

Планарная печатная антенная решетка для доплеровского измерителя скорости и угла сноса

Кондратьев А.В., Скобелев Д.Н., Курганов И.Н., Байбаков Д.Б., Стрекопытов Д.В.

НИУ «МИЭТ», г. Москва, kondrat89@bk.ru

Аннотация — Выбор метода реализации антенной решетки для доплеровского измерителя скорости и угла сноса обуславливается особенностями режима полета ЛА, его ТТХ и параметрами подстилающей поверхности. Для создания требуемых параметров применяются печатные антенные решетки.

Ключевые слова — антенная решетка, доплеровский измеритель скорости и угла сноса, диаграмма направленности.

I. ВВЕДЕНИЕ

Множество современных радиоэлектронных средств включает в свой состав антенны и антенные системы, связанные с высокочастотными трактами, усилителями, синтезаторами и многими другими активными и пассивными устройствами.

Антенная техника широко используется в авиации. Характерной областью является аппаратура для обеспечения автономности вождения летательных аппаратов (ЛА). В настоящий момент одной из наиболее трудно решаемых задач является определение вектора путевой скорости ЛА относительно земли. Стандартные указатели скорости, работающие благодаря измерению давления встречного потока воздуха, дают возможность определить только воздушную скорость, то есть скорость изменения местоположения самолета относительно воздушной среды, в которой осуществляет движение ЛА. ДИСС же дает возможность определить истинную скорость ЛА относительно земли.

II. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕЧАТНОЙ ПЛАНАРНОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ ВЕРТОЛЕТНОГО ДИСС В САПР CST

Отталкиваясь от известных вариантов исполнения данного типа устройств, разрешенных габаритных размеров, а также ТТХ ЛА была построена электродинамическая модель, а также проведена оптимизация характеристик антенны для получения максимального коэффициента усиления в полосе рабочих частот, а также отклонение лучей диаграммы направленности на заданные углы. По итогам оптимизации в САПР (CST) были выбраны следующие геометрические параметры антенной решетки:

- Ширина антенной решетки <350 мм;
- Длина антенной решетки <375 мм;

• Количество элементарных излучателей 20
В результате моделирования были получены следующие характеристики антенной решетки:

- волновое сопротивление всех входов 50 Ом;
- коэффициент стоячей волны <1.2;
- коэффициент усиления >29 дБ.

III. РЕАЛИЗАЦИЯ ПЛАНАРНОЙ ПЕЧАТНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ ДИСС

Антенна состоит из набора элементарных излучателей, расположенных симметрично относительно друг друга, как показано на рисунке 2. На рисунке 1 представлена модель элементарного излучателя с его габаритными размерами.

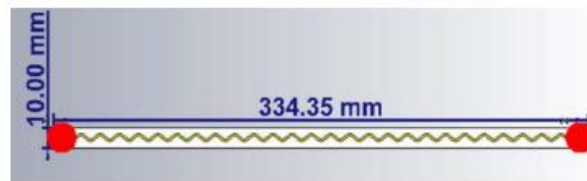


Рис. 1. Модель элементарного излучателя

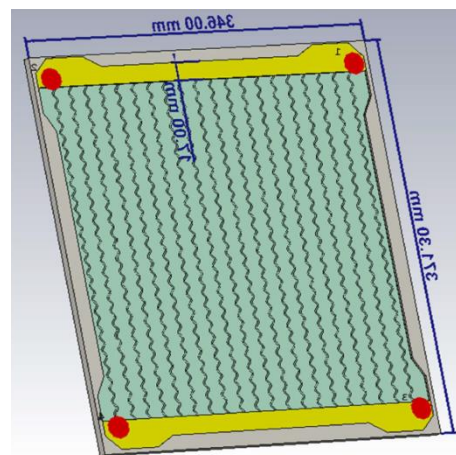


Рис. 2а. Модель антенной решетки

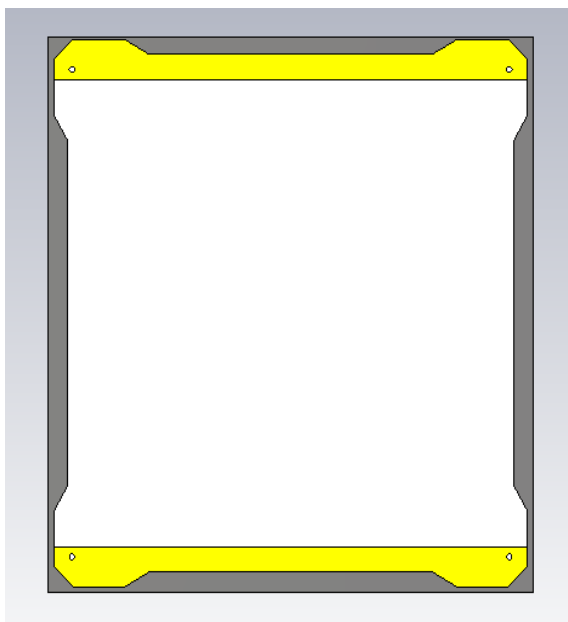


Рис. 26. Модель антенной решетки

Для обеспечения отклонения лучей ДН от перпендикуляра к поверхности антенного полотна на заданные углы была промоделирована линия питания с петлями фазовых задержек. На рисунке 3 представлен отрезок линии питания элементарных излучателей.

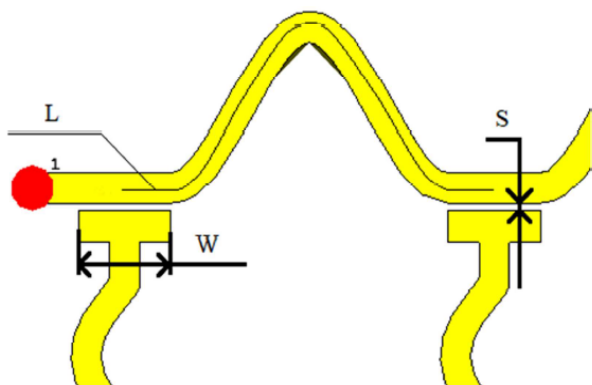


Рис. 3. Модель отрезка линии питания элементарных излучателей

На рисунке представлены оптимизируемые параметры. Длиной L задается фазовая задержка между элементарными излучателями для формирования отклоненных от нормали лучей ДН, а при помощи изменения параметров W и S изменяется коэффициент передачи от питающей линии к ЭИ.

Также на рисунке 4 представлен участок экранирующего слоя.

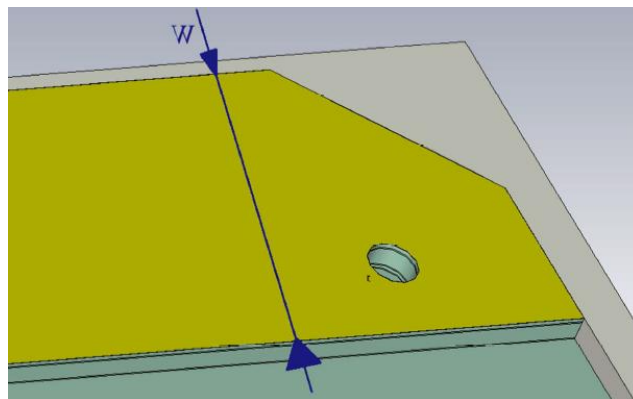


Рис. 4. Участок экранирующего слоя

Применение экранирующих слоев позволяет выровнять и увеличить общий уровень коэффициента усиления для всех лучей ДН. Также данное изменение конструкции не влияет на остальные характеристики устройства.

Для осуществления коммутации с блоком приемопередатчика требуется произвести соединение линии «запитки» с внутренней линией питания антенной решеткой путем пайки коаксиального кабеля. На рисунке 5 представлена схема подключения.

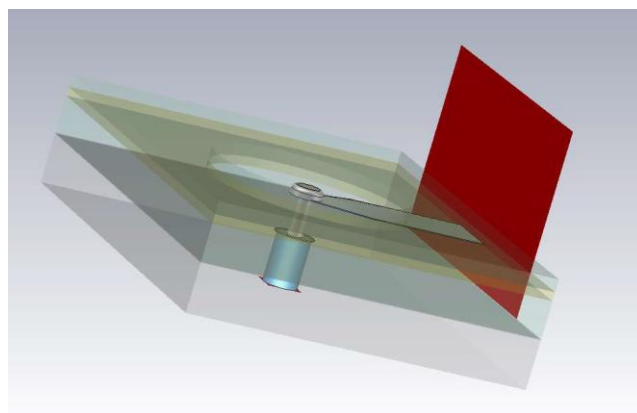


Рис. 5. Схема подключения коаксиального кабеля к линии питания АР

Измерение уровня согласования антенны с 50 Ом трактом осуществлялось с помощью векторного анализатора цепей R&S ZNA. Коэффициент стоячей волны по входу антенны не превышает 1.1, а модуль коэффициента отражения минус 26 дБ. На рисунках 6 и 7 представлены результаты измерения КСВ для двух симметричных портов.

Также приведем углы отклонения ДН от перпендикуляра, проведенного из центра топологии АР. Результаты сведены в таблицу 1. Требование к углу отклонения лучей составлялось исходя из крайних положений тангажа и крена ЛА. Углы, представленные ниже, полностью удовлетворяют требованиям ТТХ ЛА и обеспечивают его работоспособность в предельных режимах работы.

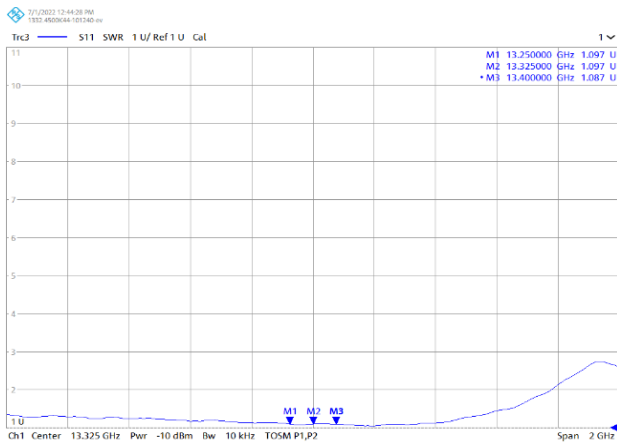


Рис. 6. Коэффициент стоячей волны по входу антенны для первого луча ДН

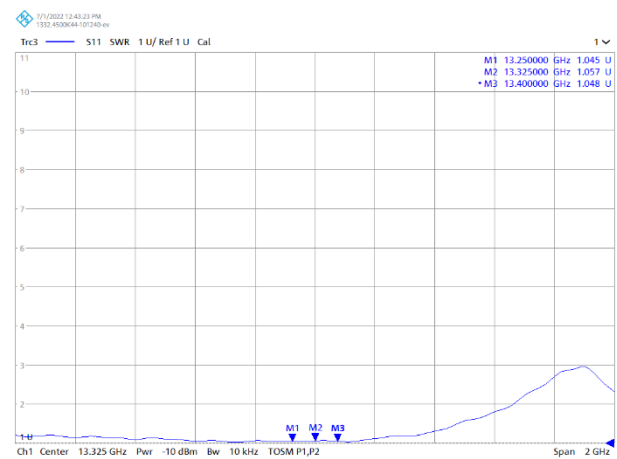


Рис. 7. Коэффициент стоячей волны по входу антенны для второго луча

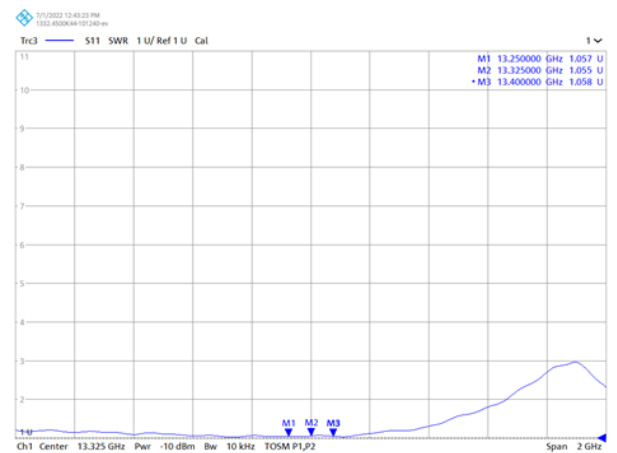


Рис. 8. Коэффициент стоячей волны по входу антенны для третьего луча

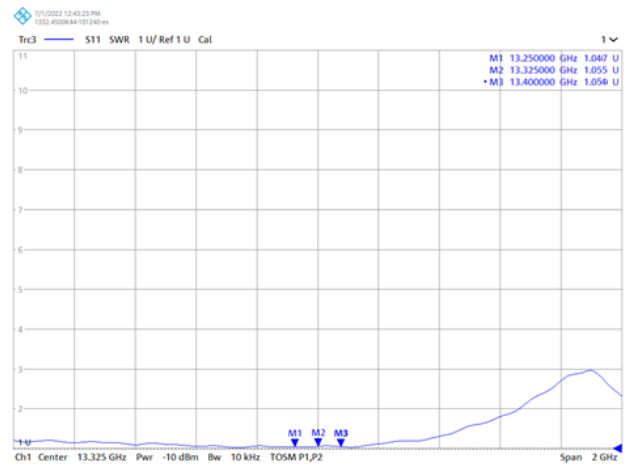


Рис. 9. Коэффициент стоячей волны по входу антенны для четвертого луча

Также приведем углы отклонения ДН от перпендикуляра, проведенного из центра топологии АР. Результаты сведены в таблицу 1. Требование к углу отклонения лучей составлялось исходя из крайних положений тангажа и крена ЛА. Углы, представленные ниже, полностью удовлетворяют требованиям ТТХ ЛА и обеспечивают его работоспособность в предельных режимах работы.

Таблица 1

Перевод измеренных углов ДН в углы относительно перпендикуляра к излучающей поверхности.

	Луч 1, град.	Луч 2, град.	Луч 3, град.	Луч 4, град.
Азимут, град.	126.5	235.4	305.8	55
Угол места, град.	20.9	19.8	20.9	20.9
φ , град.	12.8	12.55	12.59	12.35
θ , град.	16.66	16.19	16.82	16.99

Для оценки КУ было проведено моделирование итоговой топологии и ниже на рисунках 10-13 представлены ДН первого, второго, третьего и четвертого лучей.

Из рисунков видно, что КУ для лучей не менее 29 дБ, УБЛ достаточно низкие.

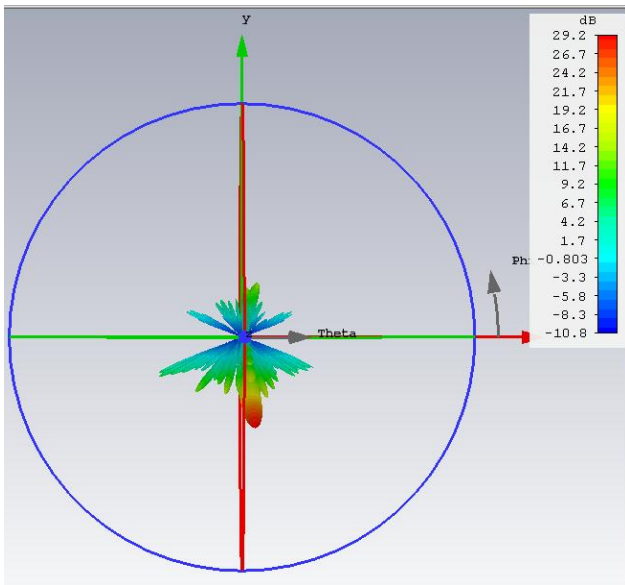


Рис. 10. ДН 1-го луча АР с печатным экранирующим слоем

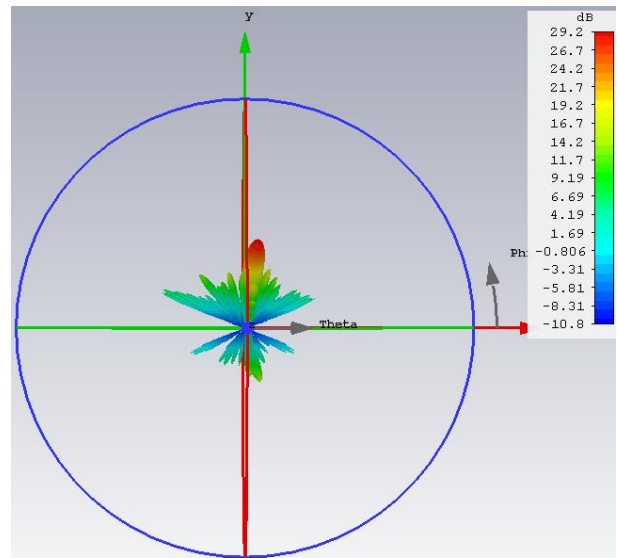


Рис. 12. ДН 3-го луча АР с печатным экранирующим слоем

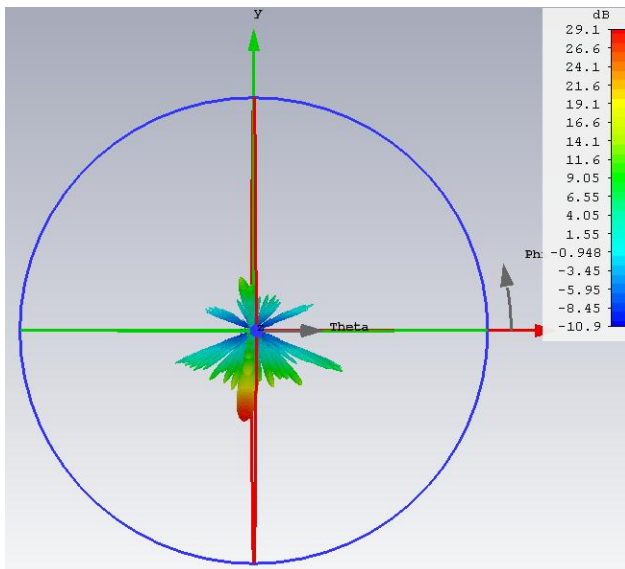


Рис. 11. ДН 2-го луча АР с печатным экранирующим слоем

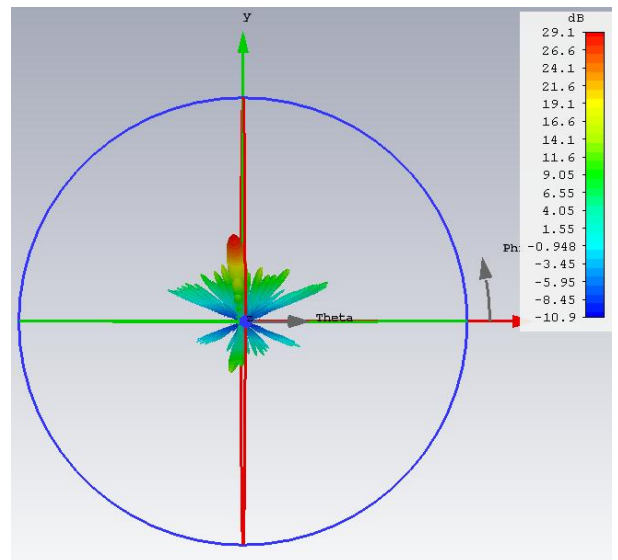


Рис. 13. ДН 4-го луча АР с печатным экранирующим слоем

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проделанной работы было установлено, что оптимизированные геометрические размеры антенны, и полученные в ходе моделирования данные подтвердились результатами экспериментов. Таким образом, можно использовать для реализации антенн такого вида данную топологию.

Используемые сокращения:

- ТТХ – тактико- технические характеристики
- ЛА – летательный аппарат

- ДИСС – доплеровский измеритель скорости и сноса
- ДН – диаграмма направленности
- ЭИ – элементарный излучатель
- КСВ – коэффициент стоячей волны
- АР – антенная решетка
- КУ – коэффициент усиления
- УБЛ – уровень боковых лепестков
- Град. – градус

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Радиотехнические системы: учебник для студ. высш. учеб. заведений / под ред. Ю. М. Казаринова. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 592 с.
- [2] Ле Дин Ву, Лебедько Е.Г. Анализ отражательных характеристик подстилающей поверхности при измерении наклонной дальности // изв. вузов. Приборостроение. 2016. Т. 59, №7. С.571-577.
- [3] А. В. Шишлов, Б. А. Левитан, С.А. Топчиев, В. Р. Анпилогов, В. В. Денисенко. Многолучевые антенны для систем радиолокации и связи. Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2018. № 7.
- [4] Ротхаммель.К. Антенны. – Москва “Энегррия” 1979.
- [5] Мельник Ю.А. “Радиолокационные методы исследования Земли” – М.: Радио и связь, 2009.

Planar Printed Antenna Array for Doppler Speed and Drift Angle Meter

A.V. Kondratev, D.N. Skobelev, I.N.Kurganov, D.B. Baybakov, D.V. Strekopytov

National Research University of Electronic Technology, Moscow, Russia

kondrat89@bk.ru

Abstract — The article describes a method for implementing an antenna array for a Doppler velocity and drift angle meter, which is determined by the features of the flight mode of the aircraft, its performance characteristics and the parameters of the underlying surface. Patch antennas are used to create the required parameters. This article presents the results of modeling a patch antenna for a helicopter DVS in CAD CST, then, to ensure the deviation of the beams of the DP from the perpendicular to the surface of the antenna fabric at the given angles, a feed line with phase delay loops was modeled, and in order to align and increase the overall level gain shielding layers were applied. Using the vector network analyzer R&S ZNA, the antenna matching levels with a 50 Ohm path were measured, the standing wave ratio (SWR) at the antenna input does not exceed 1.1. To evaluate the gain, the final topology was simulated, which amounted to more than 29 dB. According to the results of the work, it was found that the optimized geometric dimensions of the antenna, and the data obtained during the simulation, were confirmed by the results of experiments. Thus, this topology can be used to implement antennas of this type.

Keywords — antenna array, Doppler speed and drift angle meter, directional diagram.

REFERENCES

- [1] Radiotekhnicheskiye sistemy: uchebnik dlya stud. vyssh. ucheb. Zavedeniy/(Radio engineering systems: textbook for students. higher textbook Institutions) / pod red. YU. M. Kazarinova. – M. : Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2008. – 592 s
- [2] Le Din Vu, Lebed'ko Ye.G. Analiz otrazhatel'nykh kharakteristik podstilayushchey poverkhnosti pri izmerenii naklonnoy dal'nosti (Analysis of the reflective characteristics of the underlying surface when measuring the slant range)// izv. vuzov. Priborostroyeniye. 2016. T. 59, №7. S.571-577.
- [3] A. V. Shishlov, B. A. Levitan, S. A. Topchiev, V. R. Anpilogov, V. V. Denisenko. Multi-beam antennas for radiolocation and communication systems. Journal of radioelectronics [electronic journal]. 2018. № 7. Available at: <http://jre.cplire.ru/jre/jul18/6/text.pdf>
- [4] Rothammel.K. Antennas. - Moscow "Energia" 1979.
- [5] Mel'nik YU.A. “Radiolokatsionnyye metody issledovaniya Zemli”/Radar methods for studying the Earth/ – М.: Radio i svyaz', 2009.