
УДК 621.396.677

М.Н. Ясечко, Д.В. Максюта, А.М. Дзигора

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ СРЕДСТВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОРАЖЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Проведен анализ возможного применения различного типа антенных решеток для перспективных средств функционального поражения радиоэлектронной аппаратуры летательных аппаратов тактического уровня действия.

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

Введение

Для эффективной борьбы с современными СВН возникает необходимость в поиске новых технических путей радиоэлектронного противодействия. В настоящее время одним из перспективных направлений является создание электромагнитного оружия, представляющее собой воздействие мощного электромагнитного импульса на радиотехнические системы с целью функционального поражения бортового оборудования БПЛА.

Применение средства функционального поражения в боевых порядках бригады ПВО Сухопутных войск для закрытия «провалов» в зонах поражения и борьбы с маловысотными и высокоскоростными БПЛА. При ведении боевых действий возможна ситуация, когда в направлениях, отличных от направления главного удара, БПЛА ведут разведку с выдачей целеуказания над территорией бригады, т.е. в тылу обороняющихся войск. Для уничтожения таких целей использовать ракетные и артиллерийские каналы ЗРК первого эшелона нецелесообразно,

поскольку их и так недостаточно или они могут нанести ущерб своим же объектам, исходя из выше сказанного предлагается использовать средства функционального поражения радиоэлектронной аппаратуры БПЛА на основе применения ФАР.

Изложение основного материала

В настоящее время проведены глубокие теоретические исследования по разработке многофункциональных РТС с передающими фазированными антенными решетками, обеспечивающими фокусирование ЭМИ в заданную точку пространства в зоне Френеля и частично в зону Фраунгофера. При этом параметрами, управляющими формированием заданной структурой поля и достижением необходимых уровней мощности, являются амплитудное, фазовое, частотное и временное распределения по апертуре ФАР. Однако, в большинстве случаев, как правило, рассматриваются плоские ФАР или многопозиционная система излучателей с линейной поляризацией.

Анализ применения плоских ФАР в этом случае вызывает необходимость предусмотреть механическое вращение решетки по аналогии с антенными системами разведки и целеуказания СОЦ. Однако в силу неопределенности скорости движения БПЛА, инерционности устройств вращения и возникающих при этом ошибок использовать плоские ФАР в средствах функционального поражения (ФП) нецелесообразно. Кроме этого, при вращении решетки происходит "лишнее" излучение энергии в направлениях, отличных от направления фокусировки. Существенным достоинством цилиндрической ФАР является возможность ФП нескольких БПЛА, находящихся на разных азимутах.

В соответствии с вышесказанным очевидно, что антенная система средства ФП БПЛА должна быть обзорной по азимуту, т.е. цилиндрической.

Известно, что при сканировании возникают искажения ДН, что приводит к снижению КНД. Например, при сканировании на угол более 45° в плоской ФАР наблюдается значительное увеличение боковых лепестков, а при угле 60° использование сканирования вообще теряет смысл. При сканировании лучом в плоской ФАР возникают искажения и в угломестной, и в азимутальной плоскости. При использовании ЦФАР искажения в диаграмме направленности не возникают, так как сканирование по углу места отсутствует, а конформное сканирование по азимуту не вызывает снижения КНД антенной системы.

Еще одним важным достоинством ЦФАР более слабая по сравнению с плоскими антенными решетками взаимная связь излучателей из-за пространственного разворота их осей, зависящего от радиуса ЦФАР. В соответствии с этим уменьшается уровень боковых лепестков диаграммы направленности антенны, что приводит к увеличению КУ по сравнению с плоской фазированной антенной решеткой.

Известно также, что для отсутствия дифракционных максимумов необходимо, чтобы расстояние между излучателями в плоской фазированной антенной решетке было бы меньше рабочей длины волны. Для цилиндрической фазированной антенной решетки имеется возможность уменьшения количества элементов по образующей (путем увеличения шага размещения до $d \leq 1,1 \lambda$, где λ – длина волны) за счет кривизны поверхности, что приводит к уменьшению ее габаритных размеров.

Более существенным параметром, влияющим на выбор типа антенной системы, является полоса пропускания ФАР. Рассмотрим частотные свойства, связанные с построением ФАР, в предположении, что элементная база (фазовращатель, излучатель, линия передачи и т. д.) не ограничивает полосу пропускания. В ФАР с параллельным питанием линиями равной электрической длины начальное фазовое распределение не зависит от частоты и может быть равномерным. Широкополосные (диапазонные) фазовращатели создают фазовые сдвиги, также не зависящие от частоты. При отклонении луча от нормали с плоской решеткой по азимуту на угол $\beta_{\text{СК}}$ необходим фазовый сдвиг φ между двумя произвольными излучателями, отстоящими друг от друга на шаг d в плоскости сканирования, определяемый по формуле:

$$\varphi = \frac{2\pi d \sin \beta_{\text{СК}}}{\lambda}$$

Изменение длины волны λ , на величину $\Delta\lambda$ приведет к отклонению луча на $\Delta\beta_{\text{СК}}$, определяемому из условия:

$$\varphi = \frac{2\pi d \sin \beta_{\text{СК}}}{\lambda} = \frac{2\pi d \sin(\beta_{\text{СК}} + \Delta\beta_{\text{СК}})}{\lambda + \Delta\lambda}$$

Отсюда можно определить частотный ход луча:

$$\Delta\beta_{\text{СК}} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \text{tg} \beta_{\text{СК}}$$

который не зависит от размера антенны и растет с отклонением луча $\beta_{\text{СК}}$. В результате этого изменяется направленность действия: растет уровень боковых лепестков (УБЛ) и падает КНД. Задавшись допустимым изменением характеристик, можно найти рабочую полосу. Если принять, что смещение луча не должно превышать половины его ширины, то:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \text{tg} \beta_{\text{СК}} \approx \frac{\lambda}{4L \cos \beta}$$

Если задаться допустимым падением КНД на 1 дБ в секторе 55° , то расчеты позволяют установить простую связь между рабочей полосой частот в процентах и шириной диаграммы направленности антенны в градусах:

$$\frac{\Delta f}{f} (\%) \approx 2\beta_{0,7E}$$

В качестве критерия рабочей полосы может быть принято изменение уровня боковых лепестков. При определении полосы необходимо также учитывать характеристики сигналов (очень короткие импульсы, длинные импульсы с меняющейся частотой и т.д.).

Переход к пространственному или последовательному возбуждению элементов АР мало изменяет полосу пропускания. Незначительная рабочая полоса и уменьшение ее с ростом направленности является существенным недостатком плоской ФАР.

Известны два способа построения широкополосных ФАР. В первом случае фазовращатели в ФАР заменяют управляемыми линиями задержки: отрезками линий с волной типа Т, плавно (дискретно) изменяющими длину в пределах половины длины раскрытия антенны ("тромбонными" фазовращателями). В такой антенне разность хода лучей компенсируется длиной питающих линий. Такие устройства реализуются в КВ-диапазоне и мало пригодны в СВЧ-диапазоне.

Второй способ основан на использовании выпуклых ФАР. Как следует из приведенных выше соотношений, расширение полосы пропускания достигается уменьшением $\beta_{\text{ск}}$. В таких ФАР широкоугольное сканирование обеспечивается коммутацией излучающей части антенны, а формирование луча происходит в условиях, близких к излучению по нормали в плоских АР. В осесимметричных выпуклых ФАР удается не только ослабить или устранить частотный ход луча в широкой полосе частот, но и уменьшить частотное изменение ширины ДН. Однако конструкция таких антенн значительно усложняется по сравнению с конструкцией плоских антенн, так как кроме фазовращателей необходима система коммутаторов, управляющая излучающим сектором, и растет число управляемых элементов ФАР.

Выводы

Проведенный анализ указывает на преимущество в выборе цилиндрической фазированной антенной решетки перед передающими плоскими ФАР и многопозиционными системами излучателей (МСИ). Недостатки присутствующие выше перечисленных антенных системах лишены цилиндрические ФАР, обладающие рядом преимуществ перед плоскими. Отметим, что в известной литературе вопросы применения конформных ФАР для осуществления функционального поражения БПЛА с помощью фокусирования последовательностей сигналов не рассматриваются.

Список литературы

7. Кравченко В.И. Электромагнитное оружие / В.И. Кравченко. – Х.: Изд-во НТУ «ХПИ», 2008. – 185 с.
8. Шифрин Я.С. Вопросы статистической теории антенн / Я.С. Шифрин. – М.: Сов. радио, 1970. – 384 с.
9. 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.
10. Гомозов В.И. Новый метод фокусировки электромагнитных излучений / В.И. Гомозов, А.В. Гомозов // Антенны. – 2001. – Вып. 3 (49). – С. 54-60.
11. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: www.iep.urau.ru/razzr/gener/razr_8.html.
12. Антенные устройства / под ред. В.Е. Ямайкина. – Минск: МВИРТУ, 1965. – 530 с.

Поступила в редколлегию 6.02.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.И. Обод, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФАЗОВАНОЇ АНТЕННОЇ РЕШІТКИ ДЛЯ ЗАСОБІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО УРАЖЕННЯ РАДІОЕЛЕКТРОНОЇ АПАРАТУРИ

М.М. Ясечко, Д.В. Максютя, О.М. Дзігора

Проведено аналіз можливого застосування різного типу антенних решіток для перспективних засобів функціонального ураження радіоелектронної апаратури літальних апаратів тактичного рівня дії.

Ключові слова: фазована антенна решітка, функціональне ураження, радіо електроні засоби.

RATIONALE FOR SELECTING CYLINDRICAL PHASED ARRAY FLOWS FUNCTIONAL DAMAGE RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT

M.N. Iasechko, D.V. Maksyuta, A.M. Dzigora

The analysis of the possible use different types's arrays for functional damage of advanced electronic equipment aircraft tactical level actions.

Keywords: electromagnetic compatibility, functional destruction, radiotechnical facilities.