

*Дончук М.О., курсант,  
Меленський В.Д., старший викладач  
Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова*

## **РАДІОПЕЛЕНГАТОР УЛЬТРАКОРОТКОХВИЛЬОВОГО ДІАПАЗОНУ НА БАЗІ SDR ПРИЙМАЧА**

Визначення напрямків на джерела радіовипромінювання (ДРВп) і оцінка їх координат є одними із головних завдань, що виконуються системами радіомоніторингу (РМ). Для виконання вимог сучасності системи РМ базуються на новітніх досягненнях в області радіотехніки, в тому числі на підходах програмно - визначеного радіо (SDR - Software Defined Radio). Застосування SDR приймачів дозволяє застосувати цифрову обробку сигналів безпосередньо з виходу антенної системи (АС) на радіочастоті (або з її пониженьям) шляхом прямого управління з ПЕОМ, та не потребує додаткових елементів і процедур.

За методом радіопеленгування ДРВп радіопеленгатори можуть бути віднесені до двох великих груп. До першої групи відносяться поляризаційно - чутливі пеленгатори, засновані на визначенні напрямку електричного і магнітного вектора напруженості поля. До другої групи відносять фазо - чутливі пеленгатори, засновані на визначенні орієнтації поверхні рівних фаз електромагнітного поля. Радіопеленгатори першої групи простіші у виготовленні, але мають нижчі якісні показники порівняно з фазочутливими.

В класичному випадку фазочутливі радіопеленгатори потребують два когерентних радіоканали, що на практиці досить важко реалізувати. Тому запропоновано розробку радіопеленгатора який реалізує квазідоплерівський метод оцінки пеленгу, шляхом порівняння фази сигналу, що приймається, з фазою сигналу створеного програмно. Такий підхід спрощує конструкцію, вимагає лише одного приймального каналу та дозволяє змінювати швидкість комутації антенних елементів, що в свою чергу дає можливість швидко та якісно пеленгувати більшість видів сучасних радіосигналів ДРВп.

Розроблений квазідоплерівський радіопеленгатор використовує АС у вигляді кільцевої антенної решітки (КАР) з почерговою комутацією антенних елементів (АЕ). Практично - це фазовий радіопеленгатор, в якому АЕ перемикаються з певною частотою таким чином, що імітується їхнє обертання. Створений ефект Доплера (квазідоплер) полягає в тому що імітація відносного (взаємного) переміщення приймача і передавача призводить до зміни частоти (фази) коливань, що приймаються, в результаті чого їхня частота стає відмінною від частоти випромінених

коливань. Таким чином, у процесі комутації антенних елементів радіопеленгатора, у сигналів які пеленгуються, виникає доплерівський зсув частоти, при цьому на вхід SDR радіоприймального пристрою надходять сигнали, з зсувом частоти: пропорційним куту приходу сигналу та швидкості комутації антенних елементів. Пеленги на ДРВП визначаються як дотична до кола, в точці максимального доплерівського зсуву.

Розроблена структурна схема квазидоплерівського радіопеленгатора складається з наступних елементів: антенна система - всеспрямована КАР, антенний комутатор який забезпечує комутацію антенних елементів КАР з радіоприймальним пристроєм, керуючий пристрій на базі мікроконтролера, SDR радіоприймальний пристрій і ПЕОМ. Розроблений пеленгатор працює в УКХ діапазоні частот, а якість його функціонування залежить від конфігурації АЕ КАР, та технічних характеристик SDR радіоприймального пристрою, забезпечуючи при цьому допустиму інструментальну точність пеленгування рівно виконання завдань РМ. Точність пеленгування прямо пропорційна рівню потужності сигналу ДРВП та залежить від діаметру КАР, а точніше від відношення діаметру КАР до довжини хвилі. При збільшенні відношення діаметру КАР до довжини хвилі спостерігається експоненціальне зростання точності пеленгування (на практиці відношення обирається в межах 0,75). У дослідженні значну увагу приділено програмно - алгоритмічній структурі, яка дозволяє здійснити якісну обробку прийнятих сигналів: демодуляцію частотно - модульованого сигналу, цифрову фільтрацію, визначення аргументу комплексного сигналу, що і являється фазою. Дані операції виконуються симетрично на двох гілках для прийнятого та опорного сигналу, а в подальшому визначається їх різниця фаз що і являється пеленгом на ДРВП.

Реалізація програмно - алгоритмічної структури реалізовано в програмному середовищі «GNU Radio». Весь перелік інструментів програмного середовища представлено розробниками у вигляді конструктивних блоків. Дані блоки включають в себе набір програм і бібліотек, які дозволили створити тракт обробки радіосигналів для реалізації квазидоплерівського пеленгатора. Для підтвердження теоретичних розрахунків проведено моделювання принципової схеми квазидоплерівського радіопеленгатора в програмному середовищі «Proteus Design». Моделювання програмно-алгоритмічної структури проведено в програмному забезпеченні «Simulink» яке інтегроване в програмне середовище «MathLab».