

На рис. 5, в представлены графики, снятые одновременно с двух взаимно противоположных измерительных зубьев. Видно, что имеется сильная интерференция на одном зубе (отрицательные выбросы) и почти полное отсутствие силового взаимодействия на втором зубе. Причина, видимо, в том, что либо центр кулачка сильно смещен относительно оси ИЖК, либо форма огибающей одной из половинок кулачка искажена.

Таким образом, испытания на стенде позволяют проконтролировать работу ВЗП в условиях, приближенных к реальным условиям эксплуатации, и оценить их фактические характеристики. В процессе испытаний также осуществляется приработка зубьев ГК и ЖК друг к другу. Их форма становится ближе к эвольвентной (при изготовлении она трапециевидная) и если имеется незначительная интерференция, то она, практически, исчезает.

13. Обработка результатов испытаний и последующий анализ заключаются в определении дополнительных данных (например, числа зубьев, находящихся в зацеплении и т. д.) по экспериментально полученным эпюрам и характеристикам, привязке и сопоставлению всех имеющихся данных, поиску возможных причин интерференции или других отклонений характеристик данной ВЗП.

14. По результатам анализа выдается заключение о дальнейшей судьбе ВЗП: а) если она признается годной, то передается на дальнейшую сборку привода;

б) снова подвергается испытаниям на стенде для приработки и последующего контроля; в) направляется на перекомлектацию и дополнительные исследования с целью установления причин отклонения характеристик ВЗП.

Описанная методика пооперационного контроля изготовления и сборки ВЗП приводов СБ была реализована для КА «Ресурс-ДК», успешная эксплуатация которого более назначенного срока, в частности, отсутствие претензий к работе приводов, подтвердила эффективность описанного технологического процесса селективной сборки.

Резюмируя изложенное применительно конкретно к волновым передачам, можно сформулировать следующие выводы:

1) элементы ВЗП должны подвергаться тщательному контролю их параметров на всех стадиях изготовления, сборки и испытаний;

2) должно быть разработано достаточное количество критериев, позволяющих оценить совместимость параметров составных элементов и определить ожидаемые характеристики передачи (в данном случае, всего пять простых критериев позволили собрать ВЗП с вполне приемлемыми характеристиками);

3) испытания ВЗП показали, что форма зубьев гибкого и жесткого колес существенно влияет на работу передачи, поэтому она должна контролироваться и должны быть разработаны соответствующие критерии.

O. P. Prudnikov, S. V. Tyulevin, D. V. Nazarov

METHOD AND CRITERION OF SELECTIVE ASSEMBLY OF WAVE GEAR DRIVES OF SOLAR BATTERIES OF SPACE VEHICLES

The authors offer a method of selective assembly of wave gear drives of the solar batteries, using five criterion for estimation of geometry and mutual interface of elements of the drive. These criterion, their calculation and results of practical application, are described.

Keywords: solar batteries drives, wave drives, selective assembling, criterion, technological process.

© Прудников О. П., Тюлевин С. В., Назаров Д. В., 2012

УДК 621.396.677

В. Н. Тяпкин, А. С. Першин, Д. Д. Дмитриев, Т. Г. Мошкина

АДАПТИВНЫЕ МНОГОЛУЧЕВЫЕ АНТЕННЫ

Приведен один из вариантов исполнения адаптивной антенны, позволяющий эффективно подавлять помеху с заданного направления, при сохранении уровня сигнала в большей части зоны обслуживания.

Ключевые слова: космический аппарат, адаптивные многолучевые антенны, кластер.

Развитие современных антенных систем, в том числе военной связи, потребовало обеспечение высокой помехозащищенности антенной системы от направленных помех. При использовании классических многолучевых антенн (МЛА), где схема антенно-фидерной системы (АФС) построена по принципу «облучатель – луч», защита от помехи осуществляет-

ся отключением приемника для заданного луча. Однако это также лишало связи или приводило к значительному ухудшению качества связи тех, кто находился в зоне отключения сигнала [1; 2].

Решением данной проблемы стало развитие адаптивных антенных систем. Принципиальное отличие данных систем заключается в том, что они позволяют

подавлять помеху в определенной зоне, но при этом не ухудшают качество связи для остальных абонентов. Несмотря на то, что адаптивные антенные системы используют антенны различных типов, их можно разделить на 3 основных класса:

- адаптивная фазированная антенная решетка (АФАР);
- адаптивная многолучевая антенна (АМЛА);
- их вариации.

Одно из направлений использования таких антенн – это установка их на космические аппараты (КА). В нашей стране использование адаптивных антенн на КА – это только перспектива. Преимуществом АМЛА над АФАР является возможность обеспечить покрытие всей зоны обслуживания (ЗО) набором узких высокоэнергетических лучей, обеспечивающих высокое качество связи, а при возникновении помех эффективно подавлять помеху. Кроме того подавление сигнала в АМЛА осуществляется в главном лепестке диаграммы направленности антенны.

В данной статье будет рассмотрен один из примеров реализации АМЛА и представлены возможности подавления направленных помех в заданной зоне. Данная адаптивная антенная система должна обеспечивать работу в двух режимах:

- 1 режим – многолучевой режим;
- 2 режим – режим подавления.

Данные режимы при их совмещении могут существенно дополнять друг друга. Так, в мирное время наиболее предпочтительной является многолучевая концепция, позволяющая организовывать связь с абонентами во всей зоне обслуживания вплоть до глобальной. Кроме того, существует возможность двойного использования данного режима в мирное время, выделяя часть ресурса для средств гражданской связи. При этом, для части ячеек облучателя МЛА, которые не требуют противопомеховой защиты, спутниковая обработка сигналов может быть отключена, что позволит использовать коммерческие пользовательские терминалы [3].

Модель адаптивной многолучевой антенны, работающей в Ка-диапазоне частот, приведена на рис. 1.

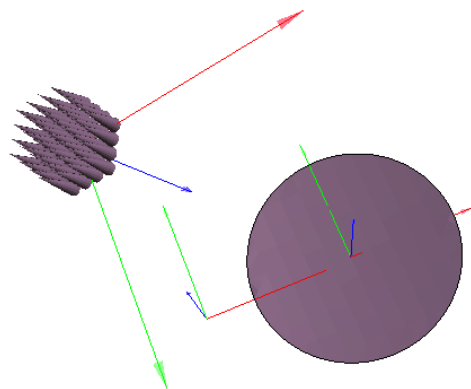


Рис. 1. Модель адаптивной МЛА Ка-диапазона

АМЛА Ка-диапазона, имея в своем составе 61-элементную облучающую решетку, по кластерной схеме формирует 7 лучей шириной $1^\circ \times 1^\circ$, набор которых покрывает зону $2,5^\circ \times 2,5^\circ$. Каждый луч антенны формируется семеркой облучателей (рис. 2).

При отсутствии помехи антенна формирует набор из семи лучей шириной $1^\circ \times 1^\circ$, для обеспечения одновременной работы всех лучей организуется частотное деление между лучами антенны (рис. 3, а).

В качестве критерия эффективной антенной системы было выбрано отношение сигнал/шум. При появлении помехи и превышении уровня сигнал/шум система использует заранее синтезированные варианты амплитудно-фазового распределения (АФР) облучающей решетки. Каждый луч антенны формирует провалы в направлении помехи независимо от остальных лучей (рис. 3, б). При изменении АФР облучающей решетки возможно перемещение провала в ДН АМЛА в пределах ЗО с различной глубиной. Сечения исходной ДН кластера и ДН при подавлении постановщика помех, действующего по скату основного лепестка, приведены на рис. 4.

Так как каждый луч адаптивной гибридной зеркальной антенны (ГЗА), построенной по кластерной схеме, формирует провал независимо от остальных лучей, то для дальних лучей необходимо обеспечить подавление боковых лепестков ДН, помеха которых может воздействовать на дальние лучи адаптивной ГЗА.

Сделаем предположение для рассматриваемой семерки лучей, а в частности для центрального луча № 1, одновременно с подавленной помехой существует еще одна, положение которой соответствует боковому лепестку центрального луча.

Вторая помеха будет подавляться дальними лучами, по аналогии с рассматриваемой семеркой. В результате синтеза АФР и поиска помехи будут сформированы провалы в ДН и определено положение помехи. Информация о ее положении будет занесена в память системы. Сечения ДН горизонтальной плоскостью центрального луча до и после подавления боковых помех показаны на рис. 5.

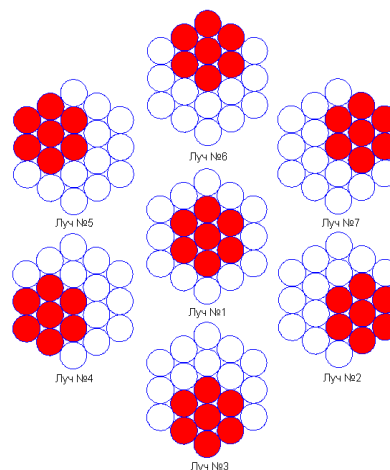


Рис. 2. Принцип формирования лучей

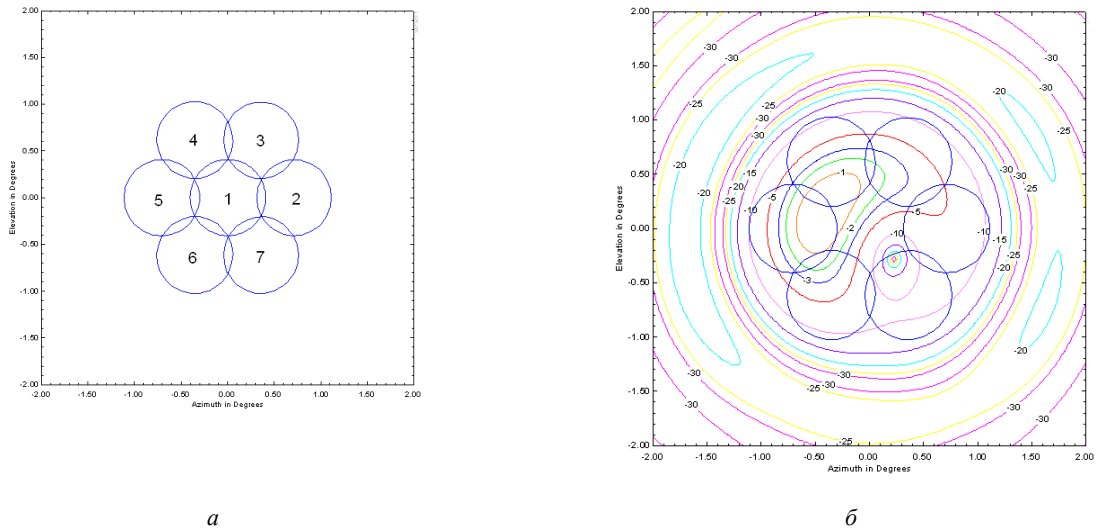


Рис. 3. Набор лучей шириной $1^\circ \times 1^\circ$ (а); подавление помехи центральным лучом (б)

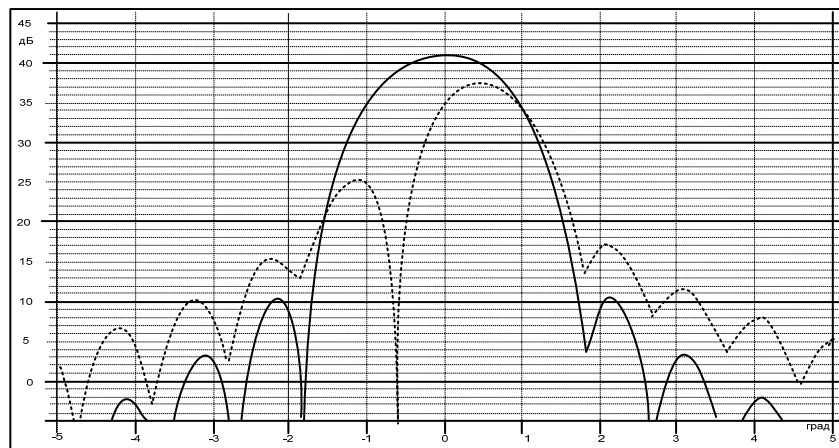


Рис. 4. Результаты синтеза АФР кластера, состоящего из 7 облучателей. Сплошной линией отображается сечения ДН вертикальной плоскостью кластера без подавления помехи, пунктирной – сечение ДН при подавлении помехи до 35 дБ относительно номинальной

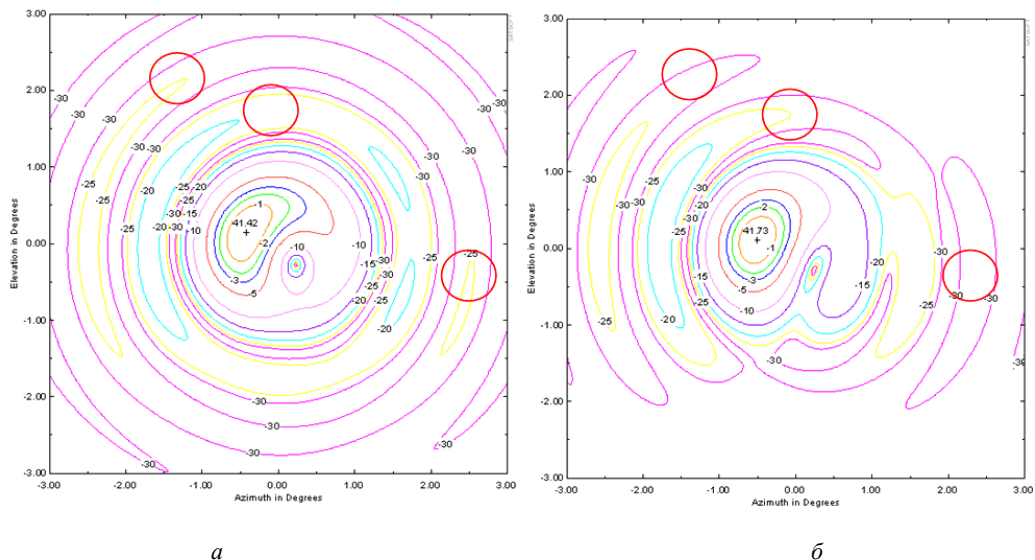


Рис. 5. Сечения горизонтальной плоскостью ДН центрального луча: а – до подавления боковых помех; б – после подавления боковых помех

Таким образом, из полученных результатов можно сделать вывод, что рассмотренная схема построения адаптивной ГЗА позволяет подавлять одну помеху в пределах центрального лепестка ДН и до 3–4 помех в пределах боковых лепестков ДН антенны.

При этом сохраняется уровень сигнала в остальной зоне обслуживания при подавлении четырех помех одновременно.

Алгоритм обладает хорошим быстродействием, что позволит оперативно подавлять помеху в пределах ЗО (синтез АФР до 0,5 с).

Как показывают расчеты, подавление помехи на 30 дБ достигается без существенного искажения ДН антенны, что позволит сохранить уровень сигнала для всей ЗО.

Библиографические ссылки

1. Айзенберг Г. З., Ямпольский В. Г., Терешин О. Н. Антенны УКВ : в 2 ч. Ч. 1. М. : Связь, 1977.
2. Айзенберг Г. З., Ямпольский В. Г., Терешин О. Н. Антенны УКВ : в 2 ч. Ч. 2. М. : Связь, 1977.
3. Richard C. Johnson Antenna Engineering Handbook ; 3 Johnson, 1983.

V. N. Tyapkin, A. S. Pershin, D. D. Dmitriev, T. G. Moshkina

ADAPTIVE MULTIBEAM ANTENNAS

One of the adaptive antenna versions enabling to suppress interference from the set direction on retention of signal level within the greatest area of the footprint is given.

Keywords: space vehicle, adaptive multibeam antennas, cluster.

© Тяпкин В. Н., Першин А. С., Дмитриев Д. Д., Мошкина Т. Г., 2012

УДК 629.735.064

Л. Г. Шаймарданов, О. Г. Бойко, А. В. Любимцев

СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД РИСК-АНАЛИЗА БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

Разработан метод статистического анализа безопасности полетов, основанный на использовании положений теории выбросов случайных процессов.

Ключевые слова: безопасность, риск-анализ, эксплуатация, надежность, катастрофа.

События, связанные с безопасностью, принято подразделять на нарушения, происшествия, аварии и катастрофы. В соответствии со статистикой Международной организации гражданской авиации (ИКАО): число аварий и катастроф примерно одинаково, на одну катастрофу приходится 200–300 инцидентов, требующих изменения плана полетов, 300–400 инцидентов, не требующих изменения плана полетов. Изменение плана полета – вынужденная посадка с возвратом на свой аэродром либо вынужденная посадка на один из запасных аэродромов предусмотренных в плане полета.

Методы риск-анализа реализуются чаще всего статистическими моделями [1; 2]. Статистика аварий и катастроф в пределах одного государства крайне незначительна. В большинстве авиакомпаний их вообще не было. В связи с этим методы риск-анализа, направленные на использование в авиакомпаниях, целесообразно разрабатывать ориентируясь на статистику нарушений нормальной эксплуатации (ННЭ), приводящих к инцидентам. Вместе с этим, следует иметь в виду, что степень возможной близости ННЭ

к катастрофе является важной характеристикой нарушения.

Нарушения нормальной эксплуатации связаны не только со снижением надежности. Это могут ошибки персонала, допущенные при техническом обслуживании, ошибки летной и технической эксплуатации самолета в полете, ошибки метеослужбы, службы управления воздушным движением и ошибки, допускаемые в работе других звеньев авиатранспортной системы.

В гражданской авиации тяжесть любого ННЭ, проявившегося в полете, зависит от этапа и условий полета. Они имеют известные статистические оценки в виде статистических вероятностей реализации ННЭ на различных этапах полета либо при различных условиях полета. Кроме того, исследования ННЭ зависят от дальнейших сопутствующих событий, к которым можно отнести реакцию экипажа на ННЭ, возможность реализации других ННЭ совместно с первым. В работе [2] для анализа развития событий последующих за ННЭ, предложено использовать метод построения «дерева событий». Для каждого произ-