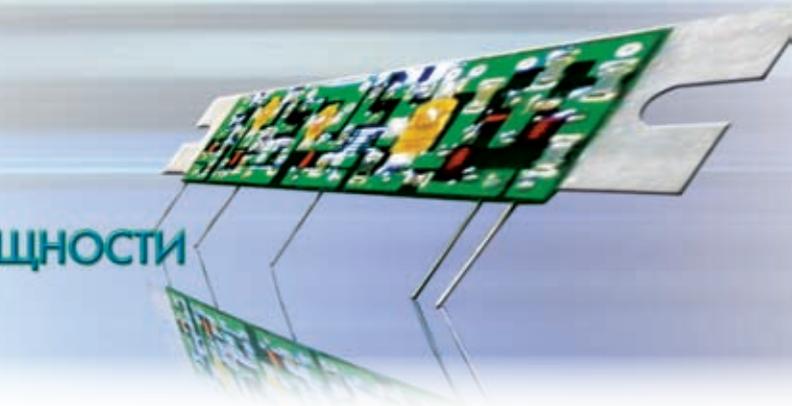


## УСИЛИТЕЛЬНЫЕ ПАЛЛЕТЫ И МОДУЛИ ВЧ-УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ

Сегодня модульный подход к построению современных систем связи, теле- и радиовещания является наиболее перспективным. Применение усилительных модулей позволяет оптимально решать задачи проектирования и производства усилителей мощности таких систем. Хорошие результаты в области разработок ВЧ усилительных паллет и модулей усилителей мощности достигнуты ФГУП "НИИЭТ" (Воронеж).

Современные системы связи, передачи данных, теле- и радиовещания представляют собой совокупность блоков цифровой обработки сигналов и аналоговых трактов формирования ВЧ-сигнала. Наиболее сложная и дорогостоящая часть аналогового тракта – ВЧ-усилитель мощности (УМ). В настоящее время усилители мощности выполняются на дискретных компонентах или в виде готовых функционально законченных усилительных паллет и модулей. Модульный принцип компоновки аппаратуры связи наиболее полно отвечает современным требованиям и является самым перспективным. Использование усилительных паллет и модулей при проектировании усилительных трактов уменьшает ошибки, сокращает сроки проектирования и подготовки к производству. В условиях серийного производства применение УМ как законченных электронных компонентов с гарантированными параметрами сокращает временные и материальные затраты на приобретение комплектующих и регулировку схем. Кроме того, снижаются затраты на техническое обслуживание и ремонт аппаратуры в процессе ее эксплуатации.

Более 40 лет одно из основных направлений деятельности ФГУП "НИИЭТ" – разработка и производство мощных биполярных [1, 2, 3] и полевых СВЧ-транзисторов [4], а также гибридных микросхем [5]. В последнее время в ФГУП "НИИЭТ" активизировались разработки и производство современных ВЧ-модулей усилителей мощности и усилительных паллет. При этом изначально была поставлена задача создания усилителей мощности по техническим требованиям заказчиков, а не воспроизводства



В.Асessorов, д.т.н., С.Грищенко,  
В.Кожевников, к.т.н., И.Семейкин, к.т.н., А.Стоянов  
uhf@niet.ru

зарубежных аналогов и конкуренции с зарубежными производителями.

В настоящее время во ФГУП "НИИЭТ" разработано более 50 типов модулей УМ и усилительных паллет, потребителями которых стали отечественные производители аппаратуры связи и радиовещания – от малых предприятий до крупных серийных радиозаводов. Разработанные модули ВЧ-усилителей мощности и паллеты закрывают типовые ряды по напряжению источников питания  $U_n = 7,5; 9,6; 12,5; 28$  и  $50$  В (табл.1 и 2). Это означает, что они максимально оптимизированы для применения в портативной, переносной, перевозной, бортовой и стационарной радиоэлектронной аппаратуре.

Схемотехнически модули усилителей мощности в зависимости от частотного диапазона и выходной мощности содержат два или три каскада усиления, в ряде случаев – фильтр гармоник. У каждого модуля предусмотрен вывод, на который подают напряжение для оперативного управления мощностью выходного сигнала. Разработанные модули собраны в металлополимерных корпусах с однорядным расположением выводов (рис.1). Используются две базовые конструкции корпусов, отличающиеся габаритами: К-1 и К-2. Корпусы с различным числом и расположением выводов имеют различные буквенные индексы, например К-1А, К-2Б (рис.2). Шаг выводов корпусов кратен 2,5 мм.

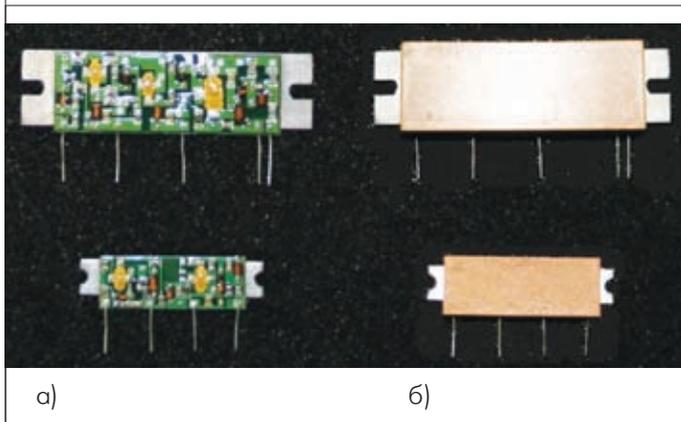


Рис. 1. Модули усилителей мощности УМ104-2 (а) и УМ107-2 (б)

**Таблица 1. Эксплуатационные характеристики ВЧ-модулей усилителей мощности**

Тип изделия	Корпус	$P_{\text{вых}}$ , Вт	$\Delta f$ , МГц	$P_{\text{вх}}$ , мВт	$U_{\text{п}}$ , В	КПД, %
УМ102-2	К-1	2	146–162	10	7,5	40
УМ102-2А	К-1	2	158–174	10	7,5	40
УМ104-2Б	К-2	16	146–174	50	12,5	40
УМ105-3	К-2	16	300–308	50	12,5	40
УМ105-3А	К-2	16	335–345	50	12,5	40
УМ106-4	К-2	16	400–440	50	12,5	40
УМ106-4А	К-2	16	440–470	50	12,5	40
УМ107-2	К-1	1,5	165–195	5	15	50
УМ109-1	К-1	5	44–46,5	5	9,6	45
УМ109-1А	К-1	5	33–39	5	9,6	45
УМ109-1Б	К-1	5	39–45	5	9,6	45
УМ109-1В	К-1	5	45–51	5	9,6	45
УМ109-1Г	К-1	5	51–57,5	5	9,6	45
УМ110-1А	К-2	25	88–108	5	12,5	40
УМ111-1	К-2	16	118–130	50	12,5	40
УМ113-1А	К-2А	13	33–39	10	12,5	40
УМ113-1Б	К-2А	13	39–45	10	12,5	40
УМ113-1В	К-2А	13	45–51	10	12,5	40
УМ113-1Г	К-2А	13	51–57,5	10	12,5	40
УМ115-1А	К-2А	25	33–35	5	12,5	50
УМ115-1Б	К-2А	25	35–37	5	12,5	50
УМ115-1В	К-2А	25	37–39	5	12,5	50
УМ115-1Г	К-2А	25	39–41	5	12,5	50
УМ115-1Д	К-2А	25	41–43	5	12,5	50
УМ115-1Е	К-2А	25	43–45	5	12,5	50
УМ115-1Ж	К-2А	25	45–47	5	12,5	50
УМ115-1З	К-2А	25	47–49	5	12,5	50
УМ115-1И	К-2А	25	56–58	5	12,5	50
УМ116-2	К-1А	1,5	165–195	2	6,0	45
УМ117-3*	К-2Б	16	300–308	20	12,5	50
УМ118-2*	К-2Б	16	146–174	20	12,5	40
УМ119-1	К-1	8	118–137	10	28	40
УМ119-2	К-1	8	230–250	10	28	40
УМ119-3	К-1	8	370–390	10	28	40
УМ121-4А**)	К-1	1,5	400–450	1	12,5	35
УМ122-3**)	К-1	2,0	300–350	5	12,5	40
УМ124-4	К2-Б	16	390–430	10	12,5	40
УМ125-3	К2	30	300–310	50	12,5	40
УМ126-1	К2-Б	16	2–2,5	10	12,5	40
УМ127-2	К2-Б	60	118–137	10	28	40
УМ30180-5	К-2Б	5,0	30–180	10	12,5	40

Примечание. Корпус К-2А отличается от корпуса К-2 отсутствием вывода "3". \*Усилители УМ117-3 и УМ118-2 – функциональные аналоги модулей RA13Н3340М и RA13Н1317М производства компании Mitsubishi Electric. Уровень гармоник не более -60 дБ; \*\*)линейная выходная мощность  $P_{\text{вых}}$  при  $K_{\text{сж}}=1,25$ .

**Таблица 2. Эксплуатационные характеристики усилительных паллет**

Тип	$U_{\text{п}}$ , В	$P_{\text{вых}}$ , Вт	$\Delta f$ , МГц	$K_{\text{ур}}$ , раз	КПД, %
УМ0628-300	50	300	6–28	100	50
УМ3570-300	50	300	35–70	90	50
УМ88108-300 <sup>1)</sup>	50	300	88–108	100	50
УМ4344-300	28	2×150	430–440	20	65
УМ3843-60	28	60	380–430	20	55
УМ0330-1000	50	1000	3–30	100	50

Примечание. <sup>1)</sup> Для систем радиовещания.

Усилительная паллета представляет собой однокаскадный усилитель мощности. Главное ее конструктивное отличие от модуля УМ заключается в отсутствии герметизированных корпусов и унифицированных габаритов (рис.3). Габариты паллеты и конфигурация размещения контактных площадок или разъемов определяются техническими требованиями заказчика.

Модули и паллеты УМ согласованы по входу и выходу с линиями передачи с волновым сопротивлением 50 Ом, КСВН по входу не хуже 1,5 в полосе рабочих частот. При КСВН нагрузки до 10 они работают без самовозбуждения при всех фазовых углах. Неравномерность коэффициента усиления по мощности ( $K_{\text{ур}}$ ) в полосе рабочих частот не превышает 1 дБ. Диапазон рабочих температур составляет -40...85°C, однако по требованию заказчика он может быть расширен до -60...125°C.

Конструктивно модули и усилительные паллеты состоят из металлического основания – фланца, на котором смонтированы мощные транзисторы, а также из диэлектрической подложки, представляющей собой печатную плату, на которой методом поверхностного монтажа размещены менее нагруженные электронные компоненты. Компоненты на печатной плате защищены лаковым покрытием. Фланец из меди или алюминия служит одновременно механическим основанием, теплоотводящим элементом и общей земляной шиной. Следует отметить, что в модулях применяются только стеклотекстолитовые подложки. В усилительных паллетах вследствие

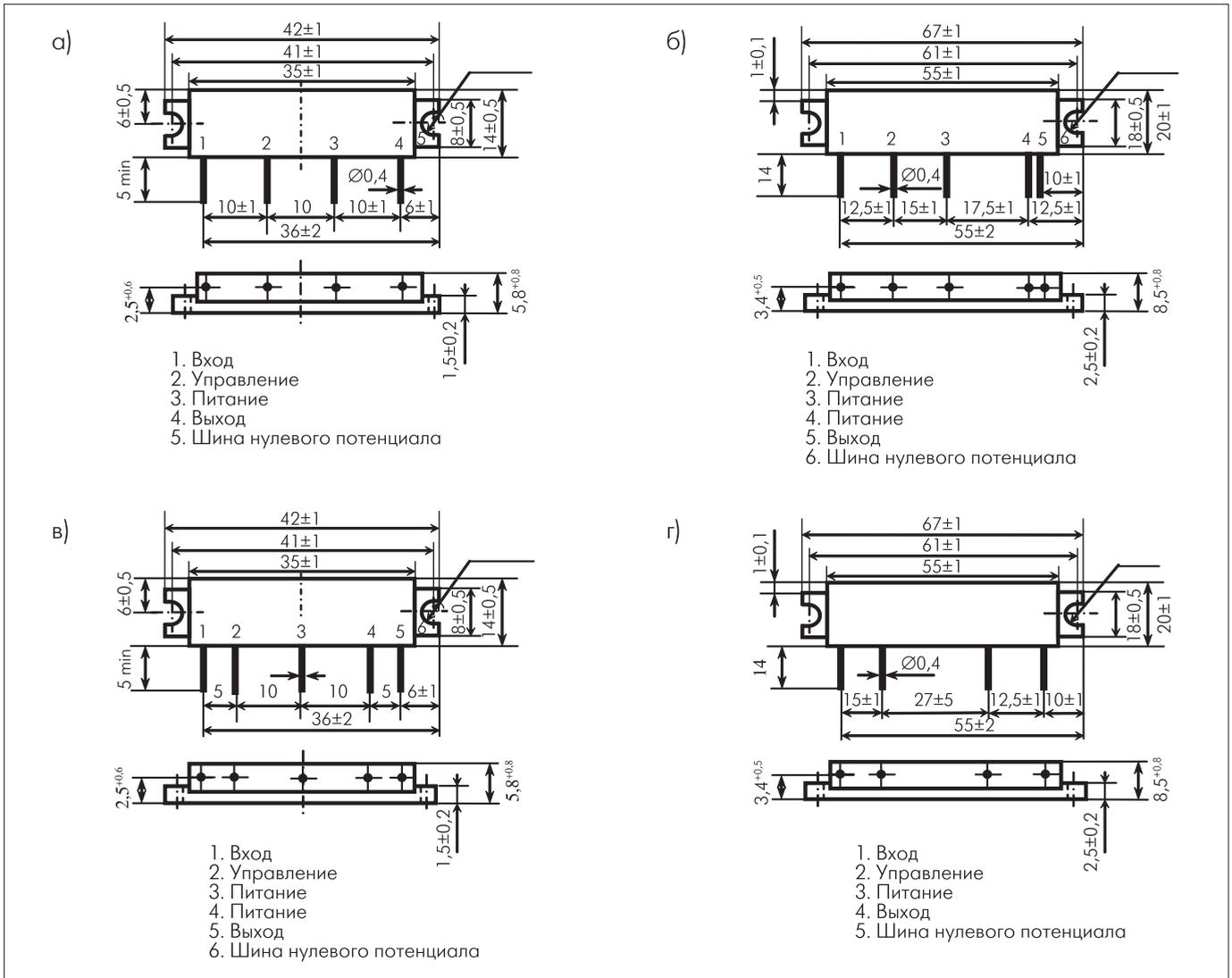


Рис.2. Корпуса модулей усилителей мощности типа К-1 (а), и К-2 (б), К-1А (в) и К-2Б (г)

более высоких рабочих частот и большей выходной мощности наряду со стеклотекстолитом применяются и другие, более высокочастотные, материалы, такие как ФАФ. Модули УМ, в отличие от паллет, закрыты пластмассовой

крышкой, на которую нанесена маркировка, а электрический контакт обеспечивают проволочные внешние выводы. Места соединения крышки с фланцем, печатной платой и выводами залиты герметизирующим компаундом. Требования по герметичности соответствуют степени защиты IP68 по ГОСТ 14254-96.

В качестве активных компонентов используются мощные кремниевые ВЧ биполярные и МОП-транзисторы собственного производства с двукратной диффузионной или с продольной двукратной диффузионной структурой (DMOS, LDMOS). Для уменьшения массогабаритных характеристик модулей УМ применяются транзисторы в малогабаритном исполнении с использованием гибкого ленточного носителя. Ленточные выводы транзисторов присоединяются к печатной плате усилителя мощности пайкой, а не сваркой проволочных выводов, как в зарубежных модулях. Метод пайки обеспечивает более прочные и надежные соединения, а воспроизводимость геометрических размеров и формы выводов позволяют получать стабильные электрические характеристики транзисторов.

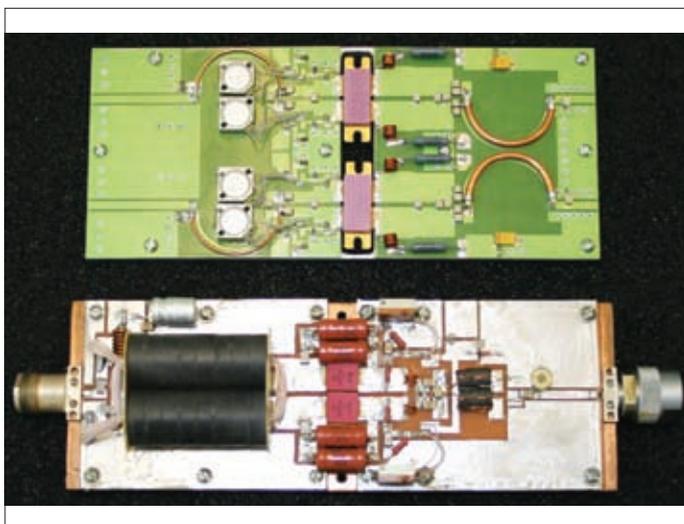


Рис.3. Усилительные паллеты УМ4344-300 (а) и УМ3570-300 (б)



В усилительных паллетах применяются транзисторы как без фланца, так и с фланцем.

Модули усилителей мощности и усилительных паллет проектируются с помощью современных лицензионных систем автоматического проектирования Microwave Office, T-Cad, P-CAD 2000. Применение современного аппаратно-программного комплекса позволяет сократить до минимума время проектирования. Тесное взаимодействие разработчиков транзисторов, схемотехников и технологов в рамках единого конструкторско-технологического структурного подразделения позволяет не только быстро разрабатывать новые типы модулей и паллет, но и быстро внедрять их в серийное производство. Время от получения технических требований заказчика до выпуска опытных образцов составляет одну-две недели, а до выпуска серийных образцов – не более двух месяцев, при этом этап разработки заказчиком не оплачивается.

Производственная мощность технологической линии ФГУП "НИИЭТ" в настоящее время составляет порядка 10 тыс. модулей в год. Однако при необходимости объем выпуска модулей можно увеличить.

ФГУП "НИИЭТ" приглашает к сотрудничеству отечественных производителей радиоэлектронной аппаратуры.

Дополнительную информацию о ВЧ-модулях усилителей мощности и усиФГУП "НИИЭТ" [www.niiet.ru](http://www.niiet.ru).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Асессоров В., Кожевников В., Дикарев В., Асессоров А.** Мощные СВЧ-транзисторы для связной радиоаппаратуры. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 1999, с.22–24.
2. **Кожевников В., Асессоров В., Асессоров А., Дикарев В.** Мощные низковольтные СВЧ-транзисторы для подвижных средств связи – Радио 1999, №10, с.45–46 и №11, с.43–44.
3. **Асессоров В., Кожевников В., Косой А.** Тенденция развития мощных СВ-транзисторов. – Радио, 1994, №6, с.2–3.
4. **Асессоров В., Кожевников В., Дикарев В., Цоцорин А.** Мощные ВЧ- и СВЧ-полевые транзисторы для аппаратуры средств радиосвязи. – Компоненты и технологии, 2006, №5, с.41–42.
5. **Асессоров В., Кожевников В., Асеев Ю., Гаганов В.** Модули ВЧ-усилителей мощности для портативных средств связи. – Электросвязь, 1997, №7, с.21–22.