

**Дослідження просторової селекції сигналів  
з модуляцією qam-n на фоні радіозавад при зміні різниці кутових  
координат та зміні величини бази антенної системи**

Бранчук В.М., Якорнов Є.А., Авдеєнко Г.Л.  
*Інститут Телекомунікаційних систем, НТУУ «КПІ»  
Тел:0963436807 e-mail: vetbm@meta.ua*

**Research spatial selection modulated qam-n signals and noise signal based  
on the difference of angular coordinates and of variable distances base of  
antenna system**

Experimentally investigated the signal deterioration parameters dependence of the angular spacing between the signal source and noise source, and of variable distances base of antenna system, provided interference suppression.

Застосування методів просторової селекції сигналів з використанням адаптивних антенних решіток (ААР) є одним з перспективних способів вирішення завдання повторного використання ресурсу спектра бездротових систем зв'язку надвисокочастотного діапазону [1].

Однак, як і всі відомі методи селекції, просторова селекція також має недоліки, такі як: необхідність ускладнення антенно-фідерної системи і введення адаптивного процесора, часткове ослаблення корисного сигналу при придушенні завадового сигналу, неможливість забезпечення селекції корисного радіосигналу на фоні радіозавади в разі збігу кутових координат джерел цих сигналів [2].

Сучасні безпроводові системи зв'язку для підвищення спектральної ефективності використання радіоканалу застосовують високопозиційні методи модуляції (QAM-16, 32, 64, 128, 256, 512), які потребують високого значення відношення несуча/шум на вході приймального пристрою для отримання необхідної якості демодуляції інформації (ймовірності бітової помилки), тому важливим стає завдання практичного дослідження ефективності просторової селекції радіосигналів з модуляцією QAM-N, для виявлення впливу просторової селекції на їх основні параметри.

Для практичного дослідження ефективності виділення на прийомній стороні методами просторової селекції в антенній решітці корисного радіосигналу з модуляцією QAM-N на фоні радіозавади, що збігається по виду поляризації і діапазону частот з корисним сигналом та оцінки залежності погіршення енергетичних параметрів корисного сигналу, від кутового рознесення та від розносу по дальності [3] між джерелом його випромінювання і джерелом випромінювання радіозавади, за умови придушення радіозавади була розроблена лабораторна установка НВЧ діапазону, структурна схема якої відповідно зображена на рис.1 та рис.2

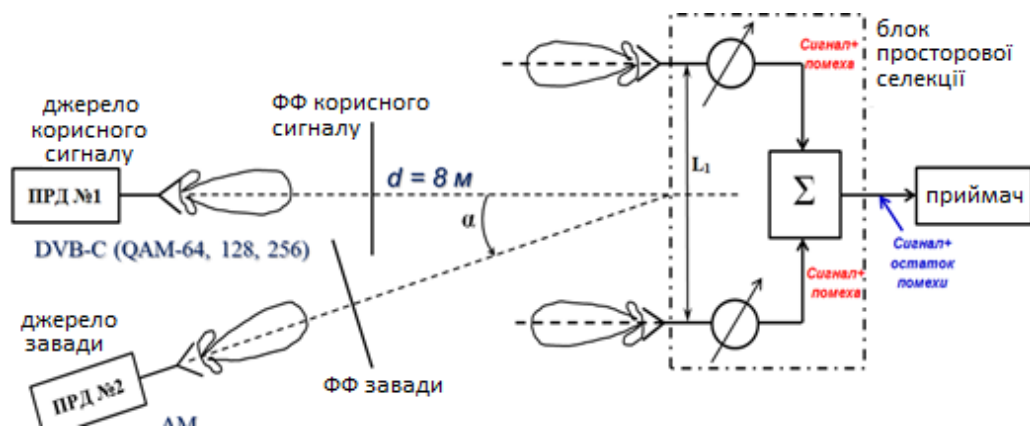


Рисунок 1 Структурна схема лабораторної установки оцінки залежності погіршення енергетичних параметрів корисного сигналу від кутового рознесення

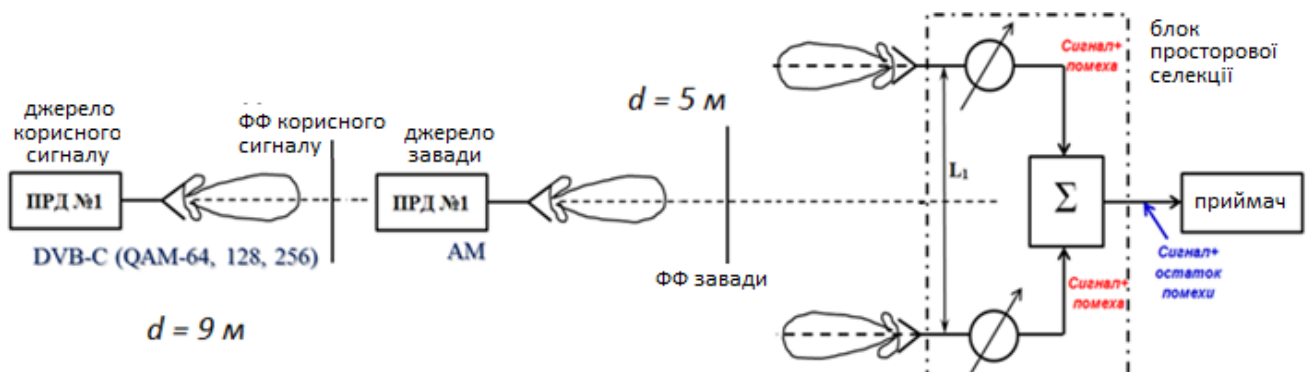


Рисунок 2 Структурна схема лабораторної установки оцінки залежності погіршення енергетичних параметрів корисного сигналу від зміни бази антенної системи

В якості джерела корисного сигналу використовується радіосигнал стандарту DVB-C з модуляцією QAM-M і шириною спектра близько 8 МГц, отриманий в діапазоні дециметрових хвиль на частоті несучої 855 МГц з виходу трансмодулятора шляхом перетворення радіосигналу супутникового ТВ мовлення стандарту DVB-S.

В якості джерела завадового радіосигналу використовується радіосигнал аналогового ТВ з амплітудною модуляцією, що формується двосмуговим ТВ модулятором дециметрового діапазону з композитного ТВ сигналу, джерелом якого є ресивер супутникового ТВ, на несучій частоті 855 МГц із смугою радіочастот 15 МГц.

В якості джерел випромінювання корисного і завадового радіосигналів, рознесених в першому випадку у просторі один відносно одного на кут  $\alpha$ , але на одній дальності, а в другому випадку рознесених по дальності, але на одному азимуті, виступають НВЧ передавачі діапазону 10,5 ГГц, навантажені на пірамідальні рупорні антени з вертикальною поляризацією випромінювання.

В якості системи просторової селекції виступає двохелементна розріджена антенна решітка (РАР) з двома каналами просторової обробки сигналу на СВЧ, що складаються з послідовно з'єднаних хвилеводних атенюаторів і фазообертачів. Налаштування прийомної системи просторової селекції здійснюється механічним управлінням атенюаторами і фазообертачами за критерієм зменшення спектра радіозавади на фоні спектра радіосигналу DVB-C при використанні ST-2.

До основних параметрів радіосигналу DVB-C, які були виміряні після просторової селекції в процесі дослідження макету за допомогою аналізатора

цифрових сигналів ST-2 ROVER та програмного меню ресиверу HomeCast, відносяться відношення несуча/шум (CNR), рівень прийнятого сигналу (PWR), рівень сигналу завади, запас завадостійкості (N.MARG), якість демодуляції радіосигналу Q, до та після просторової обробки сигналів з використанням двохелементної антенної решітки. Результати вимірювань були внесені у табл.1.

Таблиця 1 Результати вимірювань при зміні кутового розносу між джерелами

$\alpha$	1°			3°			5°			7°		
	64	128	256	64	128	256	64	128	256	64	128	256
QAM	64	128	256	64	128	256	64	128	256	64	128	256
$C/N_{\text{вих}}$	34	30	29	33	30	29	33	28	29	33	29	28
$C/N_{\text{Пр.об}}$	29	25.5	25	32	26	25	30	30	27	36	28	33
$N.MAR_{\text{вих}}$	9	4	0	8	3	0	8	2	1	9	2	0
$N.MAR_{\text{Пр.об}}$	4	2	-3	8	0	-1	5	3	-1	14	1	4
$P_{\text{сиг(до об.)}}$ , dBm	-10	-11	-4.5	-11	-12	-4.5	-11	-12	-4.5	-11	-11	-4.5
$P_{\text{сиг(після об.)}}$ , dBm	-15	-23	12.5	-15	-23	-15	-13	-17	-11	-14	-18	-12
$P_{\text{зав(до об.)}}$ , dBm	-14	-14	-14	-17	-14	-15	-19	-20	-22	-17	-18	-14
$P_{\text{зав(після об.)}}$ , dBm	-32	-42	-33	-33	-41	-34	-36	-40	-46	-38	-45	-37
$K_{\text{ослаб.}}$ , dB	5	12	8	4	11	10.5	2	5	6.5	3	7	7.5
$K_{\text{подав.}}$ , dB	18	28	19	16	27	19	17	20	24	21	27	23
Q, %	100	71	10	95	33	10	100	40	10	100	65	10

Проаналізувавши отримані результати досліджень, можна побачити, що погіршення досліджених параметрів корисного сигналу зменшується, а коефіцієнт придушення завади - збільшується при збільшенні кутового розносу між джерелом корисного сигналу та джерелом завади, що пояснюється тим фактом, що при збільшенні кута, різниця між формами фазових фронтів обох джерел стає більш виразною і можна провести селекцію з меншими енергетичними втратами корисного сигналу, з достатнім придушенням сигналу завади. У випадку зміни відстані бази спостерігаються зменшення енергетичних втрат корисного сигналу і збільшення коефіцієнта придушення завади, при збільшенні величини бази антенної системи, що пояснюється тим фактом, що при збільшенні бази, антенна система стає більш чутливою до різниці форми фазових фронтів джерел випромінювання, які розміщені в різних хвильових зонах. Запропонована лабораторна установка впроваджена в навчальний процес ІТС НТУУ «КПІ» для підвищення рівня теоретичної та практичної підготовки студентів з дисципліни «Адаптивні системи в телекомунікаціях».

### Література

1. Проблемы антенной техники / Под ред. Л.Д. Бахраха, Д.И. Воскресенского. – М.: Радио и Связь, 1989. – 368с., ил.
2. Комарович В.Ф., Никитченко В.В. Методы пространственной обработки радиосигналов. – Л.: ВАС, 1989. – 278 с., ил.
3. Никитченко В.В., Гладких С.Н., Вихлянцев П.С. Анализ возможности дискриминации источников радиоизлучения по кривизне фронта волны. Известия ВУЗов – Радиоэлектроника, 1988 г. №7.– с.58 – 60.