

# ПРЕЦИЗИОННЫЕ СИГНАЛЫ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ АЭРОНАВИГАЦИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ

## PRECISE SIGNALS FOR TESTING AIR NAVIGATION RECEIVERS

Юрген Остермайер (Jurgen Ostermeier), Rohde & Schwarz

Новое микропрограммное обеспечение R&S® SMA-K25 превращает генератор сигналов R&S® SMA100A (рис. 1) в источник прецизионных сигналов для тестирования аэронавигационных приемников.

### АЭРОНАВИГАЦИОННЫЕ СИГНАЛЫ

Всенаправленные радиомаяки ОВЧ диапазона (VOR), системы посадки по приборам (ILS) и маркерные радиомаяки (MCR BCN) продолжают использоваться во всем мире в качестве аналоговых аэронавигационных средств для гражданской и военной авиации.

Радиомаяки VOR работают в диапазоне от 108 МГц до 117,95 МГц. По сигналам отдельных VOR, расположенных на маршруте полета, производится автоматическое определение курса самолета. Системы ILS используются при заходе на посадку и посадке на взлетно-посадочную полосу. Они информируют пилота об отклонении по курсу и глиссаде от стандартной траектории захода на посадку, что позволяет точно посадить са-



Рис. 1. Генератор сигналов высшего класса R&S® SMA100A с новой микропрограммной опцией R&S® SMA-K25, позволяющей формировать прецизионные сигналы для углубленного тестирования аэронавигационных приемников

молет по приборам в условиях плохой видимости. Курсовой посадочный радиомаяк (LOC) работает в диапазоне от 108,1 МГц до 111,95 МГц и сообщает пилоту об отклонении от стандартной траектории по курсу. По сигналам работающего в диапазоне от 329 МГц до 335 МГц глиссадного радиомаяка (GS) определяется отклонение глиссады при заходе на посадку. Три маркерных радиомаяка устанавливаются на удалении 7200 м, 1050 м и 300 м от начала взлетно-посадочной полосы. Они излучают сигналы в диапазоне от 74,6 МГц до 75,4 МГц. При прохождении над ними летчик проверя-



RONDE & SCHWARZ

ет, соответствует ли высота полета заданной при заходе на посадку.

Кроме того, для маршрутной навигации все еще продолжают применяться автоматические радиопеленгаторы (ADF) предыдущего поколения. Они определяют направление на всенаправленные радиомаяки (NDB), работающие в диапазоне от 190 кГц до 1,75 МГц.

Благодаря опции R&S® SMA-K25 генератор R&S® SMA100A теперь способен формировать модулированные сигналы всех указанных выше средств аэронавигации.

### ЦИФРОВЫЕ СИГНАЛЫ ПРЕВОСХОДНОГО КАЧЕСТВА

Высочайшая точность установки параметров обеспечивается исключительно цифровой генерацией модулирующих сигналов. Это позволяет быстро устанавливать и изменять все основные настройки

для имитации реальных сигналов, например разность фаз сигналов VOR или разность глубины амплитудной модуляции сигналов ILS.

Генератор сигналов также способен формировать специальные сигналы импульсной модуляции в соответствии со стандартом ICAO (Международной организации гражданской авиации). Так, например, чтобы различать между собой три маркерных радиомаяка при заходе на посадку, их сигналы имеют различную фазоимпульсную кодировку. Кроме того, станции VOR и радиомаяки аэропортов при работе во всех режимах модуляции могут передавать по-

зывной COM/ID международным кодом Морзе (например, MUC — позывной Мюнхена). Вы можете задать подобный позывной через соответствующее рабочее меню, нажав одну кнопку и изменив параметры.

«Идеальный» сигнал модуляции с НЧ выхода генератора можно подать в блоки приемника.

### ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЕ РАДИОЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Помимо точности сигналов модуляции, сильное влияние на качество модулированного РЧ сигнала оказывают

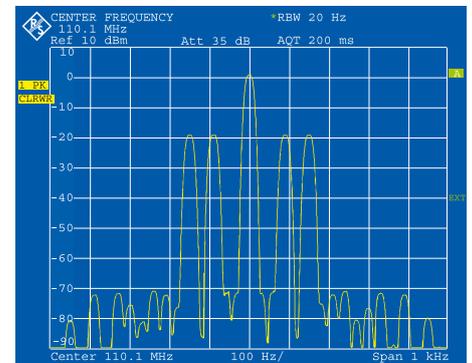


Рис. 2. Спектр сигнала курсового посадочного радиомаяка при разности глубины модуляции РГМ=0

амплитудно-частотная (АЧХ) и фазо-частотная (ФЧХ) характеристики амплитудного модулятора (рис. 2).

При тестировании приемников огромное значение имеют такие параметры, как точность, стабильность и линейность уровня сигнала (рис. 3).

Другими важнейшим фактором, влияющим на тестирование блокировки и избирательности приемника, является чистота спектра генератора сигнала (фазовый шум, широкополосный шум, коэффициент подавления негармонических составляющих). При проведении подобного тестирования проверяется чувствительность приемника по полезному сигналу при одновременном воздействии очень мощной помехи по соседнему каналу. Во избежание искажения результатов измерений, мощность сигнала этой помехи, попадающая в полезный канал, должна быть сведена к минимуму. Суммируя вышесказанное, можно сделать вывод, что генератор R&S® SMA100A формирует

### НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ НАСТРОЙКИ ОПЦИИ R&S® SMA-K25

- Четыре режима генерации тестовых сигналов VOR: нормальный, перестраиваемый, поднесущая, поднесущая + ЧМ
- Три режима генерации тестовых сигналов ILS: нормальный, 90 Гц, 150 Гц
- Импульсные сигналы маркерных радиомаяков согласно Приложению 10 к стандарту ICAO
- Разность фаз сигналов VOR, являющаяся прямой мерой азимута радиомаяка относительно направления на север, задаваемая с разрешением 0,01°
- Разность глубины модуляции (DDM) сигналов ILS с разрешением 10-4
- Девияция AM с шагом 0,1 %
- Частота всех сигналов с разрешением 0,1 Гц
- Добавление позывного COM/ID в международном коде Морзе
- Возможность добавления внешнего AM сигнала помехи

сигналы самого высокого качества, что позволяет минимизировать погрешность, вносимую схемой измерений, и обеспечить их воспроизводимость.

## НЕПРЕВЗОЙДЕННЫЙ УРОВЕНЬ ФАЗОВЫХ ШУМОВ

Благодаря новейшей концепции синтезатора, даже стандартная версия прибора обладает превосходными значениями широкополосного шума, фазового шума SSB и коэффициента подавления негармонических составляющих. Опция для улучшения фазового шума и дополнительный модулятор ЧМ/ФМ (R&S® SMA-B22) улучшает значение фазового шума SSB для отстройки до

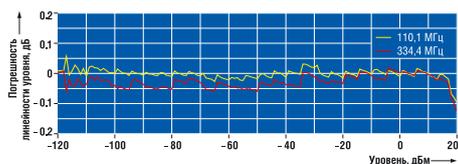


Рис. 3. Погрешность линейности уровня на частотах 110,1 МГц и 334,4 МГц

100 кГц, а также повышает коэффициент подавления негармонических составляющих (рис. 4). Это превращает R&S® SMA100A в идеальный источник сигнала для измерений, предъявляющих повышенные требования к чистоте спектра (например, тестирование Ц/А и А/Ц преобразователей).

## ВОЗМОЖНОСТИ ПО МОДУЛЯЦИИ

В генераторе возможна не только внешняя модуляция с большими индексами модуляции, но и внутренняя модуляция ВЧ сигнала с помощью нескольких встроенных НЧ генераторов

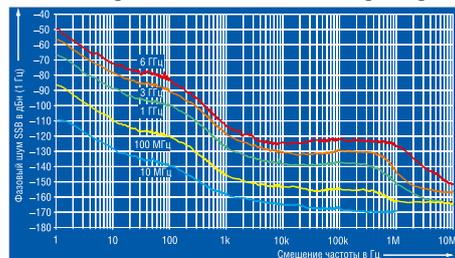


Рис. 4 Фазовый шум SSB SMA100A с опцией R&S®SMA-B22 — улучшение фазового шума и дополнительный модулятор ЧМ/ФМ

(R&S®SMA-K24). Многофункциональные генераторы может генерировать самые разнообразные модулирующие сигналы, включая синусоиду, меандр, программируемые пользователем трапецевидные сигналы или шум с регулируемой полосой частот и законом распределения. Модулирующие сигналы можно суммировать с разными весовыми коэффициентами. Модулирующие сигналы AM/ЧМ/ФМ и выход НЧ настраиваются независимо друг от друга. Благодаря такой концепции, новый генератор сигналов обеспечивает невиданную ранее в аналоговых генераторах гибкость модуляции. Например, возможна реализация всех типов двухтональной модуляции; можно сложить

## КРАТКИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ R&S® SMA100A

<b>Частота</b>	
Диапазон частот	от 9 кГц до 3 ГГц или до 6 ГГц
<b>Уровень</b>	
Диапазон	от -145 дБм до +28 дБм
Погрешность установки уровня (от -145 дБм до +28 дБм)	<0,5 дБ
<b>Чистота спектра</b>	
Негармонические составляющие (f<1500 МГц, отстройка >10 кГц)	< -80 дБс
Фазовый шум SSB (f = 300 МГц, отстройка 20 кГц)	ном. -151 дБс (полоса измерения 1 Гц)
Широкополосный шум (6,6 МГц <f< 750 МГц, отстройка 10 МГц)	< -152 дБс (полоса измерения 1 Гц)
<b>Режимы модуляции</b>	
Амплитудная/импульсная модуляция	в стандартной комплектации
Частотная/фазовая модуляция	с опциями R&S® SMA-B20
Генерирование сигналов VOR / ILS / MKR BCN / ADF	с опцией R&S® SMA-K25
Погрешность разности фаз сигналов VOR	< 0,05 °
Погрешность DDM	< 0,0004 (при DDM=0)
Погрешность девиации AM	< 2 % установленного значения девиации
Погрешность установки частоты модулирующего сигнала	< 0,02 Гц
Интерфейсы	шина IEC / IEEE, LAN, USB
<b>Условия эксплуатации</b>	
Диапазон рабочих температур	от 0 °C до 55 °C
Высота над уровнем моря	до 3000 м (в стандартной комплектации) до 4600 м (с опцией R&S® SMA-B46)

вместе два внутренних модулирующих сигнала или один внутренний и один внешний сигнал.

## ПРОСТОЕ И ИНТУИТИВНО-ПОНЯТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Преимущества R&S® SMA100A заключаются не только в его превосходных характеристиках. Сильной стороной прибора является продуманный дружественный интерфейс пользователя и встроенный дисплей с ясно различимой индикацией (рис. 4). Одним нажатием кнопки можно выбрать стандартный или специальный режим работы для подавления определенных сигналов при тестировании на соответствие стандартам соответствующей функции сигнализации приемника. При необходимости можно легко установить все определенные стандартом ICAO каналы VOR / ILS / MKR BCN, последовательно выбирая их колесом прокрутки.

Разумеется, все параметры генератора сигнала можно задавать дистанци-

онно по шине IEC / IEEE или LAN, что позволяет автоматически выполнять тестовые последовательности за очень короткое время.

Генератор достаточно компактен и не занимает много места в стойке, его высота равна всего двум стандартным единицам. Масса прибора не превышает 10 кг, что облегчает его транспортировку и открывает возможности для выполнения самых разных задач. Опция R&S® SMA-B46 позволяет использовать генератор на высотах до 4600 м в соответствии с требованиями стандарта MIL-PRF-28800F.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Микропрограммная опция R&S® SMA-K25 позволяет объединить специальные функции формирования аэронавигационных сигналов с универсальными возможностями аналогового генератора высшего класса [1, 2].

Более подробную информацию, описание и технические характеристики можно найти на сайте [www.rohde-schwarz.ru](http://www.rohde-schwarz.ru) ([www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com)) (поиск по ключевому слову: SMA100A)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Signal Generator R&S® SMA100A – Analog signal generator that meets virtually every requirement. News from Rohde & Schwarz (2005) No. 189, pp 30-34.
2. R&S® SMA100A Signal Generator — Frequency doubled: spectrally purest signals now up to 6 GHz. News from Rohde & Schwarz (2006) No. 191, pp 9-31. ☑

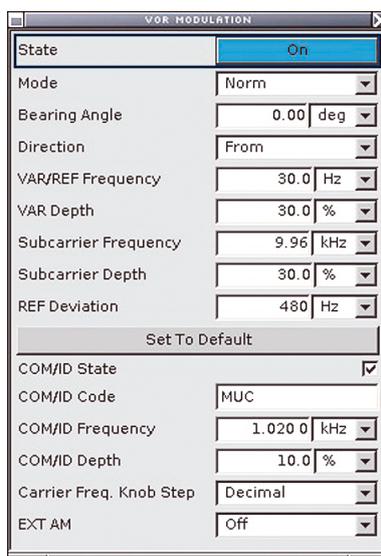


Рис. 5. Легко читаемый дисплей и дружелюбный интерфейс пользователя: отображение всех параметров меню VOR

*The new R&S® SMA-K25 firmware option makes the R&S® SMA100A signal generator a precise signal source for testing air navigation receivers. The R&S® SMA-K25 firmware option combines the special functions for generating air navigation signals with the versatile characteristics of an analog high-end signal generator.*