

УДК 621.396.677

М.Н. Ясечко, И.В. Красношапка, М.И. Литвиненко

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОСТРОЕНИЮ ПЕРЕДАЮЩИХ ТРАКТОВ ДЛЯ СРЕДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОРАЖЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Проведен краткий обзор возможного применения средства функционального поражения радиоэлектронных средств. Предложен вариант построения передающих трактов для средства функционального поражения радиоэлектронных средств.

Ключевые слова: фазированная антенная решетка, функциональное поражение, радиоэлектронные средства.

Введение

Актуальность борьбы с БПЛА в современных военных конфликтах является безусловной, поэтому борьба со СВН (далее – средства воздушного нападения), включая БПЛА, должна вестись всеми зенитными ракетными и артиллерийскими комплексами, которые имеются на вооружении, а также уничтожаться авиацией. Однако применение зенитных управляемых ракет для уничтожения БПЛА не всегда целесообразно в силу высокой стоимости ракет и низкой их эффективности при поражении малоразмерных малозаметных целей. Следовательно, учитывая нецелесообразность с точки зрения системотехнического критерия «эффективность-стоимость» использования зенитных управляемых ракет для уничтожения БПЛА, а также в сложности их наведения, возникает необходимость в поиске новых технических путей противодействия БПЛА. В настоящее время одним из перспективных направлений считается создание ЭМО (далее – электромагнитное оружие), представляющее собой воздействие мощного ЭМИ (далее – электромагнитное излучение) на РЭС.

Одним из перспективных направлений создания средств ФП (далее – функциональное поражение) является разработка многофункциональных РТС с передающими фазированными антенными решетками, обеспечивающими фокусирование ЭМИ в заданную точку пространства. При этом параметрами, управляющими формированием заданной структуры поля и достижением необходимых уровней мощности, являются не только амплитудное и фазовое распределение в апертуре ФАР, но также частотное и временное распределения. Необходимо также отметить, что в последнее время особый интерес у разработчиков для реализации ФП вызывают цилиндрические ФАР, обладающие рядом преимуществ перед плоскими. В связи с этим, определенный интерес представляет обзор методов фокуси-

рования ЭМИ с различными возможностями управления распределениями токов в апертуре ФАР [4].

Первоначально задача фокусирования возникла при проведении ближнезонных измерений диаграмм направленности крупноапертурных антенн. Используемые при этом пространственно-фазовые методы фокусировки ЭМИ в зоне Френеля позволили добиться достаточно хороших результатов [1]. Следующим шагом на пути развития средств и методов фокусировки были вопросы, связанные с созданием "электромагнитного снаряда".

Модификации традиционных методов управляемой фокусировки ЭМИ с использованием на их основе взаимосогласованного пространственного, амплитудного, фазового, частотного и временного управления параметрами сигналов по апертуре излучателей ФАР являются наиболее универсальными.

В то же время, основными проблемными вопросами является необходимость разработки принципиально новых импульсных устройств формирования сигналов.

Основная часть

Для оценки возможностей построения формирующих каналов средства ФП необходимо также проанализировать различные варианты технической реализации передающих каналов средств ФП БПЛА на основе равнодискретных одноступенчатого и многоступенчатого V-образных распределений частот по апертуре цилиндрической ФАР: с использованием цифровых и аналоговых устройств передающих трактов, систем синхронизации и передачи данных.

Для выполнения задачи построения передающих трактов для средства функционального поражения радиоэлектронных средств необходимо предъявить требования к параметрам фазированной антенной решетке средства функционального поражения.

Предложена конструкция антенной системы, позволяющей осуществлять внутриполосное ФП БПЛА в диапазоне частот от 10 ГГц до 12 ГГц. Так, как показано в [7], для дальности действия $R=5$ км в МЧ средствах ФП целесообразно использовать цилиндрическую ФАР с максимальным размером апертуры $L=2,54$ м; шаг решетки вдоль направляющей $d_x=1,0\lambda$, $d_y=0,8\lambda$ где $\lambda \cong 0,03$ м.

Для количества излучателей $M_x=88$ в плоскости направляющей радиус цилиндра составит 1,25 м, количество излучателей, принимающих участие в формировании поля – $N=88 \times 20=1760$, КНД антенны – 37 дБ. Уточненное значение мощности, подводи-

мой к антенной при излучении одиночного сигнала составляет $P_{изл}=0,25$ МВт или для одного излучателя $P_{изл}=142$ Вт.

По сравнению с фокусировкой ЭМИ на основе нелинейных законов ПФЧ и ПФЧВ управления излучаемыми сигналами, применение равнодискретных V-образных распределений частот по апертуре ЦФАР при создании МЧ ПВС ПФЧ методом управления позволяет упростить устройства формирования как одиночных, так и пачек периодических последовательностей МЧ ПВС.

Структурная схема предлагаемого передающего тракта представлена на рис. 1.

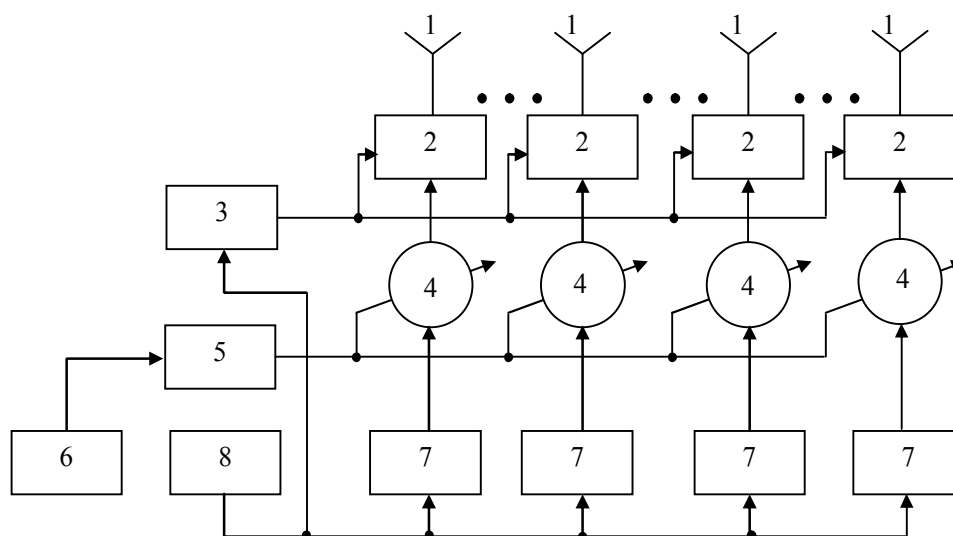


Рис. 1. Блок-схема передающих каналов цилиндрической ФАР средства ФП РЭС

С учетом того, что количество элементов ФАР, создающих необходимое поле в заданном направлении, существенно меньше общего количества элементов ФАР, позволяет существенно упростить конструкцию передающего тракта. Предлагается вариант построения передающей ФАР с ПФЧ управлением излучаемыми сигналами, на основе современных технических решений, основанных на твердотельной полупроводниковой технике.

На рис. 1 представлена блок-схема передающих каналов заявляемой цилиндрической ФАР, на которой введены обозначения:

- 1 – излучатели;
- 2 – усилители мощности;
- 3 – импульсный модулятор;
- 4 – управляемые фазовращатели (УФ);
- 5 – система управления фазовращателями (СУФ);
- 6 – спецвычислитель;
- 7 – система формирования когерентной сетки частот (СФСЧ);
- 8 – блок управления.

Система формирования когерентной сетки частот реализована с помощью системы косвенного синтеза на основе фазовой автоматической под-

стройки частоты (Phase-Locked Loop, PLL). Такие синтезаторы позволяют получить синусоидальный сигнал с частотой в гигагерцы и дискретностью менее ста герц, синхронный опорной частоте и фазовой стабильностью не хуже, чем у опорного генератора.

Кроме того, синтезаторы на основе ФАПЧ обеспечивают высокую спектральную чистоту сигнала, необходимую для радиолокационной аппаратуры высокого разрешения. Компания Analog Devices выпускает широкий спектр микросхем ФАПЧ и синтезаторов на основе ФАПЧ. Синтезаторы частоты с ФАПЧ представлены семейством из 9 микросхем ADF4360-0/1/2/3/4/5/6/7/8, реализованных по единой структурной схеме.

Схема синтезатора содержит:
встроенный генератор,
управляемый напряжением (ГУН),
цифровой детектор, выполненный на основе фазового компаратора,
входной делитель с целочисленным коэффициентом деления;
петлевой делитель также с целочисленным коэффициентом деления.

В качестве блока управления может использоваться любой микропроцессор, подходящий под соответствующие задачи.

В фазовращателях, которые управляются соответствующими сигналами, поступающими от блока управления фазами (спецвычислителя), устанавливаются начальные фазы выходных сигналов Φ_{0mn} в зависимости от выбранного углового направления излучения.

С помощью импульсного модулятора, например серии МИ1, реализуется импульсный режим работы усилителей наносекундной длительности, в соответствии с выбранным режимом.

Для достижения заданной выходной мощности в качестве усилителей можно использовать усилители типа МРКМ-14500/R концерна General Dynamics (до 500 Вт на частотах до 14,5 ГГц). В усилителе используется сложение мощностей 8–16 транзисторных субблоков.

Кроме того, они оснащены развернутыми подсистемами управления, модуляции, расширения динамического диапазона.

Вывод

Таким образом, рассмотренный вариант технической реализации формирующих каналов средств ФП радиоэлектронных систем БПЛА на основе равнодискретных одноступенчатого и многоступенчатого V-образных распределений частот по апертуре цилиндрических ФАР достаточно легко могут быть реализованы на основе использования цифровых устройств формирования несущих частот с использованием освоенных промышленностью СВЧ элементов передающих трактов, систем синхронизации и передачи данных.

Исходя из вышесказанного, вариант технической реализации передающих каналов цилиндрической ФАР средства ФП РЭС получает дальнейшее развитие по сравнению с передающим каналом средства ФП РЭС на основе использования генератора гармоник [6].

Список литературы

1. Гомозов А.В. Фокусировка электромагнитного излучения и ее применение в радиоэлектронных средствах СВЧ / А.В. Гомозов, В.И. Гомозов, Г.В. Ермаков, С.В. Титов; под ред. В.И. Гомозова. – Х.: "Городская типография, 2011. – 330 с.
2. Гомозов В.И. Новый метод фокусировки электромагнитных излучений / В.И. Гомозов, А.В. Гомозов // Антенны. – 2001. – Вып. 3(49). – С. 54-60.
3. Кравченко В.И. Электромагнитное оружие / В.И. Кравченко. – Х.: Изд-во НТУ «ХПИ», 2008. – 185 с.
4. Кравченко В.И. Оружие на нетрадиционных физических принципах: Электромагнитное оружие / В.И. Кравченко. – Х.: Изд-во – "НТМТ", 2009. – 266 с.
5. Формирование направленного пространственно-временного импульса путем пространственно-частотно-фазовой модуляции сигналов в каналах передающей ФАР / В.А. Александров, Ю.П. Бабков, В.И. Гомозов и др. // Научные проблемы совершенствования радиоэлектронных средств и систем ПВО с использованием новых технических решений и принципов построения. – Х.: ВИРТА, 1991. – Вып. 28. – С. 174-182.
6. Ясечко М.Н. Рекомендации по технической реализации формирующих каналов цилиндрических фазированных антенных решеток с V-образными распределениями частот по апертуре для средств функционального поражения БПЛА / М.Н. Ясечко, О.М. Воробийов // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2013. – Вип. 4(111). – С. 48-51.
7. Ясечко М.Н. Излучение последовательностей многочастотных пространственно-временных сигналов цилиндрическими антенными решетками с заданными характеристиками / М.Н. Ясечко, Г.В. Ермаков // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2011. – Вип. 1 (27). – С. 119-122.

Поступила в редколлегию 27.03.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Стасев, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОБУДОВИ ПЕРЕДАЮЧИХ ТРАКТІВ ДЛЯ ЗАСОБУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО УРАЖЕННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ

М.М. Ясечко, І.В. Красношапка, М.І. Литвиненко

Проведено короткий огляд можливого застосування засобу функціонального ураження радіоелектронних засобів. Запропоновано варіант побудови передаючих трактів для засобу функціонального ураження радіоелектронних засобів.

Ключові слова: фазована антенна решітка, функціональне ураження, радіоелектронні засоби.

RECOMMENDATIONS ON BUILDING THE TRANSMISSION PATH FOR FUNCTIONAL DAMAGE RADIO-ELECTRONIC MEANS

M.N. Iasechko, I.V. Krasnoshapka, M.I. Litvinenko

Provide a brief overview of the possible use of functional tools of radio-electronic means. Variant of building the transmission path for functional damage radio-electronic means

Keywords: electromagnetic compatibility, functional damage, radio-electronic means.