

## РОЗРОБКА ВИСОКОЧАСТОТНОГО МОДЕМУ ШИРОКОСМУГОВОГО ЗАСОБУ РАДІОЗВ'ЯЗКУ

Розробка модему радіолінії завжди пов'язана з вибором частотного діапазону. Короткохвильовий діапазон (КХ) 2 – 25 МГц в основному застосовується для зв'язку з портативними радіостанціями на великі відстані (десятки кілометрів) і районах зі складним рельєфом місцевості (пагорби, гори). СВ – діапазон (з англ. *Citizen's Band*) використовує частоти 26,96 – 27,41 МГц. Крок частоти 10 кГц. Хвилі даного діапазону добре поширюються через міські перешкоди. Висока дальність зв'язку в умовах рівнинної сільської місцевості й низька вартість абонентського устаткування робить цей діапазон досить привабливим для різних категорій користувачів. Найбільш доцільним є використання цього діапазону для радіозв'язку між стаціонарними та автомобільними радіостанціями при використанні ефективних базових антен, а також між транспортними засобами при русі по трасі, за містом, у колоні або на відстані один від одного 5 – 15 км. В Україні дозволено використання радіостанцій СВ – діапазону без ліцензії, але з отриманням дозволу, за умови, що передавач не матиме потужності більше ніж 4 Вт. 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 29,5 МГц до 30,5 МГц, що дозволить забезпечити зв'язок у районах зі складним рельєфом місцевості при одночасній роботі лише із засобами вузько смугового військового зв'язку.

Всі засоби військового зв'язку використовують частотну модуляцію передавача з девіацією до 7 кГц, 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 вузько смугових 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 вузько смугових засобів зв'язку.

Тому розробка короткохвильового засобу радіозв'язку, який використовує широкосмуговий сигнал з модуляцією, відмінною від звичайної частотної модуляції, при потужності передавача не більше ніж 5 Вт, є актуальним завданням.

Для подальшої практичної реалізації будемо вважати, що засіб випромінює широкосмуговий сигнал з лінійною частотною модуляцією (ЛЧМ) на частоті  $f=30$  МГц із значенням бази 54, при девіації частоти  $\Delta f = 1$  МГц. Виходячи із значення бази сигналу, тривалість імпульсу  $T=54$  мкс. Сигнал з лінійною частотною модуляцією можна подати виразом:

$$x(t) = A \cos\left(2\pi\left(ft + \frac{\Delta f}{2T}t^2\right)\right), \text{ при } 0 < t < T.$$

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 ЛЧМ- сигналів заснований на обчисленні коду фази сигналу в певні моменти часу. Структурна схема одного з можливих варіантів формування сигналу наведена на рис. 1. З урахуванням вимог до якості ЛЧМ- сигналу і відносно невеликої девіації частоти формувач сигналів реалізується на основі цифрового обчислювального синтезатора (ЦОС), що обчислює код фази і квадратурного модулятора. Сформований квадратурний ЛЧМ - відеосигнал переноситься по частоті на величину сигналу локального синхронізованого генератора, а потім посилюється. Мінімальна частота дискретизації визначається за теоремою Котельникова. Можливості сучасної цифрової техніки дозволяють забезпечити також цифрове формування сигналу безпосередньо на несучій частоті з подальшим перетворенням в аналогову форму за допомогою ЦАП.

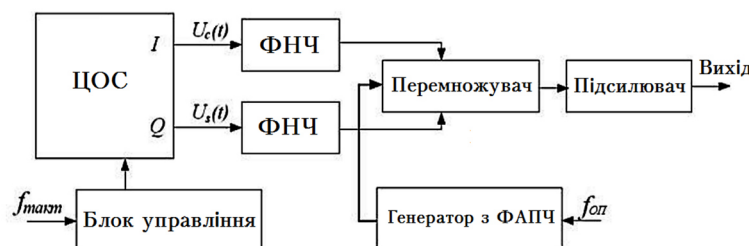


Рис. 1. Структурна схема цифрового формувача ЛЧМ- сигналу

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.

Відомо, що імпульсна характеристика узгодженого фільтра з точністю до постійного множника  $C$  є дзеркальним у часі відображення очікуваного корисного сигналу  $x(t)$  щодо значення  $t = t_0/2$ , тобто

$$V(t) = CA \cos(2\pi(f_c(t_0 - t) + \frac{\Delta f}{2T}(t_0 - t)^2)).$$

Частотна характеристика узгодженого фільтра пов'язана з імпульсною характеристикою перетворенням Фур'є

$$\dot{K}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} V(t) \cdot e^{-j2\pi ft} \cdot dt.$$

Якщо підставити  $V(t) = V_{omn}(t)$ , то отримаємо вираз для оптимальної частотної характеристики

$$\dot{K}_{omn}(f) = C \cdot \dot{g}^*(f) \cdot e^{-j2\pi ft_0},$$

де  $\dot{g}^*(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot e^{j2\pi ft} \cdot dt$  -- комплексно спряжений спектр корисного сигналу.

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