УДК 621.396.69 **DOI:** 10.31673/2412-9070.2021.045255

В. Л. ПАРХОМЕНКО, канд. техн. наук, ст. наук. співробітник;
А. С. ЩЕПАК, студент;
В. В. ПАРХОМЕНКО, ст. викладач;
А. І. БОНДАРЕНКО, студент,
Державний університет телекомунікацій, Київ

РОЗРАХУНОК ФОРМУВАННЯ МЕРЕЖІ З ВИКОРИСТАННЯМ АНТЕН ІЗ ВУЗЬКОНАПРЯМЛЕНОЮ ГЕОМЕТРІЄЮ ВИПРОМІНЮВАННЯ РАДІОСИГНАЛУ

Актуальною та важливою в сучасному світі є сфера безпроводового передавання інформації. Постійно зростаючі обсяги даних, які необхідно пересилати за одиницю часу, що неодмінно підвищують вимоги до всіх комплектуючих, що беруть участь у транспортуванні пакетів між абонентами. У статті здійснено короткий огляд наявних характеристик пристроїв приймання та передавання, програмного забезпечення для проведення моделювання та розрахунків діаграми напрямленості сигналу, наприклад для ультракороткохвильової системи передавання. Для виконання математичних обчислень запропоновано використати програмне забезпечення MATLAB та подібні до нього комп'ютерні програми, що значно пришвидшить отримання результату та покращить його точність.

Виконання таких розрахунків на етапі проєктування та побудови мережі з використанням засобів дистанційного поширення та приймання сигналу дає можливість досягти максимальної якості та потужності сигналу, а також мінімізувати затрати за часом та фінансами в процесі подальшої реалізації комплексу. Для досягнення найкращого результату розглянуто використання моделювання діаграми напрямленості сигналу, який поширюється антеною з вузьконапрямленою геометрією випромінювання радіохвиль. Основні та додаткові канали такого засобу передавання та їх вплив на провідні характеристики системи залежать від параметрів антени, її розміщення та положення. Отже, підбираючи ці параметри, можливо змінити вплив випромінювання космосу та Землі, що якісно позначиться на передавання радіосигналу в такій системі.

Ключові слова: системи безпроводового передавання інформації; діаграма напрямленості радіосигналу.

ВСТУП

Останніми роками стрімкого поширення в усіх побутових сферах набули безпроводові системи передавання. Усе більше пристроїв обмінюються інформацією, а отже, щороку збільшується обсяг даних, які передаються в мережі. Це зумовлює постійне зростання навантаження та пікових значень швидкості передавання даних по каналу. Тому для задоволення вимог бізнесу та споживачів у стабільному та швидкому зв'язку пристрої приймання-передавання мають постійно вдосконалюватись, як і середовища, по яких це передавання відбувається. Тоді як у провідних мережах одним із останніх визначних досягнень стало використання оптичного волокна, для безпроводового передавання середовище обмежується фізичними умовами та законами передавання хвиль у навколишньому середовищі, що в умовах Землі лишаються стабільними із статистично незначним відхиленням. Отже, покращення ефективності роботи системи передавання майже повністю залежить від удосконалення технічних пристроїв та засобів приймання та передавання сигналу, а середовищем можна знехтувати.

Вагому роль відіграє підготовка сигналу та його оброблення до та після пристрою приймання-передавання. Підвищення якості сигналу може відбуватись, наприклад, із використанням фільтрів певних частот, підсилювачів сигналу, генераторів сигналу, а також іншого обладнання. Якість такого обробленого сигналу безпосередньо впливає на результат передавання, на можливості пристроїв, наприклад, максимальну робочу відстань передавання, а також коефіцієнт помилок.

Ще однією важливою частиною складової якості передавання кінцевого сигналу є кодування вихідного повідомлення та декодування вхідного сигналу. Наявність контрольної суми дає змогу як перевіряти цілісність доставляння пакетів, так і запитувати повторення передавання, якщо результат незадовільний. Також деякі алгоритми кодування дають можливість здійснювати самовідновлення пакетів у разі незначного їх пошкодження. Це може істотно зекономити час передавання пакетів, оскільки за інших обставин відновлення пакета потребувало б доставляння спочатку запиту на повторне відправлення пошкодженого пакета, а потім його формування та повторного передавання. Особливо це важливо в ситуаціях, коли потрібна трансляція інформації в режимі реального часу.

Процес кодування можна поділити на кілька етапів. Перший етап — первісне кодування, що дає змогу подати дискретну інформацію як кодові комбінації. До прикладів таких кодів можна віднести МТК-2, коди обміну КОІ-7, КОІ-8 та багато інших. Другим етапом може бути кодування для мінімізації. Такий тип кодування уможливлює

© В. Л. Пархоменко, А. С. Щепак, В. В. Пархоменко, А. І. Бондаренко, 2021

зменшення надлишковості обсягу кодової інформації для передавання того самого обсягу даних. При такому методі кодування беруть до уваги статистичні характеристики джерела, що дає змогу в середньому використати меншу кількість бітів для кодування одного і того самого символу. Механізм оброблення полягає в тому, що серед усього обсягу символів виокремлюються ті, котрі зустрічаються в ньому найчастіше, і їм присвоюються найкоротші кодові комбінації, укорочуючи в такий спосіб довжину коду.

Розглянуті два методи кодування належать до попереднього кодування вихідного коду із джерела. Наступною важливою ланкою є завадостійке кодування, що слугує для виявлення та виправлення втручання в кодові комбінації під час передавання, незалежно від їх джерела. Задля цього вводиться надлишковий код, зокрема символи перевірки або контрольної суми. Таке кодування називають *канальним* і постійно використовують у сучасних системах передавання. До таких методів кодування належать EBCDIC (*Extended Binary Coded Decimal Interchange Code*) та ASCII (*American Standards Committee for Information Interchange*), перший з яких є восьмибітовим, другий — семибітовий.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Незважаючи на велику кількість можливих засобів для попередньої підготовки інформації для передавання, початкові обмеження і вимоги до швидкості відправляння інформації та мінімальної вірогідності високі і завжди залишатимуться такими. Водночас, оскільки середовище передавання також не змінюється з плином часу, то можна дійти висновку, що основна сфера, в якій можливе покращення характеристик безпроводових систем передавання — це пристрої приймання та передавання сигналу.

До переліку основних характеристик безпроводових пристроїв приймання-передавання належать [1]:

- коефіцієнт підсилення;
- площа розсіювання;
- коефіцієнт напрямленої дії;
- опір випромінювання;
- шумова температура;
- діаграма напрямленості, яка описує поширення в просторі потужності електромагнітного поля, що випромінює/приймає антена, котра входить до складу системи приймання-передавання.

Значний вклад у дослідження проблематики вносить дисертація [2], в якій порушується питання залежності показника ефективності передавання аналогової та цифрової інформації засобами радіозв'язку залежно від їх будови. Важливість попереднього розрахунку цифрових діаграм напрямленості зі спеціальним тропосферним зв'язком розглянуто в статті зі збірника наукових праць [3].

Одна з характеристик, що має чималий вплив на передавання сигналу в середині системи та яку потрібно брати до уваги в процесі розроблення та проєктування пристроїв приймання-передавання — шумова температура антени. Цей показник відображає температуру, спричинену випромінюванням навколишнього середовища за відсутності досліджуваного джерела та тепловими втратами в середовищі, що опромінюється. Така змінна розраховується за формулою Нейквіста і дорівнює температурі резистора, який мав би таку саму потужність теплових шумів у цій смузі частот:

$$P = kT_{na}\Delta v,$$

де P — потужність шумів; Δv — смуга частот; k — константа Больцмана.

До джерел шумів належить не сама антена, а інші об'єкти на Землі та в космосі. Космічна складова шуму залежить від діаметра антени — чим більший діаметр і підсилення, тим вужчим буде основне відгалуження діаграми напрямленості, а отже, менше побічних космічних шумів антена підсилює разом із корисним сигналом. Земна складова шумової температури діаграми напрямленості залежить від кута нахилу антени — чим нижче її напрямлено, тим більша кількість індустріальних завад та шумів приймається від поверхні Землі. Тому шумова температура — це не постійна величина, а функція від кута нахилу місця розташування пристрою приймання-передавання.

Далі розглянемо вплив діаграми напрямленості передавача на поширення стандартного електромагнітного сигналу без урахування інших чинників. Для цього вплив інших характеристик візьмемо за універсальний для всіх розглянутих випадків передавання інформації.

Одним із найпоширеніших варіантів реалізації вузьконапрямлених антен ультракороткохвильового (УКХ) діапазону є лінзова антена, яку і доцільно розглядати з погляду практичної перевірки та реалізації результатів розрахунків теоретичних досліджень. Останнім часом такі антени переважно використовуються в діапазоні дециметрових та сантиметрових хвиль у середовищах зі стабільними умовами та незначною кількістю електромагнітних завад, де завдяки своїм властивостям набули широкого застосування.

Одним із основних компонентів такої антени зазвичай є лінза, коефіцієнт заломлення якої відмінний від коефіцієнта заломлення навколишнього середовища, що дає можливість перенапрямити створений випромінювачем фронт хвилі та сформувати потрібну діаграму напрямленості.

Залежно від необхідних умов, лінзова антена формує одну вузьконапрямлену сумарну нормовану діаграму напрямленості або одразу кілька різнонапрямлених діаграм передавання корисного сигналу.

Для побудови діаграми напрямленості доцільно використовувати наявне програмне забезпечення, наприклад:

- Lazarus — в якому застосовуються технології для візуального моделювання;
- MMANA-GAL — що дає змогу проєктувати та розраховувати характеристики, зокрема ультракороткохвильових антен;
- MATLAB — певно, найуніверсальніший інструмент із перелічених, проте він широкоспеціалізований, що збільшує час на побудову математичних моделей антен та діаграми напрямленості.

Також для проведення розрахунків і отримання максимально точного їх результату важливо зважати на наявність як основних, так і додаткових каналів поширення сигналу, що впливає на потужність, якість передавання сигналу й інші характеристики антени (рис. 1) [2]. Основний канал (див. рис. 1) розміщено в зоні A_0, а додаткові канали — у зоні, що позначено A_1.

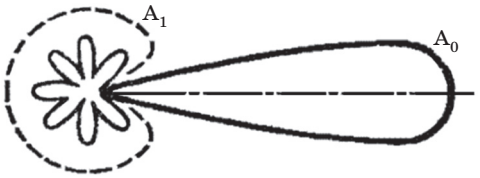

Рис. 1. Діаграма напрямленості сигналу з основним та додатковими каналами

Щоб перевірити вплив додаткових каналів діаграми напрямленості, за допомогою середовища розробки «PyCharm» та бібліотеки «NumPy» було побудовано тестову модель, яка підходить для генерації саме побічних каналів поширення радіосигналу від антени. На результати побудови як основного, так і додаткових каналів впливає розміщення антени, її форма та інші показники.

Для виявлення впливу важливих характеристик у процесі проєктування антен, зокрема під час розрахунку антен із вузьконапрямленою геометрією сигналу, доцільно здійснювати вимірювання на потенційному місці розміщення антени. Вплив космосу, Землі, великих та маленьких об'єктів, будівель безпосередньо біля антени та на шляху потенційного поширення корисного сигналу вносяться в комп'ютерну модель, побудовану на основі доступних даних щодо наявних антен та їх розміщення. Це дає можливість спрогнозувати характеристики майбутньої антени зі значним рівнем точності, що відчутно покращить показники системи. Розрахунок наближених значень потужності завад на основі інформації про 10 наявних антен та їх показників зображено на рис. 2.

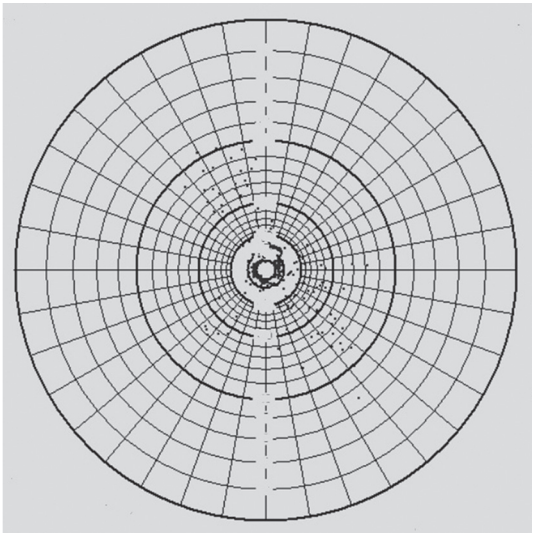

Рис. 2. Результати розрахунку показників в окремих точках

Результати отримано навколо осі антени, проте необхідна точність зберігається не на всьому проміжку в 360°. На основі цих даних було розроблено прогнозоване розміщення додаткових каналів поширення радіосигналу (рис. 3).

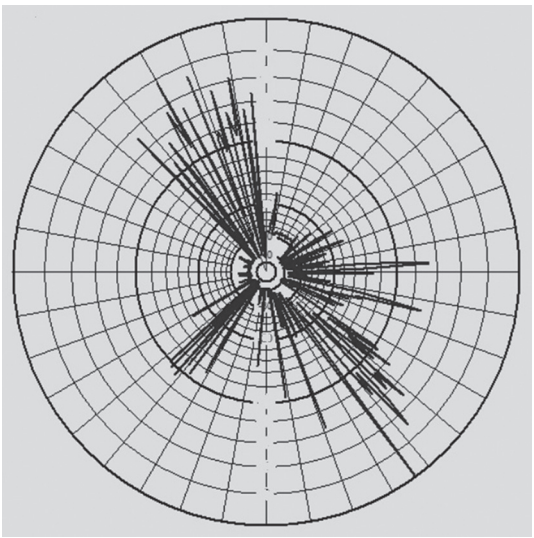

Рис. 3. Діаграма напрямленості сигналу з основним та додатковими каналами

Таким чином, можна виконати теоретичні розрахунки, що дадуть змогу максимально ефективно проєктувати мережі з використанням антен із вузьконапрямленою геометрією поширення сигналу.

ВИСНОВКИ

На основі проведення розрахунків можна дійти висновку щодо найбільш оптимальної форми антени з урахування характеристик вихідного сигналу, розміщенням точки передавання та інших важливих факторів. Такий підхід на стадії проєктування зумовлює економію часу, коштів та найвищу якість передавання сигналу в системі безпроводового приймання-передавання інформації.

Список використаної літератури

1. ***Збірник*** *матеріалів XIII Науково-технічної конференції студентства та молоді «Світ інформації та телекомунікацій» // Наук.-практ. журн. 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 діаграмоутворення у станціях тропосферного зв'язку спеціального призначення // Наук.-практ. журн. ВІТІ ДУТ. 2014. № 1.*

4. ***Студопедія:*** *Пристрої, що реалізовують метод просторової селекції [Електронний ресурс]. URL: https://studopedia.com.ua/1_48377_pristroi-shcho-realizovuyut-metod-prostorovoi-selektsii--hv.html*

В. Л. Пархоменко, А. С. Щепак, В. В. Пархоменко, А. И. Бондаренко

РАСЧЕТ ФОРМИРОВАНИЯ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНТЕНН С УЗКОНАПРАВЛЕННОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОСИГНАЛА

Актуальной и важной в современном мире является сфера беспроводной передачи информации. Постоянно растущие объемы данных, которые необходимо пересылать за единицу времени, непременно повышают требования ко всем комплектующим, участвующим в транспортировке пакетов между абонентами. В статье проведен краткий обзор существующих характеристик устройств приема и передачи, программного обеспечения для проведения моделирования и расчетов диаграммы направленности сигнала, например для ультракоротковолновой системы передачи. Для выполнения таких вычислений предложено использовать программное обеспечение MATLAB и подобные компьютерные программы, что значительно ускорит получение результата и улучшит его точность.

Выполнение таких расчетов на этапе проектирования и построения сети с использованием средств дистанционного распространения и приема сигнала позволяет достичь максимального качества и мощности сигнала, а также свести к минимуму затраты по времени и финансам при дальнейшей реализации комплекса. Для достижения наилучшего результата рассматривается использование моделирования диаграммы направленности распространяемого сигнала антенной с узконаправленной геометрией излучения радиоволн. Основные и дополнительные каналы такого средства передачи информации и их влияние на ведущие характеристики системы зависят от параметров антенны, ее расположения и положения. Следовательно, подбирая эти параметры, можно изменить влияние излучения космоса и Земли, что влияет на передачу радиосигнала в такой системе.

Ключевые слова: система беспроводной передачи информации; диаграмма направленности радиосигнала.

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

CALCULATION OF THE FORMATION OF A NETWORK USING ANTENNAS WITH A NARROWLY DIRECTED GEOMETRY OF RADIO SIGNAL RADIATION

The field of wireless information transfer is relevant and important in the modern world. The ever-increasing amount of data that needs to be sent per unit of time is constantly growing, which inevitably increases the requirements for all components involved in the transportation of packages between subscribers. The text of the article provides a brief overview of the existing characteristics of receiving and transmitting devices, software for modeling and calculation of the signal pattern, for example, for ultra-shortwave transmission system. To perform such calculations, it is suggested to use common software, such as MATLAB and similar computer programs for mathematical calculations. This significantly speeds up the result and increases its accuracy.

Carrying out such calculations at the stage of network design and construction with the use of remote signal propagation and reception allows to achieve the maximum signal quality and power, as well as to minimize the cost of time and money in the further implementation of the complex. To achieve the best result, the use of modeling the pattern of the signal propagated by an antenna with a narrow geometry of the radiation of radio waves is considered. The main and additional channels of such a means of transmission and their impact on the main characteristics of the system depend on the parameters of the antenna, its location and position. Therefore, by selecting these parameters, it is possible to change the influence of radiation from space and the Earth, which qualitatively affects the transmission of radio signals in such a system. In the future, rationally develop the proposed method in the design of radio transmission systems, which will further improve the results.

Keywords: wireless information transmission systems; radio signal pattern.