

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.396.967

Щемелев  
Александр Игоревич

Адаптивный обзор пространства маловысотной стационарной РЛС

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра техники и технологии  
по специальности 1-39 81 03 Информационные радиотехнологии

Научный руководитель  
Масюк Михаил Иванович  
Кандидат технических наук

Минск 2017

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одним из перспективных направлений в развитии и модернизации современных радиолокационных станций (РЛС) является совершенствование адаптивного управления их параметрами с целью обеспечения оптимального распределения энергетических и временных ресурсов РЛС в соответствии с изменяющейся воздушной обстановкой. При этом могут варьироваться очерёдность, время просмотра, форма и размеры диаграммы направленности (ДН), энергетические характеристики (мощность и длительность) зондирующих сигналов, а также структура сигналов (внутриимпульсная модуляция, частота следования).

Адаптивный обзор возможен в РЛС с активной фазированной антенной решеткой (АФАР). Существенные достижения в обеспечении мобильности и быстродействия цифровой вычислительной техники открыли широкие перспективы расширения информационных возможностей радиолокационных станций на основе АФАР. В настоящее время цифровые методы с успехом используются при обработке радиолокационной информации, при решении задачи формирования лучей сканирования, управления диаграммой направленности и т.д.

На данном этапе развития радиолокации широкое распространение получила цифровая время-частотная обработка когерентных и некогерентных радиолокационных сигналов. Основная проблема здесь – преодоление априорной неопределённости принимаемых сигналов и помех, а также довольно высокое требование к необходимому для принятия решения о наличии сигнала отношению сигнал-шум, что приводит в некоторых случаях к дополнительным временным затратам на облучение цели для последующего накопления сигнала и обеспечения необходимого отношения сигнал-шум. Тем самым актуальной становится задача совершенствования быстрых, непараметрических, устойчивых к изменению статистических характеристик помех цифровых обнаружителей алгоритмов обнаружения, показатели качества

которых сравнимы с показателями оптимальных алгоритмов.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью настоящей магистерской диссертации является реализация адаптивного обзора в круговой фазированной антенной решетке (ФАР) с применением непараметрического фазового обнаружителя (ФО).

Исходя из цели направления исследования, были поставлены следующие задачи:

- анализ электронного сканирования круговой АФАР;
- анализ энергетики маловысотной радиолокационной станции (МРЛС);
- построение математической модели адаптивного обнаружителя;
- исследование характеристик АЦП при отношении сигнал-шум на его входе меньше единицы.

В настоящее время развитие современной радиолокации идёт по пути совершенствования адаптивного управления параметрами РЛС. Одним из параметров адаптации является распределение времени облучения зондируемого пространства в зависимости от сектора обзора, наличия целей, их приоритетности и т.д. Результатом адаптивного управления данным параметром является обеспечение оптимального распределения не только ограниченного временного ресурса, но, что немаловажно, и ограниченного энергетического ресурса, определяемого тактико-техническими характеристиками МРЛС.

В настоящей магистерской диссертации был описан принцип работы и построена математическая модель непараметрического знакового обнаружителя, позволяющего реализовать управление временем обзора пространства в РЛС с круговой АФАР при отношении сигнал-шум близким к единице.

Личным вкладом автора является разработка математической модели непараметрического знакового фазового обнаружителя и разработка его

графического интерфейса.

Основными тезисами, выносимыми на защиту, являются:

1. Работа исследуемой модели непараметрического знакового обнаружителя;

2. Реализация кругового электронного сканирования.

По теме данной магистерской диссертации опубликованы тезисы [1], одна статья выдана для публикации в научном журнале «Доклады БГУИР».

Общий объем магистерской диссертации составляет 55 страницы, включая 29 иллюстраций, 0 таблиц, библиографический список из 26 наименований, 1 приложения.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В первом разделе описаны вопросы, связанные с особенностями построения РЛС с АФАР, показаны преимущества использования АФАР при построении радиолокационных систем. Рассмотрена реализация кругового обзора с электронным сканированием в РЛС с АФАР. Приведены структурные схемы АФАР, а также отдельного приемного канала. Дана оценка влияния характеристик АФАР на энергетику МРЛС.

Второй раздел посвящен описанию принципа работы непараметрического знакового обнаружителя. Рассмотрены требования, предъявляемые к автоматическим обнаружителям. Представлена структурная схема ФО. Приведены результаты моделирования работы непараметрического знакового обнаружителя при различных отношениях сигнал-шум, а также приведено моделирование рангового обнаружителя.

В третьем разделе рассмотрены основные типы погрешностей АЦП, приведены результаты исследований характеристик АЦП  $S$ -го и  $N$ -го типов при малом отношении сигнал-шум на его входе. Определены оптимальные числа уровней квантования и размер шага квантования для АЦП  $S$ -го и  $N$ -го типов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спецификой работы МРЛС является обнаружение низколетящих целей, ограниченное дальностью прямой видимости. Увеличение дальности прямой видимости возможно за счет подъема приемо-передающей антенной системы МРЛС на большую высоту, что является трудновыполнимым, а зачастую и невозможным из-за высоких массогабаритных показателей. Уменьшение массогабаритных показателей достигается использованием сантиметрового диапазона волн и применением твердотельных передатчиков. Мощность твердотельных передатчиков в сантиметровом диапазоне волн ограничена. Тем самым ограничивается общая выходная мощность передатчика МРЛС.

Возникают ситуации, когда на входе приемника МРЛС отраженный от цели сигнал меньше уровня внутренних шумов. Обнаружение такого сигнала при заданной мощности передатчика и эффективной площади антенны возможно благодаря использованию различных методов обработки принятых сигналов. В этих случаях применяются сложные сигналы с последующим сжатием и накоплением, путем чего достигается необходимое для принятия решения отношение сигнал-шум на входе обнаружителя. Такие методы требуют довольно больших временных и энергетических затрат.

Информационная обработка возможна только после оцифровывания аналогового сигнала АЦП. Использование дискретных отсчетов аналогового сигнала позволяет применить статистическую обработку. Непараметрические обнаружители на основе статистической обработки работают при отношении сигнал-шум близком к единице. Обнаружение детерминированного сигнала на выходе линейной части приемника происходит при нарушении параметров шумового сигнала.

Простейшим непараметрическим обнаружителем является знаковый обнаружитель. Обработка прямого и квадратурных каналов сводится к подсчету комбинаций сочетания знаков фаз после суммирования и вычитания равноудаленных отсчетов от середины выборки. При отсутствии сигнала

вероятность появления каждой выборки стремится к  $\frac{1}{4}$  от числа сумм и разностей. При наличии сигнала превалирует одна из комбинаций разных знаков. Решение о наличии сигнала принимается при превышении числа комбинаций с разными знаками верхнего порога и недостижении противоположной комбинацией нижнего порога.

Необходимые характеристики обнаружения  $D$  и  $F$  достигаются выбором порогов и длительности выборки. Проведенное моделирование показало возможность получения вероятности правильного обнаружения  $D > 0,95$  при вероятности  $F = 10^{-3}$  при отношении сигнал-шум равным единице для длительной выборки 100 при использовании рангового обнаружителя 3 из 5. Эти результаты были получены при частоте дискретизации в 6 раз выше частоты гармонического сигнала.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**

1. Метод быстрого правильного необнаружения в радиолокации (А.Д. Лобанов, А.И. Щемелев // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций «РТ – 2016»: Сб. науч. трудов. – Севастополь: СевГУ, 2016. – с.148