

УДК 621.396

БАГАТОПОЗИЦІЙНА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА СИСТЕМА ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА СУПУТНИКОВІ ШИРОКОСМУГОВІ ЛІНІЇ РАДІОЗВ'ЯЗКУ

DOI 10.36994/2707-4110-2020-1-28-07

Наритник Т.М., к.т.н., проф. Науково-дослідний інститут телекомунікацій НТУУ «КПІ», Київ, Україна, director@mitris.com

Сайко В.Г., д.т.н., проф. Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна, vgsaiko@gmail.com

Корсун В.І., к.т.н., Український державний центр радіочастот Україна, Київ, korsun@ucrf.gov.ua

Сивкова Н.М., Одеська національна академія зв'язку імені О.С.Попова, Одеса, Україна, onazkafedratk@gmail.com

Семерей С.І., Волинська філія Концерну РРТ, Луцьк, Україна, vfrt@gmail.com

Анотація. Наведено структуру побудови багатопозиційної системи (БС) впливу електромагнітного випромінювання на супутникові широкосмугові канали радіозв'язку, яка складається з синхронно працюючих просторово-рознесених малопотужних приймально-передавальних пристроїв N_{ts} та яка має повнозв'язну топологію (аналогічно Mesh мережам) з децентралізованим варіантом управління БС. В результаті є можливість концентрувати випромінюючу потужність у заданому напрямку. При збільшенні бази передавальної системи, коли її розміри стають порівнянними з дальністю до досліджуваного об'єкта, фронт хвилі вже не є плоским і випромінюючу потужність можна концентрувати не тільки по напрямку, але і по дальності (фокусувати в певній області простору). Поряд з режимом спільної роботи N_{ts} приймально-передавальних пристроїв телекомунікаційної системи супутникового телебачення можуть працювати автономно (незалежно один від одного) і по черзі, відповідно до закону управління, що підвищує гнучкість роботи БС. Крім того, застосування декількох одночасно працюючих випромінювачів дозволяє збільшити зону дії БС. Зменшення рівня потужності сигналів, що випромінюються окремими позиціями, підвищує скритність системи, так як величина результуючої складової електричного поля, що визначається геометричній сумою полів окремих випромінювачів, матиме високе значення в обмеженій області простору, а також електромагнітну сумісність з іншими радіоелектронними засобами, що працюють в одному районі в загальній смузі частот. Наведено методику розрахунку взаємних завад при спільному використанні частот супутникової мережі і багатопозиційної телекомунікаційної системи супутникового телебачення та проведемо практичний експеримент щодо блокування роботи наземної супутникової приймальної станції зовнішніми радіозавадами. Результати експериментальних досліджень показали що потужність випромінювання досліджуваного екземпляру мікрохвильового

блокуючого пристрою цілком достатня для блокування роботи наземної супутникової приймальної станції на віддалі до 30 км, при наявності прямої видимості між антенами блокуючого пристрою та супутникової приймальної станції, а вплив блокуючого пристрою на сусідні транспондери є побічним ефектом, який може мати як позитивний, так і негативний ефект при практичному застосуванні мікрохвильового блокуючого пристрою.

Ключові слова: багатопозиційна система, електромагнітне випромінювання, просторово-рознесені радіопристрої, супутникові приймальні станції. вплив на супутникові канали радіозв'язку.

MULTIPOSITION TELECOMMUNICATION SYSTEM OF ELECTROMAGNETIC EMISSION INFLUENCE ON SATELLITE BROADBAND LINES OF RADIO COMMUNICATION

Narytnik T.N., Ph D, Prof. Research Institute of Telecommunications, NTUU "KPI", Kiev, Ukraine, director@mitris.com

Saiko V.G., Dr. habil., Prof., Kyiv National Taras Shevchenko University, Kiev, Ukraine, vgsaiko@gmail.com

Korsun V.I., Ph D, Ukrainian State Centre of Radio Frequencies, Kyiv, Ukraine, e-mail: korsun@ucrf.gov.ua

Sivkova N.M., Odessa National Academy of Communication, Odessa, Ukraine, onazkafedratk@gmail.com

Semerey S.I. Volynsjka filia Concernu RRT, Lucjk, Ukraine., e-mail: vfrft@gmail.com

Abstract. The structure of construction of a multiposition system (BS) of electromagnetic radiation influence on satellite broadband radio channels, consisting of synchronously operating spatially spaced low-power transceivers N_{ts} and having a fully connected topology network (similar to B) . As a result, it is possible to concentrate the radiating power in a given direction. By increasing the base of the transmission system, when its dimensions become comparable to the distance to the object under study, the wave front is no longer planar and the radiating power can be concentrated not only in the direction but also in the distance (focus in a certain area of space). Along with the N_{ts} collaboration mode, the transceivers of the satellite television telecommunication system can operate autonomously (independently of each other) and alternately, in accordance with the control law, which increases the flexibility of the BS operation. In addition, the use of several simultaneously working emitters can increase the range of BS. Reducing the power level of the signals emitted by individual positions increases the secrecy of the system, since the value of the resulting component of the electric field, determined by the geometric sum of the fields of individual emitters, will be high in a limited area of space, as well as electromagnetic compatibility with other electronic and electronic means one area in the common frequency band. The method of calculation of mutual interference with the sharing of frequencies of the satellite network and the multipoint satellite telecommunication system is presented and a practical experiment will be conducted to block the operation of the terrestrial satellite receiving station by external radio interference. The results of experimental studies have shown that the radiation power of this instance of the microwave blocking device is sufficient to block the operation of the terrestrial satellite receiving station at a distance of up to 30 km, in the presence of direct visibility between the antenna of the

blocking device and the satellite receiving transceiver, which can have both a positive and a negative effect on the practical application of a microwave blocking device..

Keywords: *multipoint system, electromagnetic radiation, space-spaced radio devices, satellite receiving station, impact on satellite radio channels.*

Вступ

Останнім часом фахівці та розробники приділяють пильну увагу багатопозиційним телекомунікаційним системам, особливо в режимі їх групового застосування. Мережеве застосування таких систем відкриває нові можливості в різних областях прикладної науки [1]. Головною причиною актуальності таких багатопозиційних радіосистем є надзвичайна широта і різноманітність їх застосування (в радіонавігації, радіолокації, радіозв'язку, радіоуправлінні, радіо геодезії та ін.) з реалізацією нових характеристик, які важко отримати в однопозиційних радіосистемах. Відмінними рисами цих систем є використання в тій чи іншій мірі просторово-часових методів обробки інформації, закладеної в хвильових полях і радіосигналах, що приймаються одночасно в просторово-рознесених точках прийому (в тому числі мобільних) з використанням як активних, так і пасивних методів радіоприйому.

Одним з напрямків підвищення ефективності когерентних багатопозиційних систем є реалізація принципу просторово-розподіленого випромінювання (ПРВ). При реалізації ПРВ випромінювання інформаційних сигналів здійснюється кількома рознесеними в просторі позиціями передавальної системи синхронно пов'язаними між собою [2, 3]. З цієї точки зору являє інтерес проведення досліджень можливостей створення багатопозиційних систем і комплексів впливу електромагнітного випромінювання на наземні і супутникові широкосмугові лінії радіозв'язку [4].

Так, в [5,6] розглянуто можливість створення просторово-часових завад засобами радіоелектронної боротьби. Однак авторами досліджуються, в основному, потенційні можливості оцінювання координат і параметрів руху цілей когерентними багатопозиційними вимірювальними системами з великою базою при використанні принципу просторово-розподіленого випромінювання.

Метою роботи є розробка структури багатопозиційної телекомунікаційної системи впливу електромагнітного випромінювання на супутникові широкосмугові лінії радіозв'язку та методики розрахунку взаємних завад при спільному використанні частот супутникової мережі і багатопозиційної телекомунікаційної системи супутникового телебачення, а також проведення експериментальних досліджень щодо блокування роботи наземної супутникової приймальної станції зовнішніми радіозавадами.

Постановка задачі

Розглянемо багатопозиційну телекомунікаційну систему впливу електромагнітного випромінювання на супутникові широкосмугові лінії радіозв'язку, що складається з N_{ts} прийомопередавачів телекомунікаційної системи супутникового телебачення з відомими координатами (x_i, y_i, z_i) , один з

яких є керуючий, радіолокаційного комплексу, що складається з передавального пристрою $ПП_{r1}$, розміщеного біля керуючого прийомопередавача, з відомими координатами (x_{r1}, y_{r1}, z_{r1}) , і N_{r1} його виносних приймальних пристроїв, розміщених біля N_{ts} прийомопередавачів телекомунікаційної системи супутникового телебачення (рис. 1). Всі N_{r1} приймачів системи синхронізовані між собою і об'єднані в мережу передачі даних. Синхронізація N_{r1} приймачів з передавачем $ПП_{r1}$, здійснюється по зондуєчому сигналу з урахуванням відомих відстаней між передавачем і приймачами. Радіолокаційний передавач $ПП_{r1}$, випромінює радіолокаційний сигнал з базою B і періодичністю T . База B визначається вимогами до енергетики сигналу, а періодичність T - вимогами до діапазону однозначно вимірюваної дальності до супутникового об'єкта [7].

Супутниковий об'єкт CO з невідомими координатами (x, y, z) знаходиться в зоні дії багатопозиційної телекомунікаційної системи впливу електромагнітного випромінювання на супутникові канали радіозв'язку. Кожен приймач N_{r1} , розміщений рядом з N_{ts} прийомопередавачами телекомунікаційної системи супутникового телебачення, включає два канали (рис. 2): канал прямого сигналу (КПС) і канал віддзеркаленого (зворотного) сигналу від супутникового об'єкту (КВС).

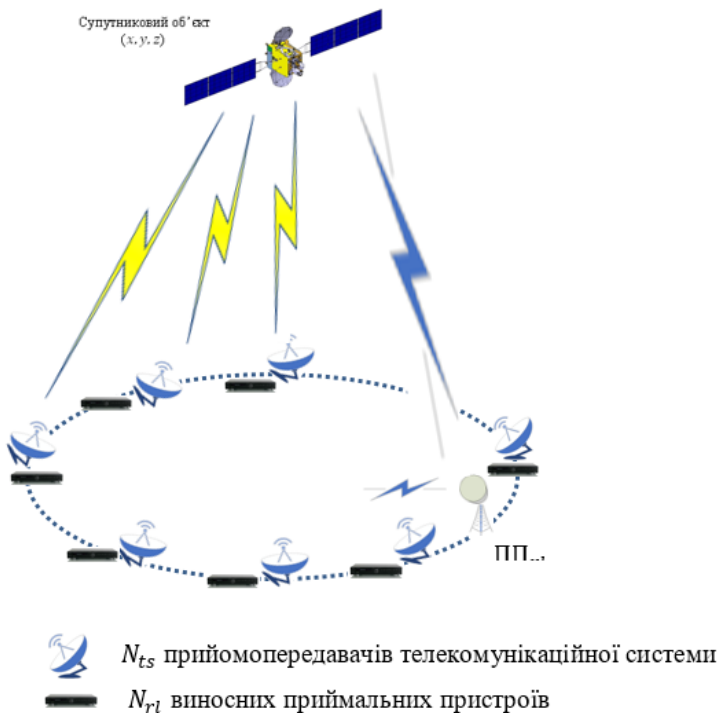


Рис. 1. Структура багатопозиційної телекомунікаційної системи впливу електромагнітного випромінювання на супутникові широкосмугові лінії радіозв'язку

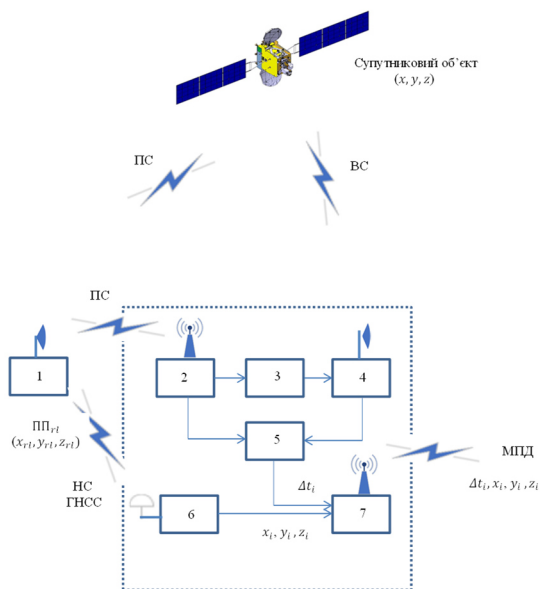
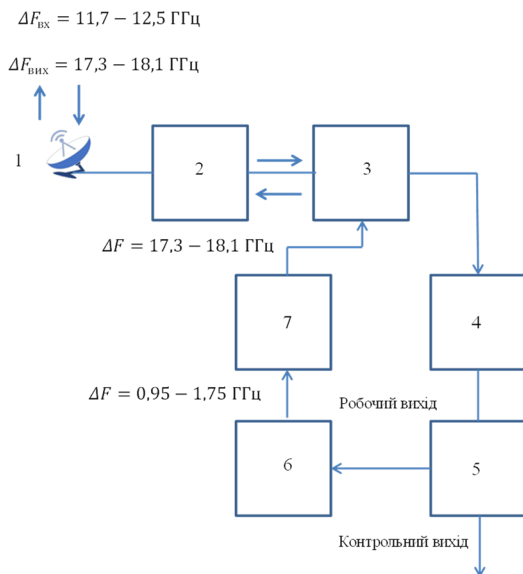


Рис. 2 Структурна схема виносного приймача N_{rii} .



- ПП_{ГІ}. 2 - КПС. 3 - КГ. 4 - КВС. 5 - ТЛ. 6 - НАС ГНСС. 7 - ТОПД.

Рис. 3 Структурна схема прийомопередавача N_{tsi} багатопозиційної телекомунікаційної системи супутникового телебачення.

Канал прямого сигналу забезпечує прийом зондуючого сигналу радіолокаційного передавача на ненаправлену антену, запуск цим сигналом когерентного гетеродина (КГ) і запуск цим же сигналом тимчасового лічильника (ТЛ). При цьому всі N_{ri} приймачів повинні одночасно знаходитися в зоні дії діаграми направленості антени радіолокаційного передавача ПП_{ri}. Сигнал КГ використовується у другому каналі N_{ri} для забезпечення когерентного прийому віддзеркаленого від СО сигналу на спрямовану антену з широкою діаграмою направленості в передню півсферу. Прийнятий у другому каналі відбитий від СО сигнал забезпечує зупинку ТЛ. Таким чином, в кожному N_{ri} тимчасовий лічильник забезпечує вимірювання тимчасового інтервалу Δt_i між моментами приходу прямого зондуючого сигналу ПП_{ri}, і сигналу, віддзеркаленого від СО. Кожен приймач N_{ri} через термінальне обладнання передачі даних (ТОПД) транслює в мережу передачі даних (МПД) виміряне значення Δt_i , а також свої поточні координати (x_i, y_i, z_i) , виміряні за допомогою навігаційної апаратури споживачів (НАС) по навігаційним сигналам (НС) глобальної навігаційної супутникової системи (ГНСС). При цьому один з приймачів мережі, наприклад N_{ri1} , визначається як центр обробки інформації. На підставі централізованої обробки результатів кооперативного прийому відбитого від СО сигналу на всіх приймачах мережі визначаються невідомі координати супутникового об'єкта (x, y, z) .

N_{ts} прийомопередавачів телекомунікаційної системи супутникового телебачення містять послідовно з'єднані антенний пристрій 1, поляризатор 2, дуплексер 3, фільтр 4, конвертор 5, блок управління з джерелом живлення 6, перетворювач частоти 7 (рис.3).

Сигнал від супутникового об'єкта, прийнятий антеною 1 в діапазоні частот 10,7 ... 11,7 або 11,7 ... 12,5 ГГц проходить через блок вибору 2 поляризації, дуплексер 3, смуговий фільтр 4 і надходить на вхід конвертера 5. До складу конвертера входять малошумний підсилювач, фільтр дзеркального каналу, перетворювач частоти з гетеродином, стабілізований діелектричний резонатор, підсилювач першої проміжної частоти. Після першого перетворення частоти сигнал переноситься в смугу частот 0,95...2,15 ГГц, підсилюється і передається на послідовно з'єднаним перетворювач частоти, дуплексер, поляризатор і антенний пристрій.

Багатопозиційна система (БС) впливу електромагнітного випромінювання на супутникові широкосмугові лінії радіозв'язку, що складається з синхронно працюючих просторово-рознесених малопотужних приймально-передавальних пристроїв N_{ts} має повнозв'язну топологію (аналогічно Mesh мережам) з децентралізованим варіантом управління БС, функції з управління інформаційного обміну в системі та розподілу ресурсів покладаються на керуючий приймально-передавальний пристрій, елементи системи управління входять до складу кожного приймально-передавального пристрою, а загальне управління здійснює контролер керуючого приймально-передавального пристрою БС, команди від якого передаються по безпроводним лініям

радіозв'язку, в якості керуючого N_{ts} виступає будь-який з приймально-передавальних пристроїв системи. БС забезпечує концентрацію енергії електромагнітних коливань просторово рознесених передавачів у пункті польоту супутникового об'єкту з використанням вузько направлених антен.

В результаті з'являється можливість концентрувати випромінюючу потужність у заданому напрямку. При збільшенні бази передавальної системи, коли її розміри стають порівнянними з дальністю до досліджуваного об'єкта, фронт хвилі вже не є плоским і випромінюючу потужність можна концентрувати не тільки по напрямку, але і по дальності (фокусувати в певній області простору). Поряд з режимом спільної роботи N_{ts} прийомопередавачів телекомунікаційної системи супутникового телебачення можуть працювати автономно (незалежно один від одного) і по черзі, відповідно до закону управління, що підвищує гнучкість роботи БПРС [1]. Крім того, застосування декількох одночасно працюючих випромінювачів дозволить збільшити зону дії БПРС. Зменшення рівня потужності сигналів, що випромінюються окремими позиціями (при реалізації БПРС), підвищує скритність системи, так як величина результуючої складової електричного поля, що визначається геометричною сумою полів окремих випромінювачів, матиме високе значення в обмеженій області простору, а також електромагнітну сумісність з іншими радіоелектронними засобами, що працюють в одному районі в загальній смузі частот.

При цьому, питання розробки алгоритмів визначення координат супутникового об'єкта, заснованого на навігаційних позиційних методах, в даний час досить глибоко досліджені в ряді робіт [1,7]. Теоретичною основою більшості алгоритмів є рішення ітераційним методом найменших квадратів системи нелінійних рівнянь, записаних з використанням навігаційних позиційних методів визначення координат.

Тому далі розглянемо іншу актуальну науково-технічну задачу для систем БПРС - розробка методики розрахунку взаємних завад при спільному використанні частот супутникової мережі і багатопозиційної телекомунікаційної системи супутникового телебачення та проведемо практичний експеримент щодо блокування роботи наземної супутникової приймальної станції зовнішніми радіозавадами.

Методика розрахунку взаємних завад при спільному використанні частот супутникової мережі і багатопозиційної телекомунікаційної системи супутникового телебачення

Теоретичною основою розробки методики є методи аналізу і розрахунку норм частотно-територіального рознесення для супутникових систем зв'язку [8-10]. При цьому слід враховувати наступне. Спільне використання частот неминуче веде до виникнення взаємних завад. Для забезпечення нормальної роботи сумісних служб встановлюються критерії електромагнітної сумісності (ЕМС). Критерії ЕМС по можливості не повинні завадити розвитку сумісних РЕЗ і повинні бути засновані на оцінці допустимого рівня завади і рівня

потужності корисного сигналу, що забезпечують задану якість роботи. Під допустимим рівнем завади слід розуміти прогнозовану заваду, що задовольняє кількісними критеріями завади і критерієм спільного використання частот, що містяться в Регламенті радіозв'язку, або в Рекомендаціях МСЕ-Я, або в спеціальних угодах, які передбачені Регламентом радіозв'язку [8-10]. Критеріями ЕМС служать такі значення взаємних завад, при яких забезпечується нормальна робота сумісних радіослужб.

Підкреслимо також, що потужність перешкоджаючого сигналу U_p визначатимемо в смузі частот, яка виділяється фільтрами приймача супутникового ретранслятора для оптимального прийому корисного сигналу. У загальному випадку при спектральній щільності потужності перешкоджаючого сигналу $W_p(f)$:

$$U_p = \int W_p(f) k(f), \quad (1)$$

де $k(f)$ – нормований щодо сигналу коефіцієнт передачі фільтра приймача.

Якщо в смугу корисного сигналу Δf_c потрапляє тільки частина Δf_1 всій смуги перешкоджаючого сигналу Δf_i , а спектр сигналу, що заважає є рівномірний, то загальну потужність завади U_p , слід перерахувати по очевидному співвідношенню (рис. 4):

$$U_{\Delta f_1} = U \left(\frac{\Delta f_1}{\Delta f_i} \right) \quad (2)$$

Коли смуги частот корисного і перешкоджаючого сигналів збігаються, а їх спектральна щільність постійна в межах смуги частот, відношення сигналу U_c до завади U_p дорівнює відношенню їх спектральних густин:

$$U_c/U_p = W_c/W_i \quad (3)$$

Далі розглянемо процес утворення приймачем супутникового об'єкта приймального сигналу, отриманого за рахунок просторово-розподіленого випромінювання N_{ts} передавачів. N_{tsi} передавач телекомунікаційної системи супутникового телебачення створює у напрямку на супутниковий об'єкт щільність потужності випромінювання наступну:

$$W_i = \frac{P_i G_i}{4\pi} \quad (4)$$

де P_i – потужність i – го передавача; G_i – коефіцієнт посилення антени i – го передавача в напрямку на супутниковий об'єкт.

При цьому потужність завади U_p , дБВт (без урахування загасання в дощі і газах атмосфери) можна виразити таким виразом:

$$U_p = P_{pi} + G_{pi}(\theta_i) - L_t + G(\theta_p) \quad (5)$$

де P_{pi} – максимальна потужність передавача, що підводиться до антени земної станції супутникової системи, що створює заваду, дБВт; $G_{pi}(\theta_i)$ – коефіцієнт посилення антени земної станції, що заважає, супутникової системи в напрямку на супутник, для якого створюється завада, дБ; θ_i – топоцентричне

кутове рознесення між супутниками з урахуванням допусків на утримання супутників по довготі, град ; L_t – втрати на передачу в вільному просторі, дБ; $G(\theta_p)$ – коефіцієнт підсилення приймальної антени супутника, з якому створюється завада, в напрямку на перешкоджаючу земну станцію, дБ; θ_p – кут, відлічуваний від осі прийомної антени цього супутника в напрямку на заважає земну станцію, град.

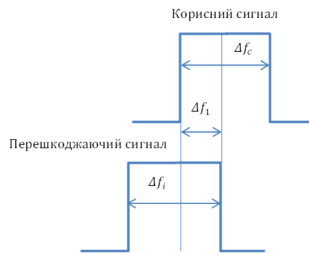


Рис. 4 Ілюстрація особливості розрахунку величини завади при частковому перекритті використовуваних частот

Так як БПРС розраховані на просторово-когерентні не флюктуючі сигнали або з дружними (з різних позиціях) амплітудними флюктуаціями, тоді об'єднання інформації від різних позицій відбувається на рівні радіосигналів [1]. Розподіл ймовірностей шуму і суми сигнал-завада після об'єднання такі ж, як в окремої N_{tsi} , а відношення сигнал-завада U_c/U_p після об'єднання дорівнює сумі відносин сигнал-завада від $\sum_i^N U_c/U_p$.

Таким чином, наведена методика дозволяє провести моделювання розробленої системи і оцінити її характеристики.

Результати експериментальних досліджень

Мета експерименту

1.1 Підтвердити можливість блокування роботи наземної супутникової приймальної станції (надалі – СПС) за допомогою джерела радіозавад (надалі – мікрохвильового блокуючого пристрою) розміщеного на значному віддаленні від СПС.

1.2 Вивчити енергетичні показники мікрохвильового блокуючого пристрою достатні для впевненої роботи системи блокування СПС.

1.3 Дослідити вплив створеної завади на якість прийому телевізійних каналів з конкретного транспондера та вплив завади на якість прийому сусідніх (інших) транспондерів супутника.

Вихідні умови і параметри обладнання

Локація об'єктів експерименту

Попередніми обов'язковими умовами успішного результату проведення експерименту були визначені наступні:

– наявність прямої видимості між передавальною станцією (антенною мікрохвильового блокуючого пристрою) та СПС, зважаючи на роботу засобів в Ku діапазоні частот;

– розміщення СПС географічно на півдні від розміщення передавальної станції для унеможливлення затінення конвертора СПС конструкцією самого дзеркала СПС.

Висотні споруди з необхідними параметрами були підібрані і їх географічні дані та профіль приведені на нижче наведеному рисунку (рис.5).

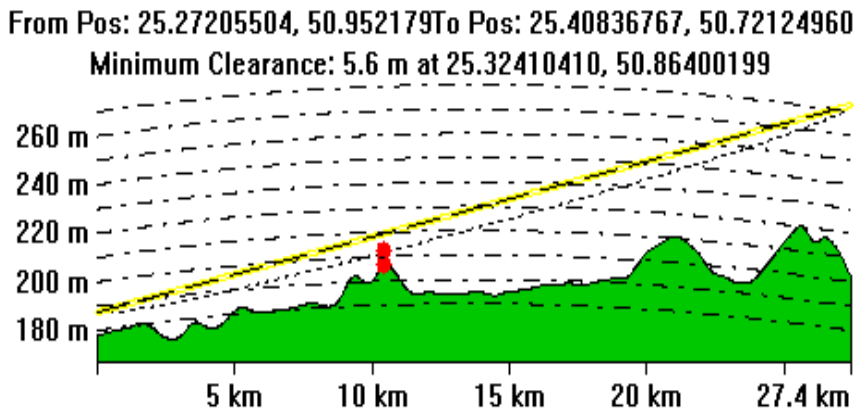


Рис. 5. Профіль траси та географічні дані передавальної та приймальної станцій

Передавальна станція у складі блокуючого пристрою з параболічною секторною антенною (рисунк 6) розміщена на щоглі (висота щогли – 130м, висота підвісу мікрохвильового блокуючого пристрою – 80 м). Підсилення антени (D – 0.6 m) – 30 дБ. Потужність блокуючого пристрою при забезпечення на його вході сигналу НВЧ генератора 40 мкВт – 4 Вт.

Приймальна станція

СПС в складі:

1. супутникової антени Triax TD-110;
2. супутникового приймача Evolution 700S;
3. МШУ / конвертора WV211 (Кш - 1,0 дБ; Fрет – 10,6 ГГц).

Приймальна станція встановлена на щоглі з висотою підвісу – 10 м за 28 км від мікрохвильового блокуючого пристрою.

Організований прийом програм із супутника Eutelsat 28A – Astra 28.2E. Налаштування приймачем були здійснені на пакет програм транспондера з параметрами - 12266 МГц, Н, 5/6.

Нижче наведена карта покриття території Західної України сигналом супутника Eutelsat 28A – Astra 28.2E (рис. 6).

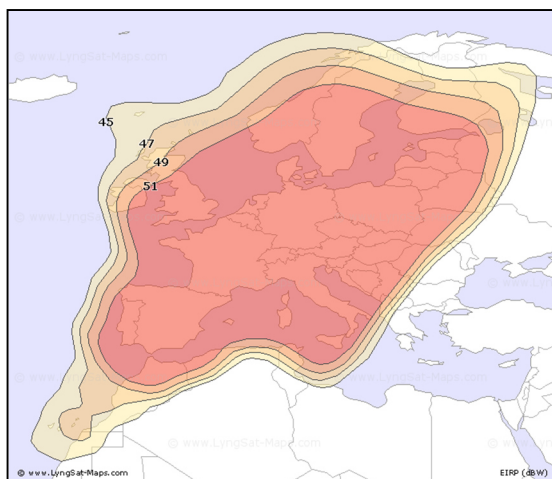


Рис. 6. Карта покриття території Західної України сигналом супутника Eutelsat 28A – Astra 28.2E.

Вимірювальні прилади

В якості вимірювального приладу використовувався телевізійний аналізатор TVExplorerHD + виробництва фірми Promax.

Проведення вимірів

Метою першого виміру є вплив мікрохвильового блокуючого пристрою на прийом програм з транспондера 12266 Н. В нормальному режимі роботи СПС рівень сигналу на приймачі становить – 100%, якість – 45% . На вимірювальному приладі спостерігався спектр сигналу з транспондера 12266Н без будь-яких спотворень (рис. 7).

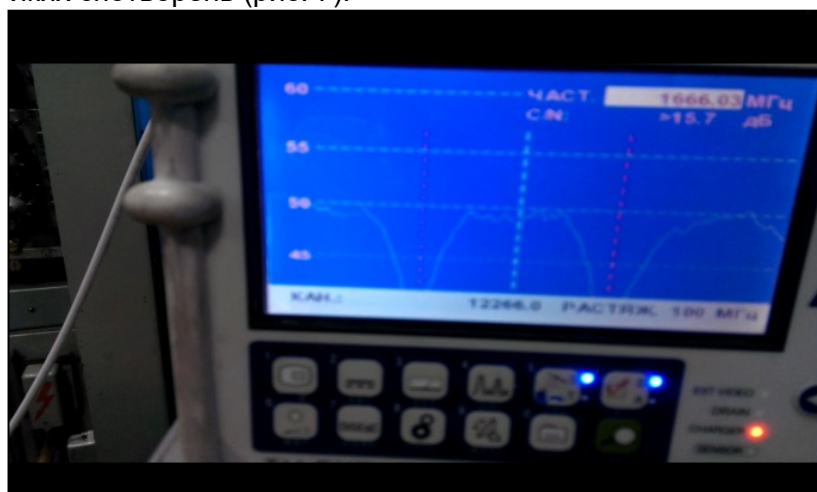


Рис. 7. Скриншот із зображенням спектру сигналу з транспондера 12266Н без будь-яких спотворень.

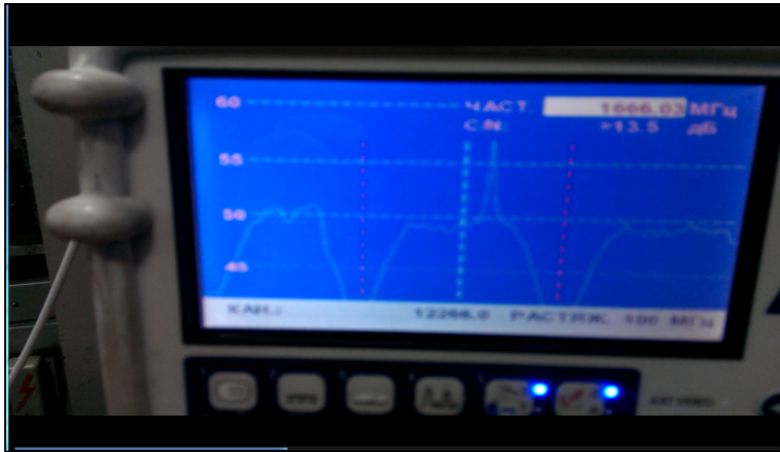


Рис. 8 Скриншот із зображенням спектру сигналу з транспондера 12266Н зі спотвореннями.

Після ввімкнення мікрохвильового блокуючого пристрою прийом пакета програм з даного транспондера припинився (якість на приймачі Evolution 700S – 0%), а приладом на спектрі сигналу спостерігалась завада з рівнем на 7 – 8 дБ вищим від рівня корисного сигналу (рис.8).

Метою другого виміру є вплив мікрохвильового блокуючого пристрою, який працював на фіксованій частоті 12266 МГц на прийом програм всіх транспондерів супутника Eutelsat 28A – Astra 28.2E.

В нормальному режимі роботи СПС на приймачі рівні сигналу на всіх транспондерах (стволах) супутника становили – 100%, якість – 45% .

На приладі спостерігались спектри сигналів транспондерів без будь-яких спотворень (рис.9).

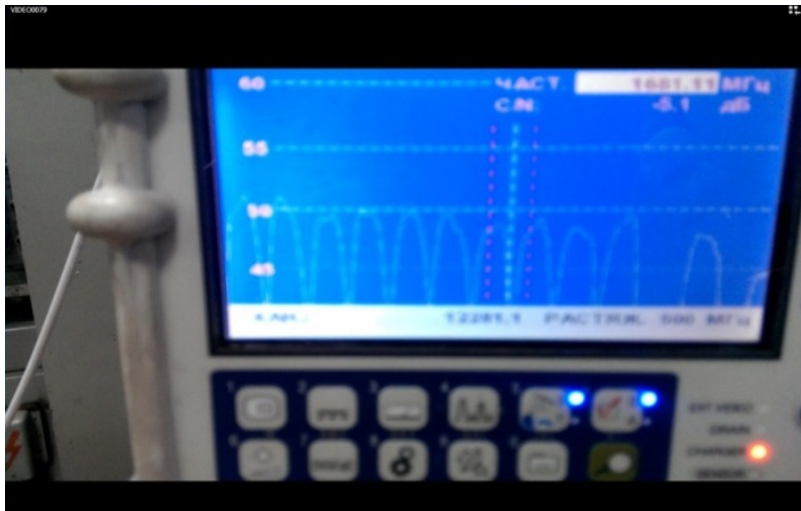


Рис. 9. Скриншот із зображенням спектрів сигналів транспондерів без будь-яких спотворень.

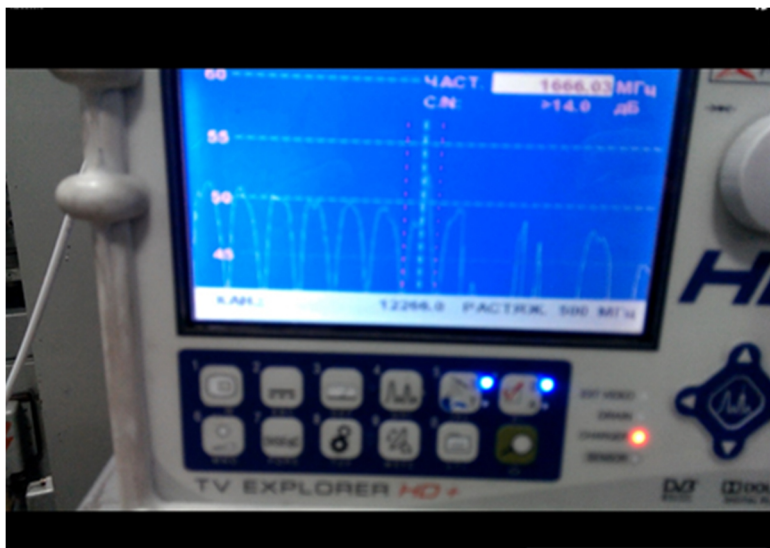


Рис. 10. Скриншот із зображенням приладом на спектрі сигналів сусідніх транспондерів, де спостерігались періодичні спотворення їх форми

Після ввімкнення мікрохвильового блокуючого пристрою, прийом пакета програм з транспондеру 12266 МГц припинився повністю згідно опису в пп. 3.1. п.3 «Проведення вимірів». Прийом програм із сусідніх транспондерів став не впевнений, проте не припинився повністю. Картинка періодично зникала і відновлювалася (якість на приймачі Evolution 700S 0% - 45%).

Приладом на спектрі сигналів сусідніх транспондерів спостерігались періодичні спотворення їх форми.

Притому вплив завади на інші транспондери супутника (відмінні від 12266Н) відбувався хаотично.

При зміні частоти генератора в межах 1-5 МГц характер хаотичності впливу на інші транспондери супутника не мінявся і можна припустити, що дані процеси відбувалися через явище інтерференції хвиль.

Вище наведений скриншот із зображенням вищенаведеного (рис.10).

Висновок

1. Наведено розроблену структуру багатопозиційної телекомунікаційної системи впливу електромагнітного випромінювання на супутникові широкосмугові лінії радіозв'язку. Принцип, закладений в структуру, заснований на концентрації енергії електромагнітних коливань просторово рознесених передавачів у пункті польоту СО з використанням вузько направлених антен. Таким чином, висока щільність енергії що при цьому досягається, повністю або частково виключає прийом будь-якої інформації ЗО ззовні, внаслідок чого робить ціль непридатною до виконання поставленого завдання.

2. Результати експериментальних досліджень показали наступне:

Потужність випромінювання досліджуваного екземпляру мікрохвильового блокуючого пристрою цілком достатня для блокування роботи наземної

спутникової приймальної станції на віддалі до 30 км, при наявності прямої видимості між антеною блокуючого пристрою та СПС.

Вплив блокуючого пристрою на сусідні транспондери є побічним ефектом, який може мати як позитивний, так і негативний ефект при практичному застосуванні мікрохвильового блокуючого пристрою. Дія мікрохвильового блокуючого пристрою на сусідні транспондери потребує додаткового вивчення і аналізу.

В цілому експеримент вважаємо достатньо успішним, оскільки цілі його проведення досягнуті і можливе практичне застосування запропонованого рішення.

Література

1. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. М.: Радио и связь, 1993. – 416с.
2. Конторов Д.С. Введение в радиолокационную системотехнику. М.: Сов. Радио, 1971. – 354 с.
3. Кондратьев В.С., Котов А.Ф., Марков В.Н. Многопозиционные радиотехнические системы / Под ред. В.В. Цветкова. М.: Радио и связь, 1986. – 263 с.
4. Багатоканальний комплекс впливу електромагнітного випромінювання на наземні і супутникові широкосмугові лінії радіозв'язку / Наритник Т.М., Сайко В.Г., Мікрюков С.А., Сарапулов С.В. Патент України на корисну модель №140198, дата публікації 10.02.2020 р. Бюл.№3 з пріоритетом від 08.07.2019
5. В.И. Борисов. Пространственные и вероятностно-временные характеристики эффективности станций ответных помех при подавлении систем радиосвязи. М.: «РадиоСофт», - 2008, стр. 320.
6. Добыкин В.Д. Радиоэлектронная борьба: цифровое запоминание и воспроизведение радиосигналов и электромагнитных волн. М.: Вузовская книга, 2009. – стр. 38.
7. Дудник П.И., Кондратенков Г.С., Татарский Б.Г., Ильчук А.Р., Герасимов А.А.. Авиационные радиолокационные комплексы и системы — М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2006. — 1112 с.
8. Слободянюк П.В., Наритник Т.М., Благодарний В.Г., Сайко В.Г., Булгач В.Л. Теорія і практика управління використанням радіочастотного ресурсу. Навчальний посібник. / за редакцією Кривуци В.Г. К.: ДУИКТ, 2012. – 596с.
9. Основы управления использованием радиочастотного спектра. Том 2: Обеспечение электромагнитной совместимости радиосистем / под ред. М.А. Быховского. – М.: КРАСАНД, 2012. – 552 с.
10. Электромагнитная совместимость систем спутниковой связи. Под ред. Л. Я. Кантора и В.В. Ноздрина. М.: НИИР, 2009. – 280 с.

Reference

1. Chernyak V.S. Mnogopozicionnaja radiolokacija. M.: Radio i svjaz', 1993. – 416s.
2. Kontorov D.S. Vvedenie v radiolokacionnuju sistemotekniku. M.: Sov. Radio, 1971. – 354 s.
3. Kondrat'ev V.S., Kotov A.F., Markov V.N. Mnogopozicionnye radiotekhnicheskie sistemy / Pod red. V.V. Cvetkova. M.: Radio i svjaz', 1986. – 263 s.
4. Bagatokanal'nij kompleks vplivu elektromagnitnogo viprominjuvannja na nazemni i suputnikovii shirokosmugovi linii radiozv'jazku / Naritnik T.M., Sajko V.G., Mikrjukov S.A., Sarapulov S.V. Patent Ukraini na korisnu model' №140198, data publikacii' 10.02.2020 r. Bjul.№3 z prioritetom vid 08.07.2019.
5. V.I. Borisov. Prostranstvennye i verojatnostno-vremennye harakteristiki jeffektivnosti stancij otvetnyh pomeh pri podavlenii sistem radiosvjazi. M.: «RadioSoft», - 2008, str. 320.

6. Dobykin V.D. Radioelektronnaja bor'ba: cifrovoe zapominanie i vosproizvedenie radiosignalov i jelektromagnitnyh voln. M.: Vuzovskaja kniga, 2009. – str. 38.
7. Dudnik P.I., Kondratenkov G.S., Tatarskij B.G., Il'chuk A.R., Gerasimov A.A.. Aviacionnye radiolokacionnye komplekxy i sistemy — M.: Izd. VVIA im. prof. N.E. Zhukovskogo, 2006. — 1112 s.
8. Slobodjanjuk P.V., Naritnik T.M., Blagodarnij V.G., Sajko V.G., Bulgach V.L. Teorija i praktika upravlinnja vikoristannjam radiochastotnogo resursu. Navchal'nij posibnik. / za redakciju Krivuci V.G. K.: DUIKT, 2012. – 596s.
9. Osnovy upravlennja ispol'zovanjem radiochastotnogo spektra. Tom 2: Obespechenie jelektromagnitnoj sovmestivosti radiosistem / pod red. M.A. Byhovskogo. – M.: KRASAND, 2012. – 552 s.
10. Jelektromagnitnaja sovmestimost' sistem sputnikovoj svjazi. Pod red. L. Ja. Kantora i V.V. Nozdrina. M.: NIIR, 2009. – 280 s.