

## ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМ В АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ

**В.Г. Кубата, доцент, к.т.н., ХНАДУ**

**Анотація.** Розглянуті принципи побудови радіолокаційних систем автотранспортних засобів, можливі їх схемотехнічні рішення і елементна база високочастотного тракту. Вказані перспективні шляхи їх подальшого розвитку.

**Ключові слова:** локаційні системи, мікросмушкові лінії, датчики, напівпровідники, попередження зіткнень.

## ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ В АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

**В.Г. Кубата, доцент, к.т.н., ХНАДУ**

**Аннотация.** Рассмотрены принципы построения радиолокационных систем автотранспортных средств, возможные их схемотехнические решения и элементная база высокочастотного тракта. Указаны перспективные пути их дальнейшего развития.

**Ключевые слова:** локационные системы, микрополосковые линии, датчики, полупроводники, предупреждение столкновений.

## APPLICATION RADAR SYSTEM OF VEHICLES

**V. Kubata, assistant professor, cand. eng. sc., KhNAHU**

**Abstract.** The principles of building vehicles Radar systems are considered, and their schematic solutions as well as the element basis of the high-frequency circuit are considered. The perspective ways of their further development are pointed out.

**Keywords:** location systems, microstrip lines, sensors, semi-conductors, anticollision measures.

### Вступ

В даний час в автотранспортних засобах все більш широкое застосування знаходять активні ЛС на основі акустичних, електромагнітних і оптичних випромінювань. Як електромагнітні випромінювання використовуються випромінювання в діапазоні радіохвиль. При цьому такі системи називають радіолокаційними. В іноземній літературі для систем радіолокації (РЛС) прийнято назву Radar (Radio Detection and Ranging) – радіовиявлення і визначення відстані. Для формування оптичного випромінювання використову-

ються лазери, а самі системи іменують «лідаром» (Lidar - від англійської назви Light-Imaging Detection and Ranging). Крім того, упроваджуються і пасивні ЛС, що використовують інфрачервоне випромінювання об'єктів.

Локаційні системи, які встановлюються на автомобілях призначені:

- для попередження зіткнень і запобігання ДТП в умовах поганої видимості (туман, гідрометеори, задимлення, засліплення світлом), при зміні смуги руху, а також

- попутних наїздів на мотоциклістів, велосипедистів і пішоходів;
- виявлення автомашин в так званих «мертвих зонах», які не вдається контролювати за допомогою бічних дзеркал. Типова ближня зона, контрольована радаром – 5 - 15 м уздовж автомобіля;
- попередження наїздів на машину, що рухається попереду, на вулицях крупних міст при щільному потоці автомобілів і частих зупинках через затори або перемикання світлофорів. Типова зона, контрольована радаром – 20 - 30 м за ходом руху автомобіля;
- попередження про стрічні автомобілі на заміських автодорогах, в першу чергу про швидкісні автомобілі і мотоцикли, а також про транспорт, що з'являється через поворот дороги. Типова зона, контрольована радаром – до 150 м по ходу руху автомобіля;
- попередження про небезпеку наїзду на пішоходів, автомобілі, огорожі при русі заднім ходом. Типова контрольована зона – від 0 до 10 - 15 м в задньому секторі. Ця задача особливо актуальна для великовантажних автомобілів і фургонів, оскільки задній сектор часто не є видимим водієм через конструкцію машини;
- зменшення ризику ДТП з участю декількох автомобілів («ланцюгові зіткнення») на швидкісних ділянках доріг.

ЛС можуть входити до складу адаптивної системи круїз-контролю (АКК), що є системою переднього огляду. Система АКК підтримує безпечну дистанцію до автомобіля, що йде попереду, автоматично регулюючи швидкість. Так само, як і класичні системи контролю швидкості, система адаптивного круїз-контролю підтримує швидкість автомобіля наперед встановленому рівні до тих пір, поки шлях вільний і ніщо не перешкоджає руху. Модуль контролю використовує інформацію, одержувану від датчика ЛС, датчиків швидкості машини і рульового управління. Якщо перед машиною з'явився об'єкт, система автоматично регулює швидкість для підтримки наперед встановленої відстані між машинами. Для забезпечення ефективної роботи датчик ЛС повинен знаходитися в передній частині машини, саме там, куди при фронтальному зіткненні може бути завдано наймогутнішого удару. Датчик ЛС може бути встановлений в передньому бампері або під декоративними ґратами на радіаторі.

Виходячи із сказаного, викликає інтерес більш детальне розглядання принципів побудови локаційних систем, і зокрема радіолокаційних, дії яких насамперед спрямовані на попередження аварійних ситуацій на самих небезпечних швидкісних ділянках руху автомобіля.

### **Аналіз публікацій**

Проведений аналіз публікацій, присвячених автомобільним локаційним системам, показав, що усі вони носять чисто рекламний характер, спрямований на задоволення споживацьких інтересів як автовиробників, так і окремих фізичних осіб.

Матеріали, які публікуються, розкривають можливості застосування вказаних систем і лише деякі їх технічні характеристики [1,2]. Нажаль, ніде не розглядаються принципи побудови, схемні рішення і елементна база, що забезпечує реалізацію автомобільних локаційних систем.

### **Ціль та постановка задачі**

Враховуючи важливість знання фахівцями в галузі автомобільної електроніки не тільки рекламних можливостей локаційних систем, що розроблюються, ціллю даної статті є розглядання принципів побудови радіолокаційних систем автомобільних засобів, можливих схемних рішень, а також перспектив їх подальшого розвитку.

### **Побудова автомобільних радіолокаційних систем**

Порівняно невисокий ступінь згасання радіохвиль в атмосфері, їх практична незалежність від погодних умов і часу доби, вигідно відрізняють РЛС від інших видів локаційних систем. Завдяки цьому РЛС насамперед застосовуються для локації простору в напрямку руху автомобіля на середніх відстанях – 20-30 м, а також в дальній зоні – до 150 м.

Певні специфічні умови застосування РЛС в автомобільній техніці, такі як достатньо невеликі відстані між РЛС і об'єктом спостереження, розташування РЛС і об'єкта в одній горизонтальній площині в межах смуги руху автомобіля, наявність джерела живлення на борту автомобіля, значно полегшують і спрощують в цілому конструкцію системи.

Вимоги по забезпеченню мінімальних габаритів, енергоспоживання і ваги конструкції системи легко задовольняються використанням вже достатньо освоєного міліметрового діапазону хвиль,  $\lambda = (1...10)$  мм.

Цілком очевидно, що достатньою задачею РЛС є інформування водія про відстань і радіальну швидкість між РЛС і об'єктом, що знаходиться в площині спостереження. В ролі об'єкта може виступати будь-яка перешкода, що представляє небезпеку для руху автомобіля. В даний час упроваджуються системи, які в екстрених ситуаціях автоматично, не покладаючись на реакцію водія, забезпечують гальмування транспортного засобу, аж до його зупинки.

Спрощена структурна схема автомобільної РЛС, що забезпечує вимірювання дальності і радіальної швидкості між об'єктом спостереження і автомобілем представлена на рис.1.

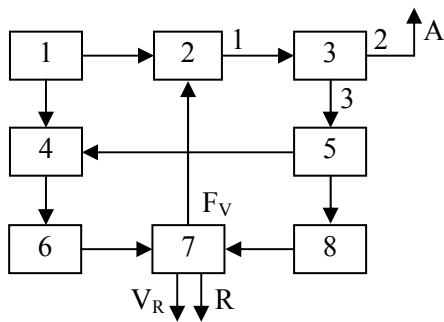


Рис.1. Структурна схема автомобільної РЛС

Високочастотне (ВЧ) коливання, що виробляється генератором 1 через схему модулятора 2 і Y-циркулятор 3 поступає на антену А. Модулятор 2 управляє ВЧ коливанням згідно із законом управляючого сигналу, що поступає від пристрою управління і обчислення 7 (ПУО). Y-циркулятор 3 володіє властивістю пропускання ВЧ коливання тільки в строгому напрямі – з 1-го входу на 2-й, а з 2-го входу тільки на 3-й. Таким чином антена може одночасно працювати як на прийом так і на передачу сигналів [3]. Прийнятий сигнал, відбитий від об'єкта, після посилення в підсилювачі 5 подається до детектора 8, на виході якого виділяється затриманий на час розповсюдження модулюючий сигнал. В ПУО 7 за часом затримки обчислюється відстань до об'єкту R. Радіальна швидкість  $V_R$  визначається по частоті доплеровського зсуву  $F_V$  між випромінюваним і приймальним сигналами, яка виділяється в змішувачі 4.

Сигнал частоти Доплера через фільтр нижніх частот 6 поступає на ПУО 7, де і обчислюється радіальна швидкість  $V_R$  між РЛС і об'єктом.

В ряді випадків РЛС будують з двома антенами: передавальною і приймальною. При цьому відпадає необхідність в Y-циркуляторі 3, а сигнал з модулятора 2 подається безпосередньо до передавальної антени. Відбитий від об'єкта сигнал попадає на приймальну антену, а з неї подається до підсилювача 5.

Високочастотна частина розглянутої схеми може бути реалізована на основі мікросмушкових ліній передачі, що володіють мінімальною вагою і габаритами, в інтегральному виконанні з напівпровідниковими приладами.

Високочастотний генератор найбільш зручно побудувати на генераторному діоді Ганна, що працює в діапазоні від одиниць до сотень гігагерць, виготовленому як правило з арсеніда галію. Вихідна потужність сучасних діодів Ганна – від десятків міліват до часток вата в безперервному режимі коливань [4], що цілком задовольняє потреби автомобільних РЛС.

Топологія мікросмушкової конструкції найпростішого генератора на діоді Ганна представлена на рис.2.

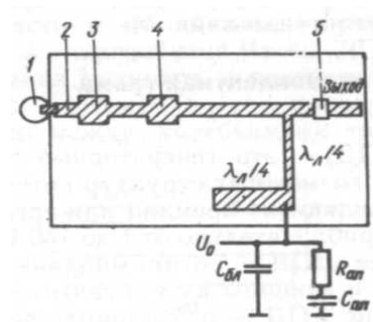


Рис. 2. Топологія генератора на діоді Ганна

Діод Ганна 1 встановлений в кінці мікросмушкової лінії 2. Резонатор утворений відрізком лінії 2 від діода до ємнісної неоднорідності 3, зміна положення якої дозволяє змінювати частоту генерації. Змінюючи розміри і положення неоднорідності 4, можна налагодити генератор на максимум потужності. Коло живлення складається з джерела  $U_0$ , антипаразитного кола  $R_{ан}$ ,  $C_{ан}$ , блокувальної ємності  $C_{бл}$  і утвореного двома чвертьхвильовими відрізками ліній загорджувального

фільтру, перешкоджаючого попаданню коливань СВЧ в джерело живлення.

Конденсатор 5 служить для розділення кіл постійного і змінного струмів.

Антенна, як і інші ВЧ пристрої, виконується на мікросмушках за інтегральною технологією [3,5]. До достоїнств цього виду антен відносяться простота, порівняно невеликий об'єм і маса і низькопрофільність, тобто малий аеродинамічний опір при розміщенні на поверхні рухомих об'єктів. Принцип побудови прямокутної мікросмушкової антени показаний на рис. 3.

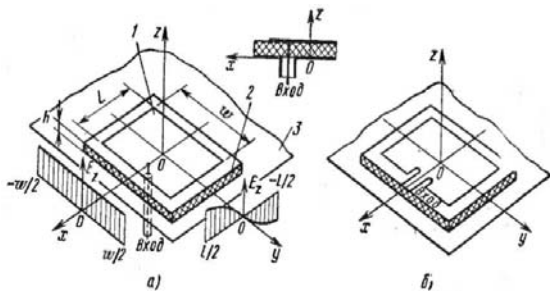


Рис. 3. Прямокутні мікросмушкові антени з живленням: а – коаксіальною лінією; б – смужковою лінією

Складовими частинами найпростішого смужкового випромінювача (рис.3) є металева пластина 1, екран 3 і діелектрична основа 2 (підкладка). Форма металевих пластин-випромінювачів вельми різноманітна. Найбільш поширені пластини прямокутної, круглої і еліптичної форми. Збудження пластин може здійснюватися або коаксіальною лінією через отвір в екрані і підкладці (рис.3,а), або смужковою лінією в площині пластини (рис.3,б). В першому випадку екран коаксіального кабелю приєднується до екрану, а центральний провідник пропускається через підкладку і з'єднується з металевою пластинною в спеціально підібраній точці. В другому випадку збудження до точки живлення підводиться несиметричною смужковою лінією, для чого в пластині робиться відповідний виріз (виріз не обов'язковий, якщо точка живлення зміщена до краю пластини). Як діелектрична основа звичайно використовуються діелектрики з проникністю  $\epsilon_r \approx 2,5 \div 10$  і  $\text{tg} \delta \approx 10^{-4} \div 10^{-3}$ . Товщина підкладки  $h$  може складати  $(0,1 \div 0,01)\lambda$ .

Мікросмушкові випромінювачі відносяться до резонансних антен. Спрощено можна

вважати, що об'ємний резонатор мікросмушкового випромінювача обмежений вертикальними стінками з ідеального магнітопровідного матеріалу, розташованими по периметру пластини. В прямокутних мікросмушкових антенах звичайно використовується нижчий тип резонансу, при якому  $L \approx \lambda v / 2$ , де  $\lambda v \approx \lambda_0 \sqrt{\epsilon_r}$  – довжина хвилі в смужковій лінії передачі з шириною провідника  $w \leq \lambda / 2$ ;  $\lambda_0$  – довжина хвилі у вільному просторі. Складова електричного поля  $\vec{E}_z$  в поперечному перетині смужкової лінії (уздовж координати  $y$ ) між пластинною і екраном розподілена майже рівномірно, а в подовжньому (уздовж координати  $x$ ) – по синусоїдальному закону з пучностями на краях пластини. Помітні відхилення від ідеалізованого розподілу спостерігаються тільки поблизу кутів пластини і в околицях точки живлення.

В останні роки, з'явилися публікації, присвячені виробництву електронних чипів за кремній-германієвою технологією, вперше запропонованою корпорацією ІВМ в співдружності з Технологічним університетом штату Джорджія. Виявилось, що кремній-германієві напівпровідники дозволяють створювати більш дешеві чипи, ніж на основі GaAs, із зменшеними розмірами і збільшеною швидкістю роботи [6].

На цій основі з грудня 2008 року компанія Infineon Technologies AG (Німеччина) через компанію Bosch почала поставляти чипи для створення нового покоління автомобільних радарних систем.

Завдяки унікальним можливостям виробів, що виконуються за кремній-германієвою технологією, з'явилась можливість створення в єдиному чипі схеми формування вихідного сигналу автомобільної РЛС і обробки прийнятого. Причому, практично усі процедури обробки сигналу виконуються в цифровій формі.

Такі чипи здатні працювати на частотах до 200 ГГц і більше і дозволяють створювати більш економічні ефективні РЛС, ніж на основі дорогих виробів із GaAs.

Очікується, що в найближчі роки більш ніж 70% автомобілів середнього класу будуть оснащені радарними датчиками компанії Bosch [7].

## Висновки

Завдяки специфічним умовам застосування радіолокаційних систем в автотранспортних засобах, таким як невеликі робочі відстані (не більш 250 м), спостереження об'єктів тільки в горизонтальній площині за напрямом руху автомобіля, складаються благо прийнятні умови для створення вказаних систем за спрощеними схемами. При цьому виконання РЛС в міліметровому діапазоні хвиль дозволяє отримати конструкції з мінімальними габаритами і незначним енергоспоживанням.

Впровадження виконання автомобільних РЛС за кремній-германієвою технологією дозволило сформулювати схему РЛС в єдиному чипі (за виключенням антен), причому процедури формування і обробки сигналів просто виконуються в цифровій формі, що значно зменшує габарити і здешевлює конструкцію в цілому.

## Література

1. Парнес М. Применение радарных датчиков в автомобиле / М. Парнес // Компоненты и технологии, №1, 2008. – с. 41 – 44.
2. Информационный интернет-проект «Безопасный автомобиль».
3. Воскресенский Д.И., Гостюхин В.Л., Максимов В.М., Пономарев Л.И. Устройства СВЧ и антенны / Под ред. Д.И. Воскресенского. Изд. 2-е, доп. И перераб. – М.: Радиотехника, 2006. – 376 с.
4. Петров Б.Е., Романюк В.А. Радиопередающие устройства на полупроводниковых приборах: Учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов. – М.: Высш. Шк.. – 1989. – 232 с.
5. Панченко Б.А., Нефёдов Е.И. Микрополосковые антенны. – М.: Радио и связь, 1986. – 144 с.
6. Наука и образование. Электронное научно-техническое издание. Создано в лабораториях ИВМ – десять революционных полупроводниковых технологий за десять лет. Пресс-релиз от 03.05.2007.
7. Веб-сайт Infineon Technologies AG.

Рецензент: О.М. Сотніков, професор, д.т.н., ХУПС.

Стаття постуила в редакцію 31 жовтня 2011 р.