



УКРАЇНА

(19) UA (11) 49383 (13) U
(51) МПК (2009)
H01T 13/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) КЕРОВАНІЙ СИЛЬНОСТРУМОВИЙ КОМУТАТОР

1

2

(21) u200911901

(22) 20.11.2009

(24) 26.04.2010

(46) 26.04.2010, Бюл.№ 8, 2010 р.

(72) ЧУМАКОВ ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, СТОЛЯРЧУК ОЛЕКСАНДР ВАЛЕНТИНОВИЧ, КОНЯХІН ГРИГОРІЙ ФАТЄЄВИЧ, ОСТРИЖНИЙ МИХАЙЛО ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(73) ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

(57) Сильнострумовий комутатор, що складається із двох основних електродів, допоміжного електрода керування, який **відрізняється** тим, що в одному з основних електродів по його центральній

осі виконана плазмова пушка у вигляді наскрізної порожньої циліндричної камери, усередині якої встановлений циліндричний допоміжний електрод керування, відділений ізолятором від корпуса основного електрода, причому торець наскрізної порожньої циліндричної камери, що сполучений з розрядним проміжком між двома електродами, виконаний у вигляді конічного сопла з кутом розкриття φ конуса в межах $30^\circ > \varphi > 0^\circ$, а основний електрод та встановлений у ньому циліндричний допоміжний електрод керування з'єднані за допомогою джерела напруги.

Пропонована корисна модель відноситься до області прискорювальної техніки і може бути використана для комутації високовольтних сильнострумових кіл.

Відомий пристрій запалювання розряду, що має вроблений в ізоляційний блок перший електрод. Блок обмежує оточуючу кінець цього електроду порожнину для плазми. З блоком межує другий електрод, частини якого закриває порожнину (ФРН, пат. №3015672, МПК НОТ1Т13/54).

Недоліком відомого пристрою є залежність надійності запалення розряду від швидкості протікання газообмінних процесів. Це приводить до збою в роботі відомого пристрою.

Відомий тип плазмового перемикача, що забезпечує модуляцію добротності накопичувального резонатора потужного СВЧ компресора, що має високу електричну міцність на всіх стадіях роботи компресора (Вихарев А.Л., Горбачев А.М., Иванов О.А. и др. Плазменный переключатель для мощных СВЧ-компрессоров сантиметрового диапазона // Письма в ЖТФ, 2007. - Т.33. - Вып. 18. - С.54-60). Накопичення енергії в компресорі з таким перемикачем відбувається на моді ТЕ02, а вивід енергії - на моді ТЕ01. Принцип дії перемикача заснований на різкому збільшенні коефіцієнта трансформації мод ТЕ02-ТЕ01 під час створення плазми в розміщеному у перемикачі керованому газовому розряднику.

Недоліком цього перемикача є зростання в ньому напруженості електричного поля на стадії виводу енергії з компресора. У результаті на поверхні газорозрядних трубок може виникнути мультіпакторний розряд, що приводить до обмеження тривалості і амплітуди стислого імпульсу.

Відомий 4-х-контактний тригатрон на напругу 400кВ і струм, що комутується, до 280кА (Бойко Н.М., Евдошенко Л.С., Зарочинцев А.И. и др. Тригатроны на рабочее напряжение до 1МВ с наносекундным временем срабатывания, <http://www.ied.org.ua/anted/anr109.s.7html>). Відмінними рисами запропонованого тригатрона є розміщення керуючого електрода у високовольтному основному електроді позитивної полярності, причому керуючий імпульс має також позитивну полярність, і наявність металевого захисного екрана в розрядній камері тригатрона.

Недоліком відомого пристрою є його конструктивна складність.

Найбільш близьким до технічного рішення, на яке подається заявка, є пристрій, що опубліковано у роботі (<http://www.rustechgroup.ru/rus/rg-descr.htm>). Відомий пристрій складається із двох основних електродів, допоміжного електрода керування, з'єданого із джерелом напруги й встановленого на екіпотенціальній поверхні між одновимовими основними електродами.

(19) UA (11) 49383 (13) U

Робота відомого пристрою відбувається таким чином. При подачі на допоміжний електрод висковольтного імпульсу керування пробивається газовий проміжок між допоміжним і основним електродами, після чого вся робоча напруга виявляється такою, що прикладена до іншого розрядного проміжку між основними електродами, що викликає його пробій і замикання розрядника (комутатора).

Недоліками відомого пристрою, узятим як прототип, є порівняно мала його швидкодія, так як створюється два розрядних проміжки, недостатня стабільність амплітудних і часових параметрів у замкнутому діапазоні електричних величин.

В основу корисної моделі поставлене завдання вдосконалити сильнострумовий комутатор шляхом упорскування в розрядний проміжок електронів з плазмової пушки, що дозволяє збільшити швидкодію роботи комутатора, підвищити стабільність амплітудних і часових параметрів у заданому діапазоні електричних величин.

Поставлене завдання вирішується тим, що в сильнострумовому комутаторі, який складається із двох основних електродів, допоміжного електрода керування, в одному з основних електродів по його центральній осі виконана плазмова пушка у вигляді наскрізної порожньої циліндричної камери, усередині якої встановлений циліндричний допоміжний електрод керування, що відділений ізолятором від корпусу основного електрода, причому, торець наскрізної порожньої циліндричної камери, який сполучається з розрядним проміжком між двома основними електродами, виконано у вигляді конічного сопла з кутом розкриття φ конуса у межах $30^\circ > \varphi > 0^\circ$, а основний електрод і встановлений у ньому циліндричний допоміжний електрод керування з'єднані за допомогою джерела напруги.

Таким чином, введення у пристрій плазмової пушки у вигляді наскрізної порожньої циліндричної камери, усередині якої встановлений циліндричний допоміжний електрод керування, відділений від корпусу основного електрода ізолятором, і виконання торця плазмової пушки у вигляді конічного сопла з кутом розкриття φ конуса в межах $30^\circ > \varphi > 0^\circ$ дозволяє збільшити швидкодію комутатора й підвищити стабільність амплітуди часових параметрів у заданому діапазоні електричних величин.

Сутність пропонованого сильнострумового комутатора пояснюється Фіг.1, на якій представлена структурна схема пристрою. Пропоноване технічне рішення складається із двох основних електродів 1 і 2, плазмової пушки 3 з конічним соплом 4, циліндричного допоміжного електрода керування 6, з'єданого з основним електродом 2 за допомогою джерела напруги 8 і відділеного ізолятором 7 від корпусу основного електрода 2. Цифрою 5 позначений розрядний проміжок між основними електродами 1 і 2.

Робота сильнострумового комутатора відбувається таким чином. Джерелом первинної іонізації комутатора служить плазмова пушка 3, усередині якої встановлений циліндричний допоміжний електрод керування 6. Плазмова пушка являє собою циліндричну камеру, що закінчується конічним соплом 4, у якому при подачі напруги між електро-

дами 2 і 6 від джерела живлення 8, виникає іскровий розряд. У результаті цього створюється надлишковий тиск, що виштовхує плазму розряду із циліндричної камери 3 у розрядний проміжок 5 зі швидкістю, що є достатньою для перекриття розрядного проміжку 5 між основними електродами 1 і 2. Для збільшення швидкості спрацьовування комутатора торець циліндричної камери 3 виконаний у вигляді конічного сопла 4 з кутом розкриття конуса в межах $30^\circ > \varphi > 0^\circ$.

Для доказу ефективної роботи пропонованого потужнострумного комутатора наведемо результати експериментальних досліджень із макетом комутатора, проведених авторами (Чумаков В.И., Волколупов Ю.Я., Столярчук А.В. и др. Экспериментальные исследования процессов в сильноточном разряднике с плазменной пушкой // Радиотехника. Всеукр. межвед. науч.-техн. сб., 2003. - Вып.132. - С.94-97.).

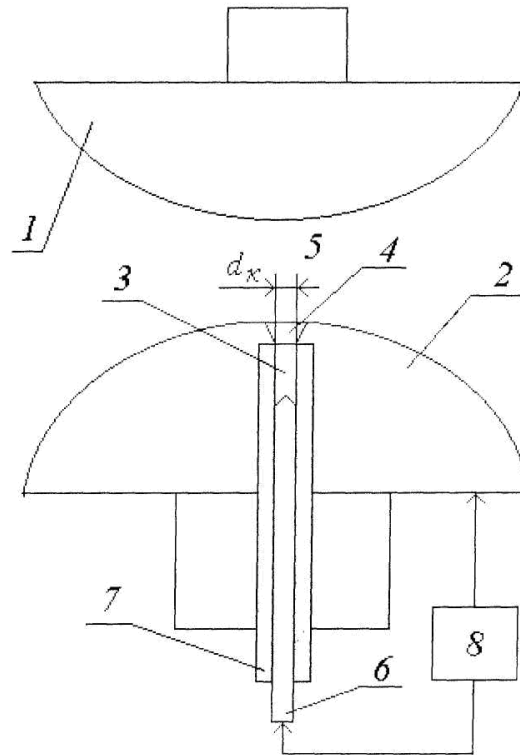
В експерименті залежність розрядного струму ємнісного накопичувача $C=100\text{мкФ}$ від напруги на розрядному проміжку при різних величинах розрядного проміжку $\Delta=8\text{мм}, 12\text{мм}, 16\text{мм}$ виявилися лінійними. Розряд мав коливальну форму з декрементом загасання $\delta=2,2$ (Фіг.2, масштаб: а, в- 20мкс/см , 10кА/см ; с- 20мкс/см , $1,5\text{кВ/см}$, 25кА/см . Імпульсна напруга підпалу $U_n=20\text{кВ}$ при діаметрі циліндричної камери $d_k=1\text{мм}$ дозволяла впевнено комутувати робочу напругу $U_{\text{роб}} \geq 1\text{кВ}$ (діапазон зміни робочої напруги $1...5\text{кВ}$). Енергія, що вкладена у розряд плазмової камери, становила 5Дж . Як вимірник струму й напруги використовувалися пояс Роговського й резистивно-ємнісний дільник. Осцилограми напруги на розрядному проміжку показують наявність у точці переходу через нуль різких кидків напруги, викликаних розривами розрядного проміжку внаслідок припинення струму (запізнювання імпульсів струму через диференціювання поясом Роговського враховувалося при обробці осцилограм). У ці моменти виникало випромінювання коротких імпульсів, що було зареєстровано датчиком, який працює в діапазоні дециметрових хвиль.

Візуалізація розрядів проводилася фотографуванням через оптичні фільтри з наступною комп'ютерною обробкою фотографій за методикою, що описана в роботах (Чумаков В.И., Волколупов Ю.Я., Острижной М.А. и др. Некоторые результаты визуальных исследований излучения магнито-плазменного компрессора в атмосфере // Журнал технической физики. 2001, том 71, вып.8. С. 112-116., Чумаков В.И., Волколупов Ю.Я., Столярчук А.В. и др. Экспериментальные исследования процессов в сильноточном разряднике с плазменной пушкой // Радиотехника. Всеукр. межвед. науч.-техн. сб., 2003. - Вып.132. - С.94-97.). Виявилось можливим виділити до 10 градацій зміни температури в області розрядного проміжку й навколишньому просторі. В ультрафіолетовому діапазоні (Фіг.3,а, фільтр УФС-6; Фіг.3,в, фільтр УФС-8) спостерігається канал розряду, що дає потужне щільне випромінювання.

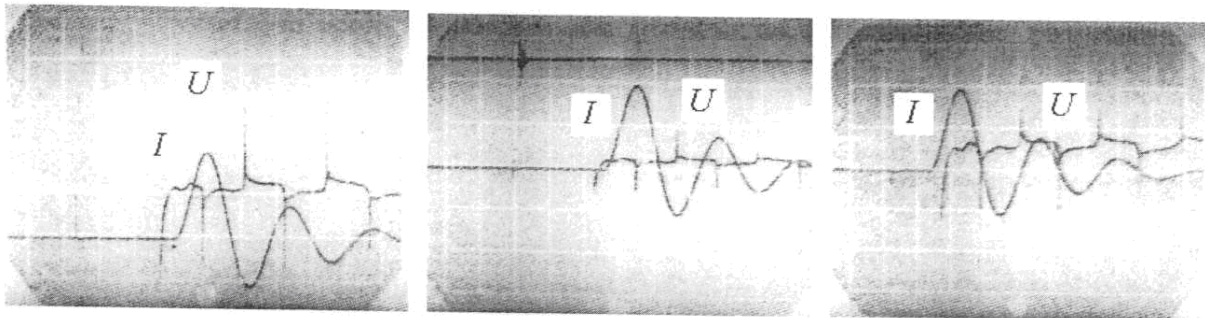
Для оцінки швидкодії пристрою були проведені дослідження впливу конфігурації сопла плазмової пушки на швидкість поширення плазми за допомо-

гою схеми, що наведена на Фіг.4. Як вимірник використовувалася система із двох електричних зондів, розташованих по висоті на відстані 1см друг від друга перпендикулярно осі каналу. Найбільше значення швидкості $V_{к1} \approx 9 \text{ км/с}$ було отримано для конічного каналу з кутом розкриття конуса $\varphi = 15^\circ$,

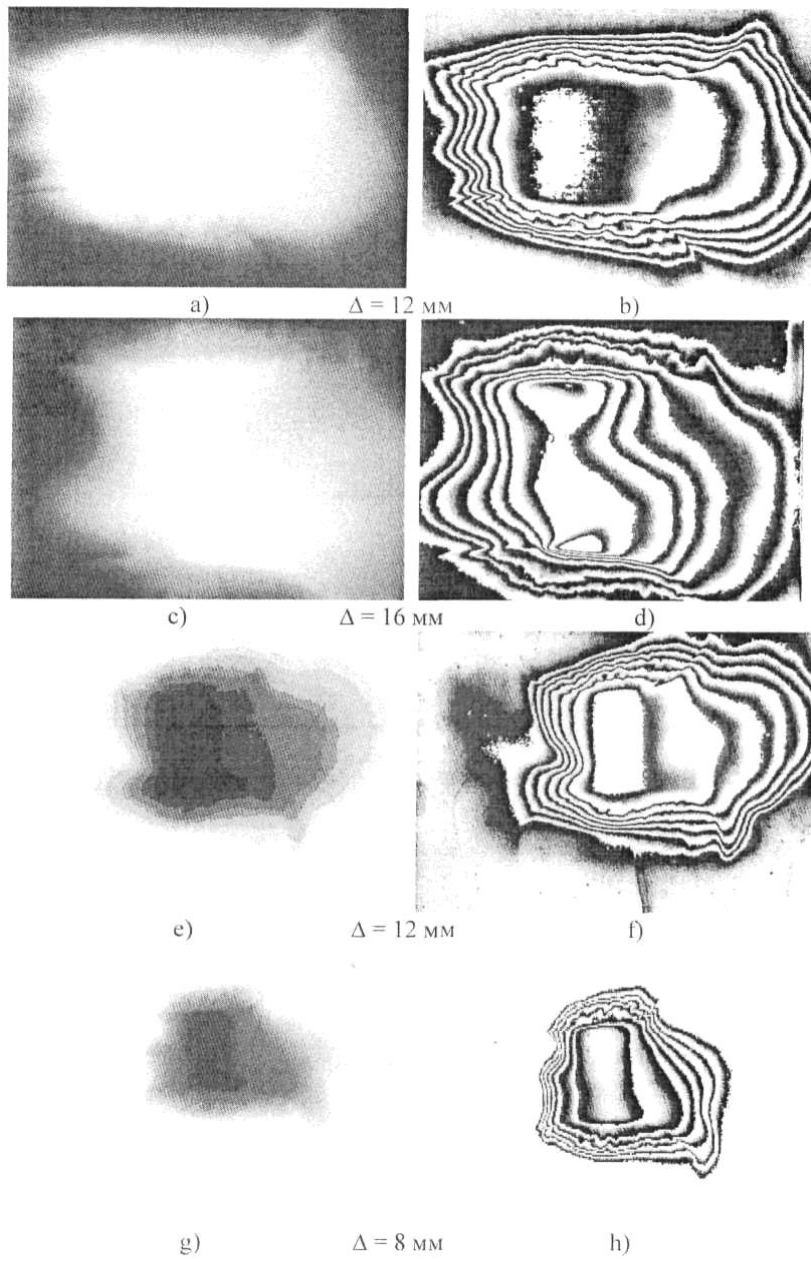
діаметр вхідного отвору якого рівнявся діаметру камери. Такий ефект можна пояснити проявом кумулятивної дії плазмового струменя на виході конічного сопла. Для порівняння відзначимо, що для циліндричного сопла, швидкість складала всього $V_{ц} \approx 0,45 \text{ км/с}$.



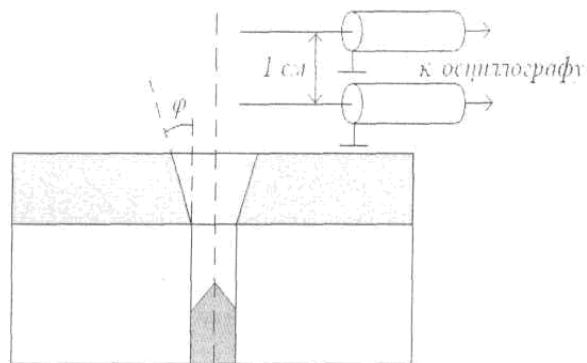
Фіг.1



Фіг.2



Φιγ.3



Φιγ.4

