

УДК 621.396.61

DOI: 10.31673/2412-9070.2022.034757

В. Л. ПАРХОМЕНКО, канд. техн. наук, ст. наук. співробітник;

А. С. ЩЕПАК, аспірант;

В. В. ПАРХОМЕНКО, ст. викладач;

А. І. БОНДАРЕНКО, аспірант,

Державний університет телекомунікацій, Київ

ВИКОРИСТАННЯ ВУЗЬКОНАПРЯМЛЕНИХ ПЕРЕДАВАЧІВ ДЛЯ ПРОПАГІНАЦІЇ СИГНАЛІВ МІЖ НЕСТАЦІОНАРНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Надзвичайно важливим у багатьох технологічних сферах є забезпечення стійкого безпроводового захищеного зв'язку. Істотно впливає на кінцевий результат форма антени передавача, а точніше діаграма напрямленості сигналу цієї антени. Для випадків, коли значна частина вимог до системи лишається невідомою, зазвичай найкращим методом буде йти за універсальністю. Але, якщо точно визначено вимоги до кінцевого результату — доцільно максимізувати зусилля для досягнення того чи іншого кінцевого стану. У такому разі правильніше буде вибрати форму антени залежно від кінцевих умов, попередньо зваживши всі особливості доступних конструктивних рішень.

У статті розглядаються та порівнюються два види антен — всенапрямлені та вузьконапрямлені. Описано їх сильні та слабкі сторони; ситуації, де їх можна застосовувати, досягаючи кращих результатів порівняно з аналогами за однакової потужності передавача. Добір оптимальних параметрів здійснюється на основі наперед заданої інформації про мету та особливості використання антени на передавачі. Розглянута інформація дає змогу дійти висновку щодо переваги вузьконапрямлених антен на противагу всенапрямленим у ситуації, коли одним із головних показників є відстань між передавачем і приймачем. Також, змінюючи такі параметри, як ширина кута вузьконапрямленої антени, можна зменшити негативний вплив слабких сторін цього типу передавачів. Наприклад, нестационарний об'єкт може випадково вийти із зони дії стійкого радіосигналу від такої антени, проте розширення кута уможливіє істотне зменшення вірогідності настання такого негативного сценарію.

Ключові слова: пропагінація сигналів; вузьконапрямлені антени; фазована решітка.

Вступ

Актуальний рівень розвитку технологій ставить нові виклики перед системами приймання/передавання радіосигналу. Кожні 10 років з'являються нові покоління мобільних мереж зі своїми особливостями, принципами побудови та, найголовніше, з новими послугами [1]. Проте можливості пристроїв лімітовано фізичними обмеженнями передавання радіохвиль у просторі. І навіть перспективні технології, розвиток яких спостерігається ще тільки в теоретичній площині, не дають змоги істотно збільшити можливості передавання порівняно з уже наявними та поширеними технологіями у сфері радіозв'язку. Одним із вагомих обмежень, які ускладнюють або роблять взагалі неможливим радіообмін із нестационарним приймачем, є відстань, на якій потужність сигналу буде достатньою для його приймання та постійного, якісного і повного декодування.

Основна частина

Переходячи від теоретичної площини до практичної, спостерігаються додаткові негативні чинники, що значно впливають на кінцеву потужність сигналу в точці приймання, зокрема погодні умови, висота розташування приймача над рівнем моря, наявність завад на прямій лінії між передавачами. Ці чинники є одними з найзначніших, проте список джерел негативного впливу більший і може бути доповнений.

Для прикладу в цій статті доцільно розглядати саме такі смуги частот передавання радіосигналу, як 2,4 та 5,8 ГГц. Вони є одними з найуживаніших нині у сфері безпроводових комунікацій із нестационарними пристроями. Дедалі більшого поширення набуло використання передавачів, що працюють із сигналом на цій смузі частот у будь-яких пристроях, які підтримуються технологією передавання інформації через Wi-Fi. Втім, звичайні побутові роутери та передавачі зазвичай працюють на смугах 2,4 та 5,0 ГГц. Поширеність технічних засобів, в яких реалізовано підтримання цієї технології, зумовлює також частий вибір цих частот як основних для приладів, що застосовуються для передавання на незначні відстані в системах від «розумного будинку» до радіокерованих безпілотних літальних апаратів, домашніх роутерів тощо.

Важливо зазначити, що використання таких передавачів пов'язане зі складнощами, на які треба зважати ще на етапі проектування. Першою показною проблемою може стати неможливість розміщення антени передавача значно вище за поверхню землі, призводячи до потрапляння ґрунту та стаціонарних завад до ділянки першої зони Френеля. Це, зі свого боку, може спричинити істотну втрату потужності сигналу, а отже, зменшення робочої відстані системи. Друга проблема впливає з властивостей сигналу на смугах 2,4 та 5,8 ГГц за умов поширення в середовищі,

© В. Л. Пархоменко, А. С. Щепак, В. В. Пархоменко, А. І. Бондаренко, 2022

відмінного від вакууму. Наявність будь-яких опадів, атмосферних явищ із значною кількістю вологи надзвичайно заважатиме поширенню радіовиль такого формату, погіршуючи результат.

Також чимала поширеність пристроїв, що працюють на цих смугах передавання, часто призводить до того, що в обмеженому просторі здійснюється певна кількість трансляцій на близьких або навіть однакових частотах. Що, зі свого боку, може призводити до різноманітних негативних явищ — від втрати потужності окремих сигналів до повної неможливості передавання інформації значною кількістю об'єктів. Деякі системи, зважаючи на наявність випромінювання схожої частоти, здатні автоматично зайняти вільне місце на доступній смузі частот, якщо така існує. Проте не всі системи мають таку можливість і/або користуються нею, а отже, потрібно завжди брати до уваги вірогідність настання такого негативного сценарію під час проектування систем передавання інформації.

Сукупність наукових положень, сформульованих і обґрунтованих у [2], є розв'язком наукової задачі щодо розроблення методики підвищення ефективності трансляції інформації в рухомих системах радіозв'язку.

У процесі цього дослідження було взято передавачі з потужністю не більш як 33 дБм. Така характеристика потужності пропагінатора нині є доволі поширеною. Потрібно порівняти ефективність двох типів антен: всенаправленої антени та вузьконаправленої, дослідити і визначити їх сильні та слабкі сторони, що дасть змогу дійти висновку стосовно доцільності використання того чи іншого варіанта залежно від початкових умов та вимог.

Оскільки важливою складовою для розрахунку систем передавання є інформація про мінімально потрібний рівень потужності сигналу на приймачі для встановлення надійного зв'язку, без вибору конкретних умов і приймача неможливо точно визначити всі характеристики, зокрема діаграму напрямленості. Поширення сигналу від такого передавача має форму тора, рівномірно розподіляючи потужність на всі 360°. Діаграму напрямленості всенаправленої антени зображено на рис. 1. Сигнал рівномірно поширюється в усі боки.

Важливо одразу зауважити, що в разі розміщення антени на незначній висоті над землею, істотна частина поля передавання буде під поверхнею землі, а отже, втрачатиметься, одразу негативно впливаючи на якість сигналу. Утім, така форма поля має кілька переваг: по-перше, вона уможливує встановлення зв'язку з передавачами на значній відстані один від одного за умови, якщо їх розміщено на релевантній відстані від трансмітера; і, по-друге, нестационарні об'єкти залишатимуться на зв'язку доти, доки їх переміщення здійснюватиметься в полі стійкого радіосигналу від передавача.

Розвиток вибраного шляху розв'язання проблеми підвищення пропускної здатності тропосферних засобів зв'язку можливий із вирішенням часткових наукових і науково-практичних завдань [3].

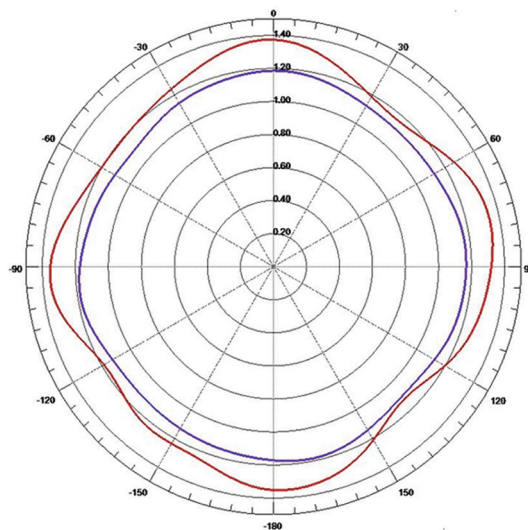


Рис. 1. Діаграма напрямленості всенаправленої антени

Далі розглянемо вузьконаправлені антени. Сигнал передавачів цього типу, як можна побачити на діаграмі напрямленості сигналу антени (рис. 2), складається з двох основних «пелюсток», одна з яких головна, розміщується в напрямку розгортання антени та несе в собі основну частину потужності сигналу. Опціонально може мати кілька додаткових пелюсток поруч, які скоріш за все є наслідком конструкційних особливостей передавача, ніж виконують корисну функцію. З протилежної точки розміщено бічну пелюстку, яка забирає частину потужності передавача, водночас не виконуючи корисної функції. Отже, важливою конструктивною задачею під час розроблення антен такого типу є максимальне зменшення цієї ділянки. Залежно від конструкційних особливостей основна пелюстка зазвичай найсильніше поширює сигнал на кут 10-15°, при цьому звужуючись до центра зі збільшенням відстані від передавача, набираючи еліпсоподібної форми.

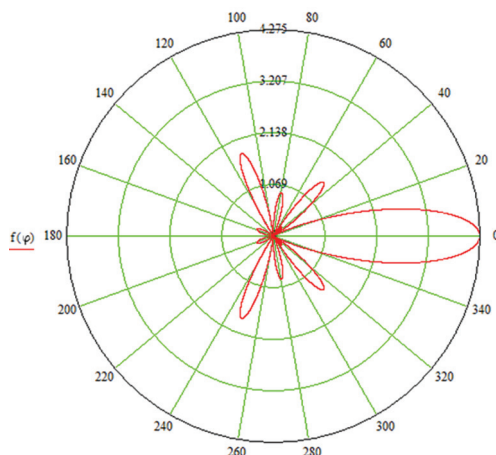


Рис. 2. Діаграма напрямленості вузьконаправленої антени

Як впливає з діаграми напрямленості вузьконапрямленої антени (див. рис. 2), сигнал не поширюється рівномірно в усі боки, а основна пелюстка проходить істотно далі від бічних, утім, охоплюючи меншу площину.

Отже, цілком очевидно, що одним з основних недоліків такого типу антен — це те, що передавання може здійснюватись лише в обмеженому напрямку, а отже, у разі з нестаціонарним об'єктом можливі випадки виходу приймача за діапазон дії сигналу потрібної потужності зі значним відхиленням від геометричного центра напрямку антени і, як наслідок — втрата сигналів у системі. Також ця особливість не дає змоги встановити зв'язок з чималою кількістю приймачів, якщо вони перебувають на значній відстані один від одного. Є кілька способів нівелювати або максимально скомпенсувати цю негативну особливість антени.

По-перше, якщо можна розрахувати траєкторію руху приймача, то антена здатна переміщатися для спрямування геометричного центра в його напрямку, що дасть можливість максимізувати потужність вхідного сигналу. Такий принцип, серед іншого, використовується в приймачі StarLink для встановлення постійного з'єднання з нестаціонарними супутниками.

Спосіб приймання та передавання інформації між стаціонарним об'єктом на поверхні та нестаціонарними супутниками з використанням як приймач антени терміналу StarLink за допомогою антени з фазованою решіткою схематично зображено на рис. 3.

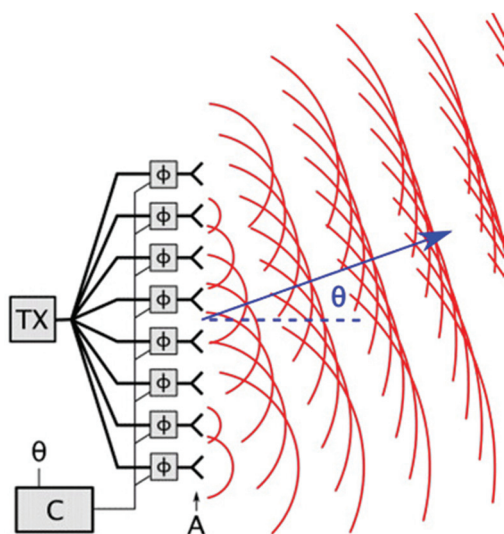


Рис. 3. Схема роботи фазованої решітки

Принцип дії приймача з фазованою решіткою такий: амплітуди та початкові фази змінних струмів кожного випромінювального елемента решітки змінюються водночас, щоб змінити напрямок променя та головної пелюстки діаграми напрямленості антени приймача.

По-друге, на великій відстані поперечний діаметр еліпсоїда головної пелюстки стає значним, що дає змогу зберігати зв'язок із нестаціонарними об'єктами, напрям руху яких здебільшого поздовжній щодо геометричного центра пропагінації сигналу. Основною перевагою такого типу антен порівняно з наведеним раніше є максимальна відстань, на якій потужність сигналу досягає показників, котрі перевищують потрібний для приймача мінімум. Залежно від характеристик антени цей показник може бути вчетверо більший.

Приклад порівняння діаграм напрямленості всенапрямленої та вузьконапрямленої антен із випромінювачем однакової потужності унаочнює рис. 4. Можна спостерігати вже описані факти, слабкі та сильні сторони кожного з типів антен.

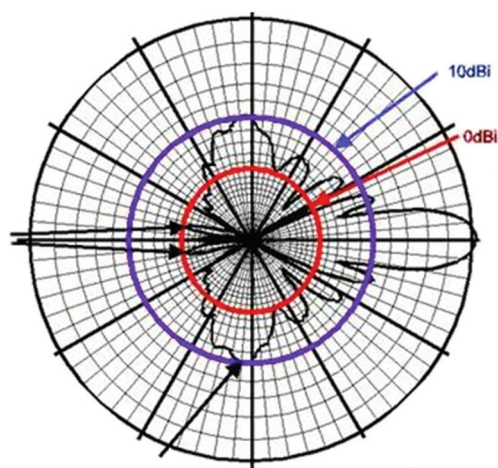


Рис. 4. Порівняння діаграм напрямленості всенапрямленої та вузьконапрямленої антен однакової потужності

Висновки

З огляду на розглянуте можна дійти висновку, що вузьконапрямлені антени в деяких ситуаціях здатні значно посилити потужність сигналу в певній ділянці, або ж збільшити відстань, на яку можна передавати сигнал достатньої потужності для встановлення стійкого з'єднання. Застосування цих антен є доцільним та дає змогу досягти відстані встановлення з'єднання вчетверо більшої, ніж всенапрямлена антена з передавачем такої самої потужності.

Чимала варіативність у виконанні вузьконапрямлених антен відкриває широкі горизонти для майбутніх досліджень, які значно залежать від конкретизації початкових умов, що задаються для створення системи передавання інформації [4]. Один із найважливіших чинників, що впливає на проектування та реалізацію, є стаціонарність чи нестаціонарність розміщення приймача та передавача, а також відстань між ними. Отже, завдяки цим параметрам маємо змогу точніше визначити важливі характеристики вузьконапрямлених антен, зокрема кут поширення радіосигналу в просторі.

Список використаної літератури

1. **Світ інформації та телекомунікацій:** зб. матеріалів XIII Наук.-техн. конф. студентства та молоді. Київ: ДУТ, 2021.

2. **Батрак Є. О.** Методика підвищення ефективності вузькоспрямованої трансляції інформації в рухомих системах радіозв'язку: дис. ... канд. техн. наук: 01.01.17. Київ, 2017. 142 с.

3. **Перспективи застосування цифрового діаграмування у станціях тропосферного зв'язку**

спеціального призначення: зб. наук. праць // ВІТІ ДУТ. 2014. № 1.

4. **Студопедія:** Пристрої, що реалізують метод просторової селекції [Електронний ресурс]. URL:

https://studopedia.com.ua/1_48377_pristroi-shcho-realizovuyut-metod-prostorovoi-seleksii-hv.html

V. L. Parkhomenko, A. S. Shchepak, V. V. Parkhomenko, A. I. Bondarenko

THE USE OF NARROW-DIRECTED TRANSMITTERS FOR PROPAGINATION OF SIGNAL BETWEEN NON-STATIONARY OBJECTS

It is extremely important in many technological areas to provide stable wireless secure communication. A significant contribution to the final result is made by the shape of the transmitter antenna, and more precisely, the signal directional pattern of this antenna. For cases where a significant portion of the system requirements remain unknown, generally the best approach will be to follow universality. But, if the requirements for the final result are precisely defined, it is advisable to maximize efforts to achieve this or that final state. In this case, it will be more correct to choose the shape of the antenna depending on the final conditions, having previously weighed all the features of the available design solutions.

The article examines and compares two types of antennas - omnidirectional and narrowly directional. Their strengths and weaknesses are described; situations in which they can be applied and get better results compared to analogues at the same transmitter power. Selection of optimal parameters is carried out on the basis of predetermined information about the purpose and features of using the antenna on the transmitter. The considered information allows us to draw a conclusion about the advantage of narrowly directional antennas compared to omnidirectional ones in a situation where one of the main indicators is the distance between the transmitter and the receiver. Also, by changing such parameters as the angle width of a narrowly directional antenna, you can reduce the negative impact of the weaknesses of this type of transmitters. For example, a non-stationary object may accidentally leave the range of a stable radio signal from such an antenna, but the widening of the angle allows you to significantly reduce the probability of such a negative scenario.

Keywords: signal propagation; narrowly directed antennas; phased array.

