

Оригінальна стаття

<https://doi.org/10.26565/2311-0872-2023-38-07>

УДК 537.87

П.Г. ФОМІН, студент

e-mail: mirorjiis@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6346-4270>

О.М. ДУМІН, д. ф.-м. наук, доцент

e-mail: dumin@karazin.ua ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-5067-9689>

В.А. ПЛАХТІЙ, старший викладач

e-mail: plakhtii@karazin.ua ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0442-2716>

М.В. НЕСТЕРЕНКО, д. ф.-м. наук

e-mail: mikhail.v.nesterenko@gmail.com

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, майдан Свободи 4, м. Харків, 61022, Україна

НАДШИРОКОСМУГОВІ АНТЕННІ РЕШІТКИ НА ВИПРОМІНЮВАЧАХ КЛЕВІНА

Актуальність. Щілинні антени отримали поширення через гарні електродинамічні параметри, простоту збудження, зручну геометрію для вбудовування у різноманітні пристрої. Як правило, такі антени є вузькосмуговими через резонансні явища, які в них протікають. Але використання складної геометрії щілини дає змогу значно розширити діапазон робочих частот такого випромінювача за рахунок зміни характеристичного опору вздовж плеча щілини, що породжує часткові відбиття хвиль на різних частотах в різних місцях розрізу металевого екрану. Вдалий закон зміни форми щілини від координати дає змогу забезпечити відносно рівномірні випромінювальні характеристики такої антени в діапазоні частот декількох октав. Поєднання щілини, як випромінювача магнітного типу з вібратором, як випромінювачем електричного типу, дуальним до щілини, може створити можливість для взаємної компенсації недоліку однієї з цих антен на певних частотах, якщо інша антена саме на цих частотах є ефективною. Така конструкція отримала назву надширокосмугової антени Клевіна. Але є нагальна необхідність збільшення випроміненої енергії електромагнітної хвилі та кращої концентрації її енергії в заданому напрямку. Одним з рішень цих проблем є створення на основі описаних вище комбінованих одиночних випромінювачів антенної решітки, чому і присвячена дана робота.

Мета роботи. Розробити конструкції антенних решіток на основі одиночних комбінованих випромінювачів Клевіна з урахуванням їхньої взаємодії та можливістю одночасного використання елементів одного випромінювача для іншого випромінювача з метою створення більш компактних конструкцій. Останнє дозволить не тільки зменшити розміри, заощадити ресурси, але і зменшить бічне випромінювання. Також необхідно провести розрахунок випромінювальних характеристик отриманих решіток та аналіз їхніх параметрів напрямленості. Додатково треба оптимізувати одиночний випромінювальний елемент, з метою покращити його характеристики у порівнянні з нашими попередніми роботами.

Матеріали та методи. Задача випромінювання отриманих конструкцій антенних решіток розв'язана числовими методами у часовому просторі. Саме такий підхід дає можливість для точного врахування всіх конструктивних особливостей побудованих решіток.

Результати. Покращено коефіцієнт стоячої хвилі напруги одиночного випромінювача в широкому діапазоні частот за рахунок знаходження більш оптимальних розмірів щілини та її форми. Розроблено і розраховано три конфігурації антенної решітки на основі надширокосмугових аналогів випромінювача Клевіна. Отримані часові залежності амплітуд випромінених хвиль в дальній зоні в E- та H-площинах за допомогою прямого числового розрахунку.

Висновки. Показана можливість використання надширокосмугового аналога випромінювача Клевіна для побудови антенних решіток, в тому числі підвищеної компактності за рахунок подвійного використання одного надширокосмугового диполя двома сусідніми щілинами. Проілюстрований енергетичний вигравш у випроміненому полі за рахунок побудови антенної решітки. Кутова залежність основних випромінювальних характеристик показує здатність ефективно направляти надширокосмугові хвилі без погіршення їхньої часової форми. Більш сильна зміна форми випромінюваного імпульсу від кута розглянутих антенних решіток може покращити параметри системи імпульсного позиціонування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: випромінювач Клевіна, надширокосмугова щілина, надширокосмуговий комбінований випромінювач, антена решітка

Як цитувати: Фомін П.Г., Думін О.М., Плахтій В.А., Нестеренко М.В. Надширокосмугові антенні решітки на випромінювачах Клевіна. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Радіофізика та електроніка». 2023;38:65-73. <https://doi.org/10.26565/2311-0872-2023-38-07>

In cites: Fomin PG, Dumin OM, Plakhtii VA, Nesterenko MV. Ultrawideband antenna arrays on Clavin radiators. Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Radiophysics and Electronics". 2023;38:65-73. <https://doi.org/10.26565/2311-0872-2023-38-07>

ВСТУП

Надширококуглові технології в останні роки значно зростають. Наприклад, існують системи зв'язку МІМО, які потребують розробки надширококуглових антенних решіток [1-3]. Надширококуглові (НШС) імпульсні випромінювачі також є невід'ємною частиною імпульсних георадарів. Розробка та оптимізація таких пристроїв є складним завданням, оскільки їх основне призначення – реєстрація сигналів малої потужності, відбитих від прихованих об'єктів. Тому прийняті сигнали повинні мати мінімальний шум і бути стійкими до зовнішніх перешкод [4]. Іншим можливим застосуванням НШС-георадарів є дистанційне вимірювання товщини шарів такого шаруватого середовища для оцінки якості дорожніх покриттів. [5]. Існує також дуже важливе застосування радарів у задачах гуманітарного розмінування, де наносекундні імпульси допомагають ідентифікувати приховані вибухонебезпечні об'єкти [6].

Також з'явилася остання тенденція у використанні надширококуглового сигналу для додатків Інтернету речей. Надширококуглові випромінювачі знайшли застосування і в медицині. Так, розроблено антенні решітки для виявлення ракових пухлин у грудній клітці людини [7], [8]. Такі системи потребують ефективних НШС випромінювачів [9].

Вищезазначені застосування НШС-випромінювачів також потребують використання антенних решіток. Отже, розробка та оптимізація надширококуглових антенних решіток є окремим важливим напрямком [10-12].

Розміри елемента антенної решітки можна зменшити за рахунок використання сильної взаємодії між випромінювачами електричного та магнітного типів. Прикладом такої антени є випромінювач Клевїна, який складається з вузької прямокутної щілини та двох короткозамкнених монополей [14], [15].

Надширококугловий аналог такого випромінювача представлено в роботах [16], [17]. В якості магнітного випромінювача використовується надширококуглова щілина Барнса [13], а два ідеально провідних конуса є надширококугловими монополями. Завдяки сильній взаємодії конусів з щілиною вдалося поліпшити випромінювання в області низьких частот і збільшити спрямованість цього випромінювача.

Метою роботи є побудова НШС антенних решіток (АР) з дипольно-щілинним випромінювачем типу Клевїна та дослідження їхніх характеристик.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Перехідне електромагнітне поле випромінюється з щілини, форма якої задається рівнянням (1), представленим в [13]

$$y(x) = \frac{\cos[\pi x](1 - \cos[\pi x])}{4}, \quad (1)$$

де $y(x)$ – графік кривої в залежності від координати x . Щілину прорізано в металевому екрані з розмірами 540x440x1 мм.

Для роботи в діапазоні частот 2-10 ГГц щілина, що зображена на Рис. 1, має бути розміщена у прямокутнику 140x17,6 мм із зазором 0,5 мм у центрі, де розташований генератор із внутрішнім опором 70 Ом.

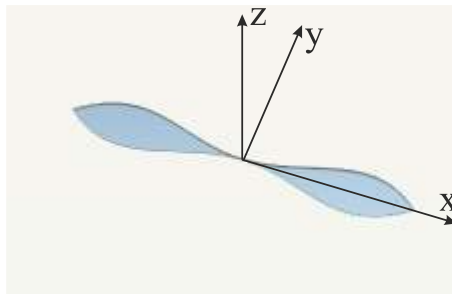


Рис. 1. Надширококуглова щілина та координатна система
Fig. 1. Ultrawideband gap and coordinate system

Підхід, який полягає в покращенні характеристик вузькокуглових щілин монополями [14] - [15], використовувався в наших попередніх роботах [16], [17] для розширення робочого діапазону частот. Більш точне застосування формули (1) та багатопараметричне електродинамічне моделювання привело до зміни оптимальних геометричних параметрів конусів та їх положення порівняно з наведеними в [16], [17]. Вигляд вдосконаленого випромінювача представлено на Рис. 2.



Рис. 2. Надширокопasmовий аналог випромiнювача Клевiна
Fig. 2. Ultrawideband analogue of the Clavin radiator

Тут оптимальними геометричними параметрами окремого випромiнювача є висота провiдних конусiв 55,5 мм, рiдiус основи 20 мм, вiдстань вiд геометричного центру щiлини до краю конуса 5 мм, тривалiсть iмпульсу збудження 0,08 нс.

ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Усi числовi розрахунки електродинамiчної задачі виконуються за допомогою методу скiнченних рiзниць у часовому просторi (FDTD). Розрахований коефiцiєнт стоячої хвилi напруги (КСХН) демонструє краще узгодження щiлини з конусами (Рис. 2) у порiвняннi з однiєю щiлиною (Рис. 1) у широкому дiапазонi робочих частот, як показано на Рис. 3. Резонанснi властивостi конусiв дозволяють майже вдвiчі знизити нижню частоту робочого дiапазону випромiнювача.

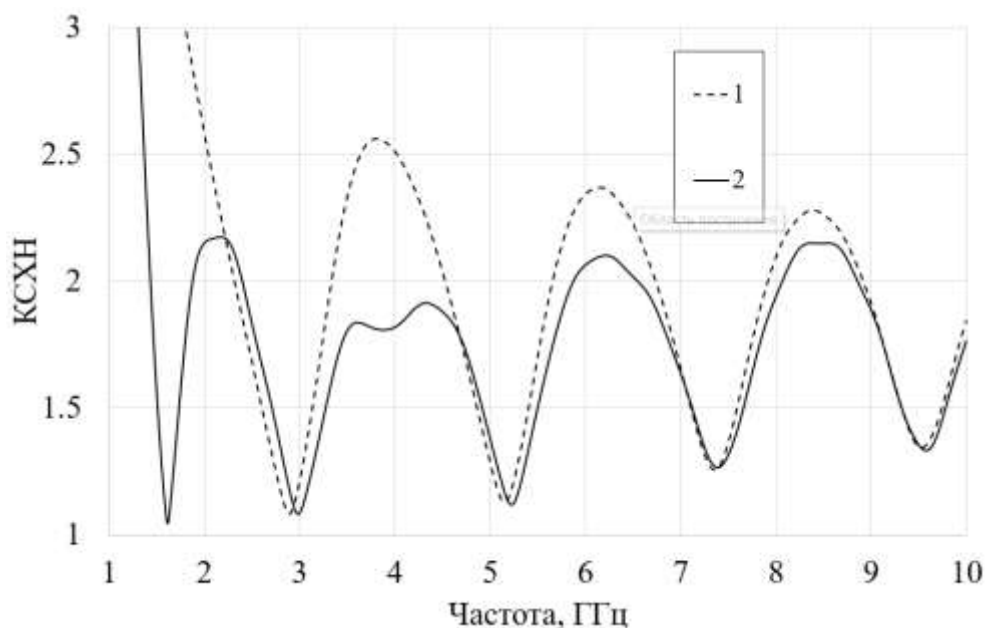


Рис. 3. Залежнiсть КСХН вiд частоти надширокопasmової щiлини (крива 1), надширокопasmового аналога випромiнювача Клевiна, показаного на Рис. 2 (крива 2)

Fig. 3. Dependence of the VSWR on the frequency of the ultrawideband gap (curve 1), an ultrawideband analogue of the Clavin radiator shown in Fig. 2 (curve 2)

Часовi залежнiсть електричних компонент полiв випромiнювання вздовж нормалi до екрана для цих двох випромiнювачiв порiвнюються на Рис. 4. Напруженiсть електричного поля розрахована на вiдстанi 0,3 м, що вiдповiдає дальнiй зонi даного випромiнювача. Застосування конусiв збiльшує амплiтуду випромiнюваного електромагнiтного iмпульсу в пiвтора рази i викликає затримку його появи [17]. Перехiдний процес обумовлений появою додаткової ємностi та iндуктивностi мiж конусами i щiлиною.

Часовi залежнiсть напруженостi електричного поля для рiзних кутiв спостереження наведено на Рис. 5 та Рис. 6. Лише на Рис. 5 для щiлини спостерегаємо невеликi спотворення випромiнюваного iмпульсу та малу рiзницю амплiтуди пiд кутами $\varphi = 0^\circ$ та $\varphi = 90^\circ$ (кривi 1 та 3). Розглядаючи надширокопasmовий варiант випромiнювача Клевiна (кривi 2 i 4) на тому ж рисунку, можна вiдзначити, що напруженiсть електричного поля має бiльшi амплiтуди порiвняно з випромiнюваним однiєю щiлиною. Однак при кутi $\varphi = 90^\circ$ амплiтуда стає меншою. Провiднi конуси, якi перекривають або, можна сказати, затiняють собою напрямки, далекi вiд нормалi, i загалом збiльшують спрямованiсть випромiнювання. Проте, в той же час,

помітна кутова залежність форми випромінюваного імпульсу може бути використана в системах імпульсного позиціонування [18], [19].

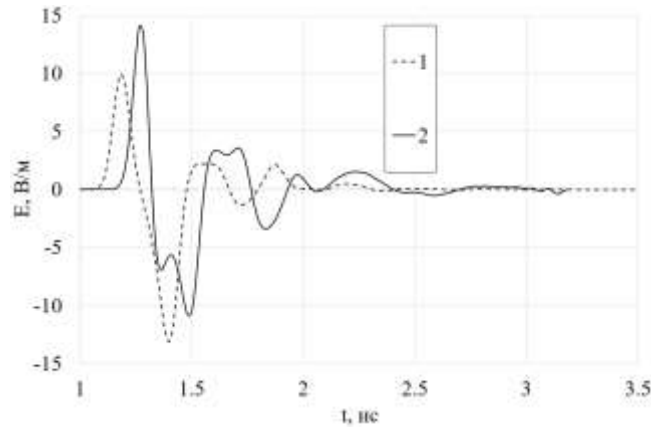


Рис. 4. Часові залежності амплітуди електричної компоненти випромінюваного поля на відстані спостереження $r=0.3$ м для $\theta = 0^\circ$ та $\varphi = 0^\circ$, де 1 – щілина, 2 – випромінювач Клевїна на Рис. 2 (φ – компонента поля)

Fig. 4. Time dependences of the amplitude of the electric component of the radiated field at the observation distance $r=0.3$ m for $\theta = 0^\circ$ and $\varphi = 0^\circ$, where 1 is the slot, 2 is the Clavin radiator in Fig. 2 (φ is the field component)

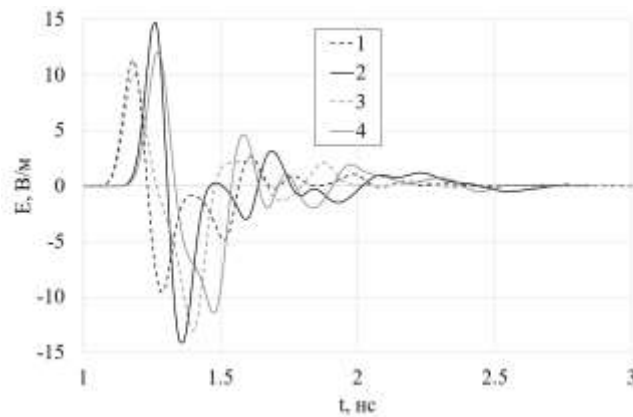


Рис. 5. Часові залежності амплітуди електричної компоненти випромінюваного поля на відстані спостереження $r=0.3$ м, де 1 – щілина, 2 – випромінювач Клевїна ($\theta = 30^\circ$ та $\varphi = 0^\circ$) (φ - компонента), 3 – щілина, 4 – випромінювач Клевїна ($\theta = 30^\circ$ та $\varphi = 90^\circ$) (θ - компонента)

Fig. 5. Time dependences of the amplitude of the electric component of the radiated field at the observation distance $r=0.3$ m, where 1 is a slot, 2 is a Clavin radiator ($\theta = 30^\circ$ and $\varphi = 0^\circ$) (φ component), 3 is a slit, 4 is a Clavin radiator ($\theta = 30^\circ$ and $\varphi = 90^\circ$) (θ component)

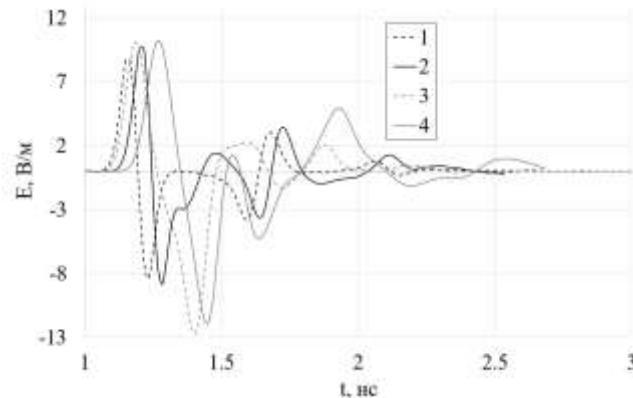


Рис. 6. Часові залежності амплітуди електричної компоненти випромінюваного поля на відстані спостереження $r=0.3$ м, де 1 – щілина, 2 – випромінювач Клевїна ($\theta = 60^\circ$ та $\varphi = 0^\circ$) (φ - компонента), 3 – щілина, 4 – випромінювач Клевїна ($\theta = 60^\circ$ та $\varphi = 90^\circ$) (θ - компонента)

Fig. 6. Time dependences of the amplitude of the electric component of the radiated field at the observation distance $r=0.3$ m, where 1 is a slot, 2 is a Clavin radiator ($\theta = 60^\circ$ and $\varphi = 0^\circ$) (φ component), 3 is a slit, 4 is a Clavin radiator ($\theta = 60^\circ$ and $\varphi = 90^\circ$) (θ is the component)

Однак, коли кут θ збільшується до 60 градусів, як показано на Рис. 6, випромінювач Клевїна генерує сильніші коливання в області хвоста імпульсу, ніж одна щілина.

Одиничний випромінювач Клевїна, описаний вище, використовується для побудови надширокосмугових антенних решіток. Прикладами розглянутих антенних решіток є комбінація двох випромінювачів Клевїна із спільною Н-площиною (Рис. 7), комбінація двох випромінювачів із спільною площиною Е (Рис. 8) та їх комбінація для 4 випромінювачів (Рис. 9). Усі розрахунки проведені на відстані спостереження $r = 0,6$ м.



Рис. 7. Антенна решітка з двома НШС випромінювачами зі спільною Н площиною
Fig. 7. Antenna array with two UWB radiators with a common H plane



Рис. 8. Антенна решітка з двома НШС випромінювачами зі спільною Е площиною
Fig. 8. Antenna array with two UWB radiators with a common E plane



Рис. 9. Антенна решітка з чотирьох поєднаних НШС випромінювачів
Fig. 9. An antenna array of four connected UWB radiators

По-перше, цікаво проаналізувати характер випромінюваного електромагнітного поля в напрямку нормалі до площини екрана. Часові залежності φ - компоненти випромінюваного поля по нормалі наведено на Рис. 10.

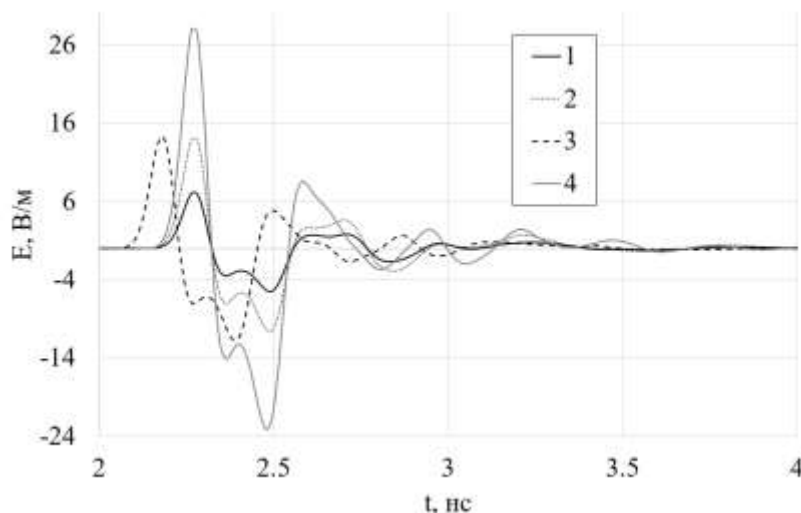


Рис. 10. Часові залежності амплітуди електричної компоненти випромінюваного поля на відстані спостереження $r=0.6$ м, де 1 – одиничний випромінювач, 2 – АР в площині Н, 3 – АР в площині Е, 4 – 2×2 АР ($\theta = 0^\circ$ та $\varphi = 0^\circ$)(φ – компонента)

Fig. 10. Time dependences of the amplitude of the electric component of the radiated field at the observation distance $r=0.6$ m, where 1 is a single emitter, 2 is AR in plane H, 3 is AR in plane E, 4 is 2×2 AR ($\theta = 0^\circ$ and $\varphi = 0^\circ$) (φ – component)

Видно, що при подвоєнні кількості випромінювачів (криві 2 і 3), амплітуда поля збільшується вдвічі. У випадку антенної решітки з чотирьох випромінювачів можна відзначити пропорційне збільшення амплітуди випромінюваного поля в порівнянні з іншими варіантами. До особливостей антенної решітки 2×2 можна віднести те, що зі збільшенням амплітуди фронту імпульсу, амплітуда його хвоста істотно не збільшується, хоча тривалість затухаючих коливань більша в порівнянні з одиночним випромінювачем і АР, наведеними на Рис. 7 та Рис. 8.

Важливою характеристикою надширокопasmових випромінювачів є залежність від кута спостереження. Таким чином, Рис. 11-14 демонструють різні випадки для різних компонент поля та кутів. Помітно, що при різних кутах спостереження, відмінних від нормалі, антенна решітка 2×2 дійсно формує максимальну амплітуду в будь-який момент часу. Наприклад, на Рис. 11 показано, що для АР з 4 елементами імпульс розбивається на два, які йдуть один за одним. Це явище також можна спостерігати для деяких кутів та інших АР: на Рис. 12 для АР в H-площині та 2×2 АР, на Рис. 13 для всіх АР. З іншого боку, на Рис. 12 і 14 показано сильну зміну форми випромінюваного імпульсу для АР. Це вказує на покращену спрямованість випромінювання АР.

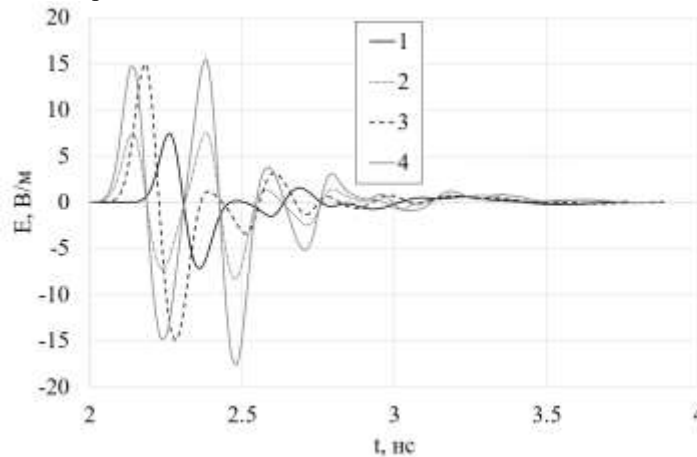


Рис. 11. Часові залежності амплітуди електричної компоненти випромінюваного поля на відстані спостереження $r=0.6$ м, де 1 – одиночний випромінювач, 2 – АР в площині H, 3 – АР в площині E, 4 – 2×2 АР ($\theta = 30^\circ$ та $\varphi = 0^\circ$) (φ – компонента)

Fig. 11. Time dependences of the amplitude of the electric component of the radiated field at the observation distance $r=0.6$ m, where 1 is a single emitter, 2 – АР in the H plane, 3 – АР in the E plane, 4 – 2×2 АР ($\theta = 30^\circ$ and $\varphi = 0^\circ$) (φ – component)

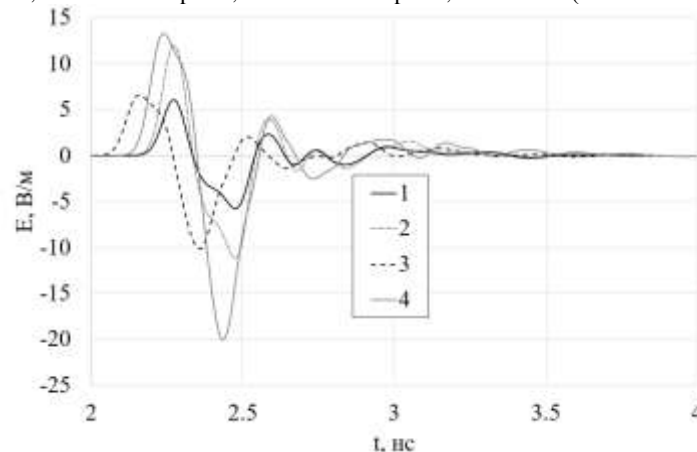


Рис. 12. Часові залежності амплітуди електричної компоненти випромінюваного поля на відстані спостереження $r=0.6$ м, де 1 – одиночний випромінювач, 2 – АР в площині H, 3 – АР в площині E, 4 – 2×2 АР ($\theta = 30^\circ$ та $\varphi = 90^\circ$) (θ – компонента)

Fig. 12. Time dependences of the amplitude of the electric component of the radiated field at the observation distance $r=0.6$ m, where 1 is a single emitter, 2 is an АР in the H plane, 3 is an АР in the E plane, 4 is a 2×2 АР ($\theta = 30^\circ$ and $\varphi = 90^\circ$) (θ – component)

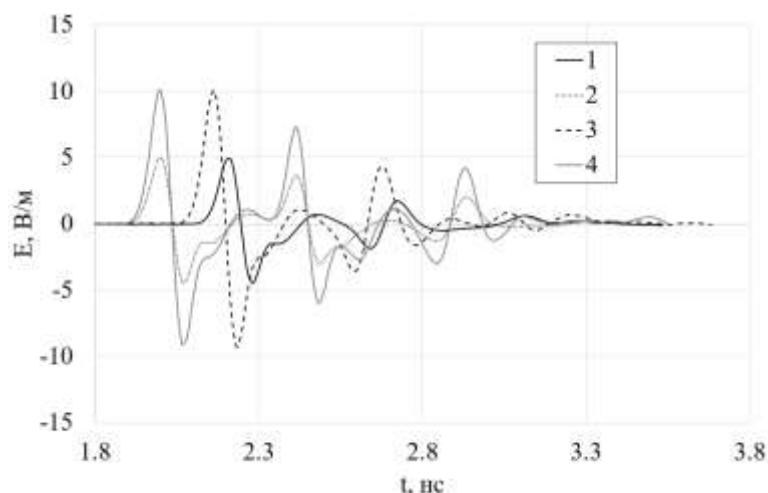


Рис. 13. Часові залежності амплітуди електричної компоненти випроміненого поля на відстані спостереження $r=0.6$ м, де 1 – одиничний випромінювач, 2 – АР в площині Н, 3 – АР в площині Е, 4 – 2×2 АР ($\theta = 60^\circ$ та $\varphi = 0^\circ$) (φ – компонента)

Fig. 13. Time dependences of the amplitude of the electric component of the radiated field at the observation distance $r=0.6$ m, where 1 is a single emitter, 2 is AR in the H plane, 3 is AR in the E plane, 4 is 2×2 AR ($\theta = 60^\circ$ and $\varphi = 0^\circ$) (φ – component)

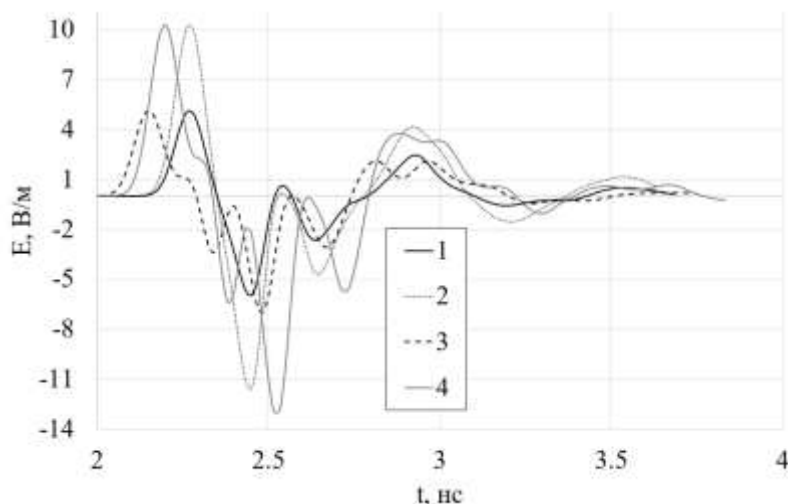


Рис. 14. Часові залежності амплітуди електричної компоненти випроміненого поля на відстані спостереження $r=0.6$ м, де 1 – одиничний випромінювач, 2 – АР в площині Н, 3 – АР в площині Е, 4 – 2×2 АР ($\theta = 60^\circ$ та $\varphi = 90^\circ$) (θ – компонента)

Fig. 14. Time dependences of the amplitude of the electric component of the radiated field at the observation distance $r=0.6$ m, where 1 is a single emitter, 2 is an AR in the H plane, 3 is an AR in the E plane, 4 is a 2×2 AR ($\theta = 60^\circ$ and $\varphi = 90^\circ$) (θ – component)

ВИСНОВКИ

Показана можливість використання надширококугтового аналога випромінювача Клевіна для побудови антенних решіток, в тому числі підвищеної компактності за рахунок подвійного використання одного надширококугтового диполя з двома сусідніми щілинами. Проілюстрований енергетичний виграв у випроміненому полі за рахунок побудови антенної решітки. Кутова залежність основних випромінювальних характеристик показує здатність ефективно направляти надширококуглові хвилі без погіршення їхньої часової форми. Більш сильна зміна форми випромінюваного імпульсу від кута розглянутих антенних решіток може покращити параметри системи імпульсного позиціонування [18].

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автор повідомляє про відсутність конфлікту інтересів.

REFERENCES

1. Muhammad Saeed Khan, Muhammad Farhan Shafique, Capobianco AD, E. Autizi, Shoaib I. Compact UWB-MIMO antenna array with a novel decoupling structure. 2013 Jan 1; <https://doi.org/10.1109/IBCAST.2013.6512176>
2. Sipal D, Abegaonkar MP, Koul SK. Easily Extendable Compact Planar UWB MIMO Antenna Array. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. 2017;16:2328–31. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2017.2717496>
3. Yang XS, Salmi J, Molisch AF, Qiu SG, Seun Sangodoyin, Wang BZ. Trapezoidal monopole antenna and array for UWB-MIMO applications. 2012 May 1; <https://doi.org/10.1109/ICMMT.2012.6229937>
4. Orlenko OA, Pochanin GP, Korzh VG. Radiation of Electromagnetic Field Pulses by Active and Passive UWB Slot Antennas. 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW). 2020 Sep 21; <https://doi.org/10.1109/UkrMW49653.2020.9252604>
5. Batrakov DO, Antyufeyeva MS, Batrakov AG, Urdzik SN. The Effect of Secondary Reflections on the Quality of Layers Thickness Assessment Using UWB GPR Signals. 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW). 2020 Sep 21; <https://doi.org/10.1109/UkrMW49653.2020.9252812>
6. Pochanin G, Capineri L, Bechtel T, Ruban V, Falorni P, Crawford F, et al. Radar Systems for Landmine Detection : Invited Paper. 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW). 2020 Sep 21; <https://doi.org/10.1109/UkrMW49653.2020.9252789>
7. Pochanin G, Capineri L, Bechtel T, Ruban V, Falorni P, Crawford F, et al. Radar Systems for Landmine Detection : Invited Paper. 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW). 2020 Sep 21; <https://doi.org/10.1109/UkrMW49653.2020.9252789>
8. T. Sugitani, Kubota S, Toya A, T. Kikkawa. Compact planar UWB antenna array for breast cancer detection. 2012 Jul 1; <https://doi.org/10.1109/APS.2012.6348794>
9. Akhmedov R. Neural Radio in DS-UWB IoT Applications. 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW). 2020 Sep 21; <https://doi.org/10.1109/UkrMW49653.2020.9252611>
10. Huang B, Xu Y. Analysis and design of a novel UWB antenna array. 2010 May 1; <https://doi.org/10.1109/ICMMT.2010.5524947>
11. Xuan Hui Wu, A.A. Kishk, Zhi Ning Chen. A linear antenna array for UWB applications. 2005 Dec 13; <https://doi.org/10.1109/APS.2005.1551389>
12. Revna A, Balderas LI, Panduro MA. 4D Antenna Array of UWB Vivaldi Elements with Low Side Lobes and Harmonic Suppression. 2018 Jul 1; <http://dx.doi.org/10.1109/APUSNCURSINRSM.2018.8609420>
13. Barnes, MA. Ultra-wideband magnetic antenna. US patent 6,091,374, Jul. 18, 2000. 16 p.
14. Yu.M. Penkin, V.A. Semenikhin, L.P. Yatsuk, "Investigation of the internal and external characteristics of radiators such as a Clavin radiator.", Radio Eng. vol. 83, pp. 3-10, 1987. (in Russian).
15. Berdnik SL, Blinova NK, Katrich VA, Nesterenko MV, Penkin YM. Spherical antenna with a Clavin radiator. 2015 Sep 1; <https://doi.org/10.1109/DIPED.2015.7324256>
16. Oleksandr Dumin, Fomin P, Vadym Plakhtii, Mikhail N. Ultrawideband Combined Monopole-Slot Radiator of Clavin Type. 2020 Sep 15; <https://doi.org/10.1109/DIPED49797.2020.9273399>
17. Nesterenko MV, Katrich VA, Penkin YM, Berdnik SL, Dumin OM. Combined Vibrator-Slot Radiators in Antenna Arrays. Lecture notes in electrical engineering. 2020 Jan 1;257–75. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60177-5_8
18. Dumin O, Plakhtii V, Persanov I, Cao S. Positioning System Using Classification of Ultra Short Electromagnetic Pulse Forms by ANN. 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). 2020 Feb; <https://doi.org/10.1109/TCSET49122.2020.235460>
19. Persanov I, Plakhtii V, Pryshchenko O, Dumin O, Fomin P. Noise Immunity of UWB Positioning System on ANN. 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW). 2020 Sep 21; <https://doi.org/10.1109/UkrMW49653.2020.9252637>

Стаття надійшла до редакції: 3 березня 2023 р.

Рекомендовано до друку: 6 квітня 2023

ULTRAWIDEBAND ANTENNA ARRAYS ON CLAVIN RADIATORS

P.G. Fomin, O.M. Dumin, V.A. Plakhtii, M.V. Nesterenko

V. N. Karazin Kharkiv National University, 4, Svobody Square, Kharkiv, 61022, Ukraine

Background. Slot antennas have become widespread due to their good electrodynamic parameters, ease of excitation, and convenient geometry for integration into various devices. As a rule, such antennas are narrowband due to the resonant phenomena that occur in them. However, the use of a complex slot geometry makes it possible to significantly extend the operating frequency range of such a radiator by changing the characteristic impedance along the slot arm, which generates partial reflections of waves at different frequencies in different places of the metal screen cut. The successful law of change of the slot shape from the coordinate makes it possible to provide relatively uniform radiation characteristics of such antenna in the frequency range of several octaves. The combination of a slot as a magnetic radiator with a vibrator as an electric radiator dual to the slot can create an opportunity for mutual compensation of the deficiency of one of these antennas at certain frequencies, if the other antenna is effective at these frequencies. This design is called an ultra-wideband Clavin antenna. However, there is an urgent need to increase the radiated energy of the electromagnetic wave and better concentrate its energy in a given direction. One of the solutions to these problems is to create an antenna array based on the combined single radiators described above, which is the subject of this paper.

Objectives. To develop antenna array designs based on single combined Klevin radiators, taking into account their interaction and the possibility of simultaneous use of elements of one radiator for another radiator in order to create more compact designs. The latter will not only reduce the size, save resources, but also reduce side radiation. It is also necessary to calculate the radiation characteristics of the resulting arrays and analyze their directivity parameters. Additionally, it is necessary to optimize a single radiating element in order to improve its characteristics compared to our previous work.

Materials and methods. The problem of radiation of the obtained antenna array structures is solved by numerical methods in time domain. This approach makes it possible to accurately take into account all the design features of the constructed arrays.

Results. The voltage standing wave ratio of a single radiator in a wide frequency range is improved by finding more optimal slot dimensions and its shape. Three antenna array configurations based on ultra-wideband analogs of the Clavin radiator were designed and calculated. The time dependences of the amplitudes of the radiated waves in the far-field in the E- and H-planes were obtained by direct numerical calculation.

Conclusion. The possibility of using an ultra-wideband analog of the Clavin emitter for the construction of antenna arrays, including increased compactness due to the double use of one ultra-wideband dipole by two adjacent slots, is shown. The energy gain in the radiated field due to the construction of the antenna array is illustrated. The angular dependence of the main radiation characteristics shows the ability to effectively direct ultra-wideband waves without deteriorating their time shape. A stronger change in the shape of the radiated pulse from the angle of the considered antenna arrays can improve the parameters of the pulse positioning system.

KEY WORDS: *Clavin radiator, ultrawideband slot, ultrawideband combined radiator, antenna array*

The article was received by the editors: 3 March 2023

The article is recommended for printing: 6 April 2023