

Радіотехніка, радіоелектронні апарати та телекомунікації

УДК 621.396.24

**О.В. Андрєєв, к.т.н., доц.
І.І. Полещук, ст. викладач
А.М. Лисюк, магістрант**

Житомирський державний технологічний університет

РОЗРОБКА ШИРОКОСМУГОВОГО ЗАСОБУ РАДІОЗВ'ЯЗКУ КОРОТКОХВИЛЬОВОГО ДІАПАЗОНУ

Сучасні умови функціонування радіоелектронних комплексів зв'язку ставлять підвищені вимоги до їх роботи. Кількісні і якісні зміни в засобах радіоелектронної боротьби провідних країн світу в останні кілька десятиліть призвели до ситуації, коли засоби радіоелектронної боротьби за ефективністю своєї роботи перевершують ефективність засобів зв'язку, що створює суттєвий вплив на роботу останніх навіть за умови використання сучасних технологій, новітньої елементної бази і впровадження нових тактичних рішень щодо умов їх експлуатації. Пріоритетним шляхом покращення ефективності роботи засобів зв'язку є підвищення їх завадостійкості і прихованості факту їх роботи.

У роботі запропоновано приховати факт роботи засобу зв'язку шляхом розширення спектру з використанням ЛЧМ сигналу, що дозволить виконувати передачу повідомлень із спектральною щільністю сигналу нижчою за рівень шумів, що у поєднанні з імпульсним режимом роботи радіолінії дасть змогу створити систему зв'язку з достатньо високим рівнем захищеності.

Засіб зв'язку складається з кодера та високочастотного модему. На вхід пристрою зв'язку надходить мовний сигнал із верхньою частотою 4 кГц. У кодеку здійснюється дискретизація аналогового сигналу. При цьому період слідування каналних імпульсів, відповідно до теореми Котельникова, обрано 125 мкс. У кодеку використовується фазо-імпульсна модуляція (ФІМ) із зміною часового положення імпульсу тривалістю 54 мкс в межах каналного інтервалу залежно від амплітуди мовного сигналу. Кодер складається з перетворювача амплітуда-час, пристрою затримки та формувача імпульсу запуску генератора ЛЧМ. Декодер містить перетворювач час-амплітуда, формувач імпульсу запуску, пристрій затримки, тригер та детектор з підсилювачем низької частоти.

Вихідний сигнал з кодера надходить до модему, який містить формувач радіоімпульсу, дисперсійну лінію затримки та стробований підсилювач високої частоти, з виходу якого сигнал підводиться до антени. При цьому забезпечується робота передавача засобу зв'язку в імпульсному режимі з потужністю 5 Вт та випромінюванням ЛЧМ сигналу тривалістю 54 мкс із середньою частотою 30 МГц і дев'ятию частоти 1 МГц.

Сигнал, прийнятий антеною засобу зв'язку, поступає на вхід підсилювача високої частоти демодулятора і дисперсійну лінію затримки, яка виконує функцію узгодженого фільтра обробки ЛЧМ сигналу. З виходу модема сформований імпульс відгуку надходить на вхід перетворювач час-амплітуда декодера. Формування аналогового сигналу, що надходить на динамік засобу зв'язку здійснюється завдяки використанню детектора з підсилювачем низької частоти.

ЛЧМ радіоімпульси володіють властивістю стиснення в часі при проходженні через узгоджений фільтр, що обумовлює їх широке застосування в різних системах. В результаті згортки ЛЧМ сигналу з імпульсною характеристикою узгодженого фільтра на виході останнього формується стиснений у часі сигнал у вигляді короткого імпульсу. При цьому потужність корисної складової на виході узгодженого фільтра в базу разів більше ніж на його вході. А отже і відношення сигнал/шум також збільшується у ту саму кількість разів порівняно із входом.

У якості пристрою формування та обробки ЛЧМ сигналу у доповіді доводиться можливість використання замість дисперсійних ліній затримки сучасних цифрових методів формування та обробки сигналів на базі мікропроцесорів платформи ARDUINO. Наводяться основні принципи цифрового формування та обробки ЛЧМ сигналу та характеристика програмно-апаратних засобів і алгоритми програмної реалізації формування та обробки ЛЧМ сигналу у запропонованому засобі зв'язку.

Таким чином, найбільш прийнятним для розширення спектру сигналу в діапазоні коротких хвиль є використання ЛЧМ сигналу, що дозволить підвищити завадостійкість і прихованість зв'язку. При цьому передача інформаційної складової у запропонованому варіанті короткохвильового засобу зв'язку не пов'язана зі зміною частоти передавача і перехоплення інформації існуючими засобами, що використовують частотну модуляцію, практично неможливо. Використання замість дисперсійних ліній затримки сучасних цифрових методів формування та обробки сигналів на базі сучасних мікропроцесорів дозволить створити компактний та достатньо дешевий засіб зв'язку.

КОМПРЕСОР ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ

В наш час більш популярні та широко використовуються цифрові методи передачі і обробки інформації. В більшості промислово розвинутих країнах здійснюється масовий випуск цифрових систем передачі, які використовують принципи імпульсно-кодової модуляції і призначених для організації багатоканальної передачі по міських з'єднувальним лініям між автоматична телефонна станція, а також по міжміським лініям зв'язку. Інтенсивний розвиток цифрових систем передачі пояснюється істотними перевагами цих систем в порівнянні з аналоговими системами передачі.

1. Висока завадостійкість. Представлення інформації в цифровій формі - у вигляді послідовних імпульсів з малим числом дозволених значень і з детермінованою частотою слідування – дозволяє здійснювати відновлення цих імпульсів при передачі по лініям зв'язку, що різко знижує вплив перешкод і спотворення на якість передачі інформації.

2. Незалежність якості передачі від довжини лінії зв'язку. Завдяки регенерації переданих сигналів спотворення в межах відновлюваного участку мізерні.

3. Ефективність використання пропускної здатності при передачі дискретних сигналів. В цифрових системах передачі дискретні сигнали можуть водитись безпосередню в груповий тракт цих систем. При цьому швидкість передачі дискретних сигналів наближається до швидкості передачі групового сигналу.

4. Можливість побудови цифрової мережі зв'язку. Розробка цифрової системи передачі наряду зі створенням цифрового комутаційного обладнання дозволяє реалізувати весь апаратурний комплекс мережі зв'язку на чисто цифровій основі. В Такій мережі передачі, транзит, і комутація сигналів здійснюється і цифровій формі. При цьому параметри каналів практично не залежать від структури мережі, що дає можливість побудови гнучкої, розгалуженої цифрової мережі, яка володіє високою надійністю.

5. Високі техніко – економічні показники. Основу радіокомпонентної бази цифрових систем являються цифрові інтегральні схеми, масовий випуск який здійснюється промисловістю. Широке застосування інтегральних схем різко зменшує трудомісткість виготовлення обладнання і дозволяє значно знизити вартість і габарити цього обладнання.

6. Імпульсно-кодова модуляція являється найбільш поширеним методом цифрового перетворення аналогових сигналів. При імпульсно-кодовій модуляції, як і при інших видах аналого-цифрового перетворення, відбувається дискретизація в часі переданого сигналу. Сформовані при дискретизації відліки перетворюються в групи кодових символів. Якщо кожен символ, який входить в склад кодової групи, може приймати будь яке значення із r значень $(0, 1, 2, \dots, r-1)$, а кодово група має n символів то можливе формування r^n різних кодових груп, де r – основа коду, n – число розрядів.

Лінійні аналого-цифрові перетворювачі. В цифрових системах передачі з імпульсно-кодовою модуляцією використовують три основні методи побудови аналого-цифрових перетворювачів: матричний, відліку і порозрядного порівняння.

Нелінійні аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі. Кодування і декодування з рівномірною шкалою квантування в системах передачі з імпульсно-кодовою модуляцією можуть здійснюватися декількома способами: компресією аналогового сигналу перед кодуванням і експандування сигналу після декодування (аналогове компандування); вибором групи еталонних напруг в залежності від величини сигналу для порозрядного порівняння при аналогово-цифровому перетворенні (нелінійне кодування і декодування); кодуванням сигналу при рівномірній шкалі квантування, яка захоплює весь динамічний діапазон, що передається і цифрової обробки результатів кодування в передавальному обладнанні с послідовним відновленням кодових груп, відповідних рівномірному квантуванню, і декодуванням в прийомному обладнанні (цифрове компандування).

Компресія – це перетворення даних в компактну цифрову форму без втрати інформації, що дозволяє зменшити використання пам'яті в пристроях.

Кодові комбінації піддаються декодуванню, а потім отримані дискрети вводяться в експандер, характеристика якого обернена характеристиці компресора рисунок 1, так що дискрет після проходження через компресор і експандер приймає початкове значення, яке він мав перед компресором. Аналізуючи

нормалізовану криву компресії, помічаємо, що вигаш, одержуваний від її використання тобто збільшення відношення рівня сигналу до рівня перешкод тим більше, чим більше нахил кривої компресії в порівнянні з прямою, що проходить під кутом 45° .

Можливі три варіанти побудови. В першому варіанті використовуються звичайний лінійний кодер, перед яким стоїть нелінійний функціональний перетворювач. На виході лінійного декодера встановлюється другий нелінійний функціональний перетворювач. Нелінійний функціональний перетворювач здійснює зміну динамічного діапазону сигналу.

В другому варіанті побудови використовуються нелінійні цифрові перетворювачі, які перетворюють кодову комбінацію числа N в комбінацію числа N_1 . Характеристика нелінійний цифровий перетворювач являє собою сукупність дискретних відрізків з огинаючою, яка повторює закон компресії.

В третьому варіанті побудови нелінійних кодерів використовують такі електронні схеми, які безпосередньо перетворюються по нелінійному закону амплітуди вибірки U в кодову комбінацію числа N .

Найбільш часто в європейських цифрових системах передачі з імпульсно – кодовою модуляцією використовують компресію.. Крива компресора описується формулою:

$$y = \begin{cases} \frac{A_x}{1 + \ln A}, & \text{при } 0 \leq x \leq \frac{1}{A}; \\ \frac{1 + \ln A_x}{1 + \ln A}, & \text{при } \frac{1}{A} \leq x \leq 1. \end{cases} \quad (1)$$

Ці характеристики, являються прямолінійними для малих значень x і логарифмічними при великих x . Зазвичай A приймається рівним 87,6, що дає вигаш від компандування, рівним 24,1 дБ. Криву компресування можна апроксимувати 13 – ти сегментом лінійно – ламаної кривої (рисунок 1).

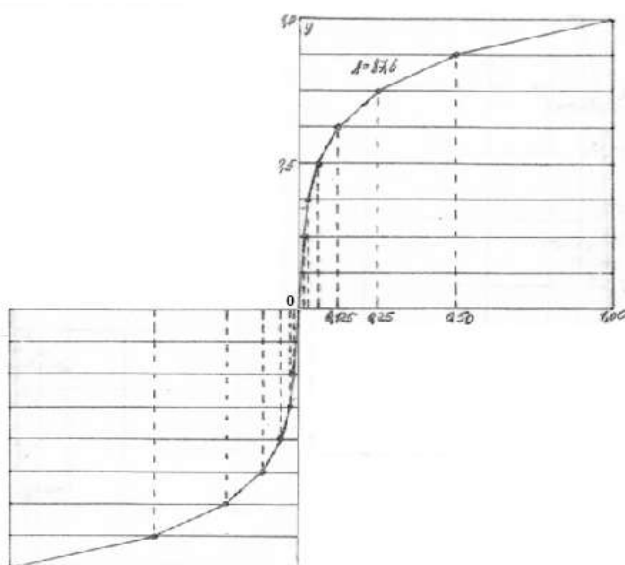


Рисунок 1

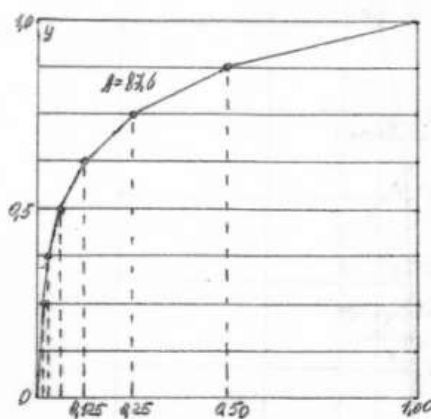


Рисунок 2

Якщо дані, які подаються на компресор попередньо перетворити по модулю:

$$f(y) = \text{sign}[f(x)]. \quad (2)$$

то графік 13 – ти сегментом лінійно – ламаної кривої прийме вид 7 – ми сегментного тільки з додатними значеннями рисунок 2. Тому при використанні 12 – ти розрядний аналого – цифровий перетворювач, який має кількість відліків 4096 і перетворити дані по модулю то кількість рівнів для компресора зменшується до 2048.

Технологія цифрової компресії, дозволяє зменшити кількість даних, які використовуються для передачі. Також стиснення дозволяє ефективно зменшувати потік, необхідний для передачі та простір необхідний для зберігання даних на носії.

М.А. Дзядевич, магістрант
Науковий керівник – Ципоренко В.Г., к.т.н., доц.
Житомирський державний технологічний університет

АКУСТИЧНА СИСТЕМА З САБВУФЕРОМ

У теперішній час уже відійшли на задній план аудіопрогравачі, які відтворюють звук із магнітної плівки. Чим раз більше у квартирах появляються персональні комп'ютери, які відтворюють звук із набагато вищою якістю. А також перевагою персональної комп'ютерної системи є велика кількість музичних творів, які можна зберігати в пам'яті. Також високої якості звучання вимагають ігри та фільми, які можна проглядати із компакт-диску. В основному комп'ютерні ігри полягають у швидкій їзді на автомобілі, «перестрілках», різноманітних підривах, які супроводжуються спеціальними звуковими ефектами. І тільки якісна акустична стерео система, яка розділена на кілька смуг, із сабвуфером може ефективно і об'ємно відтворити звук.

Вимоги до якості звучання музичних творів та різноманітних звукових ефектів, які використовуються у фільмах та комп'ютерних іграх, зростають. Мало кого задовільняють підсилювачі звуку минулого покоління. Підсилення звуку в таких приладах в основному виконувалось на кількох транзисторних каскадах. Велика маса елементів, через яку проходить звуковий сигнал, за своєю природою вносить певний рівень шумів та своєрідні амплітудно-частотні спотворення. І це вже не кажучи про неможливість відтворення дуже низьких та дуже високих частот, які просто губляться при проходженні підсилювального тракту.

Розробка активних акустичних систем з сабвуфером на даний час є актуальною задачею.

Вирішення даної задачі полягає в наступному. Звуковий сигнал необхідно розділити на діапазони і здійснювати підсилення незалежно між правим та лівим каналом та діапазонами із застосуванням аналогових мікросхем. Мікросхеми, хоч і мають більшу вартість в порівнянні з транзисторами, мають перевагу в відмінній якості, чистоті звучання та малих габаритних розмірах. Для якісного відтворення найнижчих частот доцільно застосовувати сабвуфер (від англ. subwoofer), так званий підсилювач низьких частот.

Зазвичай використовують 2–5 основних колонок і один сабвуфер. Тільки один сабвуфер використовується тому, що вуха людини майже не сприймають напрямку на джерело низькочастотних хвиль, оскільки довжина хвилі є набагато більша за відстань між вухами і різниця фаз між правим та лівим вухом є мінімальною і нею можна знехтувати. Тому звукові сигнали з правого та лівого каналів можна звести в один та віддати його сабвуферу.

Як приклад, можна згадати популярний у Житомирі так званий кінотеатр «Мультиплекс». Звичайний кінотеатр із звичайним кінопроектором, який застосовувався минулому, щоправда зроблено якісний ремонт і стоять зручні крісла. Так за що така велика платня за перегляд фільму? А вся суть у звуці. Завдяки вміль розстановці певної кількості гучномовців певної почерговості включення їх відбувається повнота відтворення звуку. Якщо на екрані показують, як справа наближається машина, то і на слух по звуку відчутно наближення машини з правої сторони. А ще дана акустична система не може обійтись без сабвуферів, адже неможливо на звичайних гучномовцях відтворити із відповідною якістю шум машин, гул двигунів літаків та іншої техніки. Завдяки цьому всьому з'являється так званий ефект «присутності».

Простована акустична система з сабвуфером призначена для використання в домашніх умовах при відтворенні звуку із звичайного магнітофону або комп'ютера. Завдяки використанню сабвуфера можна отримати найбільшу якість і повноту відтвореного звуку. В роботі показаний порядок розробки системи та наведено приклади роботи з системою. Розглянуті питання конструкції системи та надійності її роботи.

Розглянуто шляхи покращення керування через механізм WiFi та доцільність використання двосмогових акустичних систем або можливу заміну на трьох або чотирьох смугові акустичні системи.

Виконано дослідження принципів та технологій реалізації основних характеристик пристрою. Визначено залежність якості звуковідтворення від параметрів елементів звукових трактів та характеристик основних вузлів.

Також проведено аналіз шляхів удосконалення пристрою та розглянуті варіанти їх побудови в тому числі на основі мікроконтролерів та ПЛІС, а також програмного регулювання параметрів каналів та їх кількості з урахуванням особливостей конфігурації приміщення.

Р.О. Коломієць, к.т.н., ст. викладач

Д.С. Морозов, ст. викладач

О.В. Грек, аспірант

Житомирський державний технологічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ПЛАЗМИ НА ЗГОРТАННЯ КРОВІ

Коагуляція — складний поетапний процес, який являє собою утворення білка фібрину в крові. Першочерговою задачею в хірургії є зупинка кровотечі. На даний час існує велика кількість способів зупинки кровотечі, найбільш розповсюджені електрокоагуляція, лазерна коагуляція, кріокоагуляція, застосування ультразвукових скальпелів, а також композицій клею. Також, на сучасному етапі розвитку медицини широко вивчаються та досліджуються методи коагуляції за допомогою холодної плазми. Одним з таких є метод аргонплазмової коагуляції. Він застосовується в відкритій хірургії, ендоскопічній хірургії, лапароскопії та торокоскопії з 90-х років минулого століття.

Суть методу полягає в тому, що енергія електромагнітного поля високої частоти передається на тканину безконтактним способом за допомогою потоку іонізованого інертного газу – аргону (низькотемпературного факелу аргонної плазми). Враховуючи переваги цього методу, а саме: малоінвазивність, безболісність, відсутність післяопераційних реактивних явищ, кровотеч, бактеріцидну дію методу, а також високу точність та глибину коагуляції не більше 3 мм, цей метод широко застосовується при лікуванні онкологічних процесів, урологічних захворювань та в таких сферах медицини, як отоларингологія, пульмонологія, дерматологія та багато інших.

В даному дослідженні було сконцентровано увагу на конструкції генератора холодної плазми на основі трансформатора Тесла. Така конструкція також має безконтактний метод впливу, але, в основі лежить не аргон, а звичайне повітря, яке іонізується, та на виході утворюється потік холодної плазми, який виштовхується магнітними полями. Дослідження проводилося *in vitro* на зразках венозної крові, взятої у здорових донорів. У нормі кров коагулює протягом 8-10ти хвилин. На предметне скло наносилася крапля крові, та проводилося спостереження за дослідним зразком до часу утворення ниток фібрину. Саме це свідчило про те, що кров коагулювала.

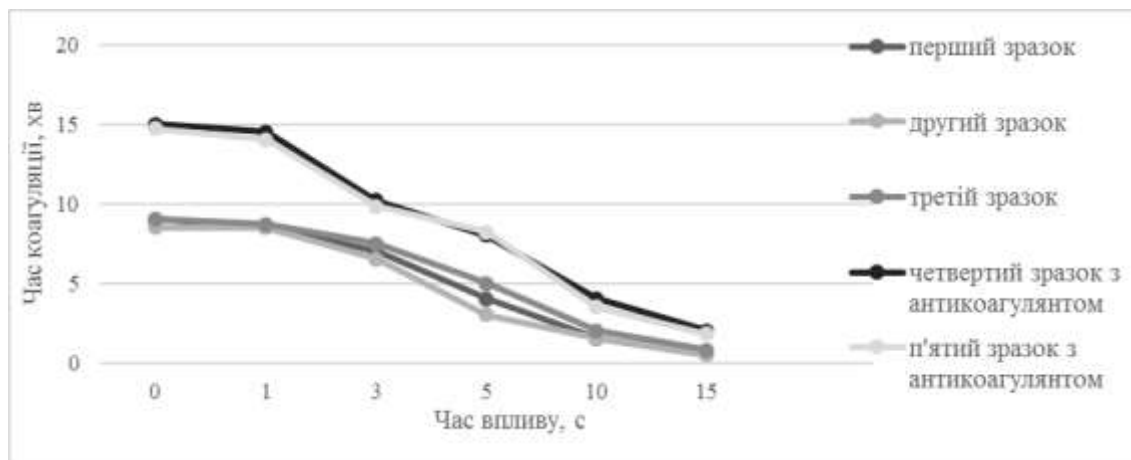


Рис. 1. Коагуляція досліджених капель крові за допомогою холодної плазми

Для пришвидшення коагуляції краплі крові, було проведено плазмовий вплив на досліджуваний зразок протягом 1 с, 5 с, 10 с та 15 с. В результаті спостерігалось значне пришвидшення згортання крові. Для моделювання поганого згортання крові, до зразку, взятого у здорового донора, у пробірку з 8мл венозної крові було додано антикоагулянт, а саме 1 мл розчину глюкози. Кров погано згортається, коли присутні проблеми з факторами згортання крові, речовинами в ній, які забезпечують цей процес. Результати такого дослідження представлені на рисунку 1 (четвертий та п'ятий зразки).

Проведене дослідження на каплях крові підтвердило, що вплив низькотемпературної плазми значно посилює коагуляцію крові. Аналіз даних результатів вказує на те, що низькотемпературна плазма допомагає в прискоренні механізму згортання крові, чи, іншими словами, плазма здатка каталізувати складні біохімічні процеси, які мають місце під час згортання крові. Прямий нетепловий плазмовий вплив може викликати натуральний процес коагуляції. Ці результати є дуже важливими для подальшого застосування їх в медичній практиці.

УДК 621.317

В.П. Манойлов, д.т.н., проф.
П.П. Мартинчук, ст. викладач
М.Ф. Хоменко, ст. викладач
В.В. Чухов, к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

АНТЕНИ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ

Дослідження антен цифрових систем радіозв'язку є актуальною науковою та практичною задачею. З цією метою на кафедрі біомедичної інженерії та телекомунікацій ЖДТУ розпочато низку відповідних досліджень.

Ідея дослідження - застосування альтернативного підходу при проектуванні антенних приймально-передавальних пристроїв цифрових (дискретних) систем з використанням перетворення Фур'є на елементарних антенах типу директорних вібраторних, логоперіодичних, спіральних, фрактальних та інших, які є системою дискретних джерел сигналу радіозв'язку.

Дослідження проводились на практичних зразках та моделях директорних вібраторних, логоперіодичних антен. Конкретні конструкції антен, що досліджувалися та результати досліджень представлені у вигляді презентації в табличних та графічних матеріалах.

Характер вимог, що пред'являються до антени, залежить від призначення системи, умов її роботи. Електричні параметри антени тісно пов'язані з конструктивними показниками, і в багатьох випадках визначаються взаємним розташуванням елементів антени.

Між частотно-часовими залежностями в імпульсній техніці і частотно-просторовими функціями в антенній техніці існує певна аналогія, суть якої в тому, що амплітудно-фазовий розподіл поля за апертурою антени і її діаграмою направленості пов'язані перетворенням Фур'є таким же чином, як пов'язана форма імпульсу з його спектром. Фізичний зміст полягає в тому, що якщо часовий імпульс може бути представлений у вигляді суми часових гармонік, то і розподілення поля за апертурою, яке розглядається як просторовий імпульс, може бути представлене сумою просторових імпульсів. Тому один із способів розв'язання задачі синтезу базується на використанні інтегралу Фур'є. При цьому дійсна функція $F(t)$, яка визначає діаграму направленості, повинна відповідати умовам Діріхле: сама функція та її похідна повинні бути неперервними в будь-якому інтервалі частот, мати скінченне число розривів першого роду та скінченне число максимумів та мінімумів, бути інтегрованою, мати скінченне значення. Для багатьох фізичних сигналів це є справедливим.

Конструктивними особливостями досліджуваних антен приймально-передавальних пристроїв є те, що запропоновані антени мають в своєму складі, окрім вібратора основної частоти, додаткові вібратори, кратні основній частоті. Вони вибрані як перші елементи (2-х – 4-х) гармонічних складових цифрового (дискретного) періодичного сигналу основної частоти.

Діапазон частот застосування таких антен - від метрових діапазонів радіохвиль до мікрохвиль, в т. ч. і антенних решіток, фрактальних антен.

Для прямокутного сигналу, що є найбільш поширеним у цифрових (дискретних) системах, це 3-я, 5-а, 7-а або 2-а, 4-а, 8-а гармоніки основної частоти.

При цих чотирьох складових, к. к. д. антени приймально-передавального пристрою, згідно теореми Парсеваля, теоретично може бути збільшений за амплітудою напруги прямокутного сигналу до ≈ 90 %. Для антен, які сконструйовані на сигналах тільки першої гармоніки, к. к. д. антени приймально-передавального пристрою, складає не більше 65 % за амплітудою напруги прямокутного сигналу.

Це дає змогу зменшити енергетичні затрати передавально-приймального пристрою, залишивши рівень сигналу на межі встановленого, покращити дальність прийому-передачі, збільшити радіопрозорість, спростити в певних межах конструкцію антенного пристрою за рахунок оптимізації елементів антени, зменшити матеріалоємність антенних пристроїв, кращою стане роздільна здатність та точність визначення координат у випадку використання таких антен для РЛС та космічного зондування поверхні Землі. Можуть знайти застосування у сучасних системах стільникового та цифрового радіозв'язку і телебачення, Wi-Fi, радіолокації як наземного, так і космічного базування.

ПРИСТРІЙ ОБРОБКИ СИГНАЛУ ШИРОКОСМУГОВОГО ЗАСОБУ РАДІОЗВ'ЯЗКУ

Передача інформації по радіоканалу зв'язку завжди передбачає вибір виду модуляції радіохвилі певної частоти і виділення смуги частот, яку займає радіосигнал. Для передачі аналогових вузькосмугових сигналів по каналах радіозв'язку у районах зі складним рельєфом місцевості широко використовується короткохвильовий діапазон. При цьому більшість засобів радіозв'язку використовують частотну модуляцію передавача, без будь-якого шифрування повідомлень. Це дає змогу виявляти і перехоплювати повідомлення, що передаються.

Застосування голосових скремблерів дозволяє приховати інформацію, що передається по вузькосмуговому каналу зв'язку, але приховати факт випромінювання передавача практично неможливо. Запропоновано використання широкосмугового радіосигналу із модуляцією, що не пов'язана зі зміною частоти передавача відповідно до інформаційної складової. Проведені розрахунки показали, що запропонована система зв'язку може працювати в загальній смузі частот разом з існуючими вузькосмуговими засобами КХ-діапазону, не створюючи їм при цьому суттєвих перешкод. При цьому відношення сигнал/шум, яке створюється на вході приймача частотного моніторингу, майже на два порядки менше ніж для існуючих вузькосмугових засобів КХ-діапазону.

В Україні дозволено використання радіостанцій СВ діапазону без ліцензії, але з отриманням дозволу, за умови, що передавач не матиме потужності більше ніж 4Вт. Діапазон 33 – 50 МГц має власну назву «Low Band» і по фізичним властивостям займає проміжне положення між КХ й УКХ діапазонами, через що має властивості обох, але в основному зв'язок можливий в межах прямої видимості. Найбільша дальність досягається в сільських районах з низькою забудовою та у рівнинній місцевості. Тому, аналізуючи властивості частотних діапазонів, доцільно обрати для подальшої реалізації діапазон частот від 29,5МГц до 30,5МГц, що дозволить забезпечити зв'язок у районах зі складним рельєфом місцевості при одночасній роботі лише із засобами вузько смугового військового зв'язку.

Всі засоби спеціального службового зв'язку використовують частотну модуляцію передавача з девіацією до 7кГц, потужність передавача 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. Для сучасних систем зв'язку характерна реалізація цифрових формувачів сигналу на базі мікропроцесорів. Переваги мікропроцесорів полягають у їх функціональній гнучкості, універсальності застосування, низькій вартості, високій надійності та технологічності виготовлення. Мікропроцесори в цифрових системах передачі інформації отримали широке розповсюдження, що привело до появи нового покоління цифрової апаратури формування сигналів.

Принцип роботи більшості цифрових формувачів сигналів з лінійною частотною модуляцією (ЛЧМ) заснований на обчисленні коду фази сигналу в певні моменти часу.

ЛЧМ радіоімпульси володіють властивістю стиснення в часі при проходженні через узгоджений фільтр, що обумовлює їх широке застосування в різних системах. В результаті згортки ЛЧМ сигналу з імпульсною характеристикою узгодженого фільтра на виході останнього формується сигнал у вигляді головної пелюстки (стисненого імпульсу) на фоні бічних пелюсток. При цьому потужність корисної складової на виході узгодженого фільтра в базу разів більше ніж на його вході. А отже і відношення сигнал/шум також збільшується у ту саму кількість разів порівняно із входом.

Спектр сигналу на виході узгодженого фільтра, як відомо, можна отримати як добуток спектру на вході узгодженого фільтра та його частотної характеристики. А застосувавши зворотне перетворення Фур'є, отримаємо відгук на виході узгодженого фільтра у часовій області.

Таким чином, реалізація наведеного алгоритму формування та обробки сигналу з лінійною частотною модуляцією на базі мікропроцесорів дозволить створити високочастотний модем для передачі низькочастотних аналогових сигналів з будь-яким видом модуляції.

Виконано дослідження шляхів технічної реалізації формування сигналів та їх основних характеристик.

ВИХІДНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ РАДІОСТАНЦІЇ

Підсилювач є одним з основних вузлів різної апаратури в пристроях автоматики, телемеханіки, обчислювальної та інформаційно-вимірювальної техніки. Електронний підсилювач – це пристрій, що перетворює малопотужний електричний сигнал на вході, в сигнал великої потужності на виході з мінімальними спотвореннями форми. Підсилення потужності сигналу здійснюється за рахунок споживання підсилювачем енергії від джерела живлення.

На сьогоднішній день необхідні рівні вихідної потужності радіопередавальних пристроїв перевищують можливості сучасної елементної бази, тому при їх створенні використовують різні методи підвищення вихідної потужності.

В підсилювачах використовуються різноманітні схеми. Для наочного зображення пристрою підсилювача користуються схемою електричною структурною, на якій зображують основні частини пристрою, виконуючі певні функції, та основні зв'язки між ними.

Звичайно підсилення сигналу, створюване одним каскадом, є недостатнім, тому застосовують багатокаскадні підсилювачі. Сигнал, підсилений першим каскадом, подається на вхід другого, з виходу другого на вхід третього і т.д. Тобто, здійснюється послідовне підсилювання сигналу колом каскадів.

Вхідний каскад є входом підсилювача. Призначення вхідного каскаду забезпечення узгодження вихідного опору джерела сигналу з вхідним опором першого каскаду попереднього підсилювання. Якщо вихідний опір джерела сигналу рівний вхідному опору попереднього каскаду або набагато більший, то в цьому випадку вхідний каскад не треба застосовувати, а якщо менше то слід застосувати. Вимоги до каскадів попереднього підсилення виходять з їх призначення – підсилювати напругу або струм, створені джерелом сигналу на вході, до величини, необхідної для збудження каскадів підсилення потужності. Тому найбільш важливими показниками для попереднього каскаду є коефіцієнти підсилення напруги та струму, частотна характеристика і частотні спотворення.

Передкінцевий каскад є джерелом сигналу для кінцевого каскаду. Він повинен забезпечити такі умови роботи вхідного кола кінцевого каскаду, при яких останній зможе віддати в навантаження максимальну неспотворену потужність. Основні вимоги, які ставлять до передкінцевого каскаду, - велика амплітуда неспотвореного сигналу на виході та малий вихідний опір. Вибір схеми передкінцевого каскаду в конкретному підсилювачі залежить від виду та режиму кінцевого каскаду.

Кінцеві каскади відрізняються від каскадів попереднього підсилювання, в першу чергу, великим рівнем потужності сигналу. В підсилювачах низької частоти, працюючих на низькоомне навантаження, кінцевий каскад повинен віддавати визначену потужність на заданому опорі навантаження при коефіцієнті нелінійних спотворень, який не перевищує допустимої величини.

По ширині смуги і абсолютним значенням підсилюючих частот підсилювачі діляться на ряд наступних типів:

- підсилювачі постійного струму або підсилювачі повільно мінливих напруг і струмів, що підсилюють електричні коливання будь-якої частоти в межах від нижчої нульової робочої частоти до вищої робочої частоти;
- підсилювачі змінного струму, що підсилюють коливання частоти від нижчої межі до вищої, але не здатні підсилювати постійну складову сигналу.
- підсилювачі високої частоти (УВЧ), призначені для підсилення електричних коливань несучої частоти, які, наприклад, приймаються приймальною антеною радіоприймального пристрою.
- підсилювачі низької частоти (УНЧ), призначені для підсилення гармонійних складових не перетвореного, переданого або прийнятого повідомлення.

З трьох типів транзисторних каскадів для підсилення напруги придатні два: каскад із загальною базою і каскад із загальним емітером. Каскад із загальним колектором може бути застосований в багатокаскадних системах, однак безпосереднього підсилення напруги такий каскад не дає і виконує допоміжну роль.

В ході виконання проекту було виконано дослідження шляхів технічної реалізації принципової схеми і друкованої плати вихідного підсилювача радіостанції, а також розраховано елементи принципової схеми та параметри друкованої плати. За допомогою програми Micro-Cap 8 знято графіки амплітудно-частотної (АЧХ) та фазочастотної (ФЧХ) характеристик сигналів які проходять крізь наш підсилювач, по отриманим результатам можна сказати, що розроблена схема дієздатна.

В.В. Чухов, к.т.н., доц.
Р.О. Коломієць, к.т.н., ст. викладач
П.П. Мартинчук, ст. викладач
Д.С. Морозов, ст. викладач
А.В. Броніцький, магістрант
Житомирський державний технологічний університет

ЛАБОРАТОРНИЙ МАКЕТ ДИСКРЕТНОГО АТЕНЮАТОРА

Велику увагу у профільній літературі присвячено атенюаторам на пасивних елементах, на відміну від атенюаторів на активних елементах, зокрема операційних підсилювачах (ОП). До переваг останніх можна віднести більше різноманіття схемних рішень з підстроюванням, таких як неінвертуючий атенюатор з позитивним зміщенням нуля, неінвертуючий атенюатор з негативним зміщенням нуля, інвертуючий атенюатор без зміщення нуля тощо. Застосування ОП також полегшує розв'язання задачі розв'язки вхідних/вихідних опорів атенюаторів.

У рамках лабораторних практикумів фахових дисциплін кафедри біомедичної інженерії та телекомунікацій було виготовлено лабораторний макет дискретного атенюатора, за основу якого взято схемне рішення, описане у профільній літературі та доповнене буферним елементом на вході (рисунк 1).

На першому операційному підсилювачі зібрано повторювач напруги, як буферний елемент, на другому – інвертуючий дискретний атенюатор, на третьому – інвертуючий підсилювач. Вхідний дільник напруги атенюатора зібрано на резисторах R_a , R_b та R . Для уникнення самозбудження ОП має виконуватись умова $R_a + R_b \leq R_f$.

Експериментальну АЧХ такого атенюатора для значень послаблень „1:5” (–14,3 дБ), „1:4” (–12,4 дБ), „1:3” (–9,5 дБ), „1:2” (–6 дБ) при амплітуді вхідного сигналу 1 В показано на рисунку 2.

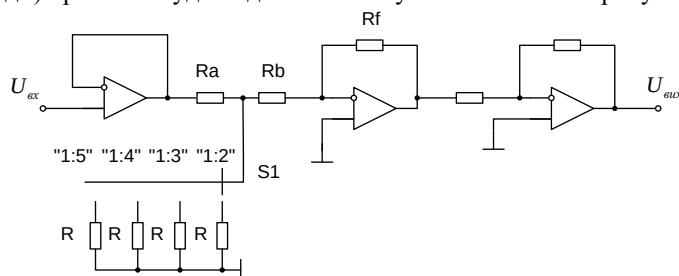


Рис. 1. Схема електрична принципова дискретного атенюатора

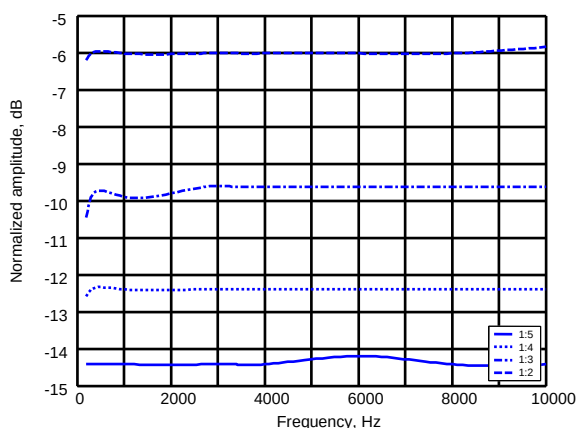


Рис. 2. АЧХ дискретного атенюатора