

ЕЛЕКТРОНІКА, РАДІОТЕХНІКА ТА ЗАСОБИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

УДК 621.39

С.Г. Бунін, Д.О. Долженко,
М.В. Висоцький, К.О. Плотник

ЗАСТОСУВАННЯ НАДШИРОКОСМУГОВИХ ІМПУЛЬСНИХ РАДІОСИГНАЛІВ У СУПУТ- НИКОВИХ СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ І СИСТЕ- МАХ ДАЛЬНЬОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ

Вступ

На даний час проблемі застосування надширококустових імпульсних радіосигналів IR-UWB (Impulse Radio Ultra Wide Band) у системах радіозв'язку приділяється значна увага. Це пов'язано з тим, що ці сигнали мають цілу низку переваг по відношенню до вузькокустових і ширококустових сигналів, заснованих на синусоїдальних несучих [1].

Однак на застосування IR-UWB-сигналів у США і Європі діють обмеження Федеральної комісії зв'язку США FCC (Federal Communications Commission) та Адміністрації зв'язку Європейського Співтовариства, що стосуються смуги частот і спектральної щільності потужності, згідно з якими діапазон частот для їх застосування становить 3,1–10,6 ГГц, а максимальна щільність потужності цих сигналів не має перевищувати значення $-41,3$ дБм/МГц. Обмеження введені з метою запобігання перешкодам вузькокустовим радіосистемам, які спільно використовують вказаний діапазон частот та сусідні смуги частот. Зазначені обмеження дають можливість реалізувати потенціал IR-UWB-сигналів лише на відстанях до десятка метрів [2]. Слід, однак, припускати, що обмеження мають тимчасовий характер і надалі, в міру еволюційного розвитку техніки радіозв'язку, вони будуть пом'якшені, що дасть змогу використовувати IR-UWB-сигнали на великі відстані.

Постановка задачі

Метою статті є оцінка параметрів IR-UWB-сигналів, необхідних для передачі інформації на великі відстані. Для прикладу розглянуто енергетику каналу зв'язку з штучним супутником Землі, що знаходиться на орбіті на висоті 700 км. Для такої орбіти дальність зв'язку змінюється від 700 км (супутник у зеніті) до 1560 км (похила дальності до супутника при куті місця антени земної станції 15°). Цей приклад дозволяє оцінити можливість застосування надкоротких імпульсних сигналів на відстані кілька сотень кілометрів. Результати розрахунків для такої протяжної траси із врахуванням характеристик поглинання сигналу в атмосфері Землі дають уявлення про параметри IR-UWB-сигналів і для менш протяжних ліній зв'язку на поверхні Землі, оскільки враховують найгірші можливі умови радіозв'язку.

Передача інформації IR-UWB-сигналами

Антену передавача IR-UWB-сигналів випромінює так звані гауссовські моноімпульси, які є результатом диференціювання імпульсів передавача антеною (рис. 1, *a*).

У системах радіозв'язку з IR-UWB-сигналами для передачі кожного біта інформації звичайно використовують не окремі моноімпульси, а ортогональні в часовому просторі кодові послідовності моноімпульсів, тобто серії моноімпульсів із різними їх положеннями на часовій осі. Це необхідно для забезпечення селекції сигналів приймачем за їх часовим кодом на фоні інших імпульсних сигналів і перешкод при множинному доступі до каналу радіозв'язку. До того ж, передача інформаційних біт серією імпульсів дає можливість здійснювати прийом сигналів при малому відношенні сигнал/шум накопиченням енергій цих імпульсів.

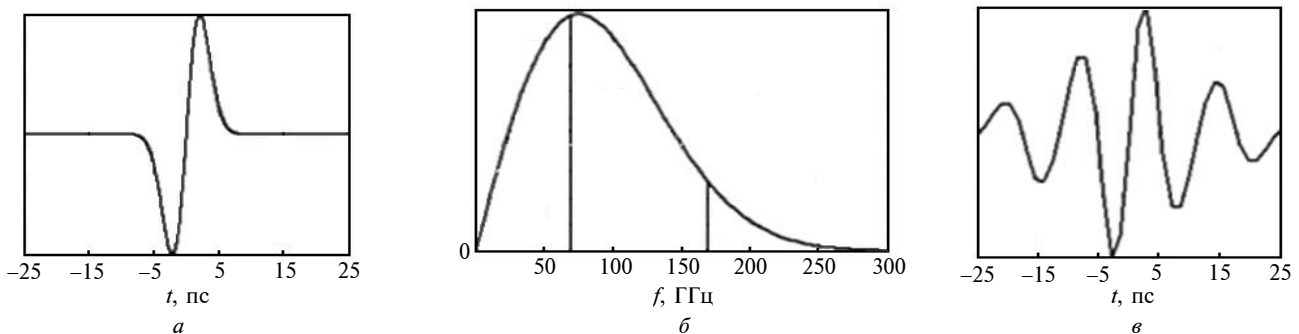


Рис. 1. Форма моноімпульсу тривалістю 12,5 пс (*a*) та його спектр (*b*) і форма імпульсу після проходження через вікно "прозорості" 70–170 ГГц (*e*)

При прийомі імпульсних сигналів принципово можлива реалізація як когерентного, так і некогерентного способів прийому. Як відомо, когерентний кореляційний прийом забезпечує максимальну перешкодостійкість і реалізується, коли збігаються форми сигналу, що приймається, та опорного сигналу і виконується точна синхронізація між ними. На практиці для IR-UWB-сигналів ці умови важко виконати з двох причин: 1) через дуже малу тривалість імпульсів (звичайно, менше 1 нс) і надзвичайно високі вимоги до точності й стабільності синхронізації; 2) через спотворення форми прийнятих імпульсів при їх проходженні крізь середовище поширення і за рахунок частотного обмеження тракту радіозв'язку. Тому на практиці в більшості випадків використовують схеми некогерентного прийому, який передбачає врахування енергії імпульсів прийнятого сигналу незалежно від їх форми.

При некогерентному прийомі ортогональних сигналів для забезпечення ймовірності помилки, наприклад, не більше, ніж $1 \cdot 10^{-5}$ на один біт, необхідне відношення сигнал/шум на вирішальному пристрої приймача має бути ≥ 14 дБ, тобто більше в 25 разів [3]. Таке відношення повинно бути отримане як при передачі інформаційного біта одним імпульсом, так і серією менш потужних імпульсів при накопиченні і підсумовуванні їх енергій, тобто

$$\frac{E_s N}{N_0} = \frac{P_s N}{P_{\text{ш}}} \geq 25, \quad (1)$$

де E_s – потрібне значення енергії одного імпульсу на прийомі; N_0 – спектральна щільність шумів; P_s – потужність моноімпульсу сигналу; $P_{\text{ш}}$ – потужність шуму; N – кількість моноімпульсів на один інформаційний біт.

Спектр надширокопasmого імпульсного сигналу та обмеження на його застосування

Як відомо, IR-UWB-сигнали займають смугу частот практично від нуля герц до десятків і сотень гігагерц (рис. 1, б). Максимальне значення спектральна щільність спектра має на частоті, оберненій значенню тривалості імпульсу, тобто на частоті $f = 1/\tau$. Таким чином, вибираючи тривалість імпульсу, ми визначаємо частоту максимуму щільності спектра сигналу. Як приклад, для отримання енергетичного максимуму спектра сигналу в середині смуги 3,1–

10,6 ГГц, тобто на частоті 6,85 ГГц, тривалість імпульсів сигналу має дорівнювати $1,46 \cdot 10^{-10}$ с.

Як ми вже зазначали, що з часом, в міру еволюції в технологіях і організації систем радіозв'язку, для застосування IR-UWB-сигналів будуть запропоновані й інші діапазони частот. Так, в системах дальнього радіозв'язку можуть використовуватися частоти вище 40–50 ГГц – частоти, які відносно мало застосовуються в сучасних “класичних” системах дальнього зв'язку. Однак можливість перенесення максимуму енергії IR-UWB-сигналу в цю область радіоспектра визначається можливістю генерації імпульсів достатньої потужності тривалістю в одиниці або десятки пікосекунд ($1 \text{ пс} = 10^{-12}$ с). В даний час існуючими технічними засобами можна генерувати досить потужні імпульси тривалістю менше 10 пс ($\leq 1 \cdot 10^{-11}$ с) [2].

Тривалість імпульсу визначає не тільки спектр сигналу, але і можливості отримання максимальних швидкостей передачі як в окремій лінії радіозв'язку, так і в радіомережі при одночасній передачі множини імпульсних сигналів. Чим коротші імпульси, тим більша швидкість передачі даних може бути досягнута – бо максимально можлива кількість імпульсів визначає максимальну швидкість передачі в окремих радіолініях, а в радіомережах з множинним доступом визначає обсяг ансамблів ортогональних імпульсних послідовностей. Тому важливо враховувати можливе збільшення тривалості моноімпульсів при проходженні сигналом середовищ поширення сигналу з нерівномірною амплітудно-частотною характеристикою і при частотних обмеженнях у тракці передачі, особливо при обмеженнях спектра зверху.

Характеристика атмосфери Землі на частотах вище 50 ГГц

Будемо вважати, що в нашому прикладі радіозв'язок із штучним супутником Землі буде здійснюватися в смузі частот вище 50 ГГц з метою усунення перешкод існуючим системам радіозв'язку, що працюють на частотах нижче 50 ГГц.

У системах супутникового зв'язку перед тим, як моноімпульс передавача досягне антени приймача, крім розсіювання енергії в просторі, йому належить пройти шар атмосфери і зазнати додаткового послаблення в газах атмосфери і дощових опадах.

Загасання у вільному просторі $L_{\text{осн}}$ при похилій дальності $R = 1560$ км (для супутника

на висоті 700 км і куті місця антени земної станції 15°) становить

$$L_{\text{осн}} = 10 \cdot \lg(4\pi(R)^2) = \\ = 10 \cdot \lg(4\pi(1560 \cdot 1000)^2) = 135 \text{ дБ.}$$

До цього ослаблення сигналу додаються втрати поглинання енергії газами атмосфери і дощовими опадами.

В оцінку загасання імпульсу в газах атмосфери входить розрахунок товщини шару кисню і водню, довжини шляху проходження імпульсу в атмосфері при знанні питомого загасання імпульсу в кисні і водні на 1 км. Методику розрахунку наведено в праці [4] і рекомендації ІТУ-R P.676-7 [5]. Згідно з вказаними джерелами в нашому випадку довжина шляху проходження сигналу в газах кисню становить близько 23 км, а у водяних парах – близько 12 км.

Додаткові загасання вносять і дощові опади. Методику розрахунку висоти дощового шару і довжини шляху проходження сигналу в дощових опадах наведено в [4], а методику розрахунку питомого загасання сигналу в дощових опадах на 1 км відображено в рекомендації ІТУ-R P.838 [6]. Для проведення коректного розрахунку важливо правильно визначити інтенсивність опадів, яка задається виходячи з інтенсивності для кліматичної зони і коефіцієнта готовності каналу – відсотка часу, протягом якого гарантується його робота (як правило, за умови досягнення готовності каналу протягом 99 % часу). Згідно з рекомендацією ІТУ-R P.837-1 [7] Україна належить до кліматичних зон Е і К з інтенсивністю опадів 0,6 мм/год для зони Е і 1,5 мм/год для зони К. Візьмемо для розрахунку середнє значення інтенсивності опадів 1 мм/год.

Питоме загасання в дощових опадах на 1 км на частоті 80 ГГц становить 1,84 дБ при довжині шляху проходження сигналу в дощових опадах 6,95 км. Тому загасання енергії сигналу при дощі буде 12,8 дБ.

На рис. 2 показано графік залежності величини загасання сигналу в газах атмосфери і сумарного загасання від частоти в смузі 50–200 ГГц на трасі земна станція–штучний супутник Землі при похилій дальності 1560 км. Суцільною лінією показано загасання сигналу без врахування втрат в дощу, точковою лінією – з ними. Піки загасання на частотах у районі 60 і 120 ГГц зумовлені резонансним поглинанням у кисні атмосфери, а на частоті 185 ГГц – у водяних парах.

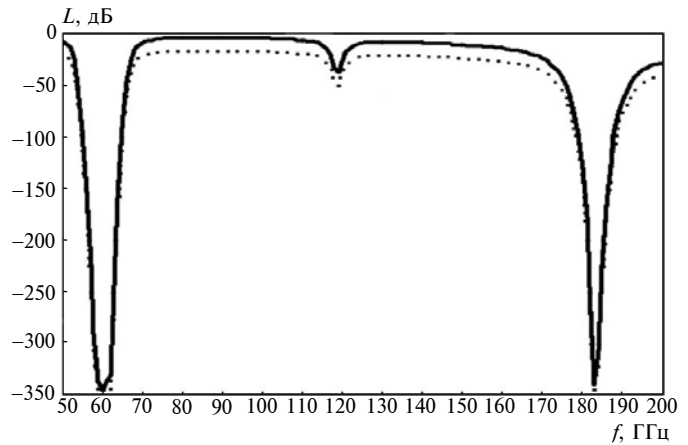


Рис. 2. Графік послаблення радіосигналу в смузі 50–200 ГГц

Як видно з графіка, в цій смузі частот є відносна смуга “прозорості” 70–170 ГГц, в якій сумарне загасання в середньому не перевищує 25 дБ. Тому є сенс вибрати цю смугу частот для супутникового зв’язку.

Для розміщення максимуму спектральної щільності сигналу в межах цієї смуги, наприклад, на частоті 80 ГГц тривалість імпульсу має бути $12,5 \cdot 10^{-12}$ с (12,5 пс). Генерація імпульсів меншої тривалості буде обмежуватися можливостями сучасних технологій [2].

Вікно відносної “прозорості” 70–170 ГГц можна розглядати як смуговий фільтр з досить крутими схилами амплітудно-частотної характеристики. Смуга частот нижче піку поглинання на частоті 60 ГГц може бути додатково ослаблена фільтром верхніх частот у передавачі. Це дасть можливість запобігти перешкодам або послабити їх від передавача IR-UWB-сигналів системам, що працюють у діапазонах нижче 60 ГГц. Спектр сигналу вище 170 ГГц у передавачах може не фільтруватися. Інша справа – на приймальній стороні, де необмеженість шумової смуги приймача може служити причиною високого рівня шумів і зниження чутливості. Так, обмеження смуги пропускання в приймачі знизу дає змогу обмежити перешкоди від радіосистем, що працюють нижче 70 ГГц, а зверху – вище 170 ГГц – знизити рівень шумів.

Для смуги пропускання нашої лінії зв’язку, обмеженої смугою 70–170 ГГц, вплив такого частотного обмеження на форму моноімпульсу тривалістю 12,5 пс ілюструється на рис. 1, в. В результаті частотних обмежень проходження моноімпульсу через атмосферу Землі і в передавачі, і в приймачі форма моноімпуль-

су наближається до форми радіоімпульсу, а тривалість збільшується приблизно до 50 пс.

Як відзначено вище, збільшення тривалості імпульсів обмежує максимально можливі швидкості передачі інформації, оскільки зменшує часовий простір для кількості моноімпульсів або об'єми ансамблів ортогональних імпульсних послідовностей.

Шумові характеристики при прийомі в діапазоні 70–170 ГГц

Як відомо, шумова температура антени вміщує в себе космічні випромінювання, випромінювання атмосфери і випромінювання Землі, прийняте через бічні пелюстки діаграми спрямованості антени, направленої в космос.

У монографії [4] показано, що космічні випромінювання на частотах більше 50 ГГц незначні і ними можна знехтувати. Також можна умовно не враховувати шуми Землі при використанні антен з великим коефіцієнтом підсилення, оскільки прийом за рахунок побічних пелюсток діаграми спрямованості антени не перевищує 5–10 %.

Шумова температура атмосфери, або, як часто прийнято говорити, шумова температура неба, визначається шумами, що генеруються газами атмосфери, і залежить від частоти і кута місця антени спрямованої дії. Графічні залежності шумової температури неба для різних кутів місця показано в праці [4], звідки випливає, що температура неба на цих частотах при куті місця знаходження 15° становить близько 250 К.

Загальна шумова температура дорівнює сумі шумових температур неба T_n і приймача земної станції T_r :

$$T_{\text{заг}} = T_n + T_r.$$

У розрахунок шумової температури приймача основну частку вносять вхідні кола приймача і його перший каскад. На сьогодні антени, фідерні лінії і підсилювачі сигналів з малим шумом діапазону вище 50–150 ГГц можуть мати коефіцієнт шуму $\text{Ш} \leq 3$ дБ ($\text{Ш} \leq 2$). Коефіцієнт шуму зв'язаний з шумовою температурою приймача таким співвідношенням:

$$\text{Ш}_r = 1 + T_r / T_0 = 1 + T_r / 290,$$

звідки шумова температура приймача земної станції становить $T_r = (\text{Ш} - 1) \cdot 290 = 1 \cdot 290 = 290$ К, а загальна температура – $T_{\text{заг}} = 540$ К.

Знаючи загальну температуру, визначаємо потужність шумів $P_{\text{ш}}$. Потужність шумів у смузі 70–170 ГГц ($B = 100$ ГГц) становить

$$P_{\text{ш}} = k \cdot T_{\text{заг}} B = 1,38 \cdot 10^{-23} \times \\ \times 540 \cdot 100 \cdot 10^9 = 7,45 \cdot 10^{-10} \text{ Вт},$$

де $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Вт/градус·Гц – стала Больцмана; $T_{\text{заг}}$ – еквівалентна шумова температура.

Нагадаємо, що при некогерентному прийомі ортогональних сигналів при ймовірності помилки на біт $\leq 1 \cdot 10^{-5}$ необхідно, щоб сигнал перевищував рівень шумів у 25 разів (на 14 дБ) (формула (1)). Тоді необхідна потужність прийнятого сигналу (при прийомі одиночного імпульсу ($N = 1$) або суми імпульсів ($N > 1$)) повинна становити

$$P_r = 25 P_{\text{ш}} N;$$

при $N = 1$ $P_r = 1,86 \cdot 10^{-8}$ Вт (–47,3 дБм).

Необхідна еквівалентна ізотропна випромінювана потужність (ЕІВП) одного імпульсу або сумарна ЕІВП серії імпульсів, що є бітами інформації, має бути більша або становити

$$P_{r[\text{дБм}]} = P_{r[\text{дБм}]} + L_{\Sigma[\text{дБм}]} = -47,3 + 152 = \\ = 104,7 \text{ дБм} (29,51 \cdot 10^6 \text{ Вт}).$$

Для зниження потужності передавача та підвищення чутливості прийому на земній станції можуть бути застосовані антени спрямованої дії з великим коефіцієнтом підсилення. Так, при невеликих розмірах дзеркала параболічної антени в запропонованій смузі частот 70–170 ГГц досяжний коефіцієнт підсилення антени може дорівнювати аж 50 дБ. При цьому, однак, буде необхідна точна система наведення антени на штучний супутник Землі.

Складніше йде справа з використанням спрямованих антен на ШСЗ. Навіть якщо супутник зорієнтований на Землю, то їх підсилення не може бути великим, бо діаграма спрямованості має бути досить широкою для забезпечення зв'язку із земною станцією при перебуванні супутника над горизонтом. На супутнику можна застосовувати антени з підсиленням не більше 8–10 дБ – бажано з кардіоїдною діаграмою спрямованості для підвищення енергетики каналу зв'язку при знаходженні супутника над горизонтом. При цьому кут розкриття діаграми спрямованості за рівнем 0,5 порядку дорівнює 90°.

При застосуванні антен спрямованої дії необхідна потужність передавачів на борту ШСЗ і земної станції знижується на величину їх сумарного коефіцієнта підсилення.

Однак широка діаграма спрямованості антени супутника “збирає”, крім шумів атмосфери, і шуми Землі. Тому шумова температура Землі має

бути врахована в сумарному балансі шумів. Для цього досить врахувати температуру Землі в зоні підсупутникової точки, помножену на коефіцієнт ослаблення за рахунок дальності в 700 км.

В табл. 1 наведено результати розрахунків потрібних параметрів IR-UWB-сигналів.

При передачі інформаційних біт серіями імпульсів ($N > 1$) та прийомі підсумовуванням їх енергій імпульсна ЕІВП може бути зменшена пропорційно кількості імпульсів. Ймовірніше за все, саме це буде мати місце в реальних системах передачі, коли інформаційні символи передаються імпульсними послідовностями.

Для оцінки реалізованості передавачів IR-UWB-сигналів цікаво порівняти їх енергетичні параметри з параметрами сигналів існуючих по-

Таблиця 1. Результати розрахунку енергетики каналу зв'язку Земля–ШСЗ з IR-UWB-сигналами

Параметр	Значення
Максимальна довжина траси, км	1560
Тривалість імпульсу τ , с	$12,5 \cdot 10^{-12}$
Потужність шумів у смузі пропускання "вікна прозорості" B , ГГц	70–170
Загасання у вільному просторі $L_{осн}$, дБ	135
Сумарне загасання на частоті 80 ГГц L_{Σ} , дБ	152
Шумова температура атмосфери T , К	250
Шумова температура приймача $T_{прм}$, К	290
Загальна шумова температура приймача земної станції $T_{заг}$, К	540
Загальна шумова температура приймача супутника $T_{заг}$, К	290
Потужність шумів приймача земної станції в смузі 70–170 ГГц $P_{ш}$, Вт	$7,45 \cdot 10^{-10}$
Потужність шумів приймача супутника в смузі 70–170 ГГц $P_{ш}$, Вт	$4 \cdot 10^{-10}$
Необхідна імпульсна потужність сигналу при прийомі на земній станції P_r при $N = 1$, Вт	$1,86 \cdot 10^{-8}$
Необхідна імпульсна потужність сигналу при прийомі на супутнику P_r при $N = 1$, Вт	$1 \cdot 10^{-8}$
Необхідна імпульсна ЕІВП сигналу на передачу на супутник, Вт	$15,85 \cdot 10^6$
Необхідна імпульсна ЕІВП сигналу на передачу на земну станцію, Вт	$29,51 \cdot 10^6$
Спектральна щільність сигналу, Вт/Гц	$8,43 \cdot 10^{-5}$
Імпульсна потужність при сумарному підсиленні антен ШСЗ і земної станції 50 дБ P_t , Вт	295,1
Енергія імпульсу, Дж	$3,69 \cdot 10^{-9}$

тужних імпульсних випромінюючих систем, наприклад радіолокаційних станцій (РЛС) дальнього виявлення. У табл. 2 наведено результати порівняння параметрів передавача IR-UWB-сигналу розглянутої системи супутникового зв'язку з характеристикою передавача РЛС типу П-3 [8].

Таблиця 2. Порівняння енергетичних характеристик моноімпульсу IR-UWB передавача супутникової системи зв'язку і радіоімпульсу РЛС П-3

Вид системи	Імпульсна потужність, яка подається на антену, Вт	Тривалість імпульсу, с	Імпульсна напруга на фідері 50 Ом, В	Енергія імпульсу, Дж
П-3	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^{-5}$	2236	1
IR-UWB	295,1	$12,5 \cdot 10^{-12}$	121,5	$3,69 \cdot 10^{-9}$

Як бачимо, енергетичні характеристики імпульсів передавача супутникового зв'язку з IR-UWB-сигналами відрізняються на порядки в бік їх зменшення від характеристик радіоімпульсів РЛС, що свідчить про можливість реалізації передавачів високоамплітудних, але малоенергетичних моноімпульсних сигналів. Середня потужність таких передавачів обернено пропорційна щільності імпульсного сигналу, тобто при значній шпаруватості (малій швидкості передачі) потужність може бути дуже малою.

Висновки

Наведені розрахунки енергетики супутникового каналу зв'язку при використанні надширокопосмугового імпульсного сигналу в умовах його поширення по трасі Земля–ШСЗ, що перетинає при малих кутах місця найбільш "товстий" шар атмосфери Землі, демонструють можливість і доцільність використання цих сигналів у системах радіозв'язку із штучними супутниками Землі і, тим більше, при зв'язку на менші відстані в межах Землі.

Сигнал має низьку енергію і спектральну щільність, хоча імпульсна потужність може бути значною. Ця властивість може мати велике значення для супутникового передавача, де потужність та ємність джерел живлення обмежені. Середня потужність імпульсного передавача знижується пропорційно значенню шпаруватості імпульсної передачі.

З метою мінімізації загасання сигналу в атмосфері можна використовувати лише частину його спектра, "узгодженого" з вікнами відносної прозорості атмосфери. У цьому випадку бажано вибирати тривалості імпульсів сигналу такими, щоб максимум його спектра перебував у вибраній смузі прозорості.

Однак обмеження спектра надкоротких імпульсів за рахунок поглинання в атмосфері та/або в приймально-передавальному тракті призводить до збільшення тривалості імпульсів за рахунок виникнення "резонансних дзвонів", обернено пропорційних смузі пропускання. Особливо небажане обмеження смуги пропускання каналу зв'язку зверху, що викликає вказаний ефект. Та-

ке обмеження потрібне лише з точки зору зниження потужності шумів при прийомі і має встановлюватися як компроміс між допустимим рівнем шумів і збільшенням тривалості імпульсів. Збільшення тривалості імпульсів знижує можливу частоту їх слідування і, таким чином, обмежує максимально можливу швидкість передачі інформації.

Обмеження спектра за частотою низу, еквівалентне диференціюванню, не викликає зміни тривалості імпульсів. Таке обмеження спектра сигналу низу можна використовувати для зменшення завад радіосистемам, що працюють на частотах, нижчих за частоту зрізу фільтра, встановлюючи останній у передавачах.

С.Г. Бунин, Д.О. Долженко, М.В. Высоцкий,
К.А. Плотник

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ РАДИОСИГНАЛОВ В СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ И СИСТЕМАХ ДАЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Рассмотрена возможность и оценена эффективность применения сверхширокополосных импульсных радиосигналов (IR-UWB) для дальней связи. Для оценки параметров этих сигналов в качестве примера взят канал связи с искусственным спутником Земли на высоте 700 км. Для снижения степени поглощения выбрано окно относительной "прозрачности" атмосферы 70–170 ГГц, спектр сигнала ограничен этой полосой. В результате расчетов получены значения необходимых энергетических характеристик IR-UWB-сигнала и проведено их сравнение с характеристиками импульсного сигнала радиолокационной станции. Показана целесообразность применения сверхширокополосных импульсных сигналов в системах дальней радиосвязи.

S.S. Bunin, D.O. Dolzhenko, M.V. Vysotsky,
K.O. Plotnyk

USAGE OF ULTRA WIDEBAND IMPULSE SIGNALS IN SATELLITE COMMUNICATION AND TERRESTRIAL LONG-DISTANCE COMMUNICATION

We consider the feasibility and evaluate the effectiveness of implementing the impulse radio ultra wideband signals (IR-UWB) for the long-distance communication. The communication channel with the Earth artificial satellite at an altitude of 700 km serves as an example. To reduce the absorption degree, we choose the atmosphere relative "transparency" window between 70–170 GHz so that the signal spectrum is limited by this band. We obtain the values of IR-UWB signal energy characteristics and compare them with those of the long-distance radar station. Finally, we show that the impulse ultra wideband signals can be used for the satellite as well as terrestrial long-distance communication.

1. *Nekoogar Faranak*. Ultrawideband Communications: Fundamentals and Applications. – Prentice Hall, USA, 2005. – 240 p.
2. *Шахнович И.* Сверхширокополосная связь. Второе рождение // *Электроника, наука, технология, бизнес.* – 2001. – № 4. – С. 8–14.
3. *Скляр Б.* Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Вильямс, 2007. – 1104 с.
4. *Камнев В.Е., Черкасов В.В., Чечин Г.В.* Спутниковые сети связи. – М.: Альпина Паблшер, 2004. – 536 с.
5. *Recommendation ITU-R P.676-7* "Attenuation by Atmospheric Gases".
6. *Recommendation ITU-R P.838* "Specific Attenuation Model for Rain for Use in Predictions Methods".
7. *Recommendation ITU-R P.837-1* "Characteristics of Precipitation for Propagation Modeling".
8. *Лобанов М.М.* Развитие советской радиолокационной техники. – М.: Воениздат, 1982. – 240 с.

Рекомендована Радою
Інституту телекомунікаційних систем
НТУУ "КПІ"

Надійшла до редакції
1 грудня 2010 року