



УКРАЇНА

(19) UA (11) 92045 (13) C2  
(51) МПК  
H03K 3/53 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ГЕНЕРУВАННЯ ІМПУЛЬСНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ

1

2

(21) а200807030

(22) 20.05.2008

(24) 27.09.2010

(46) 27.09.2010, Бюл.№ 18, 2010 р.

(72) БАРАНОВ МИХАЙЛО ІВАНОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

(56) SU 682954; 30.08.1979

GB 589114 A; 11.06.1947

UA 63747 C2; 15.01.2004

Рикетс Л.У., Бриджес Дж. Э., Майлетта Дж. Электромагнитный импульс и методы защиты / Пер. с англ. под ред. Н.А.Ухина. - М.: Атомиздат, 1979.

Техника больших импульсных токов и магнитных полей / Под ред. В.С.Комелькова - М.: Атомиздат, 1970.

Гулый Г.А. Научные основы разрядно-импульсных технологий. - Киев: Наукова думка, 1990.

Кухлинг Х. Справочник по физике / Пер. с нем. под ред. Е.М. Лепкина. - М.: Мир, 1982.

UA 27077 C2; 28.02.2000

UA 44857 C2; 15.03.2002

UA 60281 A; 15.09.2003

SU 68118; 11.08.1943

SU 805423; 15.02.1981

SU 181700; 20.07.1966

GB 1310346 A; 21.03.1973

EP 614276 A1; 07.09.1994

(57) 1. Спосіб генерування імпульсних електромагнітних полів, який включає подання від високовольтного джерела живлення імпульсного струму на металеві провідники верхнього та нижнього струмопроводів передавальної повітряної лінії, яка електрично навантажена на узгоджений активно-

індуктивний опір та має між верхнім і нижнім струмопроводами з металевими провідниками випробувальний технічний об'єкт, що піддається дії імпульсних електромагнітних полів, які формуються у повітряному середовищі між верхнім і нижнім струмопроводами передавальної лінії, який **відрізняється** тим, що металеві провідники верхнього та нижнього струмопроводів передавальної повітряної лінії виконують з суцільною ізоляцією, яка покриває їх зовнішню поверхню.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що металеві провідники верхнього та нижнього струмопроводів передавальної повітряної лінії зовні покривають поліетиленовою суцільною ізоляцією, а як метал провідників верхнього та нижнього струмопроводів передавальної повітряної лінії використовують мідь.

3. Пристрій для генерування імпульсних електромагнітних полів, який складається з високовольтного джерела живлення, що подає імпульсний струм на металеві провідники верхнього та нижнього струмопроводів передавальної повітряної лінії, які узгоджено з'єднані з активно-індуктивним опором та між якими розташований випробувальний технічний об'єкт, який **відрізняється** тим, що високовольтне джерело живлення виконано у вигляді потужного низькоіндуктивного ємнісного накопичувача енергії, що розряджається через сильноточовий газовий комутатор на металеві провідники з суцільною зовнішньою ізоляцією верхнього та нижнього струмопроводів передавальної повітряної лінії і на узгоджений активно-індуктивний опір, який виконано на основі об'ємних керамічних постійних резисторів.

Запропонований винахід відноситься до високовольтної сильноточної імпульсної техніки, а також техніки сильних імпульсних електричних та магнітних полів і може бути використаний при отриманні за допомогою високовольтних джерел живлення імпульсної техніки потужних імпульсних електромагнітних полів, які призначені для випробування різноманітних технічних об'єктів на стій-

кість до дії потужних електромагнітних завад природного та штучного походження.

Відомі спосіб і пристрій для генерування на електричному навантаженні великих імпульсних струмів та високих імпульсних напруг за допомогою високовольтних генераторів імпульсних струмів (ГІТ) і напруг (ГІН), які побудовані на основі ємнісних накопичувачів електричної енергії та електричних розрядних кіл з металевими провідниками,

(13) C2

(11) 92045

(19) UA

що з'єднують генератори ГТ або ГН з електричним навантаженням [1, 2]. Використання при цьому у відомих способу і пристрою високовольтних генераторів ГТ або ГН, ємнісні накопичувачі енергії котрих розряджаються через металеві провідники розрядних кіл на електричне навантаження, не дозволяє генерувати потужні імпульсні електромагнітні поля у повітряному середовищі поблизу технічних об'єктів, які повинні бути випробувані на стійкість до дії цих полів.

Відомі також згідно [3] спосіб і пристрій для генерування потужних імпульсних електромагнітних полів, де за допомогою подання імпульсного струму відповідних амплітудно-часових параметрів від високовольтного джерела живлення на металеві провідники верхнього та нижнього струмопроводів передавальної повітряної лінії, яка електричне навантажена на узгоджений активно-індуктивний опір та має між верхнім і нижнім струмопроводами з металевими провідниками випробувальний технічний об'єкт, що піддається дії потужних імпульсних електромагнітних полів, формуються ці потрібні поля у повітряному середовищі між верхнім і нижнім струмопроводами передавальної лінії. При цьому недоліком відомих способу і пристрою згідно [3] є те, що для отримання потужних імпульсних електромагнітних полів з скороченою довжиною електромагнітної хвилі між верхнім і нижнім струмопроводами передавальної лінії потрібно суттєво змінювати вихідні електричні характеристики високовольтного джерела живлення. Це приводить до корінній зміні електричних елементів вказаного високовольтного джерела живлення та відповідно до великих матеріальних і грошових затрат.

Спосіб і пристрій для генерування потужних імпульсних електромагнітних полів, які вказані у [3], є найближчими по технічній суті до запропонованого винаходу. У основу запропонованого винаходу поставлена задача розробити спосіб і пристрій для генерування потужних імпульсних електромагнітних полів, які дозволять отримувати у повітряному середовищі поблизу випробувального технічного об'єкту потужні імпульсні електромагнітні поля з скороченою довжиною електромагнітної хвилі при незмінності вихідних електричних характеристик високовольтного джерела живлення та розширити функціональні можливості використовуваного пристрою.

Поставлена задача та технічний результат у запропонованому винаході досягається тим, що металеві провідники верхнього та нижнього струмопроводів передавальної повітряної лінії, що узгоджене з'єднане з активно-індуктивним опором, виконують з суцільною ізоляцією, яка покриває їх зовнішню поверхню. Причому, металеві провідники верхнього та нижнього струмопроводів передавальної повітряної лінії зовні для отримання поблизу випробувального технічного об'єкту потужних імпульсних електромагнітних полів з скороченою довжиною електромагнітної хвилі при досягненні найбільш кращих технічних результатів покривають поліетиленовою суцільною ізоляцією, а у якості металу провідників верхнього та нижнього струмопроводів передавальної повітряної лінії використовують мідь. Потрібний для цього імпульсний

струм, який подають на металеві провідники верхнього та нижнього струмопроводів передавальної повітряної лінії, отримують за допомогою високовольтного джерела живлення, виконаного у вигляді потужного низькоіндуктивного ємнісного накопичувача енергії, що розряджається через сильнострумний газовий комутатор на металеві провідники з суцільною зовнішню ізоляцією верхнього та нижнього струмопроводів передавальної повітряної лінії і на узгоджений активно-індуктивний опір, який виконано на основі ємнісних керамічних постійних резисторів.

На Фіг.1 та Фіг.2 зображено пристрій для генерування у повітряному середовищі потужних імпульсних електромагнітних полів у вигляді високовольтного джерела живлення 1, який подає імпульсний струм на металеві провідники верхнього 2 та нижнього 3 струмопроводів передавальної повітряної лінії, що узгоджене з'єднане з активно-індуктивним опором 4, та виконано на основі потужного низькоіндуктивного ємнісного накопичувача енергії і сильнострумного газового комутатора. Між верхнім 2 і нижнім 3 струмопроводами передавальної повітряної лінії з металевими провідниками розташоване випробувальний технічний об'єкт 5. Для формування у повітряному середовищі поблизу випробувального технічного об'єкту 5 потужних імпульсних електромагнітних полів з скороченою довжиною електромагнітної хвилі, що діють на випробувальний технічний об'єкт 5 та його електричні кола і електротехнічні (радіоелектронні) елементи, металеві провідники верхнього 2 та нижнього 3 струмопроводів передавальної повітряної лінії з внутрішнім металевим сердечником 6 покривають зовнішню суцільною ізоляцією 7 (див. Фіг.2, де у циліндричній системі rz- координат зображені металеві провідники верхнього 2 та нижнього 3 струмопроводів передавальної повітряної лінії з вказаною ізоляцією).

Пристрій для генерування потужних імпульсних електромагнітних полів працює таким чином.

Високовольтне джерело живлення 1, яке виконано за допомогою потужного низькоіндуктивного ємнісного накопичувача енергії та сильнострумного газового комутатора, підключають до металевих провідників верхнього 2 та нижнього 3 струмопроводів передавальної повітряної лінії. Ці металеві провідники на виході верхнього 2 та нижнього 3 струмопроводів передавальної повітряної лінії з'єднують з активно-індуктивним опором 4. Випробувальний технічний об'єкт 5 розміщують між верхнім 2 і нижнім 3 струмопроводами передавальної повітряної лінії. Електричне заряджають потужний низькоіндуктивний ємнісний накопичувач електричної енергії та розряджають його через сильнострумний газовий комутатор на активно-індуктивний опір 4. Імпульсний струм, що протікає при цьому по металевим провідникам, визиває появу у повітряному середовищі між верхнім 2 і нижнім 3 струмопроводами передавальної повітряної лінії потужне імпульсне електромагнітне поле, яке діє на випробувальний технічний об'єкт 5. Узгоджене з'єднання металевих провідників верхнього 2 та нижнього 3 струмопроводів передавальної повітряної лінії з активно-індуктивним опором 4 дозво-

ляє отримувати поблизу випробувального технічного об'єкту 5 потужне імпульсне електромагнітне поле без переключувань і накладених коливань. Далі за допомогою відповідних відомих вимірювальних пристроїв фіксують амплітудно-часові параметри цього поля поблизу випробувального технічного об'єкту 5.

Скорочення довжини  $\lambda_{\text{и}}$  електромагнітної хвилі досягається за рахунок застосування суцільної ізоляції 7, яка покриває зовнішню поверхню металевих струмопроводів верхнього 2 та нижнього 3 струмопроводів передавальної повітряної лінії високовольтного пристрою 1. Відбувається це за рухунок впливу діелектричної проникності матеріалу суцільної ізоляції 7 струмопроводів 2 і 3 на довжину  $\lambda_{\text{и}}$  електромагнітної хвилі, що розповсюджується уздовж їх зовнішніх металевих поверхонь.

Відомо, що довжина електромагнітної хвилі  $\lambda_0$  поблизу металевих провідників без суцільної ізоляції, яка покриває їх зовнішню поверхню, у повітряному середовищі відповідає наступному наближеному виразу [3]:

$$\lambda_0 = c / (f \cdot \sqrt{\epsilon_0}),$$

де  $c=3 \cdot 10^8$  м/с - швидкість світла у вакуумі;  $f$  - частота імпульсного струму, що подається від високовольтного джерела живлення 1 на металеві провідники верхнього 2 та нижнього 3 струмопроводів передавальної повітряної лінії;  $\epsilon_0$  - відносна діелектрична проникність повітряного середовища, яка у нашому випадку рівна  $\epsilon_0=1$ . Згідно цього виразу для  $\lambda_0$  при  $f=80$  МГц величина довжини електромагнітної хвилі потужного імпульсного електромагнітного поля приймає значення біля 3,75 м.

Оскільки джерелом імпульсних електромагнітних полів поблизу випробувального технічного об'єкту 5 є металеві струмопроводи 2 та 3 зі своїми імпульсними подовжніми струмами та електромагнітними полями, що генеруються цими струмами поблизу їх металевих поверхонь, то при скороченні довжини  $\lambda_{\text{и}}$  електромагнітної хвилі поблизу поверхонь цих струмопроводів буде досягатиметься і скорочення електромагнітних хвиль у повітрі і поблизу випробувального технічного об'єкту 5. Пояснюється це тим, що поперечні електромагнітні хвилі та відповідна електромагнітна енергія розповсюджуються уздовж металевих струмопроводів з суцільним поперечним перерізом тільки уздовж його зовнішньої металевої поверхні, яка граничить з діелектричною поверхнею його зовнішньої ізоляції. Тому скоротивши довжину  $\lambda_{\text{и}}$  електромагнітної хвилі, яка розповсюджується уздовж металевих струмопроводів 2 і 3, ми забезпечуємо скорочення довжини електромагнітної хвилі і поблизу випробувального технічного об'єкту 5, який розміщений між верхнім 2 і нижнім 3 струмопроводами передавальної повітряної лінії. Аналітичний вираз, що описує довжину  $\lambda_{\text{и}}$  електромагнітної хвилі поблизу поверхонь металевих струмопроводів 2 і 3 зі суцільною ізоляцією 7, має також відомий вигляд:  $\lambda_{\text{и}} = c / (f \cdot \sqrt{\epsilon_{\text{и}}})$ , де  $\epsilon_{\text{и}}$  - відносна діелектрична проникність матеріалу суцільної ізоляції 7. Оскільки у запропонованому вина-

ході  $\epsilon_{\text{и}} > 1$ , то при використанні суцільної ізоляції 7 у струмопроводах 2 і 3 передавальної повітряної лінії уздовж поверхонь цих струмопроводів, в порівнянні з оголеними струмопроводами, буде спостерігатиметься відповідне скорочення в  $\sqrt{\epsilon_{\text{и}} / \epsilon_0}$

раз довжини  $\lambda_{\text{и}}$  електромагнітної хвилі. Тому за рахунок запропонованого технічного рішення забезпечується скорочення довжини електромагнітної хвилі у джерела електромагнітного поля, тобто у металевих струмопроводів 2 і 3. А раз так, то відповідно в  $\sqrt{\epsilon_{\text{и}} / \epsilon_0}$  раз скорочення електромагнітної хвилі буде відбуватися і поблизу випробувального технічного об'єкту 5, що розташований в повітрі. В зв'язку з цим за рахунок використання запропонованого способу і пристрою генерування імпульсних електромагнітних полів можливо без зміни вихідних електричних характеристик високовольтного джерела живлення 1 отримати у повітряному середовищі поблизу випробувального технічного об'єкту 5 імпульсного електромагнітного поля зі скороченою в  $\sqrt{\epsilon_{\text{и}} / \epsilon_0}$  раз довжиною  $\lambda_{\text{и}}$

його хвилі. Наприклад, згідно останньому виразу для величини  $\lambda_{\text{и}}$  при використанні у металевих струмопроводах 2 і 3 поліетиленової суцільної ізоляції, для котрій  $\epsilon_{\text{и}}=2,3$  [4], величина довжини електромагнітної хвилі  $\lambda_{\text{и}}$ , що діє на випробувальний технічний об'єкт 5, розташований у повітряному середовищі між верхнім 2 і нижнім 3 струмопроводами передавальної повітряної лінії, при  $f=80$  МГц буде складати чисельне значення  $\lambda_{\text{и}}=2,47$  м. Бачимо, що збільшення величини відносної діелектричної проникності  $\lambda_{\text{и}}$  ізоляції, яка покриває зовнішню поверхню металевих струмопроводів 2 і 3, приводить до зменшення величини довжини  $\lambda_{\text{и}}$  електромагнітної хвилі, що діє на випробувальний технічний об'єкт 5. У розглянутих чисельних прикладах це зменшення величини довжини електромагнітної хвилі імпульсного електромагнітного поля досягає рівня

$\lambda_0 / \lambda_{\text{и}} = \sqrt{\epsilon_{\text{и}} / \epsilon_0} = 1,516$ . Для досягнення найбільш кращих технічних результатів при мінімальних затратах у запропонованому способу і пристрою для генерування імпульсних електромагнітних полів металеві провідники верхнього 2 та нижнього 3 струмопроводів передавальної повітряної лінії необхідно покривати поліетиленової суцільної ізоляцією, а у якості металу провідників передавальної повітряної лінії використовувати мідь. При цьому узгоджений активно-індуктивний опір 4 необхідно виконувати на основі об'ємних керамічних постійних резисторів (наприклад, типу ТВО-60-24 Ом). Це дозволяє суттєво розширити функціональні можливості високовольтного джерела живлення 1 та високовольтного випробувального пристрою у цілому.

Слід підкреслити, що запропонований спосіб і пристрій для генерування імпульсних електромагнітних полів був експериментально підтверджений на потужному високовольтному сильноточному обладнанні експериментальної бази Науково-дослідного та проектно-конструкторського інституту «Молнія» Національного технічного університету

ту «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

Таким чином, запропонований спосіб і пристрій для генерування імпульсних електромагнітних полів дозволяють без зміни вихідних електричних характеристик високовольтного джерела живлення 1 та його технічної модернізації отримувати у повітряному середовищі поблизу випробувального технічного об'єкту 5 імпульсні електромагнітні поля зі скороченою довжиною електромагнітної хвилі, а також розширити функціональні можливості використовуваного високовольтного пристрою при мінімальних матеріальних і грошових затратах.

#### Література:

1. Техника больших импульсных токов и магнитных полей / Под ред. В.С.Комелькова.-М: Атомиздат, 1970.-472с.

2. Гулый Г.А. Научные основы разрядно-импульсных технологий.- Киев: Наукова думка, 1990.-20 с.

3. Рикетс Л.У., Бриджес Дж. Э., Майлетта Дж. Электромагнитный импульс и методы защиты / Пер. с англ. под ред. Н.А.Ухина.- М.: Атомиздат, 1979.-328с.

4. Кухлинг Х. Справочник по физике / Пер. с нем. под ред. Е.М.Лейкина.- М.: Мир, 1982.-520с.

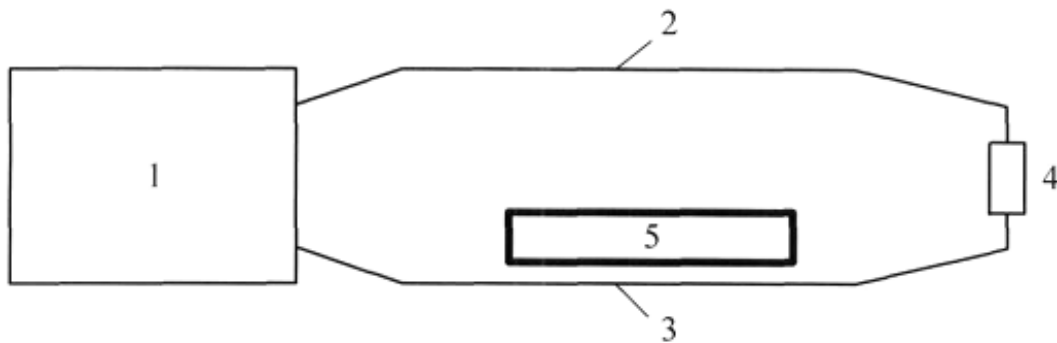


Fig. 1

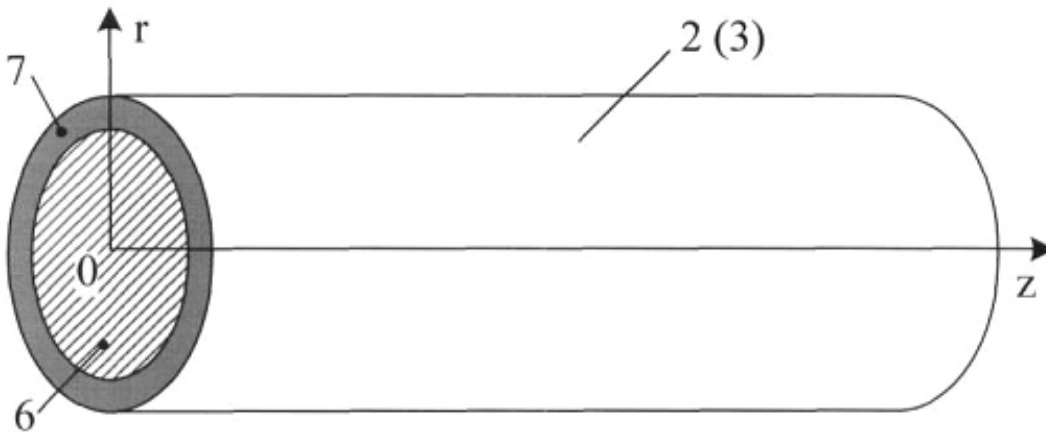


Fig. 2