магнітного поля, система термічної іонізації речовини складається з розташованого в зазорі між напрямною трубою і внутрішнім циліндричним магнітом електропровідного кільця, що переходить в плазмовий стан у результаті електричного вибуху, вісь якого суміщена з віссю напрямної труби, система формування газового потоку складається з газодетонаційної труби, що закрита з одного з торців, і системи подачі газодетонаційного газу.
- 10 2. Імпульсний аксіальний індуктивний прискорювач за п. 1, який **відрізняється** тим, що циліндричні магніти виконані у вигляді висококоерцитивних постійних магнітів.
3. Імпульсний аксіальний індуктивний прискорювач за п. 1, який **відрізняється** тим, що циліндричні магніти виконані у вигляді електромагнітів, що підключаються за допомогою комутатора до джерела живлення.
- 15 4. Імпульсний аксіальний індуктивний прискорювач за п. 1, який **відрізняється** тим, що електропровідне кільце виконано у вигляді дроту, що складається з двох однакових частин, кінці яких з'єднані між собою і підключені за допомогою комутатора до високовольтного імпульсного накопичувача енергії.
- 20 5. Імпульсний аксіальний індуктивний прискорювач за п. 1, який **відрізняється** тим, що електропровідне кільце виконано з фольги у формі плоского диска, що обмежує вихід газодетонаційного газу з напрямної труби.
6. Імпульсний аксіальний індуктивний прискорювач за п. 1, який **відрізняється** тим, що внутрішній циліндричний магніт встановлено на внутрішній циліндричній напрямній трубі, що прикріплена до закритого торця газодетонаційної труби.
- 25 7. Імпульсний аксіальний індуктивний прискорювач за п. 1, який **відрізняється** тим, що газодетонаційна труба виконана з матеріалу підвищеної міцності і коаксіально розташована з циліндричною напрямною трубою.
8. Імпульсний аксіальний індуктивний прискорювач за п. 1, який **відрізняється** тим, що до закритого торця газодетонаційної труби за допомогою швидкодіючого клапана приєднана ємність з газодетонаційним газом підвищеного тиску.
- 30 9. Імпульсний аксіальний індуктивний прискорювач за п. 3, який **відрізняється** тим, що циліндричні електромагніти за допомогою комутатора підключені до імпульсного накопичувача енергії, а напрямна труба виконана з ізоляційного матеріалу.
10. Імпульсний аксіальний індуктивний прискорювач за п. 4, який **відрізняється** тим, що електропровідне кільце у вигляді дроту з'єднане з фольгою з діелектричного матеріалу, який обмежує вихід газодетонаційного газу з напрямної труби.
- 35 11. Імпульсний аксіальний індуктивний прискорювач за п. 3, який **відрізняється** тим, що джерело живлення електромагнітів є імпульсним накопичувачем енергії.

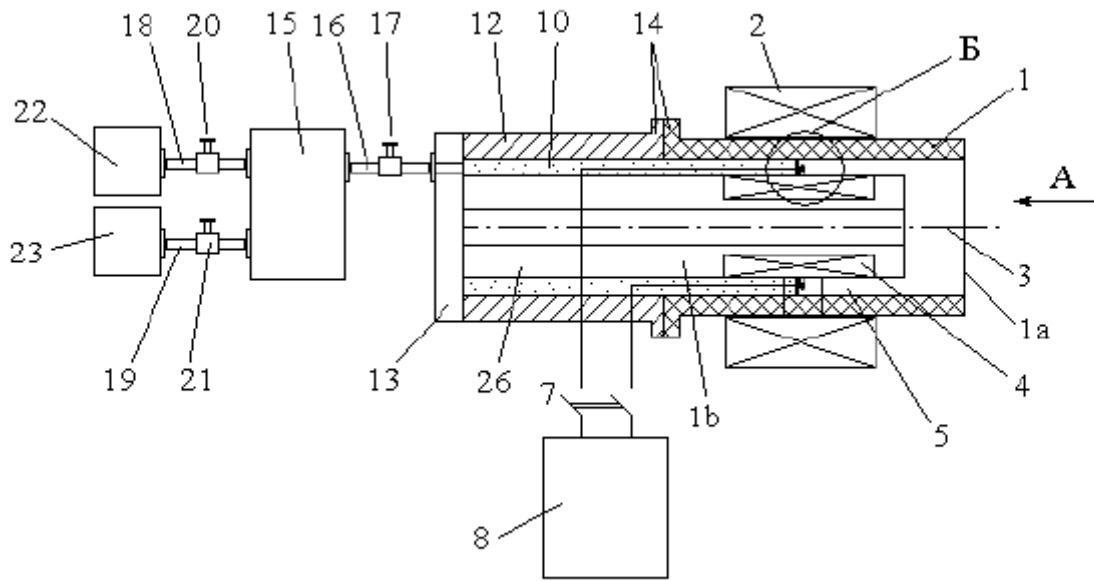


Fig. 1

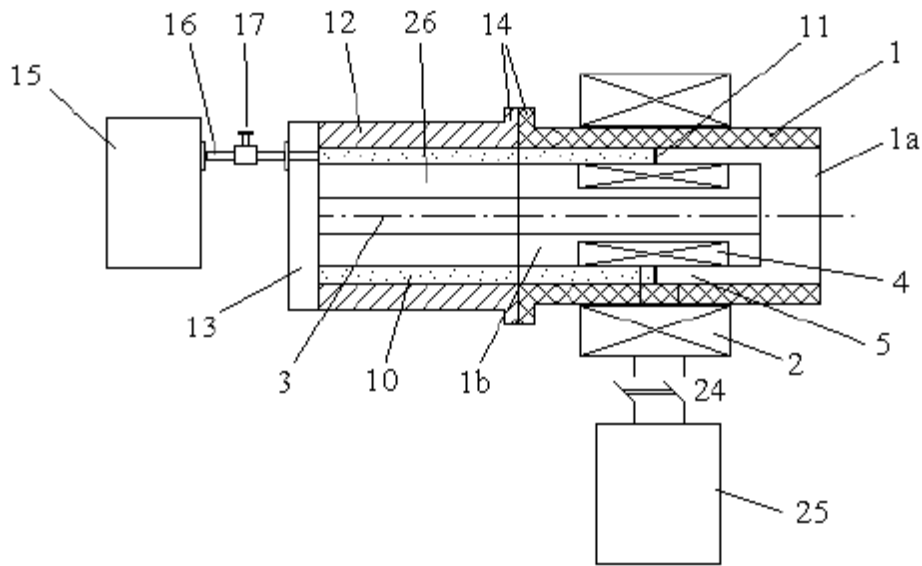


Fig. 2

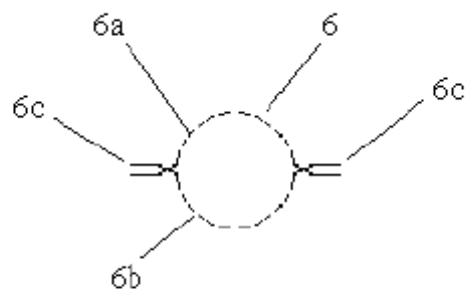


Fig. 3

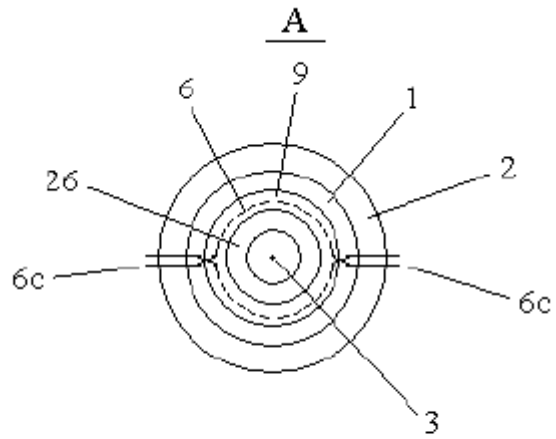


Fig. 4

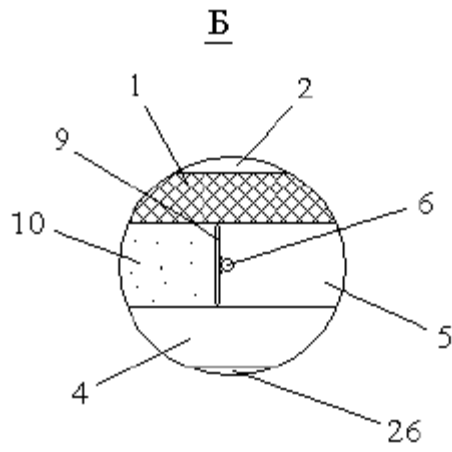


Fig. 5