

ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ РЛС С АФАР ЗА СЧЕТ СИСТЕМЫ ВСТРОЕННОГО КОНТРОЛЯ

1. Обеспечение помехозащищенности системы во многом определяется характеристиками антенной системы, входящей в состав РЛС, т.к. она является первичным звеном системы, обработки. Кроме излучения и приема электромагнитных волн АФАР в составе РЛС, выполняются дополнительные функции: усиления, пространственной и частотной селекции, самонастройки и т.д. Так, в случае детерминированной помеховой ситуации проблема помехозащищенности РЛС решается путем формирования специальной формы диаграммы направленности, имеющей нулевые уровни излучения в направлениях прихода помех. Для неопределенной помеховой ситуации возможно применение адаптированных АФАР, формирующих оптимальную по выбранному критерию диаграмму направленности, которая, изменяясь во времени в зависимости от помеховой ситуации, постоянно остается оптимальной по этому критерию.

2. Уровень боковых лепестков ДН является одним из решающих факторов, определяющих качество работы РЛС. Когда уровень боковых лепестков ДН мал, то и при наличии преднамеренных активных помех, создаваемых вероятным противником, РЛС будет иметь хорошие характеристики обнаружения в азимутальных направлениях, отличных от направления на поставщика помех. По отношению к средствам радиоэлектронного подавления боковые лепестки ДН АФАР действуют как пространственный фильтр и их уменьшение оказывается эффективным средством повышения помехозащищенности РЛС.

В зависимости от вида помех, их интенсивность, пространственного положения и изменения помех по времени, а также требуемой степени ослабления предъявляют требования к допустимому уровню боковых лепестков ДН, их расположению относительно главного максимума, глубине провалов, управлению диаграммой направленности при сканировании.

Таким образом, основные методы повышения помехозащищенности РЛС заключаются в расширении частотного диапазона станции и возможности перехода на другие частоты, использовании в качестве антенной системы АФАР с адаптацией энергетических характеристик в зависимости от направления помех, уменьшение уровня бокового излучения РЛС.

3. Одним из направлений повышения помехозащищенности РЛС с АФАР является дальнейшее совершенствование методов формирования и управления ДН, в частности,

уменьшение уровня боковых лепестков и обеспечение пространственной селекции направленных свойств в процессе сканирования луча.

При условии, что направление прихода помехи равновероятно по углам, помехозащищенность антенны достаточно полно характеризует их ДН, определяющей угловую зависимость амплитуды, фазы и поляризации поля излучения:

Одним из достоинств АФАР РЛС является способность формировать узкую ДН с малым уровнем боковых лепестков в заданном секторе сканирования.

Так реально средний уровень боковых лепестков составляет вблизи главного луча в пределах $\pm 15 \Delta f$, где Δf - ширина главного луча по уровню половинной мощности, порядка - (33-35) дБ, а в остальной части полусферы – (45-50) дБ.

Узкий луч ДН позволяет точно определить угловые положения поставщиков помех, ограничивает сектор, в пределах которого возможен прием помех по основному лепестку ДН, и может обеспечить наблюдение целей в перерывах между преднамеренными помехами. При этом также достигается хорошая точность определения целей на экране индикатора РЛС.

Для АФАР, имеющих высокую направленность, помехозащищенность в основном определяется уровнем ее бокового излучения, при этом выбор критерия зависит от назначения и параметров РЛС и существующей помеховой обстановки, в частности, вероятным наличием одного или нескольких источников помех.

В случае возможности прихода помехи в секторе главного лепестка ДН, сравнение помехозащищенности АФАР может быть проведено по коэффициентам направленного действия (КНД) при наличии многих помех, а при наличии одной помехи – по КНД «по ЭДС»:

4. В настоящее время в качестве методов подавления излучения АФАР по боковому направлению применяются методы, основанные на периодическом изменении размеров апертуры, уменьшения амплитуды возбуждения контура раскрыва, использованием специальных экранов, ослабляющих действие дифракционных полей, амплитудные, фазовые и амплитудно-фазовые методы компенсации.

Выполнение указанных мероприятий по обеспечению помехозащищенности производится на этапах разработки, изготовления и эксплуатации РЛС соответственно путем решения синтеза АФАР, настройки ПИМ комплекса АФАР, поддержания и коррекции рабочих характеристик элементов.

Эффективность применения методов во многом зависит от амплитудно-фазовых ошибок функции возбуждения апертуры АФАР. На практике эти ошибки обусловлены погрешностями реализации характеристик возбуждения из-за несовершенства конструк-

ций распределения мощности, усилителей, управляемых фазовращателей, входящих в состав ППМ, а также технологическими погрешностями выполнения СВЧ трактов.

В связи с этим возникает проблема обеспечения точности и стабильности задания АФР на излучателях как в процессе настройки системы, так и в процессе ее эксплуатации

5. В настоящее время для радиолокации характерна тенденция к внедрению цифровых методов формирования и управления формой радиолокационных сигналов с целью расширения функциональных возможностей систем и улучшения точности формирования сигналов. Соответственно, цифровые методы являются весьма перспективными и при решении задач контроля погрешностей и коррекции искажений в АФАР. Подобные методы позволяют с помощью средств контроля каждого элемента АФАР оценить погрешности амплитудных и фазовых характеристик во всех элементах АФАР и затем использовать их для коррекции ошибок и формировании оптимальной ДН АФАР. С этой целью составляется таблица, содержащая измеренные значения погрешностей в виде функций углового положения ДН и несущей частоты, которая хранится в памяти устройства управления (УУ), управляющей параметрами излучающих элементов. В зависимости от рабочей частоты и направления луча ДН устройство управления вносит определенные поправки в управление элементов ППМ АФАР, корректируя их рабочие характеристики.

Однако, известные методы контроля основаны на получении первичных параметров из результатов внешних измерений от вспомогательного источника и последовательном переключении всех проверяемых элементов АФАР в ходе тестовой процедуры. Это не позволяет непосредственно измерить АФР на излучателях и оценить их согласование с трактом, и что также существенно, значительно увеличивает время контроля элементов АФАР.

6. Решение этой проблемы возможно путем измерения АФР падающих и отраженных волн на входах излучателей и применения корректирующей системы с обратной связью, функционирующей в реальном времени.

Получение данных об АФР подающих и отраженных волн на входах излучателей позволяет контролировать не только точность задания токов возбуждения непосредственно на излучателях решетки, но и их согласование с СВЧ трактом в динамическом режиме, что особенно важно на этапе отладки и настройки новых АФАР РЛС.

Введение такой системы позволит оперативно оценить погрешности при излучении во всех ППМ в зависимости от углового положения ДН и частоты излучения и путем внесения соответствующей поправки откорректировать характеристики приемно-

передающих модулей АФАР с целью уменьшения уровня бокового излучения.

Таким образом, одним из направлений повышения помехозащищенности АФАР РЛС является разработка методов и средств измерения АФР падающих и отраженных волн в трактах излучателей и использование полученных данных для коррекции ошибок задания АФР токов возбуждения излучателей и оценки их работоспособности.

7. В результате можно сделать следующие выводы.

В современных условиях работа средств ПВО происходит в сложной тактической обстановке, характеризуемой применением различных видов помех и активных средств поражения, главным образом, противорадиолокационных ракет. В связи с этим, задача обеспечения высокой помехозащищенности и живучести РЛС, входящих в систему является актуальной.

Удовлетворить требованиям к системе ПВО при массированном применении средств воздушного нападения позволяет возможности РЛС с АФАР. Анализ их основных характеристик в условиях налета показывает, что одним из направлений обеспечения необходимой помехозащищенности радиолокационных средств является повышение помехозащищенности за счет уменьшения уровня бокового излучения.

В техническом плане реализация методов уменьшения уровня боковых лепестков АФАР сводится к формированию оптимального АФР токов возбуждения в излучателях решетки. Эффективность методов зависит от точности задания реального АФР по сравнению с требуемым. На практике эта точность ограничена из-за несовершенства элементов схемы возбуждения – усилителей и фазовращателей. В связи с этим возникает проблема обеспечения точности и стабильности узлов диаграммообразующей схемы.

Решение этой проблемы возможно путем измерения АФР падающих и отраженных волн на входах излучателей АФР и применением корректирующей системы для уменьшения амплитудных и фазовых погрешностей АФР в элементах ФАР.

Введение такой системы позволяет оперативно оценить погрешности при излучении во всех элементах ФАР в зависимости от углового положения ДН и частоты излучения, и путем введения соответствующей поправки откорректировать характеристики элементов с целью уменьшения уровня бокового излучения.

Кроме того, это позволяет более эффективно использовать адаптированные режимы работы, которые в зависимости от вида воздействующих на РЛС помех дают возможности более точно перестраивать характеристики ее подсистемы.

Требования к точности измерения и коррекции АФР зависят от заданного уровня боковых лепестков, радиусов корреляции ошибок и конструкции схемы возбуждения, т.е. определяются тактико-техническими данными конкретной системы. Количественная

оценка повышения помехозащищенности может быть получена по выбранным критериям помехозащищенности ФАР.

Таким образом, одним из направлений повышения помехозащищенности РЛС с АФАР и эффективности адаптивных режимов ее работы, повышения надежности и технологичности системы является разработка методов и средств измерения АФР падающих и отраженных волн в трактах излучателей и использование полученных данных для коррекции ошибок задания АФР с целью уменьшения уровня бокового излучения станции.