

Р.В. Дзюбчук, к.т.н., с.н.с.

В.В. Павлюк, к.т.н., с.н.с.

М.С. Поляков, с.н.с.

М.В. Токарчук, курсант

*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова
Національного авіаційного університету*

АНТЕННА СИСТЕМА НА ОСНОВІ “ТВІСТ-ВІБРАТОРА” ДЛЯ РАДІОПЕЛЕНГАТОРА УЛЬТРАКОРОТКОХВИЛЬОВОГО ДІАПАЗОНУ

Запропоновано конструкцію антенної системи для радіопеленгатора діапазону частот 118–137 МГц та 225–406 МГц. Антенна система побудована на основі “твіст-вібратора”, що є різновидом частотнонезалежних антен, та дозволяє реалізувати безпошуковий амплітудний сумарно-різницевий метод визначення пеленга на джерело радіовипромінювання. Наведено результати математичних розрахунків та експериментальних досліджень.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Для визначення місця розташування рухомих об'єктів поряд із радіолокаційними системами широко застосовуються радіопеленгатори, основне призначення яких – визначення пеленга на об'єкт за випромінюванням передавачів бортових радіоелектронних засобів [1–3]. Особливої уваги потребує питання визначення положення повітряних кораблів цивільної авіації для забезпечення управління рухом у районах розташування злітно-посадкових майданчиків та аеродромів. Найбільш доцільним вважається пеленгування бортових систем зв'язку, що зазвичай працюють у безперервному режимі та мають достатню потужність випромінювання [2].

Основна складність створення простих, надійних та недорогих автоматичних радіопеленгаторів для контролю повітряних суден цивільної авіації пов'язана з тим, що виділений для них діапазон частот складається із двох ділянок: 118–137 МГц та 225–406 МГц [1], а для його перекриття звичайно використовуються дві однотипні антенні системи. Більш доцільним вважається застосування однієї ширококугової радіопеленгаторної антенної системи для вказаного діапазону, а її розробка є актуальним науково-технічним завданням.

Аналіз останніх досліджень. Найбільш доцільним з точки зору простоти та надійності вважається амплітудно-різницевий метод пеленгування [1]. Антенна система для його реалізації повинна складатися з лінійно поляризованих антенних елементів типу напівхвильового вібратора [2], характеристики яких, зокрема положення фазового центру та хвильовий опір, повинні бути стабільними у діапазоні частот з перекриттям у декілька октав. Створення ширококугової антенної системи може бути здійснено двома шляхами: збільшення ширококуговості вібраторної антени, або розробка і застосування ширококугових антенних елементів [3–9].

На даний час ширококуговість вібраторних антен, як правило, забезпечують застосуванням комплексних опорів та активних елементів у їх конструкції, а також відповідних ширококугових узгоджувальних пристроїв [3–5]. Проте це стосується, головним чином, поодиноких антен, а створення радіопеленгаторної антенної системи на їх основі викликати небажані явища взаємного впливу, що спотворюватиме характеристики та зменшуватиме загальну смугу частот [4].

Застосування таких найбільш відомих типів надширококугових антен, як: логоперіодичних, арифметичних та логарифмічних спіралей, потовщених вібраторів та біконусів [4, 5] небажане через нестабільність положення фазового центру зі зміною частоти (або його відсутність як такого), комплексний вихідний хвильовий опір та складність виготовлення. Найбільш доцільним вважається “твіст-вібратор” [6, 7], що забезпечує перекриття діапазону частот у декілька октав, проте результати дослідження цього типу антен у складі радіопеленгаційної антенної системи у літературі висвітлені недостатньо.

Метою досліджень є розробка антенної системи на основі “твіст-вібратора” для автоматичного радіопеленгатора частотного діапазону цивільної авіації.

Дослідження антенного елементу типу “твіст-вібратор”. “Твіст-вібратор” являє собою скручення плоского трикутного ширококугового вібратора з висотою H , довжиною бокової сторони листа X , діаметром D та відстанню між витками S [6–9]. Ескізне креслення “твіст-вібратора” з позначенням його лінійних розмірів наведено на рисунку 1.

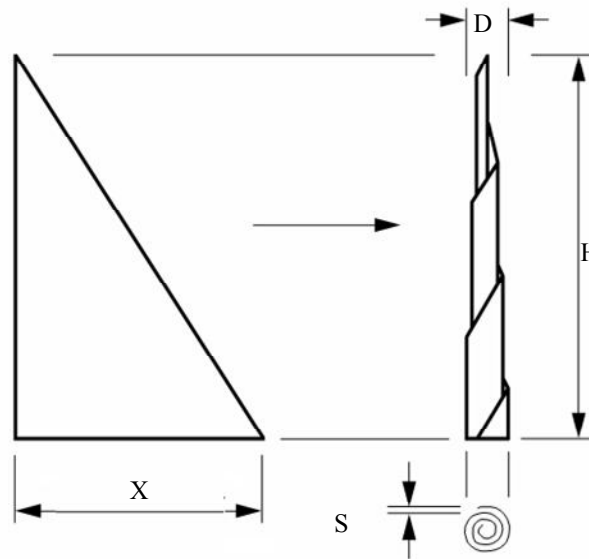


Рис. 1. Ескіз “твіст-вібратора”

Завданням етапу досліджень антенного елемента типу “твіст-вібратора” є визначення розмірів антени для забезпечення необхідних характеристик у діапазоні частот. “Твіст-вібратор” віднесено до класу частотнонезалежних антен [6], проте принцип його побудови та функціонування дещо відмінний. В першу чергу, це стосується способу підключення фідерної лінії та металеві основи. Нажаль, теорія антен типу “твіст-вібратора” на сьогоднішній день практично відсутня, а результати експериментальних досліджень розрізнені та далеко неповні [6–9].

З метою виконання першого етапу досліджень проведено повне електродинамічне моделювання “твіст-вібратора” у середовищі CST Microwave Studio 5.0. Для проведення прямих числових розрахунків електродинамічних характеристик антени використано просторову модель, що побудована за розмірами, наведеними у [6]. Результати розрахунків свідчать, що антена випромінює поле лінійної поляризації, напрямком якої співпадає з головною віссю. Діаграма спрямованості має тороїдальний вигляд із шириною близько шестидесяти градусів у вертикальній площині. Просторове зображення діаграми спрямованості “твіст-вібратора” наведено на рисунку 2. “Твіст-вібратор” має дві смуги частот, у яких коефіцієнт стоячої хвилі за напругою (КСХН) не перевищує 3 без застосування узгоджувального пристрою, що дає змогу його застосування у дводіапазонному режимі.

За результатами послідовних корекцій геометричних розмірів досліджуваної моделі “твіст-вібратора” досягнуто повне перекриття діапазонів частот 118–137 МГц та 225–406 МГц (на рисунку 3 позначено сірим кольором) однією антеною з КСХН, що не перевищує трьох. Встановлено, що геометричні розміри антени для цього повинні бути $H = 45$ см, $D = 3,2$ см та $S = 0,5$ см.

Отримані результати моделювання є передумовою проведення наступного етапу – розробки антенної системи на основі “твіст-вібратора”.

Розробка антенної системи на основі “твіст-вібратора”. Антенна система одноканального амплітудного радіопеленгатора з часовим розподіленням сигналу [1–4] повинна одночасно формувати дві взаємно перпендикулярні діаграми спрямованості (синусоїдальну, косинусоїдальну) у вигляді вісімок та одну неспрямовану діаграму.

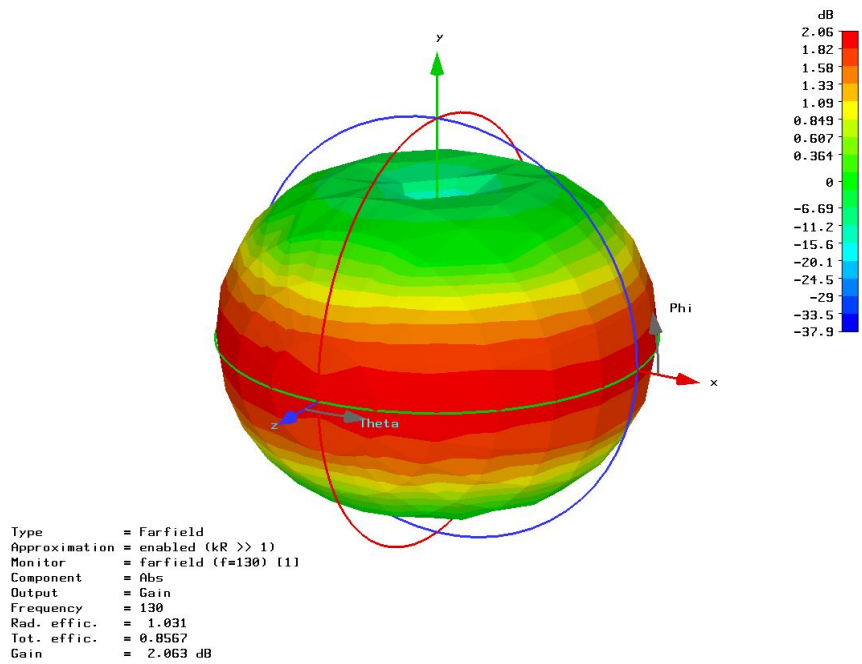


Рис. 2. Діаграма спрямованості досліджуваного “твіст-вібратора”

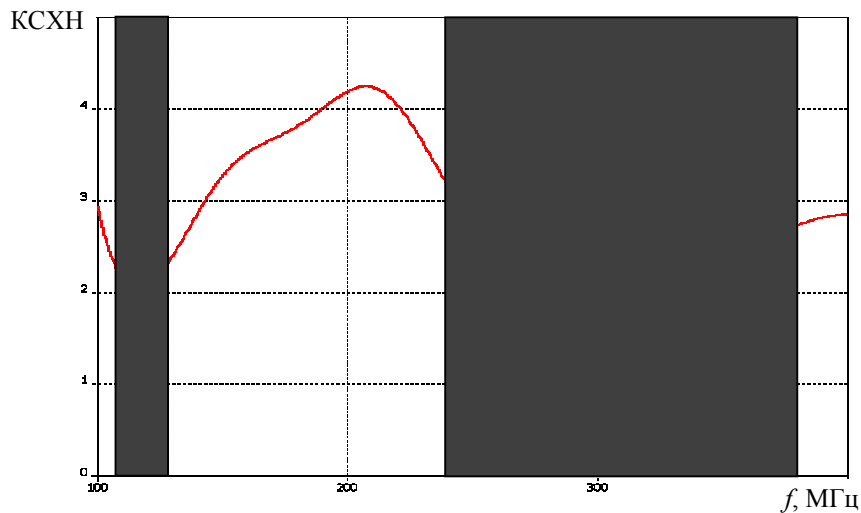


Рис. 3. Залежність коефіцієнта стоячої хвилі від частоти

Для утворення діаграми спрямованості, що у горизонтальному перерізі матиме форму вісімки, необхідно використати два лінійні вібратори (у нашому випадку “твіст-вібратори”), що розташовані на відстані d . Діаграма спрямованості антенної системи матиме такий вигляд:

$$f(\theta) = 2 \cos \left[\frac{1}{2} (kd \cos \theta - \pi) \right] = 2 \sin \left(\frac{1}{2} kd \cos \theta \right) \cong kd \cos \theta, \quad (1)$$

де θ – азимут, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – хвильове число, λ – довжина хвилі.

Утворення синусоїдальної та косинусоїдальної ДС досягається шляхом розміщення вібраторів у кутах квадрата відповідних розмірів над провідним екраном. Схематичне креслення антенної системи на основі “твіст-вібраторів” наведено на рисунку 4.

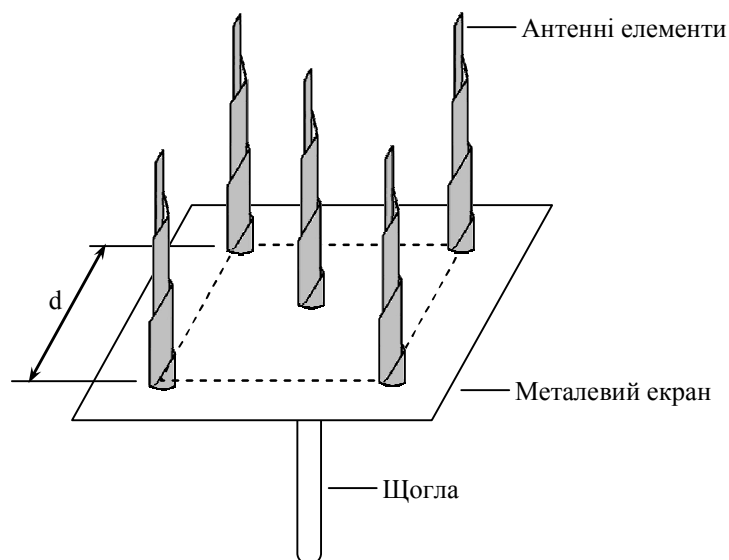


Рис. 4. Схематичне креслення антенної системи на основі “твіст-вібраторів”

Відстань d між антенними елементами повинна бути набагато менша довжини найменшої хвилі [2] та обрана, в нашому випадку, 0,25 м. Таким чином, для реалізації АС до її складу мають увійти чотири “твіст-вібратори”, що містяться в кутах квадрата відповідних розмірів, і які монтуються на провідному екрані.

Не спрямована діаграма опорного сигналу забезпечується центральним вібратором. При однакових струмах у випромінювачах поле, а відповідно і діюча висота у синфазної системи будуть значно більші, ніж у протифазної. Об’єднавши протилежні пари вібраторів синфазно можна отримати неспрямовану діаграму.

Для утворення синусоїдальної та косинусоїдальної діаграм спрямованості сигнали з елементів, що розташовані в протилежних кутах утвореного квадрата, подаються на диференційні входи широкосмугового операційного підсилювача з низьким рівнем власних шумів та внутрішніми елементами зворотного зв’язку, що забезпечує необхідну симетрію при здійсненні операції віднімання вхідних сигналів протилежних вібраторів. Принципова схема пристрою формування діаграм спрямованості наведено на рисунку 5.

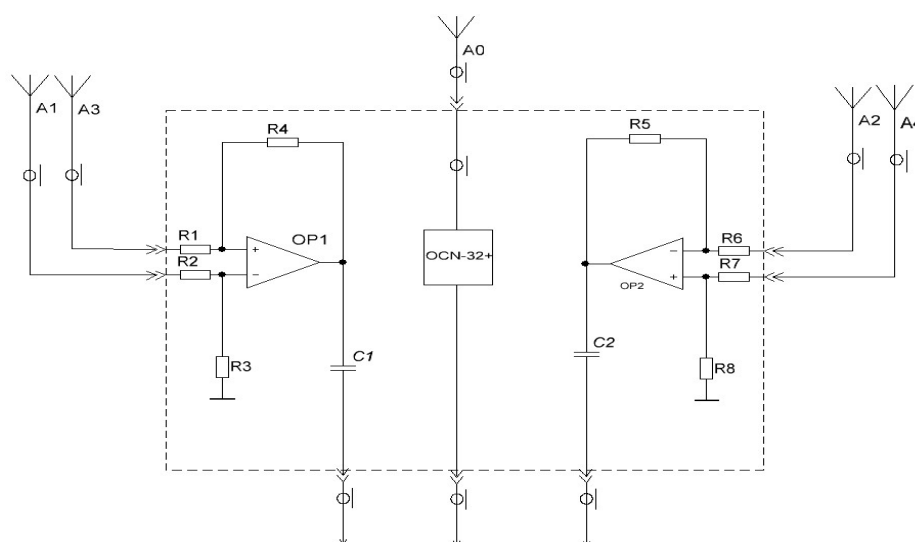


Рис. 5. Принципова схема пристрою формування діаграми спрямованості

Для підтвердження отриманих теоретичних результатів й перевірки застосованих технічних рішень розроблено дослідний зразок антенної системи на основі “твіст-вібраторів” та проведено серію експериментальних досліджень у складі мобільного амплітудно-різницевого радіопеленгатора діапазону частот цивільної авіації. Зовнішній вигляд розробленої антенної системи та радіопеленгатора в робочому стані наведено на рисунках 6 та 7 відповідно.

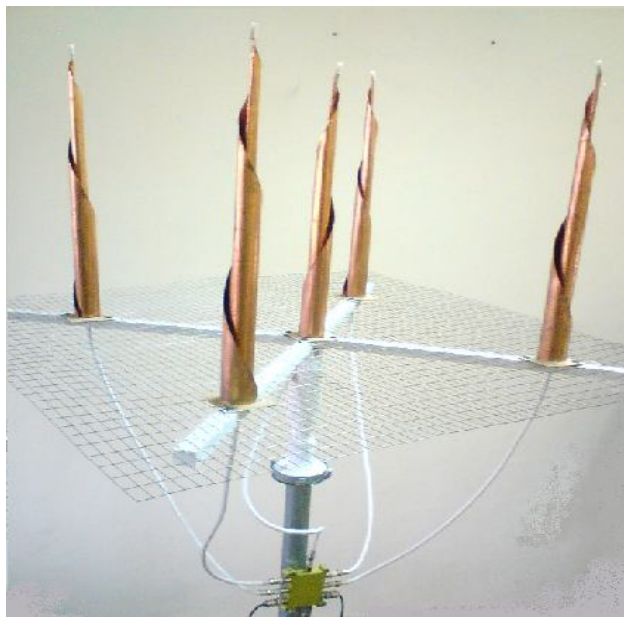


Рис. 6. Зовнішній вигляд антенної системи на основі “твіст-вібраторів”



Рис. 7. Мобільний амплітудно-різницевий радіопеленгатор діапазону частот цивільної авіації, обладнаний розробленою антенною системою

Проведені експериментальні дослідження засвідчили працездатність антенної системи при функціонуванні радіопеленгатора в цілому. Необхідний діапазон частот перекривається антенною системою повністю при забезпеченні необхідних електродинамічних характеристик.

Висновки. Запропоновано та досліджено конструкцію антенної системи на основі “твіст-вібраторів” для мобільного амплітудно-різницевого радіопеленгатора діапазону частот цивільної авіації. Застосування “твіст-вібратора” дозволяє перекривати весь авіаційний діапазон частот однією антенною системою, спрощує її конструкцію, зменшує габарити та вагу. Забезпечено можливість монтування антенної системи на поверхні провідного екрана, яким може бути дах будівлі чи транспортного засобу. Експериментальні дослідження розробленої антенної системи засвідчили її працездатність при

функціонуванні радіопеленгатора, перекриття діапазону частот при забезпеченні необхідних електродинамічних характеристик.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Проектирование фазовых автоматических радиопеленгаторов / *А.С. Саидов, А.Р. Тагилаев, Н.М. Алиев, Г.К. Асланов.* – М. : Радио и связь, 1997. – 161 с.
2. *Кукес И.С.* Основы радиопеленгации / *И.С. Кукес, М.Е. Старик.* – М. : Сов. радио, 1965. – 642 с.
3. Сверхширокополосные антенны : пер. с англ. *С.В. Попова, В.А. Журавлева* / под ред. *Л.С. Бененсона.* – М. : Мир, 1964. – 416 с.
4. *Сазонов Д.М.* Антенны и устройства СВЧ/ *Д.М. Сазонов.* – М. : Высшая школа, 1988. – 434 с.
5. *Павлюк В.В.* Методика розрахунку ширококугових гребневих рупорних антен / *В.В. Павлюк*// Вісник ЖДТУ. – 2010. – № 2 (53). – С. 132–141.
6. *Скорик Е.* “Твист-вibrator” – еще одна сверхширокополосная антенна / *Е.Скорик* // Радиоаматор. – 2004. – № 5. – С. 49–50.
7. *Warnagiris T.J.* A Monopole with a Twist / *Warnagiris T.J.* // Microwave Journal. – V. 44. – 2001. – № 9. – P. 120–137.
8. *Thomas J. Warnagiris, Arthur Fleming-Dahl.* Development of a Novel Ultra-Wideband Antenna / *Thomas J.* – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.swri.org/3pubs/IRD2000/10-9176.htm>.
9. *Thomas J. Warnagiris* Tapered area small helix antenna Patent 7126557 / *Thomas J.* – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.patentstorm.us/patents/7126557/fulltext.html>.

ДЗЮБЧУК Роман Васильович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідної лабораторії наукового центру Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

- проблеми розробки, застосування та експлуатації систем радіомоніторинга джерел радіовипромінювання;
- розробка методів та алгоритмів управління при виконанні складних функціональних операцій.

ПАВЛЮК Володимир Володимирович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник наукового центру Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

- удосконалення блоків та алгоритмів функціонування радіотехнічних систем;
- проектування ширококугових антенних систем для комплексів радіомоніторинга;
- технічний аналіз та цифрова обробка сигналів систем радіозв'язку.

ПОЛЯКОВ Микола Семенович – старший науковий співробітник наукового центру Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

- розробка пристроїв радіоприймального тракту радіотехнічних систем;
- методи визначення пеленга та місцезнаходження джерел радіовипромінювання.

ТОКАРЧУК Микола Володимирович – курсант Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

- розробка антенних систем для мобільних радіопеленгаторів ультракороткохвильового діапазону.

Подано 22.12.2010