

Албу С.И., Синенко А.Е., Леншин А.В.
 ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
 г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а
 andrey-lenshin@yandex.ru

Особенности проектирования радиоприемного устройства РЛС с синтезированной апертурной антенной

Синтезирование апертуры антенны (СА) – метод обработки сигналов, позволяющий существенно повысить поперечную линейную разрешающую способность РЛС относительно направления диаграммы направленности антенны (ДНА) и улучшить детальность радиолокационного изображения местности (РЛИ) местности. РЛС обзора земной поверхности (ОЗП) с синтезированием апертуры (РЛС СА) предназначены для получения высокоточного изображения местности, располагающейся одновременно ниже и вдоль пути следования самолета [1].

На сегодняшний день малогабаритными РСА реализуются практически все режимы съемки, являющиеся типовыми для средств радиолокационного мониторинга земной поверхности: 1) режим полосовой съемки (Stripmap); 2) режим телескопической (прожекторной) съемки (Spotlight); 3) режим обнаружения наземных движущихся целей (GMTI – Ground Motion Target Indicator); 4) режим видео; 5) режим когерентного обнаружения изменений (CCD – Coherent Change Detection); 6) режим интерферометрической съемки (Interferometric SAR – INSAR); 7) поляриметрический режим съемки (Polarimetric SAR – PolSAR) [2, 3].

Структурная схема РЛС обзора земной поверхности показана на рисунке 1 [1].

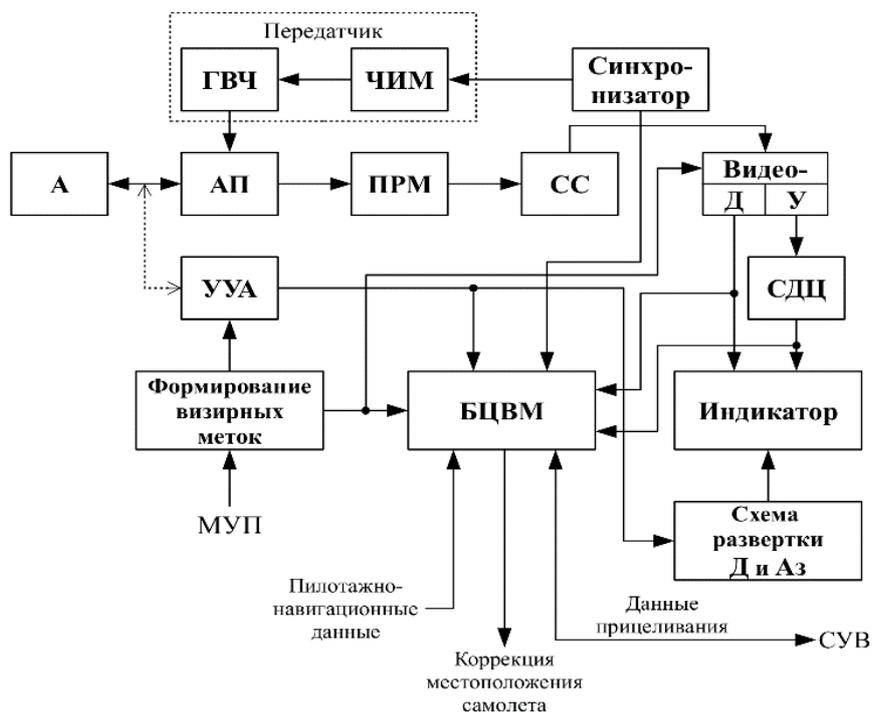


Рисунок 1 – Структурная схема РЛС обзора земной поверхности

Частотно-импульсный модулятор (ЧИМ) запускается импульсом синхронизатора. ГВЧ формирует импульсы длительностью 100...500 мкс, несущая частота которых изменяется по линейному закону. Интенсивность отраженных от земли сигналов на малых дальностях велика, поэтому приемник должен иметь большой динамический диапазон. Схема сжатия (СС) представляет собой линию задержки, которая задерживает частотные составляющие спектра сигнала на различное время в зависимости от частоты. Чем больше частота спектральной составляющей, тем на меньшее время она задерживается.

ADIsimRF – интерактивная программа фирмы «Analog Devices» для расчета передающих и приемных радиоустройств [4]. Параметры для расчета радиотрактов: а) количество звеньев радиотракта (Number of Stages); б) значение входной мощности (Input Power); в) полосы сигнала (Analysis Bandwidth); г) пик фактора (PEP-to-RMS Ratio); д) запас от точки однодецибелной компрессии (точка, в которой отклонение амплитудной характеристики устройства от идеальной составляет 1 дБ) (P1dB Backoff Warning); е) запас относительно точки компрессии пиковой мощности для каждого элемента радиотракта (Peak Backoff Warning); ж) минимальное отношение «сигнал/шум» для демодулятора (Min S/N for Demod).

Основное окно программы ADIsimRF показано на рисунке 2.

| | Stage 1 | Stage 2 | Stage 3 | Stage 4 | Stage 5 | Stage 6 | Stage 7 |
|-------------------|------------|-----------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| Number of Stages: | 7 | | | | | | |
| IQ-Mod | BPF | Atten | Amp | Atten | Amp | LPF | |
| Component | ADL5375-1E | Temp Part | Temp Part | ADL5601 | Temp Part | ADL5323 | Temp Part |
| Output Freq(MHz) | 1280 | 1280 | 1280 | 1280 | 1280 | 1280 | 1280 |
| Zin(Ohms) | 100 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Zout(Ohms) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Power Gain(dB) | -0.4 | -1 | -2 | 15.3 | -2 | 20.9 | -0.5 |
| Voltage Gain(dB) | -3.4 | -1 | -2 | 15.3 | -2 | 20.9 | 0 |
| Output IP3(dBm) | 21.4 | 39 | 38 | 43 | 38 | 39.6 | 60 |
| Output P1dB(dBm) | 10.1 | 28 | 27 | 19 | 27 | 27.2 | 40 |
| Noise Figure(dB) | 16.7 | 0 | 0 | 3.7 | 0 | 4.2 | 0 |
| Voltage(V) | 5 | 0 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 |
| Current(mA) | 200 | 0 | 0 | 83 | 0 | 320 | 0 |

| Cascaded Analysis | |
|-----------------------|---------------|
| Power Gain: | 30.8 dB |
| Output Power: | 30.8 dBm |
| Output IP3: | 39.3 dBm |
| Output P1dB: | 26.5 dBm |
| Noise Figure: | 17 dB |
| Output Noise Density: | -126.2 dBm/Hz |
| Pwr Consumption: | 3 Watt |

Рисунок 2 – Основное окно программы ADIsimRF

Проектирование приемного ВЧ-тракта заключается в выборе и наполнении звеньев конкретными элементами (микросхемами). При выборе элементов ключевыми становятся такие характеристики, как коэффициент усиления элемента (Power Gain), точки однодецибелной компрессии по входу элемента (IP1) и выходу (OIP1), точки пересечения интермодуляционных искажений 3-го порядка по входу элемента (IP3) и выходу (OIP3), коэффициента шума (Noise Figure), напряжение питания (Voltage) и ток потребления (Current).

Приводятся результаты проектирования (расчет параметров и выбор компонентов) высокочастотной части радиоприемного устройства РЛС с синтезированием апертуры антенны L-диапазона (ширина спектра – 160 МГц, несущая частота – 1260 МГц, динамический диапазон (по отношению сигнал/шум) АЦП: –70...0 дБм) с помощью программы ADIsimRF.

Литература

1. Леньшин А.В., Тихомиров Н.М., Попов С.А. Комплексы авиационного радиоэлектронного оборудования: учебное пособие. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 374 с.
2. Купряшкин И.Ф., Лихачев В.П., Рязанцев Л.Б. Малогабаритные РЛС с непрерывным частотно-модулированным излучением. Монография – М.: Радиотехника, 2019. – 280 с.
3. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. В 2-х кн.: Кн. 1. Принципы построения и особенности применения комплексов с БЛА. Монография / Под ред. В.С. Вербы, Б.Г. Татарского. – М.: Радиотехника, 2017. – 512 с.
4. ADIsimRF request for software. – URL: https://form.analog.com/Form_Pages/RFCComms/ADISimRF.aspx (дата обращения 30.11.2019).