

УДК 621.396.67.095.12

DOI: 10.53403/9785951504944_2020_25.2_192_197

Разработка бортовой передающей антенны с эллиптической поляризацией

**А. Ф. Шишканов, А. С. Курмашов,
П. В. Хохлов, С. А. Шрамко,
Д. Ф. Антонов**

Представлены результаты разработки бортовой передающей антенны с эллиптической поляризацией. Рассмотрена конструкция антенны, приведены ее радиотехнические характеристики. Показана способность антенны работать в высокоскоростных каналах передачи. Антенна не нуждается в настройке после изготовления, имеет эллиптическую поляризацию и широкую полосу согласования. Применяемые материалы обеспечивают стойкость антенны к специальным внешним воздействующим факторам.

Введение

Антенные устройства на современном летательном аппарате (ЛА) служат для решения разнообразных задач – в зависимости от типа и назначения аппарата и особенностей установки на нем радиооборудования [1]. Одна из таких задач – передача телеметрической информации (ТМИ) в процессе натурных испытаний ЛА. Воздействие внешних факторов на антенну ЛА может ухудшить согласование антенны или вывести ее из строя. В статье представлены результаты разработки бортовой передающей антенны с эллиптической поляризацией (рис. 1), обеспечивающей стойкость к длительным воздействиям механических и климатических нагрузок, а также воздействию специального внешнего воздействующего фактора (СВВФ).



Рис. 1. Внешний вид бортовой антенны

Выбор материалов

В соответствии с требованиями в процессе эксплуатации антенна должна обеспечивать стойкость и прочность к длительным воздействиям механических и климатических нагрузок и воздействию СВВФ, а также удовлетворять требованиям по обеспечению массогабаритных характеристик и обеспечивать установку заподлицо на боковой поверхности корпуса изделия.

На этапе эскизного проектирования были проведены расчеты предварительной конструкции антенны на воздействие механических факторов и проанализирована прочность антенны к воздействию СВВФ. На основании расчетов в качестве металлических материалов были выбраны сплав Д16, латунь Л59-1, сталь 20; в качестве диэлектрических материалов допускается применение нитрида бора, стеклотекстолита, пресс-материала РТП-200, полиэтилена. Фторопласт Ф-4, традиционно используемый для изготовления диэлектрических деталей, в условиях воздействия СВВФ применяться не может. В связи с высокой температурой эксплуатации исключен полиэтилен. Для изготовления деталей из нитрида бора и пресс-материала РТП-200 требуются длительные сроки и существенные финансовые затраты, поэтому основным диэлектрическим материалом выбран стеклотекстолит.

Для печатной платы выбран материал ФЛАН-7,2, характеризующийся высокой диэлектрической проницаемостью, стойкостью к воздействию СВВФ и температуре.

Конструкция бортовой антенны

На основании электродинамического моделирования была разработана 3D-модель антенны (рис. 2). Конструктивно антенна представляет собой цилиндр размерами (Ш×В) 162×74 мм и массой 1,25 кг (рис. 3). Бортовая антенна относится к классу вибраторных антенн и имеет эллиптическую поляризацию.

Внутри корпуса 1 бортовой антенны установлен диэлектрический изолятор 2 из стеклотекстолита. На изолятор устанавливается излучающая печатная плата 5, которая двумя винтами 6 крепится к корпусу антенны. С внешней стороны на печатную плату устанавливается накладка 4, которая фиксируется с помощью кольца 3, обеспечивая горизонтальную установку печатной платы.

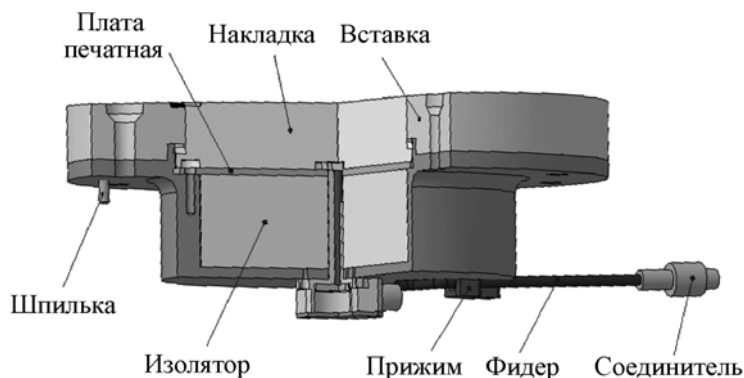


Рис. 2. 3D-модель бортовой антенны

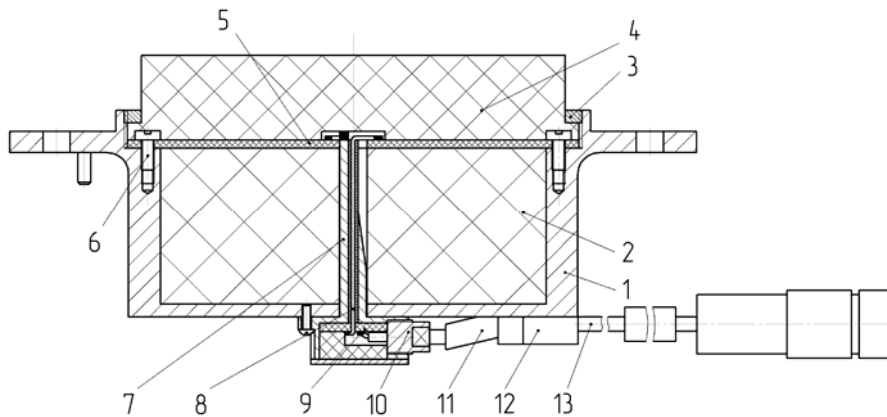


Рис. 3. Конструкция бортовой антенны: 1 – корпус, 2 – изолятор, 3 – кольцо, 4 – накладка, 5 – плата печатная, 6 – винт, 7 – корпус ВЧ-линии, 8 – кабель, 9 – плата печатная, 10 – втулка, 11 – стеклоткань, 12 – прижим, 13 – фидер

Согласование излучающей платы 5 с фидером 13 осуществляется через ВЧ-линию. ВЧ-линия антенны образована корпусом ВЧ-линии 7 и проходящим внутри него отрезком кабеля 8. Корпус ВЧ-линии имеет характерный срез и с помощью многожильного провода распаивается на одну половину рисунка излучающей платы, а центральная жила кабеля распаивается на вторую половину (рис. 4). При этом многожильным проводом сделана S-образная петля для уменьшения влияния вибрации на корпус ВЧ-линии.

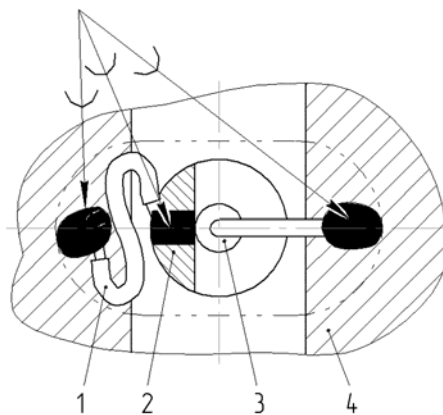


Рис. 4. Распайка ВЧ-линии на излучающей плате: 1 – многожильный провод, 2 – корпус ВЧ-линии, 3 – кабель, 4 – печатная плата

Соединение ВЧ-линии с фидером 13 (см. рис. 3) осуществляется через согласующую печатную плату 9, с одной стороны которой паяется отрезок кабеля из ВЧ-линии, а с другой – центральная жила фидера. Экран фидера распаивается на втулку 10, которая вкручивается в корпус ВЧ-линии.

Крепление фидера к антенне осуществляется прижимом 12 (см. рис. 3). Для исключения повреждения изоляции фидера в месте крепления на кабель фидера наложен бандаж из стеклоткани 11.

Установка антенны на корпусе летательного аппарата

Схема установки бортовой антенны на корпусе ЛА приведена на рис. 5.

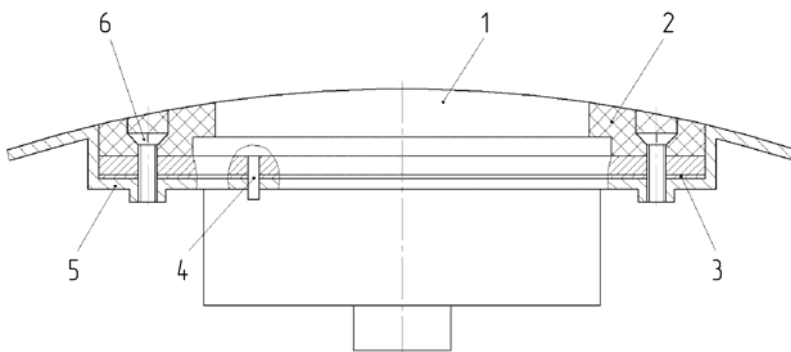


Рис. 5. Схема установки бортовой антенны в ЛА: 1 – антенна, 2 – вставка, 3 – контактная пластина 4 – шпилька; 5 – корпус ЛА, 6 – винт

Антенна 1 крепится к корпусу ЛА 5 через фланец с помощью восьми винтов 6. Для восстановления теоретического контура ЛА и защиты фланца антенны от внешнего теплового воздействия на него устанавливается вставка из стеклотекстолита 2. Для ориентации цилиндрической поверхности накладки относительно оси ЛА в конструкции антенны предусмотрена позиционирующая шпилька 4. Для обеспечения надежного электрического контакта между корпусом антенны и корпусом ЛА устанавливается контактная пластина 3.

Принцип функционирования и технические характеристики бортовой антенны

Принцип функционирования бортовой антенны ЛА заключается в следующем: высокочастотный сигнал от передатчика через коаксиальный соединитель поступает к излучателю. ВЧ-сигнал, протекающий по излучателю, возбуждает электромагнитное поле эллиптической поляризации в раскрыве антенны. С целью симметрирования антенны внешний проводник линии запитки плавно срезан, начиная с основания резонатора. Эллиптическая поляризация излучаемого сигнала достигается за счет того, что фазы токов ортогональных плеч вибратора относительно входных зажимов отличаются приблизительно на 90° .

Возбужденное излучателем электромагнитное поле в раскрыве антенны излучается в свободное пространство.

Разработанная антенна имеет эллиптическую поляризацию с коэффициентом эллиптичности 0,7, что обеспечивает при повороте передающей антенны на угол 90° изменение мощности принимаемого сигнала не более чем в 2 раза. Таким образом, ЛА в процессе испытаний может быть произвольным образом ориентирован относительно приемного пункта ТМИ.

Эллиптическую поляризацию обеспечивает форма излучателей (рис. 6). Длина и ширина каждого плеча излучателя рассчитаны таким образом, чтобы разность фаз токов между коротким и длинным плечом составляла 90° [2]. При излучении электрический вектор \vec{E} вращается против часовой стрелки, следовательно, поляризация – эллиптическая правосторонняя.

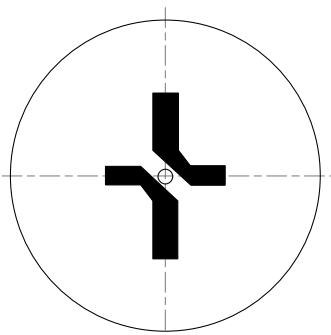


Рис. 6. Излучатели

Разработанная антенна обладает широкой полосой согласования (≈ 220 МГц) и не нуждается в настройке после изготовления. Характеристика согласования антенны представлена на рис. 7.

Бортовая антенна ЛА обеспечивает передачу сигнала с шириной спектра 25 МГц и пригодна для использования в высокоинформативном радиоканале со скоростью передачи данных 3 Мбит/с.

Значение коэффициента усиления антенны ЛА в максимуме диаграммы направленности, полученное по результатам измерений на имитаторе кормовой части корпуса ЛА, составляет не менее 4,0 дБ. КПД антенны ≈ 70 %.

Форма диаграммы направленности разработанной антенны симметрична относительно оси антенны. На рис. 8 показано сечение нормированной диаграммы направленности бортовой антенны ЛА.

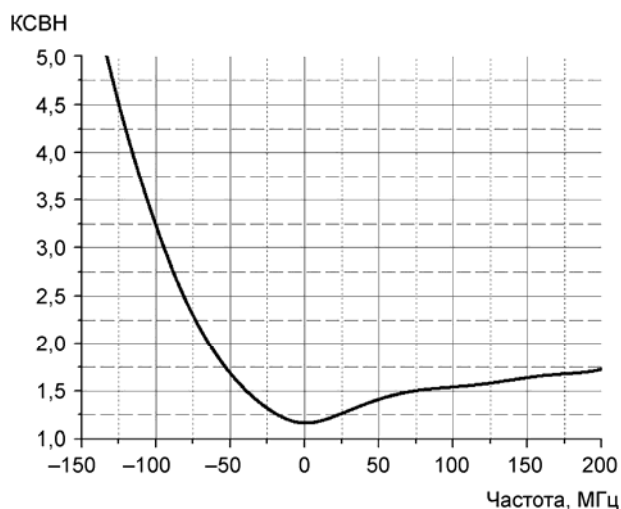


Рис. 7. Характеристика согласования антенны

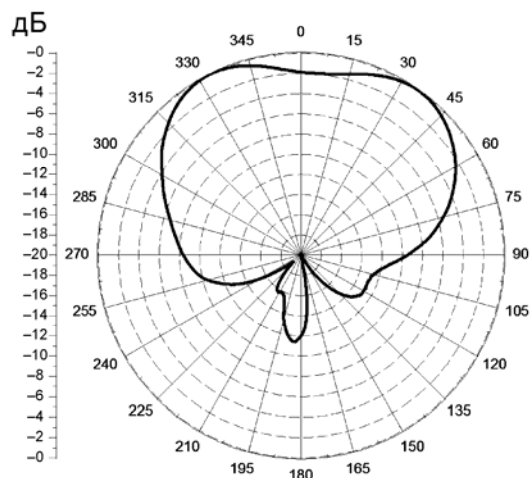


Рис. 8. Диаграмма направленности бортовой антенны

Направление излучения диаграммы направленности, а, значит, и основной части мощности ориентировано перпендикулярно продольной оси ЛА.

Заключение

Разработана оригинальная конструкция бортовой передающей антенны с эллиптической поляризацией. Достоинствами разработанной антенны являются:

- широкая полоса согласования;
- отсутствие необходимости в настройке после изготовления и в процессе эксплуатации;
- эллиптическая поляризация;
- возможность работы в высокоскоростных каналах передачи ТМИ;
- стойкость к длительным воздействиям механических и климатических нагрузок;
- стойкость к воздействию СВВФ.

На конструкцию антенны ЛА получен патент № 2589462 [3].

Список литературы

1. Резник Г. Б. Антенны летательных аппаратов. – М.: Советское радио, 1967.
2. Дрaбкин А. Л., Зузенко В. Л., Кислов А. Г. Антенно-фидерные устройства. – М.: Советское радио, 1974.
3. Пат. 2589462 РФ, МКИ Н01Q 13/10. Антенна летательного аппарата / А. Ф. Шишканов, А. С. Курмашов, С. А. Шрамко, П. В. Хохлов, А. В. Иванов // <http://www1.fips.ru>.

Design of Aerospace Elliptically Polarized Transmitting Antenna

A. F. Shishkanov, A. S. Kurmashov, P. V. Khokhlov, S. A. Shramko, D. F. Antonov

Results of aerospace elliptically polarized transmitting antenna design are presented. Design of antenna is considered, its radio technical characteristics are provided. The fact that antenna is capable to operate in high-speed transmission channels, does not need to be tuned after manufacturing, is elliptically polarized and has a wide matching bandwidth is demonstrated. Applied materials provide its resistance to special exposure factors.