

Д. т. н. Б. Ф. ВЫСОЦКИЙ, к. т. н. Ю. Н. КОРНИЕНКО,
к. т. н. А. С. НАЗАРОВ

Дата поступления в редакцию
23.02 1998 г.
Оппонент д. т. н. П. Е. БАРАНОВ

Россия, г. Москва

ВОЗМОЖНОСТИ УНИФИЦИРОВАННОГО МИКРОЭЛЕКТРОННОГО СУББЛОКА КВЧ

Показана техническая и экономическая эффективность использования субблока крайне высоких частот для задач авиации и связи.

The technical and economic efficiency of use of extra high frequency standardized subunit for aviation and communication tasks has been showed.

Ранее нами были показаны [1] преимущества и возможности применения интегральных СВЧ-устройств на летательных аппаратах, в состав которых входил модуль СВЧ (тогда не было определения КВЧ — крайне высокие частоты), выполненный на поликоровой подложке с 64 излучателями печатного типа и микрополосковыми узлами сумматора, смесителя и гетеродина. Уже тогда была показана возможность наращивания модулей для повышения технических характеристик устройств путем суммирования мощности на мостах-сумматорах.

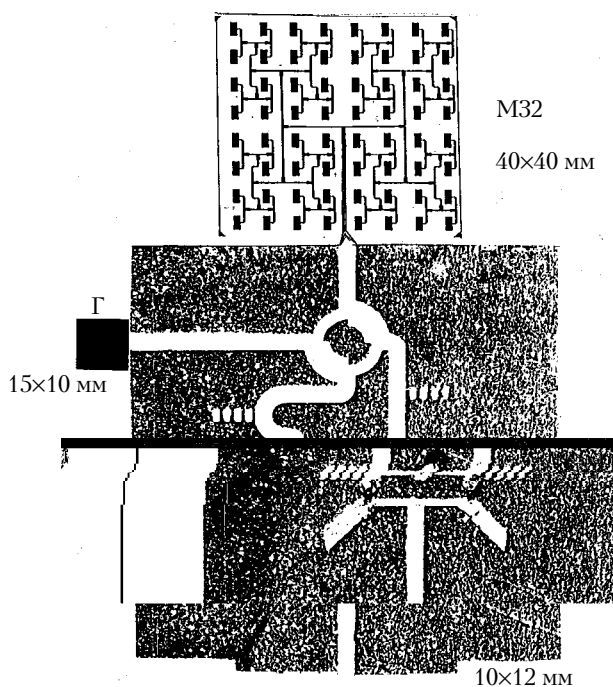


Рис. 1. Субблок КВЧ

Поскольку модуль не изменил своих геометрических и технических характеристик, то его можно считать унифицированным субблоком КВЧ, возможности же его резко расширились. Электрически субблок включает в себя три функциональных узла: модуль (М) антенной решетки (АР) — смеситель (СМ) — гетеродин (Г). (Фотомонтаж конструкции субблока КВЧ представлен на рис. 1. Узлы показаны в различном масштабе, но у каждого узла указаны его истинные геометрические размеры; число при модуле означает его рабочую частоту в ГГц.) Ранее такой прибор применялся только в приемных устройствах радиолокаторов и угломерных устройств, а «подсвет цели» осуществлялся с земли. Однако требование совмещения приемника и передатчика в одном объекте и современные возможности развития активных элементов КВЧ-диапазона позволяют применить этот субблок и для целей передачи сигналов КВЧ. Для этого узел смесителя работает в «сдвиговом» включении, т. е. как бы «наоборот» (рис. 2).

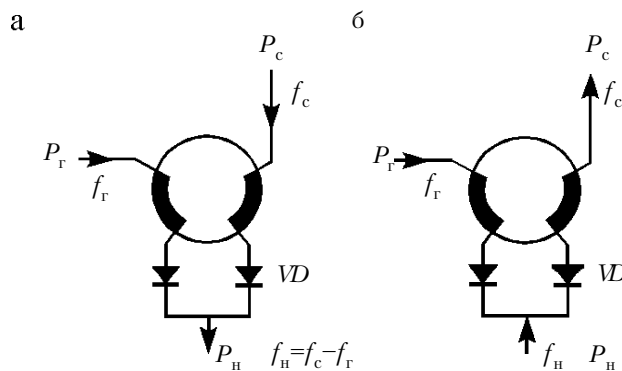


Рис. 2. Обычное (а — СМ) и сдвиговое (б — СМ-С) включение смесителя

Порядок величин для диодных смесителей балансного типа —
для СМ: $f_c = 34,06$ ГГц, $P_c = 1$ мВт, $f_r = 34$ ГГц,
 $P_r = 10$ мВт, $f_n = 60$ МГц, $P_n = 10$ мВт;
для СМ-С: $f_c = 32,05$ ГГц, $P_c = 20$ мВт,
 $f_r = 32$ ГГц, $P_r = 100$ мВт,
 $f_n = 50$ МГц, $P_n = 10$ мВт.

Рассмотрим возможности применения универсальных субблоков КВЧ в системах радиолокации.

Микроэлектронная радиолокационная система охраны взлетно-посадочной полосы

Необходимость таких систем обоснована исследованиями, проведенными на кафедре технической эксплуатации транспортной радиосвязи МИИГА. Системы предназначены для охраны взлетно-посадочных полос периферийных аэродромов от появления и пребывания на них животных, людей, транспортных средств, других препятствий при взлете — посадке воздушных судов.

Технические характеристики

Рабочая частота	33—34 ГГц
Коэффициент направленного действия антенных решеток	29 дБ
Диаграмма направленности	6—7°
Мощность передатчика	0,1 Вт
Масса	1 кг
Габаритные размеры	100×100×50 мм
Потребляемая мощность	50 Вт

Микроэлектронная система предупреждения столкновения воздушных судов

Система предупреждения столкновений предлагаемого типа СПС-КВЧ-МИКРО предназначена к применению на российских и международных линиях для воздушных судов (ВС) транспортной и пассажирской авиации с эффективной поверхностью рассеивания 10 м². СПС представляет собой активную радиолокационную систему и не требует ответных средств на ВС, находящихся в зоне действия системы.

Приемопередающие устройства, совместно с антенными решетками образующие микроРЛС, размещаются у поверхности обшивки, повторяя обводы корпуса ВС. Место установки антенной решетки каждой МРЛС на обшивке ВС выбирается так, чтобы направление максимума излучения диаграммы направленности решетки в азимутальной плоскости соответствовало заданному азимуту, а по углу места лежало в плоскости горизонтального полета ВС. 15 микроРЛС, размещенных таким образом, образуют многолучевую систему непрерывного слежения в зоне 180° по азимуту и ±1,5° по углу места. Сигналы с выходов МРЛС, закодированные по дальности и углам, поступают, при необходимости, через соответствующий интерфейс в информационную систему ВС.

Объемно-компоновочные и энергетические показатели многолучевой системы, использующей новые принципы размещения (в пустотах силовой схемы ВС, в приповерхностной к обшивке корпуса зоне), в отечественной практике с успехом проявились на малоразмерных скоростных ВС еще в 1967 году. Значительно позже, с внедрением высокой технологии микроэлектроники, в т. ч. миниатюрных антенных решеток микрополоскового типа, эти методы получили развитие и за рубежом. Перспективным диапазоном частот для решения поставленной задачи является КВЧ-диапазон, т. е. миллиметровые волны.

Главные достоинства системы:

- каждый элемент имеет на обратной стороне подложки проводящую поверхность, АР не чувствительна к окружающим предметам из металла;
- при конформном размещении на поверхности ВС не влияет на его аэродинамику;
- необходимое количество различных антенных элементов, делителей мощности, фазирующих и других компонентов может быть добавлено к плате за сравнительно небольшую стоимость;
- практически абсолютная надежность.

Основное ограничение — присущая МПЛ-решетке узкая полоса частот. (Заметим, что это ограничение для СПС является положительным фактором — повышает ее помехозащищенность.)

Конструкция СПС обеспечивает работу системы в горизонтальной плоскости в углах обзора не менее ±90° без нарушения аэродинамических обводов ВС и без ослабления прочности конструкции (за счет применения на больших участках поверхности ВС радиопрозрачных диэлектрических покрытий).

Масса системы из 15 МРЛС составляет около 8 кг.

Ранее мы отмечали, что унифицированный субблок КВЧ при наличии смесителя сдвига может быть обращен из приемного модуля в передающий. Это дает возможность превращения конструкций рассматриваемого типа из микроэлектронных РЛС в средства связи. Изменениям подлежат лишь усилители промежуточной частоты в соответствии с характеристиками передаваемых сигналов (телефония или широкополосные радиоканалы для обмена ЭВМ и телевидения).

Базовым элементом устройств являются приемные и передающие микроэлектронные КВЧ-субблоки, выполняющие функции антенной решетки в микрополосковом исполнении, включающие в себя необходимые активные элементы и электронные узлы, обеспечивающие передачу и прием сигналов КВЧ-диапазона (31 ... 31,8 ГГц). Габаритные размеры модуля составляют 40×40 мм.

Представлялось интересным выяснить, какими технико-экономическими показателями может обладать некий условный прибор, составленный из приемного и передающего модулей с соответствующим схмотехническим микроэлектронным обрамлением высокой интеграции как приемопередатчик для линий радиосвязи со средней мощностью на передачу 10 мВт, шум-фактором 10 дБ.

Оценка возможности использования прибора для создания линий радиосвязи показала потенциальную целесообразность крупносерийного производства таких приборов (например, для телефонной связи в сельской местности и для других перспективных областей применения). Дальность радиосвязи в этих условиях составляет около 10 км при относительном времени нарушения связи при ливневых дождях в 0,2...0,01% в диапазоне частот, установленном регламентом связи, 31...31,8 ГГц.

Для реализации требуемой дальности связи в направлении приема-передачи необходимо обеспечить

прямую видимость, что в большом количестве случаев выполняется подъемом КВЧ-модулей на соответствующую высоту (H).

Местная (сельская) телефонная связь

Высокая стоимость прокладки телефонных линий в сельской местности стимулирует интенсивность работ по использованию радиоканалов для сельской местности.

Наиболее целесообразно использование разработанных субблоков КВЧ для построения системы сельской связи в виде «КВЧ-радиоудлинителей» между абонентами и сельским узлом связи, на котором расположена АТС (рис. 3). К такой системе

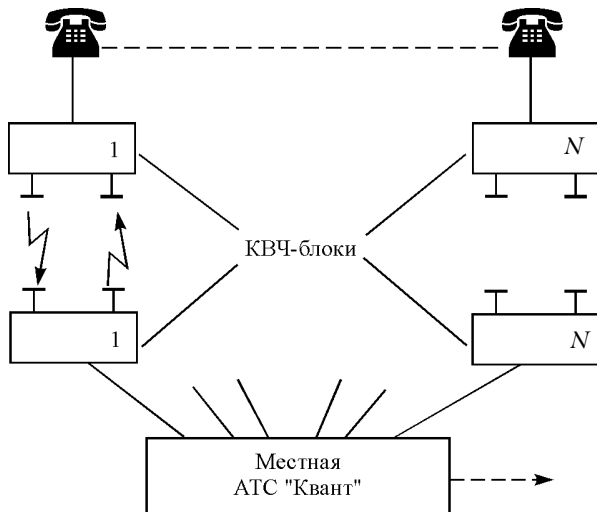


Рис. 3. Структурная схема телефонной сельской связи

связи предъявляются следующие требования: все N радиоканалов должны работать на одной полосе частот и на одной несущей частоте — с тем чтобы все КВЧ-узлы (АР, входные узлы приемника, каскады передатчика) были одинаковыми и стоимостью при серийном производстве была минимальной.

Комплект КВЧ-радиоудлинителя (рис. 4) состоит из телефонного аппарата и миниатюрного приемо-

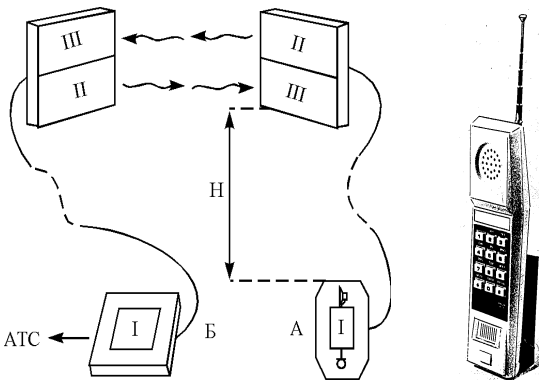


Рис. 4. Комплект КВЧ-радиоудлинителя:

А — телефонный аппарат абонента; Б — блок выхода на АТС; I — система бесшнуровой связи; II и III — КВЧ-субблоки

передающего устройства у абонента и из такого же устройства на стороне АТС, в котором вместо телефонного аппарата имеется выход на объектовую АТС. Типовая структура приемопередающего устройства состоит из двух частей: в первой части (I) сосредоточены элементы преобразования сигнала, модулятора, демодулятора и устройства перехода на телефон или на АТС. Вторая часть состоит из двух КВЧ-модулей. Первый модуль (II) — передающий, содержит излучающую антенную решетку из 64 элементов, генератор КВЧ и усилитель мощности; второй модуль (III) — приемный, содержит такую же приемную решетку, балансный смеситель, гетеродин и систему поиска и фазовой автоподстройки. Дальность действия 8...10 км.

Экономическая привлекательность микроэлектронных КВЧ-систем связи позволяет при внедрении строить сети связи, включающие большое количество пользователей, каждый из которых может передать сообщение любому другому. Число радиоканалов (N) в такой системе $N = 0,5 (N_a^2 - N_a)$, где N_a — число абонентов [2, с. 11]. Обычные линии связи уже при $N_a = 10$ разнесенных абонентов становятся экономически неприемлемыми.

Система высокой технологии для цифровых сетей передачи данных

Система должна удовлетворять требованиям цифровой телефонии, телетайпа, телефакса, т. е. удовлетворять требованиям к цифровым сетям с комплексными услугами.

Проектируемые КВЧ-устройства миллиметрового диапазона волн построены по высокой техноло-

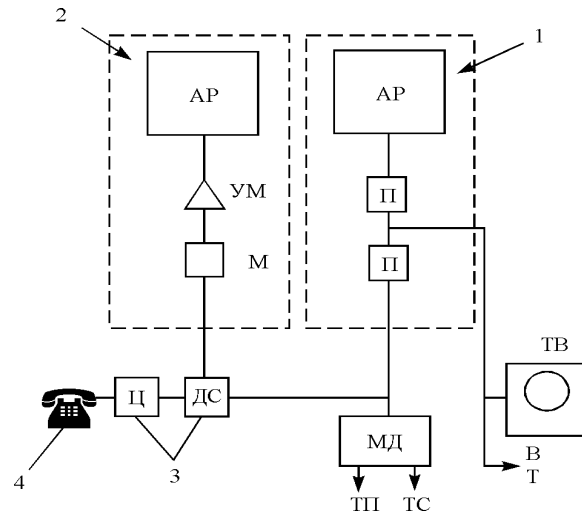


Рис. 5. Структурная схема цифровой сети передачи данных: 1 — приемный КВЧ-субблок; 2 — передающий КВЧ-субблок; 3 — блок дифференциальной системы (ДС) для перехода с четырехпроводной схемы на двухпроводную и цифровой преобразователь речи (Ц); 4 — телефонный аппарат абонента; М — модулятор; УМ — усилитель мощности; АР — антенная решетка, преобразователь сигналов (смеситель и гетеродин); МД — модем; ТП — телетайп; ТС — телефакс; ТВ — телевизор; VT — видеотекст

гии и, в сравнении с СВЧ-устройствами сантиметрового диапазона предыдущего поколения, отличаются следующими показателями:

- сокращение стоимости на порядок;
- миниатюризация в 30 раз;
- повышение производительности (Мбит/с) в 3 раза.

Условный состав КВЧ-устройства приведен на рис. 5.

Системы высокой технологии распределения телевизионных сигналов

Системы распределения ТВ-сигналов заменяют коаксиальные или волоконно-оптические кабели при обслуживании малых или разбросанных объектов, в т. ч. в труднодоступных районах. При этом экономия затрат на 1 км трассы может составить 100 и более раз.

Основой конструкции являются антенные фазированные активные решетки (АФАР), включающие в себя и системы обработки на прием и передачу сигналов соответствующей мощности ТВ и телевидения высокой частоты (ТВЧ). КВЧ-АФАР и функциональные элементы КВЧ выполняются по высокой микроэлектронной технологии — АФАР в микрополосковом исполнении, а элементы — на монокристаллических арсенидгаллиевых интегральных схемах. КВЧ-устройства, размеры которых определяются в основном АФАР, в зависимости от передаваемой полосы частот предположительно будут двух типоразмеров — 100×100 и 200×200 мм. В свою очередь АФАР состоят из набора КВЧ-субблоков по 64 излучающих элемента в каждом с соответствующими генераторами и усилителями мощности на передачу и маломощными усилителями и преобразователями — на прием.

Приведем примеры возможного применения КВЧ-субблоков для радиоканалов распределения ТВ и ТВЧ.

1. Передача цифрового ТВ-сигнала с передвижных телевизионных камер с места события на передвижную телевизионную станцию, а затем в телевизионную студию с цифровым оборудованием.

При длине такой линии от 100 до 200 м в комплект КВЧ-удлиителя входят: передающее устройство, состоящее из четырех КВЧ-субблоков с соответствующими усилителями мощности, излучающей антенной решеткой по 64 элемента в каждом модуле; приемное устройство, состоящее также из четырех приемных КВЧ-субблоков, с преобразователями и усилителями. Необходимая производительность линии при передаче полного цифрового ТВ-сигнала составляет 216 Мбит/с.

2. Передача ТВ-сигналов от приемной станции спутникового телевидения к индивидуальным абонентам в труднодоступных районах, где прокладка кабельных сетей нецелесообразна, а прием на обычных ТВ-антеннах неустойчив (рис. 6).

При дальности до 6 км комплект КВЧ-усилителя при ширине полосы в 6,5—10 МГц соответствует предыдущему комплекту. При необходимости передачи нескольких каналов ТВ и ТВЧ в полосе 400...500 МГц и протяженности линии до 6 км комплектация КВЧ-линии передачи должна состоять как в предыдущей, так и в приемной части уже из 16 КВЧ-модулей на каждом конце линии.

Стоимость такой линии передачи намного меньше прокладки на этом расстоянии волоконно-оптической линии.

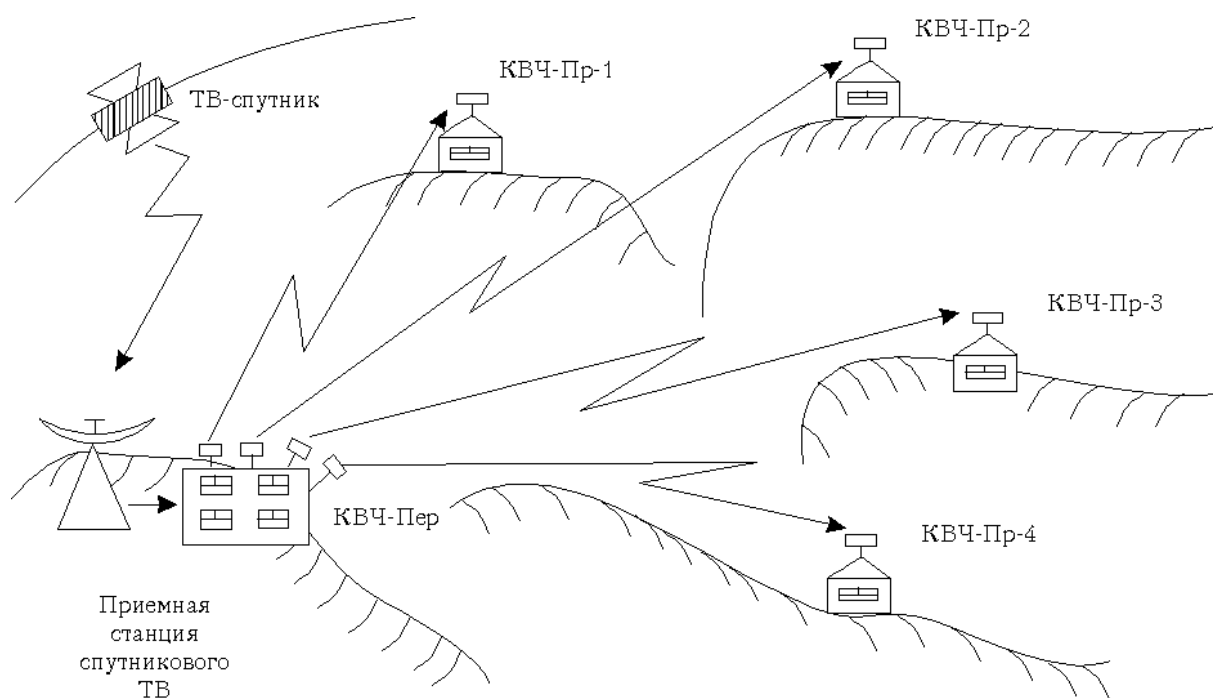


Рис. 6. Линия передачи ТВ-сигналов в труднодоступных районах

Линии и сети передачи одного цифрового канала ТВЧ по комплектации укладываются в предыдущую систему.

В заключение отметим, что разработан комплект конструкторской документации как на сами КВЧ-субблоки, канал ПУТ, так и на некоторые изделия, разработанные на их основе, которые прошли проверку на работоспособность, вибро- и ударопрочность.

Отметим также, что для реализации проектов потребуется существенный вклад в разработку современной КВЧ-элементной базы на основе арсе-

нидгаллиевых структур новой технологии. Как показывает мировой опыт, любые затраты и усилия будут оправданы.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Высоцкий Б. Ф., Корниенко Ю. Н., Назаров А. С. Эволюция конструкции интегральных СВЧ-устройств летательных аппаратов // Технология и проектирование в электронной аппаратуре. — 1992. — № 1. — С. 5—8.
2. Горохов В. А., Полковский И. М., Стыцько В. П. Комплексная миниатюризация в электросвязи. — М. : Радио и связь. — 1987.

ЧИТАТЕЛЬ ЗАИНТЕРЕСОВАЛСЯ

СПРАВОЧНИКИ, КАТАЛОГИ, АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ И РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ИНТЕГРАЛЬНЫМ МИКРОСХЕМАМ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМ ПРИБОРАМ
(Публикация в «ТКЭА», 1997, № 2, с. 44—45.)

Россия, 103460, г. Москва, Зеленоград, корп. 100, ГЦКБ «Дейтон».
Тел. (095) 535-13-19, факс (095) 534-02-77.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ИС. ОТЛАДКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ИС. ПРОИЗВОДСТВО ИС.

Поставка. Услуги по выполнению работ, по обучению персонала и внедрению процессов.
(Публикация в «ТКЭА», 1997, № 2, с. 5.)

Республика Беларусь, 220064, г. Минск, пл. Казинца, КТБ «Белмикросистемы». Тел./факс (0172) 78-28-22, телекс 252168 СКИФ, тел. (0172) 77-15-23.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ
(Публикация в «ТКЭА», 1997, № 2, с. 29.)

Россия, 394028, г. Воронеж, Ленинский пр-т, 160, НИИ полупроводникового машиностроения.
Тел. (0732) 232-046, 229-664, факс (0732) 234-743.

ПОСТСОВЕТСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ... ЗАВТРА (?)
(Публикация в «ТКЭА», 1997, № 4, с. 5.)

Украина, 270100, г. Одесса, ул. Дворянская, 1/3, Академия холода Украины, Докторантура, Костенко Сергей Петрович. Тел. (0482) 23-22-30, 33-07-84.

ОБ
РА
Т
О
В
А
Н
Н
О
Е
О
Б
О
Р
У
Д
О
В
А
Н
И
Е
О
Б
О
Р
У
Д
О
В
А
Н
И
Е
О
Б
О
Р
У
Д
О
В
А
Н
И
Е