

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

УДК 004.31, 621.376

Лапука
Алексей Олегович

Система моделирования и обработки радиолокационных сигналов
для оценки эффективности средств РЭБ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-40 80 03 «Вычислительные машины и системы»

Научный руководитель
Лукашевич М.М.
кандидат технических наук, доцент

МИНСК 2018

ВВЕДЕНИЕ

В современных боевых действиях все большую роль играют средства радиоэлектронной борьбы. Устройства такого рода позволяют существенно сократить вероятность поражения защищаемого объекта вражеской системой ПВО.

Разработка комплексов радиоэлектронной борьбы сопряжена с необходимостью проведения натуральных испытаний для доказательства эффективности применяемых способов радиоэлектронного подавления против каждой из радиолокационных станций. Испытания в войсках требуют больших денежных затрат и сложны в организации.

Для снижения издержек целесообразна разработка специализированных программно-аппаратных комплексов, которые с высокой достоверностью могут предсказать возможный эффект, производимый на радиолокационную станцию. Такой подход позволяет производить оценку эффективности средства радиоэлектронной борьбы на этапе разработки в лабораторных условиях, что экономит множество ресурсов предприятию-разработчику.

В качестве исследуемой станции выбрана станция наведения ракет (СНР) комплекса противовоздушной обороны С-125. Несмотря на то, что этот комплекс устарел, модернизированные его версии активно эксплуатируются. Данный комплекс ПВО был выбран в первую очередь из-за того, что он имеет нехарактерный для большинства радиолокаторов короткоимпульсный сигнал. Станции с данным типом сигнала, несмотря на свою простоту, имеет специфические особенности, серьезно усложняющие постановку им помех.

Разрабатываемая система состоит из двух частей: программной и аппаратной.

Программная часть представляет собой модель, которая на основе принимаемого сигнала строит развертки экранов радиолокационной станции. Это позволяет оценить воздействие помехового сигнала как на оператора радиолокационной станции, так и на автоматические системы выделения целей и их сопровождения.

Аппаратная часть позволяет разработанной модели работать с реальными входными данными. Устройство генерирует СВЧ сигнал, соответствующий сигналу радиолокационной станции. Далее этот сигнал передается на вход приемника средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Испытываемое средство преобразует входной сигнал в помеховый и излучает в эфир. Разрабатываемое устройство принимает излученный средством РЭБ

сигнал и преобразует его к виду, доступном для обработки в программной модели радиолокационной станции.

Для решения данной технической задачи необходимо применение широкого набора технологий. Данная разработка требует компетенции в аналоговой и цифровой схемотехнике, разработке программного обеспечения для ПЛИС и микроконтроллеров, Сетевых интерфейсах и средах передачи данных, а также сигнальном моделировании сложных радиолокационных систем в среде Matlab.

Одной из целей изыскания является определение критериев, по которым можно оценить воздействие постановщика помех на радиолокационную станцию. Несмотря на то, что в данной диссертационной работе все исследования проведены на основе станции наведения ракет С-125, эти критерии применимы для других радиолокационных станций.

В общем случае эффективность средства РЭБ определяется невозможностью взятия цели на сопровождение, либо существенными ошибками сопровождения цели по дальности и углу. В большинстве радиолокационных систем применяются примерно одинаковые алгоритмы сопровождения целей. Поэтому методика определения эффективности сопровождения цели может быть универсальной для большинства станций.

Оценка эффективности выделения целей в режиме «обзор» является нетривиальной задачей. В СНР С-125 выбор сопровождаемой цели осуществляется оператором станции. В таком случае возможность объективно оценить эффективность поставленной помехи на этапе поиска цели не представляется возможным из-за выступающих в данном случае субъективных факторов. Основной задачей в таком случае становится усложнение работы оператора путем зашумления индикатора станции ложными целями.

После завершения разработки, результаты данного диссертационного исследования планируется внедрить в процесс разработки новейших средств радиоэлектронной борьбы предприятия «Оборонные инициативы».

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целями диссертационной работы являются:

- исследование принципов работы СНР С-125;
- изучение способов обработки радиолокационных сигналов;
- моделирование основных режимов работы СНР С-125;
- моделирование помехового воздействия средства РЭБ;
- разработка имитатора радиолокационной станции;
- оценка эффективности помехового воздействия.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

- выявить возможные способы постановки помех СНР С-125;
- разработать программную модель, реализующую способы обработки сигналов радиолокационной станции;
- реализовать аналогово-цифровое устройство, способное генерировать сигнал, подобный сигналу исследуемой радиолокационной станции;
- реализовать устройство приема и обработки СВЧ сигнала;
- исследовать эффективность способов воздействия станции помех и сравнить полученные результаты с данными боевых испытаний;

Объектом исследования является станция наведения ракет комплекса противовоздушной обороны С-125.

Предметом исследования являются алгоритмы обработки сигналов СНР С-125, а также методы постановки помех данной станции.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанные устройство и модель помогут исследовать новые способы помехового воздействия на импульсные станции сантиметрового диапазона на раннем этапе разработки средства радиоэлектронной борьбы без необходимости проведения дорогостоящих испытаний с использованием военной техники.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В рамках диссертационного исследования была проведена работа по анализу современных радиолокационных средств управления оружием и способов их радиоэлектронного подавления.

В первой главе приведена характеристика состоящего на вооружении управляемого ракетного оружия зенитных ракетных комплексов и авиационных ракетных комплексов перехвата средств воздушного нападения. Изучены характеристики современных бортовых комплексов радиоэлектронной борьбы, а также способы постановки помех радиолокационным станциям сантиметрового диапазона. В главе приведено обоснование рациональных способов решения задачи оценки эффективности боевого применения бортовых комплексов обороны с использованием аппаратно-программного комплекса моделирования и обработки радиолокационных сигналов.

Вторая глава посвящена изучению короткоимпульсных радиолокационных станций сантиметрового диапазона на примере станции наведения ракет комплекса С-125. Проведено исследование принципов работы данной станции, а также анализ технических характеристик составных блоков станции наведения ракет. Особое внимание уделено приемному и передающему устройствам, также антенной системе и блоку цифровой обработки сигналов. Исследование проводилось на основе наиболее современной реализации данной станции С-125-2ТМ, где устранены многие недостатки предыдущих модернизаций, а также существенно улучшены тактико-технические характеристики.

Исследование радиолокационной станции проводилось для реализации принципов ее функционирования в виде программной имитационной сигнальной модели. Имитационное моделирование – это мощный инструмент, позволяющий аналитически анализировать возможные уязвимости радиолокационной станции для постановки помех и математически выразить оптимальные алгоритмы помехового воздействия. Описание разработанных моделей СНР С-125 в режимах «Обзор» и «Сопровождение» приведено в четвертой главе. Помимо моделей радиолокационной станции, в главе изучены возможные способы постановки помех в каждом из режимов ее работы, а также проведен анализ результатов воздействия создаваемых помех на процессы функционирования РЛС при радиолокационном наблюдении самолета, оснащенного бортовым комплексом обороны.

Третья глава посвящена разработке специализированного аналогово-цифрового устройства для аппаратной имитации радиолокационной станции в лабораторных условиях. Разработка такого устройства продиктована необходимостью адаптации имитационной модели радиолокационной станции к работе с реальными сигналами для реализации возможности оценки эффективности работы бортового комплекса обороны против моделируемой станции. Аппаратная реализация приемного и передающего устройств станции наведения ракет С-125 позволяет реализовать работу программно-аппаратной модели в реальном масштабе времени, что позволяет оценить помеховое воздействие на оператора радиолокационной станции, который пытается осуществить захват самолета, защищаемого бортовым комплексом обороны.

В пятой главе описан способ оценки эффективности средства радиоэлектронной борьбы на основе имитационного моделирования и полунатурного исследования. В главе приведен анализ факторов, обеспечивающих эффективность постановки помех в режимах «Обзор» и «Сопровождение». Результатом анализа стал вывод о том, что объективно можно оценить влияние на автоматические системы радиолокационной станции. В главе сделан вывод о невозможности оценки влияния субъективных факторов, связанных с работой оператора РЛС, на общую оценку эффективности средства РЭБ.

В пояснительной записке к диссертационной работе описаны основные принципы программно-аппаратной имитации радиолокационной станции, а также изучены факторы, влияющие на эффективность постановки помех. Результат диссертационного исследования имеет высокую практическую значимость и будет полезен при разработке перспективных комплексов радиоэлектронной борьбы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание авиационного комплекса радиоэлектронной борьбы требует проведения летных испытаний для доказательства эффективности его работы против каждой из радиолокационных станций. В некоторых случаях помеховое воздействие на РЛС может оказаться неэффективным, что влечет существенные денежные и репутационные издержки.

Для предотвращения подобных ситуаций необходима разработка моделей радиолокационных станций, которые позволяют определить возможные методы воздействия постановщика помех на моделируемую РЛС.

В рамках диссертационного исследования был проведен анализ радиолокационного комплекса противовоздушной обороны С-125. На основе полученных данных была разработана имитационная модель, описывающая работу станции в режимах «Обзор» и «Сопровождение». Модель реализована на сигнальном уровне, что позволяет использовать реальные входные данные для анализа.

Программная модель радиолокационной станции может быть использована для разработки законов помехового воздействия, но в таком случае сама станция и воздействующие на нее помехи представляются в идеализированном виде, что существенно снижает достоверность оценки, а также не позволяет контролировать реализацию разработанных принципов в оборудовании.

Для того, чтобы проводить оценку эффективности комплекса радиоэлектронной борьбы в виде готового изделия разработано специализированное аналогово-цифровое устройство, которое имитирует приемное и передающее устройства радиолокационной станции. Часть логики модели радиолокационной станции, отвечающая за обработку сигнала и синхронизацию приемного устройства с передающим, реализуется устройством на ПЛИС и ARM микроконтроллере.

Такой подход позволяет в реальном масштабе времени наблюдать влияние постановщика помех на модель радиолокационной станции. При работе с имитатором станции появляется возможность изучения влияния дополнительных факторов, которые вносят искажения в сигнал радиолокационной станции.

Одной из целей диссертационного исследования была формализация критериев оценки эффективности средств радиоэлектронной борьбы. Изучение результатов работы с имитационным аппаратно-программным комплексом, а, также, результатов испытательных полетов показало, что

невозможно формализовать оценку эффективности как некоторую абсолютную величину. Формально оценить можно только влияние на автоматические системы поиска и сопровождения целей.

В работе представлен расчет эффективности воздействия помехового сигнала на систему сопровождения целей, основанной на следящей системе с обратной связью. Такая система работает по формальным принципам и реализуема в виде программной модели.

Однако, в ручном режиме работы радиолокационной станции возникают сложности с введением оператора станции в заблуждение. Опыт эксплуатации БКО «Талисман» показал, что со временем оператор РЛС начинает находить закономерности, позволяющие отделить истинную цель от ложных. Это происходит из-за того, что помимо помехового сигнала, радиолокационная станция всегда принимает и истинный сигнал цели. Несмотря на энергетическое превосходство помехового сигнала, человек способен при наличии достаточного опыта отличить реальную цель от ложных.

В таком случае, критерии оценки эффективности можно сформулировать следующим образом: работа комплекса радиоэлектронной борьбы признается эффективной, если невозможна работа станции по защищаемому объекту в автоматическом режиме, и время, необходимое опытному оператору РЛС для захвата и пуска ракеты по цели, превышает время пролета самолётом-носителем зоны поражения станции.

Разработанный в рамках диссертационного исследования программно-аппаратный комплекс используется в качестве стендового оборудования для лабораторных испытаний современных средств радиоэлектронной борьбы, производимых предприятием «Оборонные инициативы». Внедрение разработки в технологический процесс создания новых комплексов РЭБ позволило в рамках предварительных лабораторных испытаний прототипов с высокой достоверностью предсказывать эффект, производимый на радиолокационную станцию во время боевых испытаний.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Лапука, А.О. Решение задачи аналитического расчета пеленга источника радиоизлучения по амплитудным измерениям / Лапука А.О. // 4-я международная научно-техническая конференция авиационного факультета УО ВАРБ «Актуальные вопросы науки и техники в сфере развития авиации»: тезисы докладов – Минск, ВАРБ 15-16 мая 2014 – с 46-47.

2. Лапука, А.О. Способ оценки эффективности средств радиоэлектронной борьбы / Лапука А.О. // 6-я международная научно-техническая конференция авиационного факультета УО ВАРБ «Актуальные вопросы науки и техники в сфере развития авиации»: тезисы докладов – Минск, ВАРБ 19-20 мая 2016 – с 31-32.

Библиотека БГУИР