

Григорьев Д.Н.
АО НПК КБ машиностроения
г. Коломна, Московской обл.
denis.grigo@yandex.ru

Разработка математической модели радиолокационного конфликта

Аналитическое исследование эффективности применения преднамеренных помех, воздействующих на РЛС обнаружения и сопровождения воздушной цели (ВЦ) основано на построении математической модели радиолокационного (РЛ) конфликта РЛС и средств помехового воздействия, учитывающей основные характеристики РЛС и станции активных помех (САП), а также особенности и динамику функционирования РЛС по обслуживанию летательного аппарата (ЛА) на начальном этапе.

Конфликтный характер процесса функционирования системы РЛС-САП в динамике можно адекватно описать с помощью аппарата марковских случайных процессов.

Примеры использования аппарата марковских процессов в задачах анализа характеристик РЛС на этапах обслуживания, захвата и сопровождения ВЦ приведены в работах [1 - 5]. Однако в этих работах моделированию подлежали отдельные радиотехнические устройства на «сигнальном» уровне, что не затрагивало конкретных алгоритмов функционирования РЛС в целом.

В докладе решается задача оценки эффективности воздействия преднамеренных помех на РЛС обнаружения и сопровождения ВЦ на основе совокупности вероятностных, временных и пространственных показателей. В работе используются методы теории цифровой обработки информации и статистического анализа алгоритмов завязки и сброса траектории ВЦ с сопровождения (применительно к обзорным РЛС) оперирующие системой её вероятностно-временных параметров. Расчет параметров проводится на основе теории марковских цепей.

При построении математической модели конфликта РЛС и САП введены следующие ограничения и допущения:

- вероятность ложной тревоги принимается постоянной ($F=\text{const}$) в каждый момент времени и для всех элементов разрешения (данное допущение можно принять в связи с тем, что в современных РЛС вероятность ложной тревоги F на элемент разрешения, как правило, стабилизируется специальными средствами [6]);
- поиск ВЦ в зоне целеуказания ведется путем ее многократного осмотра, до тех пор, пока не будет принято решение об обнаружении ВЦ и сформирована радиолокационная отметка ВЦ;
- для захвата ВЦ на сопровождение используется алгоритм, соответствующий логике « $k/m + l/n$ », срыв слежения за ВЦ выполняется по логике « h пропусков подряд»;
- сопровождение ВЦ выполняется в режиме одновременного автоматического сопровождения нескольких целей в процессе обзора (АСПО);
- потенциальные возможности системы вторичной обработки информации ограничены числом каналов сопровождения;
- в случае сброса отметки с сопровождения РЛС заново реализует процедуру обнаружения ЛА;
- передача ВЦ на этап обслуживания выполняется через некоторое время после захвата ВЦ на сопровождение, при условии, что данная ВЦ находится в пределах некоторой пространственной зоны – зоны обслуживания;
- САП считается не эффективной в случае передачи ВЦ на этап обслуживания.

При составлении математической модели учитывались следующие характеристики РЛС обнаружения и сопровождения ВЦ:

- потенциал РЛС;
- длительность цикла работы РЛС;
- периоды обращения к цели на различных этапах функционирования РЛС;
- длительность и период повторения зондирующих импульсов РЛС и др.

Действие помех на РЛС в модели учитываются с помощью следующих параметров:

- вероятности правильного обнаружения отраженного от ВЦ сигнала в условиях действия помех;
- вероятности появления в рассматриваемом элементе разрешения РЛС единичной ложной отметки;
- вероятности правильной селекции отметок от цели в стробах отождествления;
- число создаваемых с помощью помех ложных отметок и траекторий.

Основными параметрами САП, оказывающими влияние на характеристики функционирования РЛС, являются:

- потенциал САП (мощность передатчика САП, коэффициент усиления антенны САП);
- коэффициент качества формируемой помехи;
- относительная ширина спектра флуктуаций помехи;
- максимальное количество создаваемых ложных отметок и др.

Перечисленные характеристики сторон РЛ конфликта являются функциями времени. Изменение значений параметров РЛС во времени происходит дискретно в соответствии с изменением сигнально-помеховой ситуации и режимов работы РЛС. Изменение вероятности обнаружения сигнала обусловлено перемещением ЛА относительно подавляемой РЛС и возможным изменением параметров излучения. В математической модели определяется важный параметр "модельное время".

Модель РЛ конфликта состоит из двух взаимосвязанных моделей: модели конфликта (МК) и модели процессов (МП). МК описывает характер процесса взаимного функционирования сторон конфликта, а каждое состояние МК соответствует определенному этапу работы РЛС. МП описывает процессы получения и прохождения информации о ВЦ на каждом этапе функционирования РЛС. Действие различных помех на РЛС непосредственно учитывается в МП, а оценка временных показателей производится при анализе МК.

Исходные данные разделяются на три группы. К первой относятся неизменяемые параметры РЛС (мощность излучения, коэффициент усиления антенны, коэффициент шума приемного тракта и т.д.). Во вторую группу входят изменяющиеся в зависимости от режима работы РЛС и помеховой обстановки параметры зондирующего излучения: длительности и периода следования импульсов, несущей частоты, базы сигнала, количества импульсов в пачке и т.д. К третьей группе относятся параметры алгоритмов принятия решения о завязке траектории ВЦ, подтверждения обнаружения, срыва сопровождения ВЦ и времени подготовки каналов обслуживания, характерные для этапа вторичной обработки информации. Процесс конфликтного взаимодействия РЛС и средств помехозащиты представлены ориентированным графом событий, в котором конечным событием является передача ВЦ на этап обслуживания.

Вероятность переходов из одного состояния графа в другое зависят от используемых в РЛС критериев принятия решения по ВЦ, пространственно-энергетических возможностей РЛС по обнаружению отметок от целей в условиях действия активных помех, а также времени, отводимого РЛС на проведение каждой операции.

Разработанная математическая модель позволяет определить вероятностные и временные показатели эффективности подавления РЛС преднамеренными помехами. Учет конкретного типа помехи, воздействующего на РЛС в математической модели осуществляется на более низком «сигнальном» уровне.

Литература

1. Обрезков Г.В., Разевиг В.Д., Методы анализа срыва слежения. – М.: Советское радио, 1972.
2. Тихонов В.И., Статистическая радиотехника. – М.: Радио и связь, 1982.
3. Вентцель Е.С., Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969.
4. Вентцель Е.С., Введение в исследование операций. — М.: Советское радио, 1964.
5. Вентцель Е.С., Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972.
6. Информационные технологии в радиотехнических системах. Под ред. Федорова И.Б. - М: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2003.