

Выводы. Из анализа представленных графиков следует, что при расположении РД в районе курса, наиболее трудно обеспечить необходимое превышение сигналов в опорной точке при малых углах места ЛА (1-2)^о. В других точках траектории превышение достаточное. Из-за различия формы диаграмм направленности соответствующих глассадных антенн (рис. 4 – 9), требуемые мощности сигналов передатчиков РД и глассады в ПРМГ ОМД (с глассадной антенной системой с уменьшенной чувствительностью к изменению параметров подстилающей поверхности) должны быть больше, чем у ПРМГ 76У (2000 Вт, 40 Вт против 500 Вт, 4 Вт соответственно). При расположении РД в районе курса соответствующие мощности составляют 100 Вт и 4 Вт.

Библиографический список

1. *Сосновский А. А., Хаймович И. А.* Авиационная радионавигация. Справочник. М.: Транспорт, 1980.
2. Патент № 2429499. Дата публикации – 2011 г.
3. Справочник по радиолокации / под ред. М. Скольника. Т. 1. Основы радиолокации. М.: Советское Радио, 1976.

УДК 621.396.004.98

РЕАЛИЗАЦИЯ КУРСОВОЙ АНТЕННЫ МОБИЛЬНОЙ МИКРОВОЛНОВОЙ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ САНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Н. В. Апанасенко, В. А. Ландман, А. С. Миронов, В. А. Сеницын, В. Т. Яковлев

*АО «Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры»
Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д. Ф. Устинова*

Введение. Системы посадки предназначены для получения на борту самолета, выдачи экипажу и в систему автоматического управления информации об отклонении от установленной траектории и снижения, а также для определения моментов пролета характерных точек, определяемых установкой маркерных радиомаяков при заходе на посадку и выполнении посадки.

Системы посадки метрового (ILS) и дециметрового (ПРМГ) диапазонов имеют ряд недостатков. Один из основных недостатков проявляется в том, что аппаратура метрового диапазона очень подвержена воздействию переотражений от рельефа местности, от искусственных объектов и в том числе имеет плохую электромагнитную совместимость в условиях действия помех от сотовой связи, телевидения и маяков ближней навигации.

В качестве одной из альтернативных систем Международной организацией гражданской авиации (ИКАО) была рассмотрена возможность создания принципиально новой радиомаячной системы посадки сантиметрового диапазона волн.

В июне 1989 г. в Российской Федерации был принят «Комплексный план оснащения средствами микроволновой системы посадки («Плацдарм») гражданских, военных аэродромов, аэродромов совместного базирования, а также основных воздушных судов (в первую очередь, предназначенных для выполнения международных полетов) бортовой аппаратурой, обеспечивающей их посадку». Во ВНИИРА были уже созданы ряд систем посадки I, II и III категории для аэродромов гражданской и военной авиации.

На рис. 1 и 2 изображены опытные образцы азимутального и соответственно угломестного маяков MLSIII категории для стационарного размещения на аэродромах совместного базирования.



Рис. 1. Наземный азимутальный маяк системы посадки MLS «Плацдарм-1Н» III категории



Рис. 2. Наземный угломестный радиомаяк MLS «Плацдарм – 1Н» III категории

В настоящее время ставится задача создания малогабаритной микроволновой системы посадки (MMLS), служащей для быстрого развертывания, обеспечения точного подхода и посадки в удаленных, неподготовленных районах. Система должна быть легкой для транспортировки и может быть полностью развернута менее чем за час и обеспечивать возможность посадки воздушных судов по II категории.

Фирма Textron Systems создала наземную систему AN/TRN-45 (MMLS) точного захода на посадку и посадки, способную поддерживать требования по быстрому развертыванию. Внешний вид системы приведен на рис. 3.



Рис. 3. Мобильная микроволновая система точного захода на посадку и посадки, разработанная фирмой Textron Systems

Особенностью антенны азимутального маяка является решетка из излучателей, каждый из которых формирует диаграмму направленности в вертикальной плоскости специальной формы. В предыдущих разработках эта решетка из излучателей набиралась из отрезков волноводов прямоугольного сечения, где на узкой стенке волновода прорезались щели, наклон которых определял отбор энергии на излучение. Такая конструкция являлась металлоемкой и требовала множество механических работ. С развитием композиционных материалов решетку из излучателей можно выполнить в виде набора многослойных печатных плат.

В данной работе авторы предлагают осуществить синтез вертикального излучателя антенной решетки в среде CST STUDIO SUITE. Поскольку диапазон рабочих частот MLS (5030 – 5090) МГц занимает узкую полосу относительно центральной частоты, всего 1,2%, то диаграммы направленности, синтез которых выполнен на центральной частоте диапазона, будут с малой погрешностью отличаться от синтеза на других частотах диапазона. На рисунке 4 представлена требуемая зона наведения по углу места и зона, полученная на основе синтезированного вертикального излучателя антенной решетки.

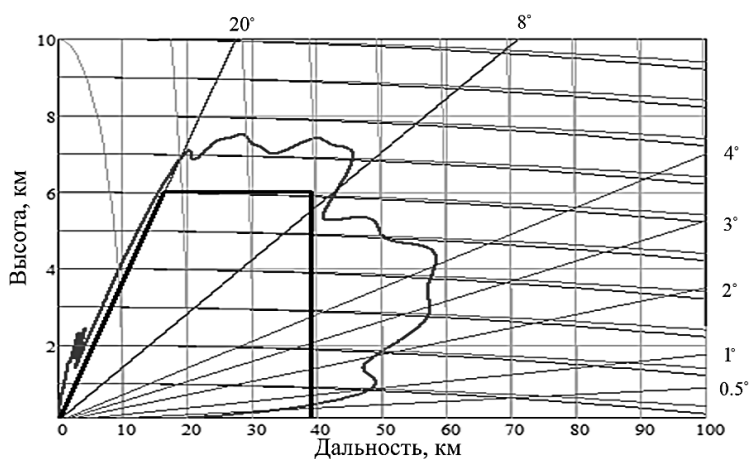


Рис. 4. Требуемая зона наведения по углу места (жирная линия) и полученная зона наведения по углу места (тонкая линия)

Синтез диаграммы направленности производится с целью получения требуемой зоны наведения по углу места с учетом переотражений от поверхности земли. Для маяков MLS эта зона простирается от 0,9 градусов относительно горизонта до 6 градусов, и далее от 6 градусов до 15 градусов напряженность электромагнитного поля убывает по закону $\text{cos ec}(\theta)$. Синтез диаграммы направленности производится методом парциальных диаграмм с последующей оптимизацией амплитудно-фазового распределения на элементах излучателя для получения требуемой крутизны характеристики в направлении горизонта и максимального коэффициента полезного действия (КПД). Для закрытия требуемой зоны наведения в вертикальной плоскости был выбран излучатель состоящей из 21 излучающих элементов расположенных линейно с шагом 38 мм.

Излучающим элементом является отрезок микрополосковой линии с размерами $13,3 \times 16$ мм и толщиной меди 18 нм расположенный на основе из материала толщиной 3,81 мм, диэлектрической проницаемостью $\epsilon_r = 3,27$.

Возбуждение излучающего элемента происходит за счет ответвления энергии, через щель в металлизированном слое микрополосковой линии по которой распространяется бегущая волна [1]. Величина связи излучающих элементов с микрополосковой линией определена по формуле [2]:

$$v_n = \frac{P_{\text{вх}} \frac{(E_n)^2}{\sum_{n=0}^{N-1} (E_n)^2}}{P_{\text{вх}} - \text{if}[n > 0, (\sum_{n=0}^{N-1} P_{\text{из}(n)}, 0)] - \{P_{\text{вх}} - \text{if}[n > 0, (\sum_{n=0}^{N-1} P_{\text{из}(n)}, 0)]\} \eta_n}$$

где v_n – коэффициент связи микрополосковой линии излучающим элементом, $P_{\text{вх}}$ – уровень мощности на входе излучателя (на входе микрополосковой линии), $P_{\text{из}(n)}$ – мощность излучаемая элементом, E_n – величина нормированной амплитуды на излучающем элементе, η_n – коэффициент потерь в каждом излучающем элементе. ($\eta_n = 0,0124$ для всех излучающих элементов), $N = 21$ – количество элементов в излучателе, n – номер элемента излучателя.

Зависимость коэффициентов связи излучающих элементов с микрополосковой линией выраженная в дБ приведена на рис. 5.

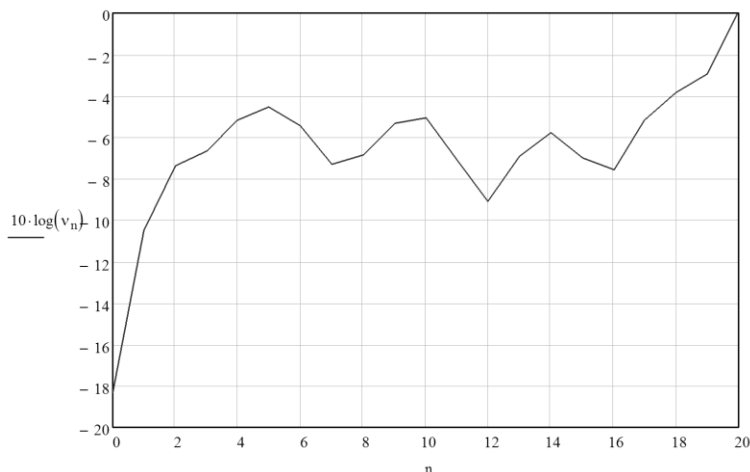


Рис. 5. Зависимость коэффициента связи излучающего элемента с микрополосковой линией от номера элемента излучателя

В среде CST STUDIO SUITE построена модель каждого излучающего элемента, определена величина мощности излучения и задержка по фазе от элемента к элементу. Из излучающих элементов составлен излучатель и определены его основные параметры:

- диаграмма направленности;
- максимальный коэффициент усиления, дБ – 14,5;
- коэффициент полезного действия – 0,9;
- коэффициент стоячей волны, не более 1,5.

Основные параметры приведены на средней частоте диапазона 5060 МГц.

На рис. 6 приведена диаграмма направленности излучателя в вертикальной плоскости.

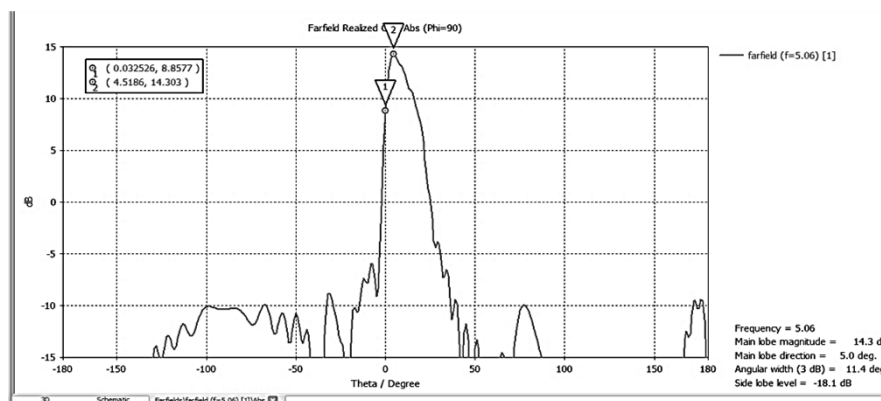


Рис. 6. Диаграмма направленности излучателя в вертикальной плоскости

Заключение. Разработана азимутальная антенна С – диапазона в микрополосковом исполнении, которая позволяет осуществлять передачу на борт летательного аппарата угловую и дополнительную информацию в формате MLS при заходе на посадку и посадке в секторе углов ± 42 градуса. Антенна может быть использована для оборудования аэропортов мобильной системой I и II категории посадки. На основе разработанной технологии может быть создана азимутальная антенна для стационарных систем MLS по III категории посадки.

Библиографический список

1. A shaped-beam series-fed aperture-coupled stacked patch array antenna Lei Qiu, Sheng Shui Wang, Hui Ying Qi, Fei Zhao, Shun Lian Chai, and Jun Jie Mao. Progress In Electromagnetics Research, 2013, vol. 141. P. 291 – 307/
2. Рудольф Кюн. Микроволновые антенны. Л: Судостроение, 1967. С. 381 – 389.

УДК 621.396

ПОДОПТИМАЛЬНЫЙ ФИЛЬТР СЖАТИЯ ШУМОПОДОБНЫХ СИГНАЛОВ С ФАЗОВОЙ МАНИПУЛЯЦИЕЙ

Я. Л. Ву Хан, В. А. Сеницын, Л. Б. Фридман

АО «Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры»
 Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д. Ф. Устинова

Представлены результаты анализа влияния доплеровского сдвига частоты на эффективность подоптимального сжатия шумоподобных сигналов с фазовой манипуляцией. При этом рассматривались сигналы с увеличенной базой, выполненные в соответствии с полифазными