

МОДЕЛЬ ВХОДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ОПТИКО-ЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЗЕНИТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА С ПОДВИЖНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

А. С. Солонар, С. В. Цуприк

Кафедра радиолокации и приемо-передающих устройств, Военная академия Республики Беларусь
Минск, Республика Беларусь

E-mail: {solonar, tsuprik}andsnew@yandex.ru, sergey.tsuprik@mail.ru

Предложен способ формирования входного воздействия для оптико-локационной системы, позволяющий осуществлять проверку работоспособности и отладку алгоритмов работы. Способ заключается в формировании цифрового изображения и его перемещения относительно неподвижной оптической системы. Световой поток для оптико-локационной системы формируется при помощи проектора и экрана по цифровому изображению.

ВВЕДЕНИЕ

Оптико-локационные системы находят все более широкое применение в современной технике. Эти системы дают возможность обеспечить работу зенитного ракетного комплекса в пассивном режиме (без радиолокационного излучения), наличие которого является обязательным требованием, предъявляемым к таким видам вооружений [1,4]. Одним из этапов разработки, внедрения и производства оптико-локационных систем является проверка эффективности и отладка алгоритмов их работы, которая может осуществляться путем лабораторных исследований, либо в ходе полевых испытаний. Обычно, в лабораторных условиях отладку алгоритмов производится по результатам видеосъемки неподвижных или перемещающихся целей. Проблема возникает при сопровождении движущихся объектов, когда закон перемещения центра оптической системы неизвестен.

Для решения данной проблемы предлагается модель входного воздействия для оптико-локационной системы зенитного ракетного комплекса, позволяющая в реальном масштабе времени сформировать адекватное входное воздействие в виде цифрового изображения на мультимедийном экране, соответствующее истинным линейным размерам объектов для различных условий наблюдения. Главная идея заключается в имитации вращения оптической оси за счет перемещения изображения на экране относительно неподвижной оптико-локационной системы [6,8].

I. СТРУКТУРА МОДЕЛИ ВХОДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Обобщенная структура модели входного воздействия включает в себя: модель воздушной обстановки, модель силового следящего привода и модель датчика угла поворота. Входным воздействием является световой поток, сформированный с помощью проектора и экрана. Световой поток представляет собой синтезированное

цифровое изображение, сформированное моделью воздушной обстановки. Для описания закона перемещения центра оптической системы используется модель силового следящего привода. При этом перемещение может осуществляться как в ручном, так и в автоматическом режиме по цепям обратной связи. Для оценки истинного положения центра оптической системы используются модели датчиков угла поворота. Оценка осуществляется путем добавления ошибки измерения датчика к истинному положению силового следящего привода. В результате формируются разовые оценки абсолютных угловых координат, по результатам которых одна из целей может быть выбрана и взята на автоматическое сопровождение.

II. МОДЕЛЬ ВОЗДУШНОЙ ОБСТАНОВКИ

Модель воздушной обстановки представляет собой синтезированное цифровое изображение в видимой части оптического диапазона частот. Она позволяет: формировать адекватное изображение нескольких воздушных целей сразу, находящихся на различных удалениях и направлениях оптико-локационной системы, выбирать закон и параметры движения цели (скорость цели, дальность, высота, угол курса), выбирать классы целей (по высоте полета, по способу полета, по способу пилотирования), учитывать линейные размеры, изменять условия воздушной обстановки (менять контраст изображения). Для формирования цифрового изображения используется OpenGL (Open Graphics Library), представляющий собой независимый от языка программирования интерфейс для написания приложений, использующих двумерную и трехмерную компьютерную графику [7].

III. МОДЕЛЬ СИЛОВОГО СЛЕДЯЩЕГО ПРИВОДА

Силовой следящий привод - это привод, в котором закон движения выходного звена из-

меняется в зависимости от управляющего воздействия [1,2]. Он имеет разнообразную физическую основу (электрические, гидравлические, механические и т.п.) и конструкторское выполнение. Для имитации вращения силового следящего привода используется несколько математических моделей, начиная от простых (интегрирующее звено, апериодическое звено, колебательное звено), не учитывающих возмущающего воздействия, заканчивая сложными моделями приводов, учитывающих люфты в следящей системе [5,3]. Интегрирующее звено характеризуется коэффициентом усиления – чем он больше, тем быстрее возрастает переходная характеристика. Апериодическое звено характеризуется, помимо коэффициента усиления, постоянной времени, с увеличением которой переходный процесс протекает медленнее. Колебательное звено характеризует коэффициент демпфирования, который определяет количество и уровень переколебаний. Сложный ССП характеризуется влиянием параметров нескольких типовых звеньев.

IV. МОДЕЛЬ ДАТЧИКА УГЛА ПОВОРОТА

Математическая модель датчика угла поворота представляет собой белый гауссовский шум с нулевым математическим ожиданием и заданным среднеквадратическим отклонением. Нормальное распределение зависит от двух параметров – смещения и масштаба, то есть является с математической точки зрения не одним распределением, а целым их семейством. Значения параметров соответствуют значениям среднего (математического ожидания) и разброса (стандартного отклонения). Стандартным нормальным распределением называется нормальное распределение с математическим ожиданием 0 и стандартным отклонением 1. Нормальное (или гауссовское) распределение – это, несомненно, один из наиболее важных и часто используемых в имитационном моделировании видов непрерывных распределений. Для оценки истинного положения силового следящего привода используются следующие модели датчиков: индукционный бесконтактный, трансформаторный, емкостной, бесконтактный реверсный. Так же модель датчика угла поворота позволяет задать произвольные параметры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проверка эффективности и отладка алгоритмов в лаборатории достигается

за счет замены видеосъемки на сформированное входное воздействие в виде синтезированного цифрового изображения для различных условий наблюдения. Цифровое изображение формируется при помощи независимого от языка программирования интерфейса OpenGL для работы с двухмерной и трехмерной графикой. Для имитации вращения оптической системы используется несколько моделей силового следящего привода, начиная от простых, не учитывающих возмущающего воздействия, заканчивая сложными, включающими в себя последовательность нескольких типовых звеньев и учитывающими люфты в следящей системе. Для оценки истинного положения центра оптической системы по азимуту и углу места используются модели датчики угла поворота в соответствующих плоскостях. В докладе будут подробно рассмотрены принципы и подходы к формированию модели входного воздействия для оптико-локационной системы зенитного ракетного комплекса с подвижной оптической системой, а так же структура моделей силового следящего привода и датчика угла поворота.

1. Кун, А. А. Основы построения зенитных ракетных комплексов / А. А. Кун, В. Ф. Лукьянов. – Минск: МВИЗРУ ПВО, 1985.
2. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. – 7-е изд. стер. – М.: Высш. шк., 2001. – 575 с.: ил.
3. Демьянович, Ю. Н. Основы автоматического управления. Гидроскопические системы управления летательных аппаратов / Ю. Н. Демьянович. – Минск: ВАРБ, 1995. – 98 с.
4. Астапов, Ю. М., Васильев, Д. В., Заложнев, Ю. И. Теория оптико-электронных следящих систем. М.: Наука, 1988.
5. Алпатов, Б. А., Бабаян, П. В., Балашов, О. Е., Степашкин, А. И. Системы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление. М.: Радиотехника, 2008. – 176 с.
6. Артемьев, В. А., Наумов, А. О., Кохан, Л. Л. Обработка изображений в пассивных обзорно-поисковых оптико-электронных системах. Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т приклад. физики, Минск: Белорусская наука, 2014.
7. Ричард, С.-мл., Липчак, Бенджамин. OpenGL. Суперкнига, 3-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1040 с., ил – Парал. тит. англ.
8. Солонар, А. С., Цуприк, С. В. Особенности построения аппаратно-программного имитатора входного воздействия для оптико-локационной системы зенитного ракетного комплекса. Сборник научных статей ВАРБ, Минск, 2016.