

ШИРОКОСМУГОВИЙ ЗАСІБ РАДІОЗВ'ЯЗКУ КОРОТКОХВИЛЬОВОГО ДІАПАЗОНУ

Організація радіозв'язку завжди пов'язана з вибором частотного діапазону. Відомо, що для передачі аналогових вузькосмугових сигналів по каналах радіозв'язку у районах зі складним рельєфом місцевості широко використовується діапазон частот від 20 МГц до 76 МГц. При цьому більшість засобів радіозв'язку використовують частотну модуляцію передавача з девіацією до 7 кГц та потужністю передавача, що змінюється від 1 до 20 Вт. Практично не використовується шифрування повідомлень. Це дає змогу виявляти і перехоплювати повідомлення, що передаються, на відстанях, що перевищують дальність їх зв'язку. На сьогоднішній день існує можливість реалізації аналогового, або цифрового скремблювання вузькосмугових каналів зв'язку. Наприклад, короткохвильовий голосовий скремблер "CODAN" завдяки додатковій цифровій обробці голосу практично виключає можливість перехоплення повідомлення без необхідності будь-яких схемних змін засобів зв'язку. Але при цьому приховати факт випромінювання передавача так само неможливо, як і для звичайних вузькосмугових засобів зв'язку. Тому, в умовах радіоелектронної протидії, розробка короткохвильового (КХ) засобу радіозв'язку для передачі аналогових вузькосмугових сигналів, який зменшить можливість виявлення факту випромінювання радіосигналу і перехоплення повідомлення, що передаються, є актуальним завданням.

Метою роботи є оцінка якості передачі аналогових вузькосмугових сигналів короткохвильовим широкосмуговим засобом радіозв'язку (ШЗР) та визначення умов, за яких можливо виявлення сигналу ШЗР, при сумісній роботі з існуючими вузькосмуговими короткохвильовими засобами.

Наводяться результати розв'язання часткових задач дослідження, а саме:

оцінка можливості передачі інформації із заданими показниками якості за допомогою широкосмугового засобу радіозв'язку;

перевірка можливості сумісної роботи ШЗР з існуючими вузькосмуговими засобами зв'язку;

перевірка можливості виявлення випромінювання ШЗР та перехоплення інформаційного повідомлення.

Для розв'язання поставлених завдань розроблена методика визначення відношення сигнал/шум S/N на вході приймача ШЗР, як основного показника якості передачі інформації.

Відомо, що інформація радіоелектронного засобу не буде виявлена, якщо потужність, що створюється на вході розвідувального приймача буде менша ніж порогова чутливість цього приймача. Гранична чутливість радіоприймального пристрою може бути визначена за виразом:

$$P_{c\text{ вх}} = K_{ш} k T_0 P,$$

де $K_{ш}$ – коефіцієнта шуму радіоприймального пристрою;

k – стала Больцмана;

P – смуга приймача;

$T_0 = 290\text{ K}$ – температура, при якій знаходиться приймач.

Для отримання порогової чутливості приймача $P_{c\text{ мин}}$, значення граничної чутливості на вході радіоприймального пристрою збільшується на потрібне значення S/N .

Для визначення потужності шуму на вході приймача необхідно враховувати як зовнішні джерела шуму, так і внутрішні шуми приймача. Якщо відомо значення шумової температури зовнішніх джерел T , то можливо визначити потужність шуму на вході приймача, що створюється зовнішніми джерелами за виразом:

$$P_{ш\text{ зб}} = k T P.$$

Потужність внутрішніх шумів фактично визначається граничною чутливістю радіоприймального пристрою. Тоді сумарна потужність шуму буде визначатися за виразом:

$$P_{ш} = k(T + T_0 K_{ш}) P.$$

Припустимо, що в радіолінії використовуються радіохвилі довжиною λ , потужність випромінюваних передавальною антеною коливань P_e , її коефіцієнт підсилення G_e , коефіцієнт підсилення приймальної антени G_n . Тоді знайти потужність сигналу на вході приймача на відстані R від передавача можна з формули:

$$P_c = \frac{P_e G_e G_n \lambda^2 \gamma \eta_1 \eta_2}{(4\pi)^2 R^2},$$

де η_1, η_2 – коефіцієнти корисної дії антенно-фідерного передавального та приймального трактів;

γ – множник послаблення сигналу при розповсюдженні від передавача до приймача.

Для розв'язання часткових задач дослідження, згідно розробленої методики, вважалось, що засіб випромінює широкосмуговий сигнал на частоті 30 МГц із значенням бази 54, при дев'яти частоти 1 МГц. Для передачі і приймання використовуються не спрямовані антени, тобто $G_e = G_n = 2\text{ дБ}$, $\eta_1 = \eta_2 = 0,9$, що розташовуються на висоті $h_1 = h_2 = 2\text{ м}$. При цьому коефіцієнт шуму приймача ШЗР не перевищує припустимого для КХ зв'язку значення 10 дБ. Якщо робота лінії зв'язку відбувається на фоні індустриальних перешкод, які створюють напругу

шуму на вході приймача не більше ніж 16 мкВ, то сумарна потужність шуму на вході приймача ШЗР не буде перевищувати значення $P_u = 4 \cdot 10^{-10} \text{ Вт}$.

Перевірка можливості суміщеної роботи широкосмугового засобу радіозв'язку з існуючими вузькосмуговими засобами зв'язку полягає фактично у визначенні впливу на роботу вузькосмугових засобів зв'язку випромінювання передавача ШЗР.

Сигнал із шириною спектру $\Delta f_{\text{ШЗР}}$, що створюється передавачем ШЗР на вході приймача радіостанція Р-107 у смузі пропускання Δf_c , призведе до зменшення відношення сигнал/шум S/N на вході приймача, що створюється корисним сигналом:

$$(S/N)^* = \frac{P_c}{P_u + \frac{\Delta f_c}{\Delta f_{\text{ШЗР}}} P_{\text{ШЗР}}},$$

де $P_{\text{ШЗР}}$ - потужність сигналу, що створюється на вході приймача передавачем ШЗР.

Показано, що застосування широкосмугового сигналу в запропонованому засобі зв'язку дає змогу працювати в загальній смузі частот разом з існуючим вузькосмуговими засобами КХ-діапазону, не створюючи їм при цьому суттєвих перешкод.

Перевірка можливості виявлення випромінювання ШЗР засобами частотного моніторингу була проведена для випадку використання приймача AR5000 у режимі модуляції FM із не спрямованою антеною та максимальною смугою приймача 220 кГц. Проведені розрахунки показали, що приймач AR5000 здатен виявити випромінювання передавача ШЗР з відстані менше ніж 1 км, при потужності передавача ШЗР 1 Вт. У той же час, випромінювання радіостанції Р-107, при потужності передавача 1 Вт, створює на вході приймача AR5000 у смузі 15 кГц відношення сигнал/шум на два порядки більше ніж ШЗР. Отже, умови виявлення сигналу ШЗР засобами частотного моніторингу майже на два порядки гірші ніж існуючих вузькосмугових засобів КХ-діапазону.

Крім того, незважаючи на можливість виявлення сигналу ШЗР, відновити інформацію, що міститься у сигналі існуючими звичайними вузькосмуговими, а також спеціальними засобами радіомоніторингу без розробки демодулятора практично неможливо. Це пов'язано із тим, що на відміну від існуючих засобів КХ зв'язку, що використовують частотну модуляцію передавача, передача інформаційної складової у запропонованому варіанті короткохвильового ШЗР не пов'язана із зміною частоти передавача.