

ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ ТА ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ СУПУТНИКОВИХ І ТРОПОСФЕРНИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто теоретичні основи методів підвищення спектральної ефективності і завадозахищеності радіосистем передачі дискретної інформації.

Ключові слова: *завадозахищеність, супутниковий зв'язок, OFDM технологія, завадостійке кодування, SDR-технологія.*

Abstract

The theoretical bases of methods of increasing the spectral efficiency and impedance of radio systems of the transmission of discrete information are considered.

Keywords: *noise immunity, satellite communication, OFDM technology, interference-free encoding, SDR-technology*

Вступ

В останні десятиліття в зв'язку зі створенням у всьому світі глобальної інформаційної структури спостерігається бурхливий розвиток засобів і методів зв'язку, серед яких особливе місце займають системи супутникової і тропосферного радіозв'язку. Незважаючи на величезні досягнення в області супутникових систем радіозв'язку, тропосферний радіозв'язок в даний час продовжує відігравати важливу роль при передачі інформації як цивільними відомствами, так і силовими структурами. У порівнянні із супутниковим зв'язком, тропосферний зв'язок має низку переваг, основними з яких є менші економічні витрати і більш висока завадозахищеність. Однак і в цьому напрямку розвитку засобів радіозв'язку також є свої обмеження [4]. Перш за все, це багатопроменеве поширення і обумовлене це завмирання сигналу, а також обмеження швидкості передачі інформації через частотне і часове розділення. Крім того, для тропосферних систем характерна залежність рівня сигналу від часу доби і року, від метеорологічних і кліматичних умов. Це створює серйозні труднощі, для подолання яких необхідно використовувати як відомі підходи (просторове і частотне рознесення та ін.), так і розробляти нові методи.

Таким чином, тема дослідження присвячена підвищенню завадозахищеності і пропускної здатності модемів станцій супутникового і тропосферного радіозв'язку, є актуальною і повністю узгоджується із запитам практики.

Метою роботи є дослідження нових науково-технічних рішень для реалізації модемів станцій супутникового і тропосферного зв'язку з використанням сучасної елементної бази, спрямованих на підвищення завадозахищеності і пропускної здатності систем зв'язку.

Шляхи підвищення ефективності супутникових і тропосферних систем передачі

Для подолання вище зазначених обмежень і труднощів розвитку систем супутникової і тропосферного радіозв'язку перспективним є пошук нових методів модуляції і завадостійкого кодування сигналів та створення на основі сучасної елементної бази нових типів радіомодемів, що реалізують ці методи [5]. Модеми сучасних станцій супутникового і тропосферного зв'язку повинні задовольняти різноманітним і часто суперечливим вимогам. З одного боку, вони повинні мати високу

завадостійкістю і прихованістю, а з іншого - високою швидкістю передачі даних. Високо завадозахищені модеми необхідні для станцій військового призначення в каналах дистанційного керування, передачі сигналів тривоги та іншої конфіденційної інформації. Високошвидкісні модеми затребувані для швидкої передачі великих обсягів даних, передачі відео, організації магістральних каналів зв'язку.

Постійне зростання вимог до пропускної здатності систем супутникового зв'язку (до 34 Мбіт / с для ЕССС-3) стимулює пошук нових видів спектрально-ефективних сигналів і алгоритмів їх обробки в модемах супутникових станцій нового покоління.

Завадозахищеність модемів сучасних станцій супутникового і тропосферного зв'язку не в повній мірі задовольняє зростаючим вимогам ряду цивільних споживачів і силових структур, що обумовлює актуальність розробки ефективних способів «сигнальної завадозахищеності».

Питанням теорії та практики систем радіозв'язку присвячена велика кількість робіт вітчизняних і зарубіжних вчених: Л.М. Фінка, Дж. Прокис, Б. Склера, Дж. Спілкера, А.Д. Вітербо, Дж. К. Омури, Л.С. Варакина, М. Б. Свердлик, С. Голомба, Р. К. Діксона, Д. Хаффмена і ін. З робіт цих авторів очевидно, що для підвищення завадозахищеності зв'язку необхідно збільшення бази сигналів. Вона визначає рівень придушення завад в широкосмугових системах з шумоподібними сигналами. На сьогодні досяжний рівень «сигнальної завадозахищеності» за літературними джерелами є значення близько 40 дБ [7]. Цією величини придушення в рішенні ряду практичних задач систем радіозв'язку недостатньо, що вимагає прийняття додаткових заходів з придушення завад.

Важливим напрямком підвищення завадозахищеності систем радіозв'язку є використання методів завадостійкого кодування, показаних в роботах Дж. Кларка, Дж. Кейна, Т. Касамі, Е. Берлекемпа, К. Шлегеля, Л. Переза і ін. Проте питання практичного застосування завадостійкого кодування в широкосмугових системах супутникової і тропосферного радіозв'язку досі не знайшли належного розкриття в наукових публікаціях. Крім того, в літературі відсутні дані, присвячені реалізації модемів, які відповідають сучасним вимогам по завадостійкості, швидкості передачі даних і іншими параметрами.

Оскільки системи радіозв'язку призначені для надання масових послуг, то істотну роль грає вирішення низки технічних проблем. З одного боку - це забезпечення масового виробництва доступних за ціною зразків зв'язкової апаратури. З іншого боку - забезпечення високої завадостійкості і швидкості передачі даних. Ці два технічні аспекти вступають в протиріччя: підвищення завадостійкості і швидкості передачі даних диктує ускладнення апаратури, а вимога масового виробництва орієнтує на зменшення маси, габаритів і вартості станцій.

Дозволити дане протиріччя вдається в умовах стрімкого прогресу в розвитку радіоелектронної елементної бази, мікроелектроніки, техніки цифрової обробки сигналів. Використання сучасної елементної бази дозволяє втілювати в малогабаритному, енергоефективному і недорогому (за умови масового виробництва) модемі складні оптимальні алгоритми обробки сигналів, щоб забезпечити значне підвищення завадозахищеності супутникових і тропосферних станцій зв'язку.

Вибір виду модуляції і параметрів сигналів супутникових і тропосферних систем зв'язку нового покоління вимагає всебічного аналізу різних альтернативних варіантів як з урахуванням можливостей поліпшення основних характеристик систем, так і технічних обмежень, пов'язаних з реалізацією оптимальних алгоритмів прийому, демодуляції і декодування сигналів. До числа найбільш важливих напрямків підвищення ефективності супутникових і тропосферних систем зв'язку слід віднести застосування технології OFDM [1-3], шумоподібних сигналів, завадостійкого кодування [6], SDR-технологій [8].

Висновки

Найкращими сигналами по спектральній ефективності та завадозахищеності для лінійних трактів супутникових станцій зв'язку є сигнали NQPSK і NOQPSK. Для лінійних трактів з недостатньо «чистими» носійними доцільно мати ще й режим NBPSK.

Для нелінійних трактів з метою підвищення спектральної ефективності можна рекомендувати сигнали BPSK з плавним зміною фази на інтервалі близько 0,3 від тривалості інформаційного символу.

Технологія OFDM становить найбільший інтерес для систем тропосферного зв'язку, дозволяючи ефективно боротися з селективними завмираннями і забезпечуючи високу спектральну ефективність, швидкість і достовірність передачі інформації, стійкість до вузькосмугових завад і МСІ.

Для захисту від навмисних завад супутникових і тропосферних станцій зв'язку перспективні шумоподібні сигнали з фазовою модуляцією і з псевдовипадковою перебудовою робочих частот, а також з комбінованим видом модуляції ФМ-ШПС / ППРЧ.

В якості перспективних варіантів завадостійкого кодування в моделах супутникових і тропосферних систем зв'язку можна рекомендувати коди Ріда-Соломона, згорткові коди (в поєднанні з кодуванням Ріда-Соломона), турбо коди.

Використання SDR-технологій в станціях супутникового і тропосферного зв'язку вельми перспективно, тому що дозволяє створювати системи з гнучкою архітектурою, яка може змінюватися за допомогою програмного забезпечення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технология OFDM / М.Г. Бакулин, В.Б. Крейнделин, А.М. Шлома, А.П. Шумов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2015. – 360 с.
2. Эффективность использования OFDM в тропосферном канале связи, спо-собы повышения помехоустойчивости / А.Ю. Строкова, А.Н. Фролов, А.М. Але-щечкин // Вестник СибГАУ, 2013. – №2 (48). – С. 91–94.
3. Перспективы применения OFDM в системах спутниковой и тропосфер-ной связи / А.Н. Фролов, Е.В. Богатырев, А.Ю. Строкова // Сб. науч. тр. Всеросс. НТК «Системы связи и радионавигации». – Красноярск: ОАО «НПП «Радиосвязь», 2014. – С. 16.
4. Статистический анализ сигналов тропосферных станций связи / А.Н. Фролов, Е.В. Богатырев, Г.А. Непомнящих // Сб. науч. тр. Всеросс. НТК «Системы связи и радионавигации». – Красноярск: ОАО «НПП «Радиосвязь», 2014. – С. 36.
5. Помехоустойчивость корреляционного приёмника MSK-BOC сигнала к сосредоточенной помехе / В.Н. Бондаренко, В.Ф. Гарифуллин, Т.В. Краснов, Д.С. Феоктистов, Е.В. Богатырев // Успехи современной радиоэлектроники. – 2017. – №12. – С. 71-74.
6. Применение адаптивных методов коррекции и эхоподавления при орга-низации высокоскоростной дуплексной связи по двухпроводной линии / И.А. Ма-каев, А.В. Мишанов, И.В. Аникьев, Е.В. Богатырев // Успехи современной радио-электроники. – 2017. – №12. – С. 150-154.
7. Frequency synchronization technique for OFDM signals / I.V. Dulkeyt, I.S. Zemlyanov, G.V. Svistunov // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications, 2015.
8. Method for estimating confidence intervals of the probability positive results in experiments / V.L. Hazan, S.D. Sorokin, G.V. Svistunov // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Кирилюк Сергій Олександрович – студент групи ТКС-18м, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kso1996.08@gmail.com.

Vasylykivskyi Mikola V. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Kyrylyuk Serhii - group TKS-18m, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kso1996.08@gmail.com.