

В. А. ХИТРОВСКИЙ, В. М. БУГАЙ, О. А. КОРЖИК

Украина, г. Киев, НИИ «Орион», НПП "Синко"
E-mail: orion@email.kiev.ua

Дата поступления в редакцию
04.04 2007 г.

Оппонент к. т. н. Н. Ф. КАРУШКИН
(НИИ "Орион", г. Киев)

КОГЕРЕНТНЫЙ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК Ка-ДИАПАЗОНА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ РЛС СРЕДНЕГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ

Приведены результаты разработки многофункционального твердотельного приемопередатчика с непрерывным фазоманипулированным излучением, предназначенного для использования в патрульных РЛС с дальностью действия до 20 км.

Разработка описываемого приемопередатчика является продолжением и дальнейшим развитием работ по созданию семейства компактных патрульных радиолокационных систем (РЛС) миллиметрового диапазона, которые ведет ХК «Укрспецтехника» совместно с НИИ «Орион» [1].

В результате этого сотрудничества уже создана миниатюрная патрульная РЛС 112L1 «Барсук» общей массой не более 5,5 кг (включая автономное питание и различные аксессуары) [1—3]. При мощности передатчика с непрерывным излучением 30—50 мВт и фазокодовой манипуляцией данная РЛС может обнаруживать идущего человека на расстоянии до 800 м, а цели типа автомобиля — до 2 км. РЛС работает совместно с оператором, который осуществляет анализ и оценку поступающей от РЛС информации «на слух» через наушники.

Разработанный приемопередатчик для новой РЛС «Мангуст» обеспечивает ее работу в автоматическом режиме с дальностью обнаружения целей типа автомобиля до 20 км и отображением информации на жидкокристаллическом дисплее. Это достигнуто за счет обработки квадратурных выходных сигналов приемника и повышения непрерывной выходной мощности

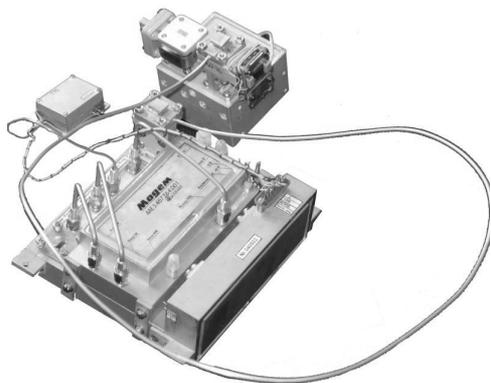


Рис. 1. Внешний вид приемопередатчика MN115.1

передатчика до 1...1,5 Вт при существенно большем диаметре раскрытия антенн.

Новый приемопередатчик имеет блочную конструкцию и состоит из двух функционально и конструктивно законченных блоков: блока приемопередатчика MN113.1 и блока усилителя мощности MN112.1. С учетом того, что блок MN113.1 устанавливается на приемной антенне, а блок MN112.1 — на передающей, между собой они соединяются полужестким коаксиальным кабелем необходимой длины с коаксиально-волноводными переходами на концах.

Внешний вид разработанного приемопередатчика приведен на рис. 1, а его развернутая структурно-функциональная схема — на рис. 2.

Следует отметить, что блок MN113.1 представляет собой модернизированный вариант приемопередатчика БС2-1 РЛС «Барсук» [3, 4]. Эта модернизация заключается в следующем.

1. Произведена полная перекомпоновка блока. Теперь в его состав входят следующие функциональные модули:

- модуль высокостабильного малошумящего СВЧ задающего генератора;
- модуль модулятора-демодулятора (модем);
- модуль приемопередатчика;
- модуль электропитания.

2. Для обеспечения возможности оперативной смены рабочих частот РЛС задающий СВЧ-генератор вынесен из объема блока гетеродинов наружу и соединяется с модулем приемопередатчика посредством кабеля с разъемом. Такое решение позволяет также обеспечить возможность эффективной виброакустозащиты задающего генератора.

3. Разработан новый модем с двумя квадратурными выходами.

4. Для обеспечения унификации модулей, входящих в состав блоков обеих РЛС, модуль модема вынесен из объема приемопередатчика наружу и соединяется с ним кабелями. Это позволяет простой заменой модема переходить от конфигурации блока БС2-1 к конфигурации блока MN113.1, имеющего квадратурные выходы. В случае необходимости использования блока MN113.1 в РЛС «Барсук» подключение производится к одному (любому) выходу модема.

5. Модернизировано большинство СВЧ- и КВЧ-узлов, входящих в состав радиомодулей, а также улучшен модуль электропитания (DC-DC-преобразователь) и повышена его мощность.

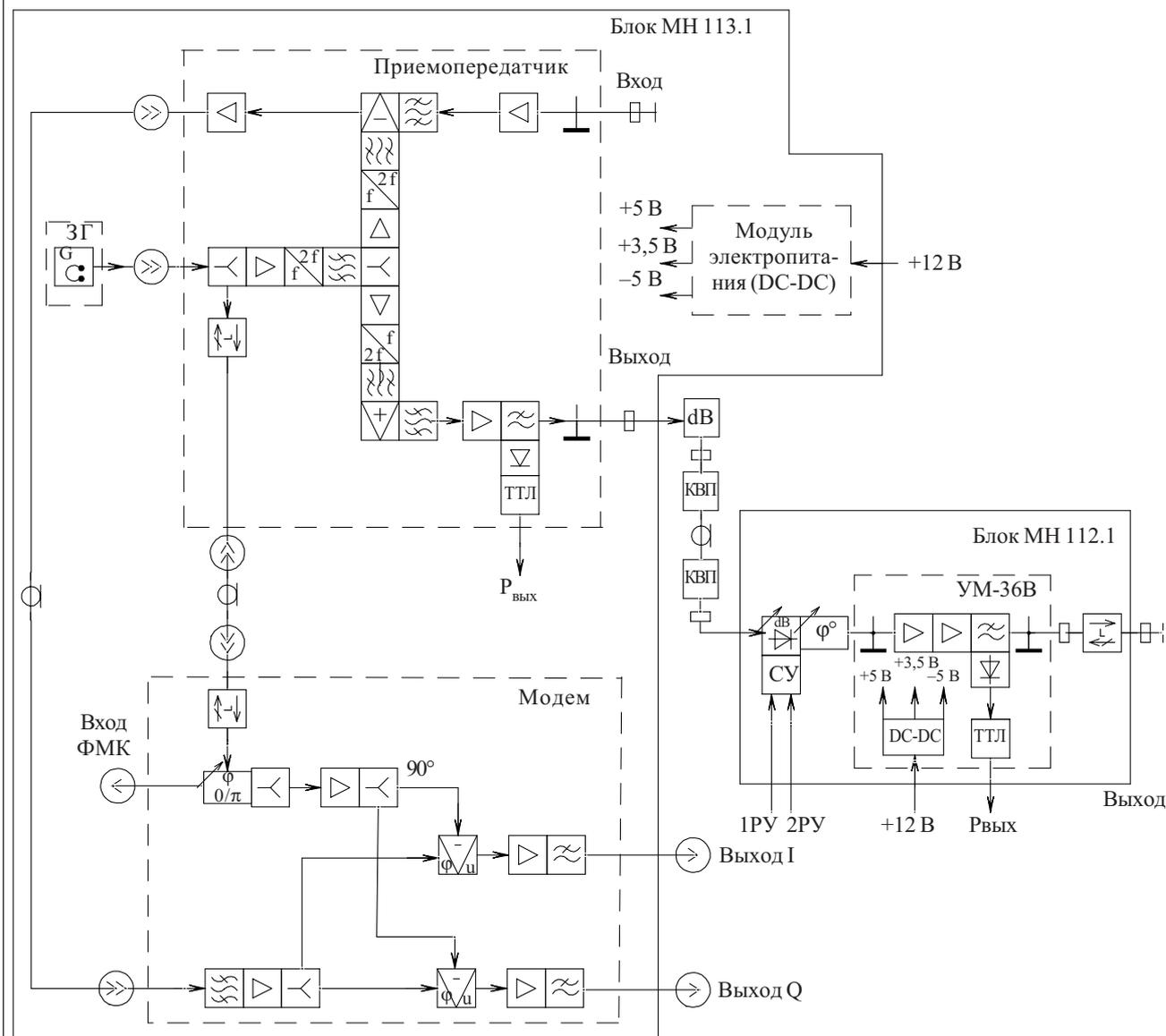


Рис. 2. Структурно-функциональная схема приемопередатчика МН115.1

В состав блока усилителя мощности МН112.1 входят следующие составные части:

- модуль усилителя мощности УМ-36В с максимальной непрерывной выходной мощностью до 1,5 Вт, коэффициентом усиления 33...35 дБ и собственным источником вторичного электропитания (DC-DC-преобразователь) с защитой;
- четырехуровневый дискретный аттенуатор с цифровым управлением (аттенуатор дальности);
- плавный механический фазовращатель для точного сопряжения передатчика с антенным трактом;
- развязывающий ферритовый вентиль (на выходе блока).

Для согласования блока МН112.1 с блоком МН113.1 по уровню входной мощности на выходе последнего устанавливается согласующий волноводный аттенуатор.

На опытных образцах разработанных блоков приемопередатчика МН115.1 были получены следующие характеристики:

Диапазон рабочих частот	36...40 ГГц
Нестабильность рабочей частоты в интервале температур -40...+50°C, не более	±2 МГц
Относительная кратковременная нестабильность рабочей частоты за 1 мс, не более	2·10 ⁻¹¹
Выходная непрерывная мощность блока МН113.1	40...60 мВт
Максимальная непрерывная выходная мощность блока МН112.1	1...1,5 Вт
Шаг регулировки выходной мощности (с возможностью полного выключения)	10 дБ
Пределы регулировки фазы выходного сигнала	±100°
Погрешность установки фазы при фазокодовой манипуляции (ФКМ), не более	±2°
Паразитная амплитудная модуляция при ФКМ, не более	0,1 дБ
Коэффициент шума приемника, не более	3,5 дБ
Полоса пропускания приемника, не менее	50 МГц
Динамический диапазон приемника, не менее	65 дБ
Ток потребления по цепи +12 В, не более:	
блок МН113.1	0,45 А
блок МН112.1	1,2 А
Масса, не более:	
блок МН113.1	1 кг
блок МН112.1	0,8 кг

Достигнутый уровень параметров разработанного приемопередатчика МН115.1 полностью удовлетворяет поставленным техническим требованиям, необходимым для достижения расчетных характеристик РЛС «Мангуст», а его конструкция является технологичной и унифицированной для всего семейства патрульных РЛС («Барсук», «Лис», «Мангуст»).

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Радиолокационные системы. <http://www.ust.com.ua>
2. Жадько И. И., Козлов А. Ф., Кошечая С. С. и др. Малогабаритная патрульная РЛС Ка-диапазона для разведки наземных движущихся целей // Сб. науч. тр. по мат-лам 1-го Междунар. ра-

диоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2002.— Харьков, Украина.— 2002.— Ч. 2.— С. 411—412.

3. Хитровский В. А., Беркута Д. Н. Экономичный когерентный приемопередатчик Ка-диапазона для мобильных РЛС ближнего радиуса действия // Технология и конструирование в электронной аппаратуре (ТКЭА).— 2003.— № 3.— С. 33—34.

4. Хитровский В. А., Беркута Д. Н. Экономичный когерентный приемопередатчик Ка-диапазона для мобильных РЛС ближнего радиуса действия // Сб. науч. тр. по мат-лам 1-го Междунар. радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2002.— Харьков, Украина.— 2002.— Ч. 2.— С. 389—392.

Д. т. н. И. Н. ПРУДИУС, к. т. н. В. Д. ГОЛИНСКИЙ,
В. Г. СТОРОЖ

Украина, НУ „Львовская политехника”
E-mail: iprudus@polynet.lviv.ua

Дата поступления в редакцию
16.02 2007 г.

Оппонент д. т. н. В. И. СЕРГЕЕВ
(ВКБ АФУ, г. Воронеж)

ТРАНЗИСТОРНЫЕ АНТЕННЫ-АВТОГЕНЕРАТОРЫ СВЧ-ДИАПАЗОНА

Широкие функциональные возможности антенн-автогенераторов в части генерирования, излучения, преобразования частоты сигналов обуславливают перспективность их применения в радиотехнических устройствах.

Функциональное и конструктивное объединение активных нелинейных элементов с печатными антеннами приводит к созданию интегрированных антенн, которые выполняют основные функции, необходимые для СВЧ-радиосистем (в первую очередь это генерация гармонических колебаний и излучение соответствующих электромагнитных волн). К таким интегрированным узлам относится антенна-автогенератор (ААГ) [1—3], особенностью которой является то, что антенна, выполняя традиционную функцию излучения и приема электромагнитной энергии, одновременно выполняет функцию реактивного элемента автоколебательной системы, определяющей частоту колебаний.

Одновременно с излучением ААГ принимает электромагнитные волны в рабочей полосе пропускания и преобразует частоту принятого сигнала. На этих свойствах базируются радиоволновые датчики (сенсоры) выявления движущихся объектов, которые теперь широко используются в технических средствах охраны, системах контроля, радиоизмерительной технике и системах ближней радиолокации. Эти сенсоры функционируют на основе эффекта Доплера и реализуются на основании двух принципов — автодинного и гетеродинного [4].

При использовании полосковых антенн автодинные сенсоры имеют простую конструкцию и малые

габариты и массу. Однако их чувствительность ограничена значительным уровнем собственных шумов нелинейной автоколебательной системы, энергетический спектр которых приблизительно пропорционален $1/f$ [5, с. 121], и внешними помехами. Гетеродинные сенсоры за счет использования дополнительной детекторно-смесительной секции имеют лучшие шумовые параметры, но худшие массогабаритные характеристики [4, с. 45].

В связи с этим проведен поиск путей усовершенствования схем, конструкций и расширения функциональных возможностей СВЧ транзисторных ААГ.

Схемотехнические особенности реализации транзисторных антенн-автогенераторов

Схемы СВЧ транзисторных ААГ можно реализовать на основе СВЧ-схем автогенераторов, которые выполняются на основе емкостных трехузловых схем Клаппа и Колпитца или по схеме усилителя СВЧ с внешней обратной связью. При этом не все типы полосковых антенн обеспечивают малые габариты и массу интегрированного узла. При интеграции необходимо выбирать такой тип антенны и схемы автогенератора, чтобы для образования интегрированной ААГ не нужно было применять дополнительные реактивные элементы. Кроме того, для обеспечения высокой стабильности частоты генерируемых колебаний добротность частотозадающего контура, составляющей которого является антенна, должна быть высокой, а нестабильность его собственной частоты — низкой. Анализ показывает, что этим требованиям удовлетворяют печатные резонаторные антенны (ПРА) с излучателем произвольной формы и щелевые резонаторные антенны [6].

На основании такого подхода разработаны и исследованы две схемы антенн-автогенераторов с пе-