

Применение радарных датчиков в автомобиле

В современных автомобилях устанавливают все больше сложных электронных систем. Если сегодня их цена, по данным Strategy Analytics, составляет в среднем 20% от стоимости машины, то в ближайшие несколько лет этот показатель поднимется до 30%-ного уровня. Примеры — системы адаптивного круиз-контроля, предотвращения столкновений, беспроводной связи и навигации.

Статья включает обзор основных применений радарных датчиков в автомобиле и анализ типовых требований, предъявляемых к радарам.

Михаил ПАРНЕС,
к. т. н.
resonance@mail.fi.ru

Введение

Потребность в безопасности

Безопасность на дороге играет все большую роль, так как поток машин во всех странах стремительно уплотняется. Сегодня аварии — одна из главных причин смертности и инвалидности людей в мире.

Европейские автопроизводители, оборудуя машины, уже не ограничиваются ремнями и подушками безопасности. Адаптивный круиз-контроль, система контроля траектории движения (по дорожной разметке) и мониторинг состояния водителя — всем этим в ближайшем будущем станет обладать абсолютное большинство автомобилей.

Применения автомобильных радаров

Целесообразность использования автомобильных радаров для предупреждения столкновений признана в ведущих автомобильных державах (США, Германии), где такие устройства появились впервые.

Применение авторадаров имеет большое значение для предотвращения ДТП при следующих условиях:

- плотный туман;
- интенсивный дождь или снегопад;
- сильное задымление атмосферы;
- ослепление водителя солнечными лучами или фарами.

В этих случаях визуальное наблюдение обстановки затруднено, а при ливне, снежной метели или густом тумане практически исключено. Радар совместно с системой круиз-контроля позволяет вычислять расстояние до впереди идущего автомобиля и поддерживать такую скорость, чтобы автомобиль находился на безопасном расстоянии.

Автомобильный радарный датчик может быть эффективно использован и в следующих дорожных ситуациях:

- Предупреждение попутных столкновений при смене полосы движения, а также по-

путных наездов на мотоциклистов, велосипедистов и пешеходов.

- Обнаружение автомашин в так называемых «мертвых зонах», которые не удается контролировать с помощью боковых зеркал. Типовая ближняя зона, контролируемая радаром, — 5–15 м вдоль автомобиля.
- Предупреждение наездов на впереди идущую машину на улицах крупных городов при плотном потоке автомобилей и частых остановках из-за заторов или переключений светофоров. Радар позволяет системе управления зафиксировать факт торможения впереди идущего автомобиля за время, равное 0,1 с от начала торможения, то есть практически мгновенно, или зафиксировать сближение с препятствием на опасное расстояние. Типовая зона, контролируемая радаром, — 20–30 м по ходу движения автомобиля.
- Предупреждение о встречных автомобилях на загородных автодорогах, в первую очередь о скоростных автомобилях и мотоциклах, а также о транспорте, появляющемся из-за поворота дороги. Типовая зона, контролируемая радаром, — до 150 м по ходу движения автомобиля. Специалисты Mercedes-Benz считают, что большинство встречных столкновений можно предупредить путем оповещения водителя об опасности даже за 1 секунду до столкновения.
- Предупреждение об опасности наезда на пешеходов, автомобили, ограждения при движении задним ходом. Типовая контролируемая зона — от 0 до 10–15 м в заднем секторе. Эта задача особенно актуальна для большегрузных автомобилей и фургончиков, так как задний сектор часто не просматривается водителем из-за конструкции машины.
- Использование радаров значительно уменьшает риск ДТП с участием нескольких авто-

мобилей («цепные» столкновения) на скоростных участках дорог.

- Особое значение имеет использование радарных датчиков на транспорте с опасными грузами и на автобусах. Установка радаров на автобусы и, как следствие, снижение вероятности возникновения ДТП имеют большое социальное значение, так как в авариях с автобусами может пострадать большое число людей.
- Новое применение радаров относится к системам автоматической парковки.

Радарный датчик — основная часть адаптивного круиз-контроля

Системы адаптивного круиз-контроля (АКК) являются системами переднего обзора. Система АКК поддерживает безопасную дистанцию до впереди идущего автомобиля, автоматически регулируя скорость.

В целом, большинство систем АКК используют одни и те же устройства для контроля скорости. Основная их часть — это радарный датчик, определяющий расстояние между ма-



Рис. 1. Сигнал радара на системе круиз-контроля достаточно узок и предназначен только для того, чтобы следить за полосой движения, по которой движется автомобиль

шиной и другими транспортными средствами, находящимися на дороге (рис. 1).

Радарный датчик может быть соединен с тормозной системой, сцеплением, мотором, системой контроля устойчивости и трансмиссией. Так же, как и классические системы контроля скорости, система адаптивного круиз-контроля поддерживает скорость автомобиля на заранее установленном уровне до тех пор, пока путь свободен и ничто не препятствует движению. Модуль контроля использует информацию, получаемую от радарного датчика, датчиков скорости машины и рулевого управления. Если перед машиной появился объект, система автоматически регулирует скорость для поддержания заранее установленного расстояния между машинами.

Радар может быть как самостоятельным устройством (Mercedes-Benz), так и интегрированной частью модуля системного контроля машины (BMW, Cadillac). Для обеспечения эффективной работы радар должен находиться в передней части машины, именно там, куда при фронтальном столкновении может быть нанесен самый мощный удар. Ра-



Рис. 2. Радарный датчик и модуль управления в модели BMW 745i расположен с обратной стороны переднего бампера. Радар виден через отверстие в бампере



Рис. 3. Радарный датчик системы адаптивного круиз-контроля на модели Mercedes-Benz CL600 установлен прямо под эмблемой Mercedes в центре радиатора под капотом

дар может быть установлен в переднем бампере (рис. 2) или под декоративной решеткой на радиаторе (рис. 3).

Устранение неполадок

Когда радар неисправен и требуется его замена, точная настройка и установка датчиков — залог для исправной работы всей системы. По утверждению специалистов компании BMW, горизонтальное смещение на один градус приводит к снижению эффективности, а отклонение больше чем на один градус делает работу всей системы бесполезной. Для настройки радара необходимо специальное сканирующее оборудование той же компании. Для моделей радаров производства других фирм угол смещения, при котором система будет продолжать работать, может быть немного больше. В некоторых моделях включена также опция самонастройки устройства. В этом случае машина должна проехать по пустой дороге мимо стационарных объектов (столбов, дорожных знаков, деревьев и т. п.). Чем больше стационарных объектов находится на дороге, тем быстрее произойдет внутренняя настройка системы.

При значительных повреждениях радара требуется ручная установка с применением специального лазерного оборудования. Позиционирование горизонтальных и вертикальных настроечных винтов на задней панели радара отлаживается в соответствии с показаниями лазерной диагностики.

Парковочные радары

Парковочный радар — это прибор, который делает управление автомобилем более комфортным и безопасным. В условиях сложной парковки и при движении по узким проездам он облегчает совершение сложных маневров.

Чаще всего бампер и кузов автомобиля получают небольшие повреждения в условиях плохого обзора или «слепой» парковки. Установка парковочного радара — более простой способ ухода от проблемы в сравнении с ремонтом бампера или кузова (своего или чужого автомобиля). Радарные приборы обеспечивают возможность формирования звуковых сигналов и световой индикации для контроля расстояния до препятствия. Некоторые модели показывают дистанцию цифрами в метрах.

Конструкция парковочных радаров позволяет устанавливать их как на задний, так и на передний бампер. По количеству используе-

мых датчиков парковочные системы бывают следующих типов:

- четырехдатчиковые (на задний бампер);
- шестидатчиковые (два — вперед, четыре — назад);
- восьмидатчиковые (четыре — вперед, четыре — назад).

Принцип работы парковочного радара представлен на рис. 4.

Системы бокового обзора и мониторинга мертвых зон

Автомобильный радар для «слепых» зон позволяет избежать аварии при обгонах, перестроениях и движении задним ходом. Два радарных датчика устанавливаются по бокам на заднем бампере автомобиля, они регистрируют, где расположены другие транспортные средства, которые водитель не видит в зеркалах заднего вида. При обнаружении таких машин подается тревожный сигнал.

Систем отслеживания «слепых» зон нет на российском массовом рынке. В начале 2005 года компания Audi представила на автосалоне в Детройте систему Audi Side Assist, включающую в себя радарные датчики, контролирующую зону позади автомобиля и в непосредственной близости по бокам от него, созданную как дополнение к зеркалам заднего вида для предупреждения водителя о присутствии или приближении другого автомобиля. Дальность действия датчиков — до 50 м, что позволяет охватывать «мертвые» зоны, не просматриваемые в зеркалах заднего вида.

Система Audi Side Assist включается и выключается нажатием кнопки и функционирует на скорости свыше 60 км/ч.

Предупреждающий сигнал, который подают специальные световые элементы в наружных зеркалах заднего вида, формируется в два этапа:

1. Система информирует водителя о наличии автомобиля на соседней полосе (находящегося в «мертвой» зоне или приближающегося), который при смене полосы движения может представлять собой опасность. В этом случае предупреждающая лампочка зеркала заднего вида с соответствующей стороны загорается и остается включенной до тех пор, пока другой автомобиль не удалится, и водитель получает предупреждение, как только посмотрит в зеркало.
2. Если водитель Audi включит сигнал поворота с намерением сменить полосу движе-



Рис. 4. Принцип работы системы радарной парковки

ния, то при наличии на соседней полосе автомобиля немедленно начнется вторая стадия формирования сигнала предупреждения: лампочка начнет интенсивно мигать.

Система Audi Side Assist не влияет на управляемость автомобиля и работу остальных его устройств.

Технологии

Все описанные системы могут быть произведены на основе различных технологий. Например, система обзора «слепых» зон может быть выполнена не только на основе таких простых методов, как зеркала, но и при использовании сложной технологии радара. Парковочная система может быть реализована на основе зеркал или же при помощи встроенной в задний бампер камеры. Естественно, что использование разных технологий отражается на качестве и функциональных свойствах системы. В таблице 1 приведено сравнение технологий при различных погодных условиях.

Таблица 1. Сравнение технологий при различных погодных условиях

Погодные условия	Радарный датчик	Зеркала	Видеосигнал	Ультразвук	Лазер
Дневной свет	+	+	+	+	+
Слепящее солнце	+	+/-	+/-	+	+/-
Темнота	+	-	-	+	+
Грязь и слякоть	+	+/-	+/-	-	+/-
Дождь, снег, мокрый снег	+	+/-	+/-	-	-

Как видно из таблицы 1, применение микроволновой технологии дает значительно более универсальные и качественные результаты. Именно радар предотвращения столкновений является всепогодным устройством. Тем не менее, для создания электронных систем безопасности должны быть приняты во внимание и другие технологии, уже успешно рекомендовавшие себя на рынке.

Примеры применения

Среди автопроизводителей, предлагающих систему круиз-контроля и ее модификации для легковых автомобилей, рекомендовали себя такие компании, как Audi (2004 год, A8), BMW (2003–2004 гг., 7-я серия и 2004 г., 5-я серия), General Motors (2003–2004 гг., Cadillac XLR), Infiniti (2003–2004 гг., Q45 и FX), Jaguar (2003–2004 гг., XKR), Lexus (2001–2003 гг., LS430), Mercedes-Benz (2000–2004 гг., S-класс и CL-класс).

Distronics

Система АКК компании Mercedes-Benz называется Distronics. Если эта система установлена на машину, на приборную панель добавляется экран, отображающий в цифровом ви-



Рис. 5. Дисплей системы Distronics после задания скорости и маршрута



Рис. 6. Дисплей системы Distronics при обнаружении появления машины-лидера на дороге

де установленную скорость. Установленная дистанция показана стрелочкой на шкале вместе со схематичным изображением автомобиля (рис. 5). Когда на той же полосе движения появляется лидер (машина, идущая впереди), на экране высвечивается изображение второго автомобиля и расстояние до него на шкале (рис. 6). При помощи системы Distronics автоматически поддерживается заданное безопасное расстояние до идущей впереди машины, что помогает водителю.

Адаптивный круиз-контроль BMW

Система адаптивного круиз-контроля компании BMW называется ACC — Adaptive Cruise Control. При наличии этой системы водитель устанавливает не дистанцию, а временной интервал между машинами. Есть четыре временных интервала: от 1,5 до 2,8 с. Чем быстрее машина двигается, тем больший временной интервал будет установлен.

Радар, входящий в состав ACC, способен распознать автомобиль на удалении до 200 м. В случае, если препятствие будет стремительно приближаться, система ограничит подачу топлива в двигатель.



Рис. 7. Система Smart Cruise автоматически поддерживает безопасное расстояние между машинами

Система Stop&Go является дальнейшим развитием ACC (Active Cruise Control), которой комплектуются BMW 7-й и 5-й серии. Stop&Go работает на частоте 24 ГГц и обеспечивает слежение за препятствием прямо по курсу на расстоянии до 20 м. Она реагирует на сближение с препятствием и включается сразу, если возникает опасность столкновения. При этом в динамике скорость торможения не должна превышать 2 м/с. Дистанция, поддерживаемая до препятствия в пределах до 20 м, варьируется автоматически в зависимости от скорости. На малых скоростях она значительно меньше. Главным отличием Stop&Go от уже используемых систем станет возможность возобновления движения за впереди идущим автомобилем. Это значительно облегчит движение в пробках.

Eaton-Vorad

Eaton-Vorad EVT-300 Collision Warning System — система предупреждения столкновений на грузовых автомобилях и автобусах, которая постоянно сканирует пространство радаром, стоящими спереди и сбоку. Когда в опасной близости от грузовика засекается объект (стоящие или медленно едущие автомобили), водитель получает визуальный и звуковой сигналы предупреждения. В некоторых моделях радар объединен с «умным» круиз-контролем SmartCruise, который помогает автоматически поддерживать заданную скорость и безопасную дистанцию до впереди идущего автомобиля.

Система безопасности тяжелых грузовых автомобилей, представленная концерном Freightliner, состоит из двух основных подсистем:

1. SmartCruise — поддерживает уровень скорости в соответствии с заранее установленным интервалом между машиной и лидером (впереди идущим транспортом). Используя радар переднего обзора, система Smart Cruise автоматически подстраивается под более медленную скорость лидера. Если лидер увеличивает разрыв, система возобновляет движение на ранее установленном уровне скорости. Водитель контролирует ситуацию на дороге и, имея более высокий приоритет относительно системы, может ускориться или тормозить по своему усмотрению. Система Smart Cruise незаменима для тех моментов, когда водитель отвлекается на настройку радиоприемника или сверяется с картой.

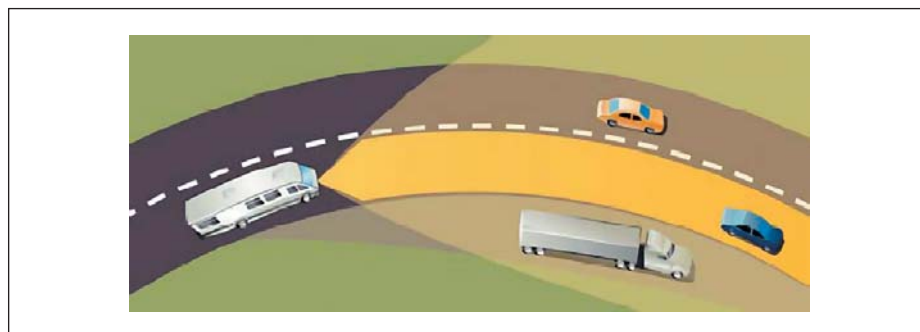


Рис. 8. Иллюстрация принципа работы системы AlwaysAlert на изгибе дороги

2. AlwaysAlert — радарная система (24 ГГц), передающая сигнал с датчиков переднего и бокового обзора в кабину автомобиля. Когда система выявляет на пути потенциальную угрозу, маленький экран показывает комбинацию загорающихся лампочек, и система генерирует звук для предупреждения водителя как сигнал к началу превентивных мер для предотвращения столкновения (рис. 7).

Система AlwaysAlert «видит» и отслеживает движение 20 транспортных средств, двигающихся одновременно по той же или смежной полосе. Система сообщает об опасности на пути, даже если дорога изгибается (рис. 8).

Сканирующие радарные датчики

Для предотвращения аварийных ситуаций, таких как столкновение, когда одна машина «подрезала» другую, или столкновение на радиусных поворотах, радарные датчики должны определять азимутальные координаты

Таблица 2. Типы антенн, используемые производителями

Фирма-изготовитель	Тип антенны
Bosch	Три переключаемых луча
FujitsuTen Delphy	Один механически сканирующий луч
Autocruise	Один луч подсветки, два для приема — суммарный и разностный

объектов. Для этого производители радарных датчиков используют многолучевую переключаемую антенну или механически сканирующую антенну (табл. 2).

Наиболее общим решением для всех ситуаций является антенна с электронным сканированием, у которой поле или угол обзора (FOV) изменяется в зависимости от дорожной ситуации, дальности и типа неподвижного препятствия или подвижного объекта. Анализ требований, предъявляемых к автомобильному радарному датчику с учетом применений, показывает, что оптимальные параметры должны быть следующими (табл. 3).

Таблица 3. Сводка оптимальных параметров антенны для радарного датчика

Препятствие	Дальность, м	Угол обзора
Пешеход	5	30°
	10–15	от 45° до 60°
Велосипедист	от 10	30°
Мотоциклист	20	30°
Легковой автомобиль	40–150	от 10° до 60° на радиусе 50 м
Неподвижное препятствие	от 0,5 до 5	Переменный сектор от 30° до 60°

Требования, приведенные в таблице 3, могут быть реализованы только с помощью электронной сканирующей антенны, с переменным полем зрения от 10° до 60° (рис. 9).

Направление автомобильных радаров продолжает развиваться [1], и через некоторое время новые разработки антенн с переменным электронным сканированием достигнут промышленного уровня применимости для этих устройств.

Литература

1. Вендик О., Парнес М. Фазовращатели сканирующих антенн для радаров обзора территорий // Беспроводные технологии. 2007. № 3.

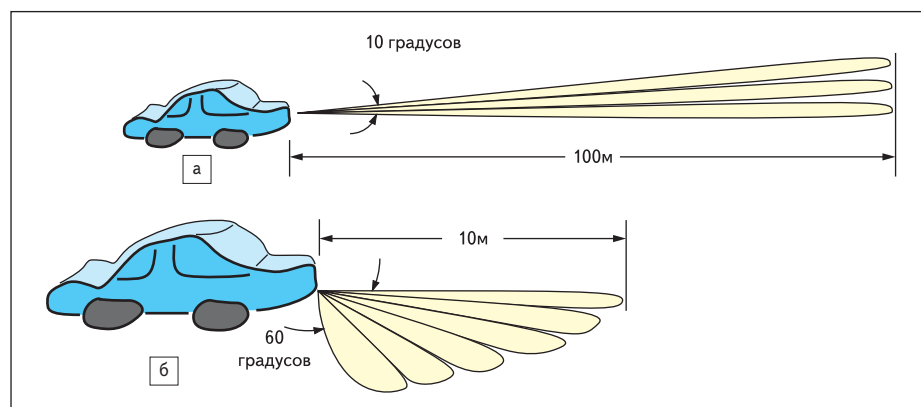


Рис. 9. Принцип работы антенны с переменным полем обзора и электронным сканированием: а) дальняя зона с узким сектором обзора; б) ближняя зона с широким сектором обзора