

---

---

# БАГАТОПОЗИЦІЙНА СИСТЕМА ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА СУПУТНИКОВІ ЛІНІЇ РАДІОЗВ'ЯЗКУ

Наритник Т.М. , Сайко В.Г.

Науково-дослідний інститут телекомунікацій НТУУ  
«КПІ», Київ, Україна,  
Київський національний університет імені Тараса  
Шевченка, Київ, Україна

E-mail:director@mitris.com

E-mail:vgsaiko@gmail.com

---

---

## Abstract

The structure of construction of a multiposition system of electromagnetic radiation influence on satellite broadband radio channels, consisting of synchronously operating spatially spaced low-power transceivers and having a fully connected topology network (similar to B) . 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.

---

---

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] 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 проведення експериментальних досліджень щодо блокування роботи наземної супутникової приймальної станції зовнішніми радіозавадами.

Багатопозиційна система (БС) впливу електромагнітного випромінювання на супутникові широкосмугові лінії радіозв'язку, що складається з синхронно працюючих просторово-рознесених малопотужних приймально-передавальних пристроїв 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 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 прийомопередавачів телекомунікаційної системи супутникового телебачення можуть працювати автономно (незалежно один від одного) і по черзі, відповідно до закону управління, що підвищує гнучкість роботи БС [1]. Крім того, застосування декількох одночасно працюючих випромінювачів дозволить збільшити зону дії БС. Зменшення рівня потужності сигналів, що випромінюються окремими позиціями (при реалізації БС), 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.

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]. Теоретичною основою більшості алгоритмів є рішення ітераційним методом найменших квадратів системи нелінійних рівнянь, записаних з використанням навігаційних позиційних методів визначення координат.

Тому далі розглянемо актуальну науково-технічну задачу для систем БС - проведемо практичний експеримент щодо блокування роботи наземної супутникової приймальної станції зовнішніми радіозавадами.

## Результати експериментальних досліджень

### 1. 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.

### 2. Вихідні умови і параметри обладнання

2.1 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. 1).

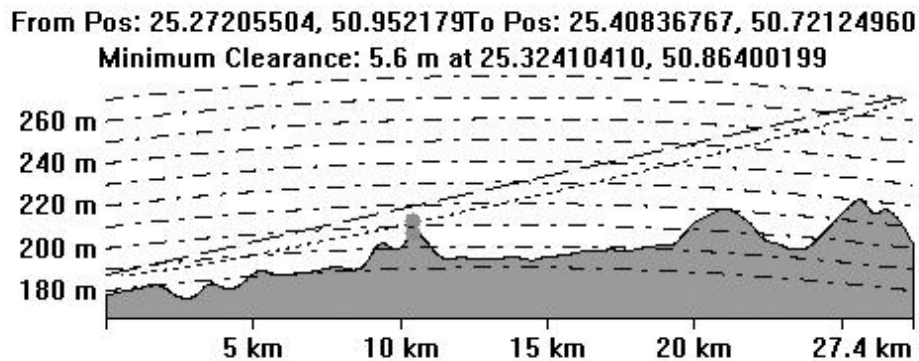


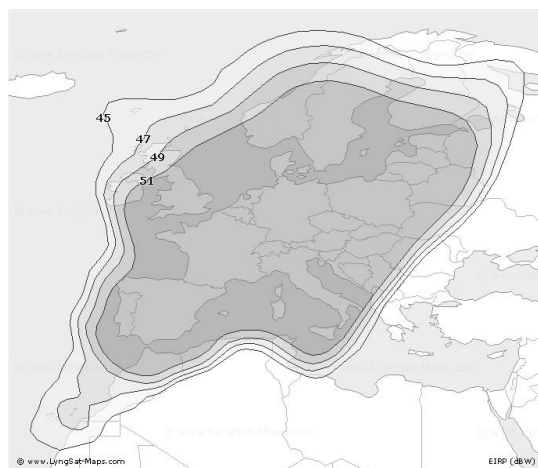
Рис. 1 Профіль траси та географічні дані передавальної та приймальної станцій

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

## 2.2 Приймальна станція

СПС в складі: супутникової антени Triax TD-110; супутникового приймача Evolution 700S; МШУ / конвертора WV211 (Кш - 1,0 дБ; Fget – 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, H, 5/6. Нижче наведена карта покриття території Західної України сигналом супутника Eutelsat 28A – Astra 28.2E (рис.2).



**Рис.2 Карта покриття території Західної України сигналом супутника Eutelsat 28A – Astra 28.2E**

### 2.3 Вимірювальні прилади

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

## 3. Проведення вимірів

3.1. Метою 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.3) та зі спотвореннями (рис.4).



**1** Рис.3. Скриншот із зображенням спектру сигналу з транспондера 12266Н без будь-яких спотворень (ліворуч)

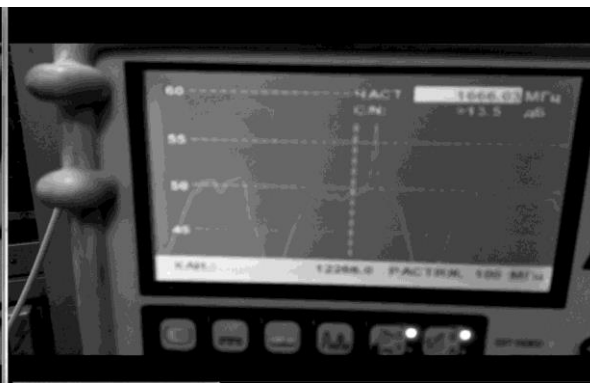


Рис.4.Скриншот із зображенням спектру сигналу з транспондера 12266Н зі спотвореннями (праворуч)

## Висновки

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 супутникового об'єкту з використанням вузько

направлених антен. Таким чином, висока щільність енергії що при цьому досягається, повністю або частково виключає прийом будь-якої інформації зони обслуговування 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 супутникової 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 ширококутові лінії радіозв'язку /Наритник Т.М., Сайко В.Г., Мікрюков С.А., Сарпулов 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.