

Особенности технической реализации малогабаритного имитатора X диапазона

Д. В. Маслов, email: Den Maslov 98@mail.ru

В. Н. Похвощев, email: mlst82@mail.ru

Д. Н. Швыряев, email: no_pasaran_36@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

***Аннотация.** Статья посвящена краткому рассмотрению вопросов выбора генератора и передающей антенны для малогабаритного имитатора X диапазона для специальных летательных аппаратов.*

***Ключевые слова:** Генератор, управляемый напряжением, имитатор, планарная антенна радиоэлектронное средство.*

Введение

Опыт практической подготовки специалистов в области эксплуатации и применения авиационных средств и комплексов радиоэлектронной борьбы свидетельствует о серьезных проблемах в вопросах организации имитации радиоэлектронной обстановки. В первую очередь это связано с ограничениями вызванными особенностями размещения аппаратуры, как правило, она установлена на воздушных судах и интегрирована в их систему электропитания, что не позволяет использовать средства генерации сигналов общего назначения, при этом специализированные средства на вооружении ВВС РФ в настоящее время отсутствуют.

Так, например, при обучении специалистов радиоэлектронной борьбы особенностями применения специального вертолета Ми-8 СМВ-ПП (общий вид представлен на рис. 1), необходимо выполнить реальный полет, в процессе которого включить системы разведки и осуществить поиск функционирующих радиоэлектронных средств (РЭС) и последующем, оценивая эффективность, выбирать наиболее рациональные режимы работы соответствующей аппаратуры. Все это в условиях организации обучения больших и малых групп (до 15 человек) на одном образце техники является достаточно сложной задачей.



Рис. 1. Специальный вертолет Ми-8СМВ-ПГ

Одним из вариантов выхода из данной ситуации, по мнению российских и иностранных авторов, является разработка и применение малогабаритного имитатора X диапазона в интересах организации обучения больших и малых групп, а также для проведения наземной проверки исправности систем воздушного судна.

Требования к имитатору

Рассмотрим особенности разработки имитатора сигналов X диапазона, на примере вышеуказанного. В целом имитатор должен удовлетворять следующим требованиям:

- соответствующий диапазон частот;
- надежность;
- мобильность;
- быстродействие;
- простота использования;
- малые масса- габаритные параметры;
- большое время работы на отказ;
- малые энергетические затраты;
- универсальность (возможность использования для проверки воздушных судов с подсистемами разведки, схожими по принципу построения с вертолетом типа Ми-8СМВ-ПГ);
 - малая стоимость элементной мазы для создания данного устройства;
 - отсутствие необходимости настройки перед применением.

Проведя анализ предъявленных требований к имитатору, можно сделать вывод, что основу данного устройства будет составлять генератор.

Выбор генератора и передающей антенны

Рассмотрим два основных типа генераторов и определим какой будет лучше удовлетворять требованиям, предъявленным к данному устройству:

- автогенераторы;
- генераторы с внешним возбуждением.

Общеизвестным фактом является то, что основное назначение генератора состоит в преобразовании энергии источника постоянного тока в энергию ВЧ или СВЧ колебаний. Преобразование энергии источника питания в энергию колебаний в генераторах осуществляется с помощью электрически управляемых электронных приборов, обладающих усилительными свойствами. В основу работы всех типов генераторов положен общий физический принцип функционирования: взаимодействие потока движущихся носителей заряда с электромагнитным полем [1].

В качестве основного электронного прибора в генераторах применяются:

- электровакуумные приборы (триоды, тетроды);
- полупроводниковые приборы (транзисторы, диоды);
- клистроны;
- лампы бегущей волны;
- приборы магнетронного типа;
- кристаллы (кварц).

Для дальнейшей технической реализации устройства, в нашем случае, могут подойти генератор на клистроне, генератор на диоде, генератор на кристалле и генератор на лампе бегущей волны. Остальные представленные типы генераторов не подходят, по причине того, что используются только в ВЧ диапазоне.

Исходя из анализа представленных вариантов генераторов, был выбран генератор, управляемый напряжением (ГУН), изготовленный на кристалле. Данный тип генератора обладает высокой стабильностью, хорошими энергетическими параметрами с точки зрения потребляемой генератором мощности и выходной мощности сигнала, малыми массогабаритными параметрами, относительно низкой стоимостью и требуемыми для данной задачи параметрами. Все перечисленные достоинства данного генератора сделали его явным лидером среди других генераторов для создания имитатора РЭО. Наиболее подходящим по критерию цена-качество стал генератор фирмы Analog Devices.

Более детально рассмотрим принцип построения и функционирования данного ГУН. Он представляет собой контроллер, изготовленный из кристалла, установленный на подложку с выводами полной и половинной частоты, а также с выводом для питания самого контроллера. Генератор способен работать в достаточно широком диапазоне температур, выдавать необходимые показатели выходной мощности и фазового шума [2]. Тактико-технические характеристики генератора представлены в таблице.

Таблица

*Тактико-технические характеристики генератора фирмы
Analog Device*

Диапазон частот	9,65 ГГц-10,41 ГГц 4,825 ГГц-5,205 ГГц
Входная мощность	11 дБм
Однополосный фазовый шум	-114 дБм/Гц на 100 кГц
Входы/Выходы	3
Постоянный ток для 10 ГГц	24 мА

Так же, необходимо отметить, что не маловажным элементом имитатора является передающая антенна. При выборе которой имеет место множество разных факторов, таких как частота, малые габариты, уровень усиления сигнала, угол раскрытия лепестка, резонанс и так далее, которые необходимо рассчитать с помощью расчетно-информационных программ таких как MATLAB. Проведенные расчеты показали, что наиболее подходящая для данного устройства будет патч-антенна – слабонаправленная антенна, состоящая из тонкой плоской металлической пластины (пяточка) расположенной на малом ($0.01 \dots 0.1\lambda$) расстоянии параллельно плоскому металлическому экрану. Питание антенны осуществляется штырем, проходящим сквозь экран и смещенным от центра прямоугольника в сторону одной из его излучающих сторон, либо микрополосковой линией, сигнальный проводник которой расположен в плоскости пяточка и подходит к одной из его излучающих сторон, как в нашем случае. Результаты моделирования представлены на рисунках 2 и 3.

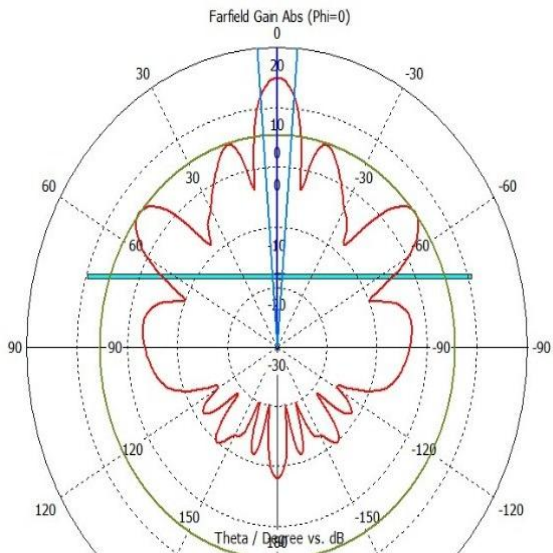


Рис. 2. Результат моделирования диаграммы направленности антенны имитатора

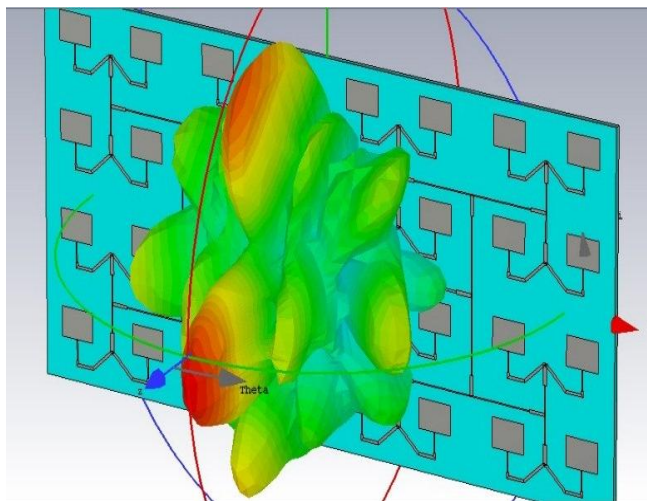


Рис. 3. Результирующее распределение поля на выходе антенны

Заключение

Подводя итоги можно сделать вывод, что для решения поставленной задачи, технической реализации малогабаритного имитатора X диапазона, выбранный генератор, управляемый напряжением и патч-антенна, полностью соответствует всем предъявленным требованиям, одним из которых стало формирование сигнала в X диапазоне с необходимым уровнем усиления, дешевизна и малые габариты устройства.

Список литературы

1. Сараев, А. А. К вопросу о необходимости разработки тренажерных средств для подготовки бортовых операторов / А. А. Сараев, Д. Н. Швыряев // Современное состояние, актуальные проблемы и перспективные направления развития авиационного радиоэлектронного оборудования : сб. науч. статей по материалам VII Международной научно-практической конференции "Академические Жуковские чтения" (Воронеж, 20-21 ноября 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 136-140.
2. Пашков, В. В. Радиоприемные устройства : учебное пособие / В. В. Пашков. – М. : Радио и связь, 1984. – 392 с.