

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СУЧАСНІ РОЗРОБКИ

УДК 629.067

77 ГГц РАДАР ДЛЯ АВТОМОБІЛЯ

Ляшук О.М., студент

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Сучасні вимоги до безпеки і комфорту водія та пасажирів автомобіля зумовлюють безперервний розвиток відповідних технічних засобів. Тому для розробників автомобілів на першому місці по важливості знаходяться технології, які забезпечують виконання цих вимог. Головна з них – аналіз дорожньої ситуації, де використовується різноманітні сенсори, одним із яких є радар.

Принцип роботи радара

Радар типу RS200 встановлюється на сучасні автомобілі марки Mercedes Benz, працює на частоті 77 ГГц використовуючи антену з механічним скануванням. Прилад має два незалежних режими: сканування дальнього радіусу з кутом $\pm 9^\circ$ і відстанню від 0.25м до 200м та сканування ближнього радіусу з кутом $\pm 28^\circ$ і відстанню від 0.25м до 60м. Така система функціонує в режимі одночасного прийому та передачі, обидві операції виконуються за допомогою однієї антени.

Радар використовує схему ЛЧМ (лінійна частотна модуляція) як основний принцип для своїх вимірювань [1]. В порівнянні з доплерівським підходом ЛЧМ радар має дуже великий робочий цикл, що в результаті дає краще відношення сигнал/шум [2]. Якщо порівнювати з підходом частотної модуляції неперервної хвилі – FMCW (frequency modulated continuous-wave) [3], то в даному радарі досить просто розділити дальність та швидкість у прийнятих сигналах, так як вони прив'язуються до двовимірного виду по дальності та частоті за допомогою швидкого перетворення Фур'є [4]. Через використання процедури оцифровування кожного окремого сигналу та відповідній його обробці, такі радари також інколи називають радаром із стисненням імпульсу. Інша перевага такого принципу роботи – це програмно встановлювана роздільна здатність по дальності. В залежності від ситуації на дорозі та деяких параметрів, таких як швидкість автомобіля, прилад самостійно встановлює роздільну здатність від 1м до 0.25м, що реалізовано зміною качання частоти сигналів. Така зміна може бути виконана один раз для одного циклу роботи (66 мс). Режими роботи радара наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Режим роботи	Качання частоти	Роздільна здатність по дальності
1. Режим простою. Вихідна потужність зменшується та використовується тільки сканування ближнього радіусу	800 МГц	25 см
2. Низька швидкість (< 3 км/год)	800 МГц	25 см
3. Висока швидкість (> 5 км/год) - режим нормального функціонування	200 МГц	100 см
4. Режим екстреного реагування. Дистанція до найближчого об'єкту мала (6...10 м), а власна швидкість більше ніж 40 км/год.	400 МГц	50 см
5. Режим швидкого екстреного реагування. Дистанція до найближчого об'єкту мала (3...6 м), а власна швидкість більше ніж 40 км/год.	800 МГц	100 см
6. Порушення циклу роботи (багато цілей). RS200 перемикається у режим низької роздільної здатності як мінімум на 20 циклів. Кінцева роздільна здатність буде залежати від подальшої ситуації. Якщо цілей все ще багато, то роздільна здатність буде знижена з 1.5 м до 2 м. Як тільки порушення циклів не будуть детектовані, радар автоматично перемикається в нормальний режим роботи	133 МГц	150 см

Антенa

Антенa побудована як поєднання періодичної антени витікаючої хвилі та антени зі згорнутим рефлектором (див. рис. 1. Періодична антена витікаючої хвилі складається з хвилеводу, який знаходиться біля циліндру з гофрованою поверхнею.

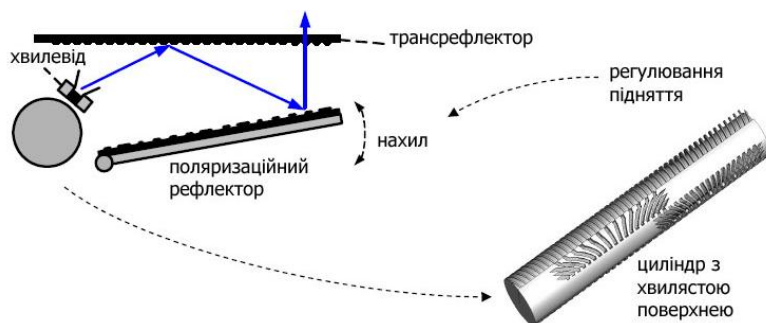


Рис. 1

Радіовипромінювання на частоті 77 ГГц розповсюджується по хвилеводу і розподіляється по спеціальним вирізам у циліндрі, що призводить до направленного випромінення з кутовим і амплітудним розподіленням відповідно до будови поверхні циліндра.

Під час обертання циліндру послідовно змінюються властивості його поверхні та антенний промінь сканує та змінює свою форму в азимутальній площині. Такий принцип дозволяє реалізувати сканування з різними кутовими сегментами і різною роздільною здатністю.

Для формування променя в перпендикулярній до дороги площині ви-

користується згорнутий рефлектор, який складається з поляризатора та поляризаційного рефлектора (який повертає площину поляризації). Енергія, що випромінюється хвилеводом, відбивається від поляризатора і потрапляє на поляризаційний рефлектор, який формує промінь та повертає площину поляризації радіовипромінювання на 90° , яке потім зможе пройти поляризатор. Напрямок променя у вертикальній площині встановлюється зміною нахилу поляризаційного рефлектора.

Автовирівнювання характеристик напрямленості

Радар має повне автовирівнювання в азимутальній та вертикальній площині з обмеженим вікном допуску. Це дозволяє просте встановлення радару на автомобіль та обслуговування на сервісних станціях, оскільки не потрібно спеціальних засобів для вирівнювання, так як воно може бути виконане в відповідному режимі. Також радар може в нормальному режимі роботи компенсувати своє неправильне положення, якщо воно знаходиться в допустимих межах.

Автономне вирівнювання в азимутальній площині досягається за рахунок захвату ширшого простору, ніж той, що сканується у звичайному режимі. Спеціальний програмний модуль визначає пеленгаційний напрямок радару відносно напрямку руху, встановлює дальність променя, та точку спостереження радару за допомогою встановлення робочої дальності променів антени симетрично до напрямку руху автомобіля. Зміна діаграми направленості по вертикалі досягається відповідним нахилом площини рефлектора, що також виконується програмним модулем.

За допомогою автоматичного вирівнювання можна не тільки компенсувати неправильне встановлення радару, а й нахилити промінь до поверхні дороги в межах 7° . Зміна нахилу використовується для вирішування багатьох задач, таких як виявлення завад для руху автомобіля.

Область використання

RS200 підходить як для покращення комфорту управління автомобілем, так і для забезпечення безпеки. Можливі області використання:

- Адаптивний круїз-контроль – ACC [5] (adaptive cruise control). Передбачає змінення швидкості автомобіля від 30 км/год до 200 км/год в залежності від дорожньої ситуації перед автомобілем;
- Повношвидкісний ACC. Передбачає змінення швидкості автомобіля від 30 км/год до повної зупинки;
- Моніторинг дистанції та попередження водія про близьку відстань. Передбачає попередження для водія у вигляді примусового відтиснення педалі газу на короткий час, якщо відстань надто мала;
- Система пом'якшення зіткнення – CMS [6] (collision mitigation system). Передбачає автономне аварійне спрацювання гальм в разі детектування критичної ситуації;

- Зменшення відстані гальмування – RSD (reduced stopping distance). Передбачає автономне спрацювання гальм в разі детектування критичної ситуації;

- Інтеграційне детектування наближення. Передбачає автономне попередження при певній реакції водія у критичній ситуації. Попередження зроблене у вигляді відпускання педалі газу та короткочасного натиснення педалі гальм;

- «Розумна» подушка безпеки. Технологія класифікує об'єкт зіткнення, обчислює час до зіткнення, вимірює відносну швидкість об'єкту, розраховує кут удару.

Параметри радара

Параметри радара зведені до табл. 2.

Таблиця 2

Принцип роботи радара. Тип модуляції	Кодовий радар; обробка сигналів базується на методі стиснення імпульсу.
Кількість антенних променів	34 променя для ближнього і дальнього радіусів
Полоса робочих частот	76 ... 77 ГГц
Середня потужність випромінювання	< 10 мВт макс.
Кут охоплення в азимутальній площині	18° для дальнього радіусу 56° для ближнього радіусу
Кут охоплення у вертикальній площині	4.3° (ширина променя – 6 дБ)
Точність вимірювання кута (приведена ціль - кутковий відбивач)	Дальній радіус: -18° ... +18° ± 0.1° Ближній радіус: -15° ... 0°, 0° ... +15° ± 1.0° -25° ... -15°, +15° ... +25° ± 2.0° -28° ... -25°, +25° ... +28° ± 2.0°
Вимірювання дальності	Дальній радіус: 0.25 ... 200 м Ближній радіус: 0.25 ... 60 м
Точність виміру дальності	± 0.25 м
Розділення цілей	а) Завжди можна з різницею швидкостей більше ніж 5,5 км/год (навіть коли відстані однакові) б) В інших випадках макс. розділення можливе в межах 2 м (залежить від кутового розподілу цілей).
Точність вимірювання відносної швидкості	± 0,5 км/год
Режим простою	В режимі простою потужність зменшується. Дальність вимірюється з 0.25 м до 25 м (через зменшення потужності радар перемикається в режим великої роздільної здатності по дальності).
Робота в поганих погодних умовах	Не відбувається погіршення роботи під час дощу до 10 мм/год або туману.

Таблиця 2 (продовження)

Чутливість радару	Дальній радіус:	1 м ² - 150 м 10 м ² - 200 м
	Ближній радіус:	1 м ² 10 м ² >10 м ² -15°... 0°, 0° ...+15° 30 м 60 м 60 м -25°...-15°, +15°...+25° 15 м 50 м 60 м -28°...-25°, +25°...+28° 10 м 30 м 50 м
Тривалість циклу	Приблизно 66 мс (сканування ближнього і дальнього радіусів в одному циклі).	
Пропускна зданість радару, затримка	Від 1.5 до 2.5 циклів Затримка з моменту детектування цілі радаром до моменту відображення її у списку об'єктів.	

Висновки

Висока чутливість та висока роздільна здатність радару забезпечує якісне виявлення об'єктів навпроти автомобіля. Скануюча антена з широкою апертурою та спеціальна внутрішня обробка даних дозволяє точно визначення розмірів цілей та їх класифікацію. Такі можливості радару забезпечують надійну роботу ACC, CMS, RSD для високого рівня комфорту та безпеки водія.

Література

- 1.Elgameh S., Soraghan J. Mitigate high power interference noise in chirp radar systems using EMD-FrFT filtering. // Digital Signal Processing (DSP), 17th International Conference. –2011. –pp. 1-6.
- 2.Yingrui Hu, Xuegang Wang. Study on non-linear stepped chirp radar system.// Communications, Circuits and Systems. ICCAS. –2008. –pp. 881-885.
- 3.Toshiya Mitomo, Naoko Ono, Yoshiaki Yoshihara. A 77 GHz 90 nm CMOS Transceiver for FMCW Radar Applications. // IEEE journal of solid-state circuits. – 2010.- Vol. 45.-№4. –pp. 928-933.
- 4.Roberton M., Brown E. Integrated radar and communications based on chirped spread-spectrum techniques. // Microwave Symposium Digest, IEEE MTT-S International. – 2008. –pp. 611-614.
- 5.Labayrade R., Royere C. Experimental Assessment of the RESCUE Collision-Mitigation System. // Vehicular Technology, IEEE Transactions. –2007. –pp. 89-94.
- 6.Bloch A. Assistenzsysteme im Test. // Auto motor und sport. –2010.-№4 –pp. 19-23.

Ляшук О.М. 77 ГГц радар для автомобіля. Сучасні вимоги до безпеки і комфорту водія та пасажирів автомобіля зумовлюють безперервний розвиток відповідних технічних засобів. Тому для розробників автомобілів на першому місці по важливості знаходяться технології, які забезпечують виконання цих вимог. Головна з них – аналіз дорожньої ситуації, де використовується різноманітні сенсори, одним із яких є радар. У статті розглянуто принцип дії, основні параметри, області застосування автомобільного радару RS-200, який встановлюється на сучасні автомобілі марки Mercedes

Benz і працює на частоті 77 ГГц. Радар використовує схему ЛЧМ (лінійна частотна модуляція) з програмно встановлюваною роздільною здатністю по дальності.

Ключові слова: радар, ЛЧМ, роздільна здатність, FMCW.

Ляшук А.Н. 77 ГГц радар для автомобіля. Современные требования к безопасности и комфорту водителя и пассажиров автомобиля определяют непрерывное развитие соответствующих технических средств. Поэтому для разработчиков автомобилей на первом месте по важности находятся технологии, которые обеспечивают выполнение этих требований. Главная из них - анализ дорожной ситуации, где используется разнообразные сенсоры, одним из которых является радар. В статье рассмотрен принцип действия, основные параметры, область применения автомобильного радара RS-200, который устанавливается на современные автомобили марки Mercedes Benz и работает на частоте 77 ГГц. Радар использует схему ЛЧМ (линейная частотная модуляция) с программно устанавливаемой разрешающей способностью по дальности.

Ключевые слова: радар, ЛЧМ, разделяющая способность, FMCW.

Lyashuk O.M. 77 GHz radar for automobile. Modern requirements to safety and comfort of drivers and passengers of a car cause continuous development of corresponding technical facilities. Technologies that provide implementation of these requirements are on the first place for the developers of cars. One of the most important requirement is an analysis of road situation, where various sensors are used. One of them is radar. Principle of action, basic parameters and application of radar RS-200 is considered in this article. Radar is used in modern cars of brand Mercedes Benz and works on frequency 77 GHz. It uses the LFM (linear frequency modulation) with the programmatic setting of resolution for distance.

Key words: radar, LFM, resolution, FMCW.