

Комитет по образованию Санкт-Петербурга
Государственное бюджетное нетиповое образовательное учреждение
«Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных»
Северо-Западная межрегиональная общественная организация
Федерации космонавтики России
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д.Ф.Устинова

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ НАУКИ И ТЕХНИКИ

**МАТЕРИАЛЫ
XVIII ОТКРЫТОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
учащихся, студентов и аспирантов**

30 апреля 2020 года

Санкт-Петербург
2020

Комитет по образованию Санкт-Петербурга
Государственное бюджетное нетиповое образовательное учреждение
«Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных»
Северо-Западная межрегиональная общественная организация
Федерации космонавтики России
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д.Ф.Устинова

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ НАУКИ И ТЕХНИКИ

**МАТЕРИАЛЫ
XVIII ОТКРЫТОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
учащихся, студентов и аспирантов**

30 апреля 2020 года

Санкт-Петербург
2020

Информационные технологии в области науки и техники:
материалы XVIII открытой научно-практической конференции
учащихся, студентов и аспирантов. ГБНОУ «СПБ ГДТЮ». – СПб.,
2020. – 55 с.

Публикуемые материалы представляют собой статьи и доклады, представленные на XVIII Открытой научно-практической конференции учащихся, студентов и аспирантов «Информационные технологии в области науки и техники», которая прошла 30 апреля 2020 года в Юношеском клубе космонавтики им. Г.С. Титова Государственного бюджетного нетипового образовательного учреждения «Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных».

Материалы сборника охватывают вопросы информационных технологий в области радиоэлектронных систем управления летательными аппаратами, разработки систем обработки информации, проектирования и управления малыми космическими аппаратами, повышения качества аэрокосмического образования молодежи.

© ГБНОУ СПБ ГДТЮ,
ЮКК, 2020

Тираж 50 экз.

Организационный комитет XVIII открытой научно-практической конференции

- А.И. Тарасов к.т.н., доцент БГТУ «Военмех» им. Д.Ф.Устинова,
председатель попечительского совета
фонда «Апрель12»,
председатель оргкомитета конференции
- В.Ф. Жуковский к.т.н., заведующий сектором ГБНОУ «СПБ ГДТЮ»,
научный руководитель
Юношеского клуба космонавтики им. Г.С.Титова
- И.Я. Жуковская заведующий лабораторией ГБНОУ «СПБ ГДТЮ»,
куратор конференции
- А.Ю. Ронкина руководитель
Юношеского клуба космонавтики им. Г.С.Титова
ГБНОУ «СПБ ГДТЮ»

Конференция в новых реалиях

30 апреля 2020 года состоялась XVIII Открытая научно-практическая конференция учащихся, студентов и аспирантов «Информационные технологии в области науки и техники», которая традиционно проходила на базе Юношеского клуба космонавтики им. Г.С. Титова Государственного бюджетного нетипового образовательного учреждения «Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных».

В этом году в связи со сложной эпидемиологической обстановкой конференция проводилась в новом цифровом дистанционном формате — онлайн конференция. На электронно-вычислительных ресурсах ЮКК было развернуто свободно распространяемое программное обеспечение для проведения видео встреч и конференций — Jitsi.org.

В конференции этого года приняли участие студенты и магистранты различных кафедр Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и учащиеся и выпускники Юношеского клуба космонавтики. Самое большое количество участников конференции представляло кафедру И4 «Радиоэлектронные системы управления».

Клуб космонавтики за всю историю своего существования всегда был неразрывно связан с БГТУ «ВОЕНМЕХ». Учащиеся клуба регулярно бывают на экскурсиях на различных кафедрах университета, для ребят и родителей проводятся профориентационные встречи, более 50 лет выпускники ЮКК выбирают этот ВУЗ для продолжения образования. В этом году 5 абитуриентов выбрали для поступления именно ВОЕНМЕХ, в котором на разных курсах, факультетах и кафедрах в настоящее время обучаются более 15 выпускников ЮКК.

Такой высокий интерес к техническому образованию и к БГТУ, в частности, конечно же связан с вовлечённостью наших учащихся в деятельность Молодежного Конструкторского бюро «АнСат», а также с представлением результатов этой деятельности на научно-практических конференциях разного уровня. Данная конференция не является исключением.

В.Ф.Жуковский,

*к.т.н., научный руководитель
Юношеского клуба космонавтики
им.Г.С. Титова*

**Государственное бюджетное нетиповое
образовательное учреждение
«Санкт-Петербургский городской
Дворец творчества юных»**

В.Ф. Жуковский	к.т.н., заведующий сектором ГБНОУ «СПБ ГДТЮ», научный руководитель
Г.А. Грачев	Педагог дополнительного образования ГБНОУ «СПБ ГДТЮ», научный руководитель
Д.К. Дмитриев	Магистрант 2 года обучения БГТУ «Военмех» им. Д.- Ф.Устинова, научный руководитель
А.К. Костиков	учащийся 11 класса ГБОУ СОШ № 15, Юношеский клуб космонавтики им.Г.С.Титова
А.С. Кузовов	учащийся 10 класса ГБОУ Гимназия № 85, Юношеский клуб космонавтики им.Г.С.Титова
Д.Э. Соколов	учащийся 9 класса ГБОУ СОШ № 345, Юношеский клуб космонавтики им.Г.С.Титова
М.Д. Суров	учащийся 10 класса ГБОУ СОШ № 266, Юношеский клуб космонавтики им.Г.С.Титова

Костиков А.К.

Создание облика БПЛА и его обдувка в ANSYS

Научный руководитель: Жуковский В.Ф., Дмитриев Д.К.

Цель: создание облика БПЛА и исследование его аэродинамических характеристик.

Задачи:

1. Выбор компоновочной схемы
2. Разработка крыла
3. Разработка фюзеляжа
4. Создание модели БПЛА
5. Обдувка БПЛА

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) – это воздушное судно, которое выполняет полет без пилота на борту, и либо полностью дистанционно управляется из другого места с земли, с борта другого воздушного судна, либо запрограммировано и полностью автономно.

В Конструкторском бюро Юношеского клуба космонавтики активно разрабатывается собственный беспилотный летательный аппарат, который будет относиться к мини беспилотникам, т.е. к БПЛА, масса которых не превышает 50 кг, высота полета варьируется от 3 до 5 км, время полета – 5 часов.

Задачи БПЛА:

1. Доставка испытательных зондов на требуемую высоту
2. Сброс зондов в заданном районе
3. Посадка БПЛА в автоматическом режиме на мобильную платформу

В ходе работы над обликом БПЛА, в КБ была выбрана компоновочная схема «летающее крыло», т.к. она наиболее удачно вписывалась в поставленные требования. В данной компоновочной схеме подъемную силу создает вся поверхность самолета, а не лишь ее часть, как это происходит в классической компоновке.

В качестве двигателя был выбран малоразмерный турбореактивный двигатель тягой 100 Н, разработанный в БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова (рис.1). На БПЛА будет установлено 2 таких двигателя.

Конструкция разрабатываемого БПЛА состоит из двух частей – фюзеляжа, в котором будет располагаться полезная нагрузка, и крыла.

Крыло

В качестве профиля крыла БПЛА АнСат был выбран профиль DFS-761, который в справочнике авиапрофилей отмечался как профиль для летающего крыла. Для обеспечения горизонтальной устойчивости БПЛА, было принято решение совместить рули направления и законцовки на крыльях летательного аппарата. В процессе конструирования немного изменилась форма законцовок и крыло было разведено шире, т.к. расширился фюзеляж.

Законцовки на крыльях было решено разрабатывать отдельно, поэтому они были сняты с модели.

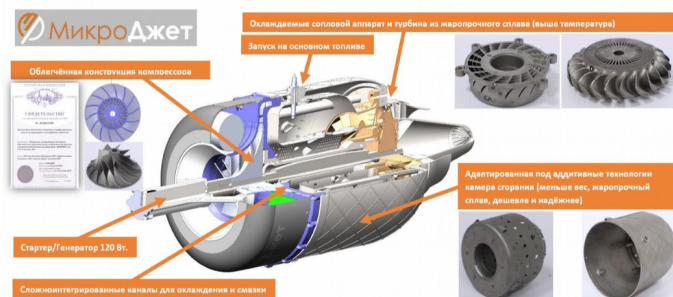


Рисунок 1. Двигатель БПЛА АнСат

Фюзеляж

Самый первый вариант фюзеляжа отражал основные концепции, которые в него вкладывались: полезная нагрузка располагается в шестигранной призме, все оставшееся свободное место отдано под топливные баки. Но от этой концепции пришлось сразу же отойти, т.к. она не удовлетворяла заявленной компоновочной схеме, и фюзеляжем не создавалась подъемная сила.

В последствии фюзеляж был переделан под форму крыла и выполнен в форме немного измененного профиля крыла. Форма входного отверстия воздухозаборников выполнена в форме профиля крыла. Сами воздухозаборники отрисованы таким образом, чтобы в фюзеляж могла встать шестигранная призма.

Далее в фюзеляж была добавлена шестигранная призма, вынесенная немного наружу. Предполагалось закрывать ее сверху обтекаемой дверцей для доступа внутрь. Воздухозаборники максимально смещены к призме, для их спрямления.

В следующей модификации изменился размер сечения воздухозаборников, т.к. не было необходимости в таком большом входном отверстии, а БПЛА при этом сильно терял в подъемной силе. Также шестигранная призма была полностью убрана в фюзеляж и было решено полностью спрямить воздухозаборники.

Обдувка

Обдувка БПЛА АнСат производилась в условиях легкой турбулентности (k -epsilon) и скорости воздушного потока 130 м/с.

В результате обдувки аэродинамической модели БПЛА АнСат была выявлена недостаточная высота воздухозаборников, образование завихрений в них и в конце фюзеляжа. Также было замечено, что фюзеляж, созданный в форме немного измененного профиля крыла беспилотника, создает небольшую подъемную силу в отличие от крыла, что говорит о необходимости изме-

нения формы профиля, т.к. этого количества подъемной силы может не хватить.

Эволюция фюзеляжа БПЛА

Исходя из результатов продувки было принято решение об изменении формы воздухозаборников (была выбрана форма эллипса).

После изменения формы сечения воздухозаборника, встал вопрос логистики обслуживания двигателей (нахождение двигателей внутри БПЛА создает некоторые трудности по доступу к ним). Исходя из этих соображений было решено вынести двигатели наружу, что позволило придать фюзеляжу форму профиля исходного крыла.

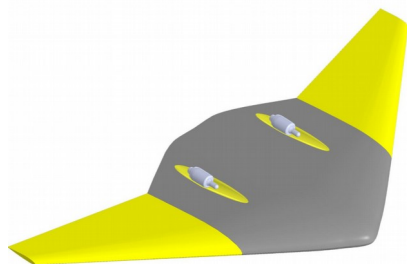


Рисунок 2. Крайний облик БПЛА АнСат

Характеристики обдувки

Обдувка БПЛА АнСат на угле атаки 0° производилась в условиях легкой турбулентности (k-epsilon) и скорости воздушного потока 130 м/с.

Обдувка БПЛА АнСат на угле атаки 10° производилась в условиях легкой турбулентности (k-epsilon) и скорости воздушного потока 85 м/с.

На БПЛА были установлены макеты двигателей (форма внешней оболочки), которые являлись телами дополнительного сопротивления по сути имитируя полет с выключенным двигателем.

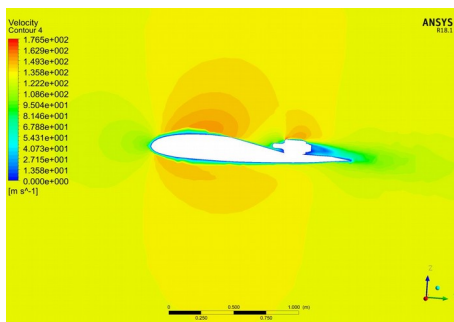


Рисунок 3. Распределение скоростей на угле атаки 0°

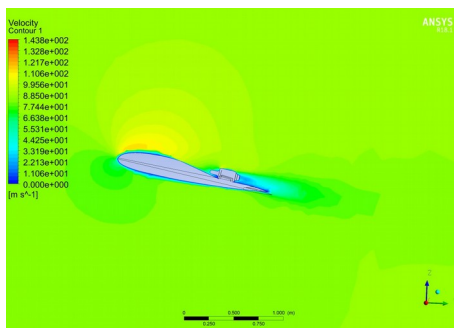


Рисунок 4. Распределение скоростей на угле атаки 10°

Исходя из результатов обдувки можно сказать, что в случае выключения двигателя, на него будет оказываться сильное воздействие воздушного потока, что говорит о том, что креплению двигателя к фюзеляжу необходимо уделить отдельное внимание. Также стоит заметить, что возвращение к форме профиля крыла привело к достижению большей подъемной силы, нежели в прошлых модификациях, при чем значение подъемной силы на угле атаки 10° будет больше чем при угле 0° .

В ходе рассуждений в КБ было решено в качестве силовой конструкции использовать соты. Такая конструкция выигрывает у классической (придание формы благодаря шпангоутам или нервюрам) в данных условиях, т.к. в будущем планируется реализация БПЛА на 3D-принтере и печатать такую компоновку будет в разы проще, чем классическую. Также данная конструкция является отличным распределителем полезной нагрузки. Благодаря такой компоновке можно будет очень просто рассчитывать центровку самолета и располагать груз симметрично, чтобы самолет не кренило влево или вправо, благодаря симметрии самих сот.

Выводы: Таким образом, в результате исследований был получен облик и предварительные аэродинамические данные БПЛА АнСат.

В дальнейших планах: детальное изучение аэродинамических характеристик БПЛА АнСат; разработка шасси: модернизация крыла и разработка механизации.

Список литературы:

1. Костиков А.К. «Создание облика БПЛА и его обдувка в САЕ-системе», ВКР ЮКК
2. <http://www.tadviser.ru/index.php/>
Статья:Беспилотный_летательный_аппарат_(дрон,_БПЛА)
3. <https://militaryarms.ru/voennaya-texnika/aviaciya/bespilotnye-letatelnye-apparaty/>

Соколов Д.Э.
**Разработка системы визуализации авиационного комплекса
с обзором 360 градусов**

Научный руководитель: Жуковский В.Ф.

Научное и технологическое развитие человечества приводит к устареванию различных систем, в том числе и авиационных тренажеров. Появляются проекты более совершенных и современных авиационных тренажеров, использующие последние наработки человечества:

1. Программы, создающие виртуальный мир с реальными объектами и физикой (X-Plane).
2. Экраны с высоким разрешением (65" Q950T 8K Smart QLED TV 2020).
3. Программы, позволяющие объединить компьютеры в единую сеть (Node.js, Node.red).

Авиационный комплекс – это продвинутый авиационный тренажер, объединяющий работу диспетчеров и пилотов, позволяющий координировать работу пилотов, погружающий всех участников в виртуальный мир. Комплекс представляет из себя диспетчерскую вышку и кабины пилотов виртуальных самолетов.

X-Plane – это авиасимулятор, копирующий реальные пейзажи и модели самолетов, а также позволяющий создать свой летательный аппарат. X-Plane не записывает действие реального самолета, но просчитывает его движение, определяя поведения каждого элемента и характеристики самого воздушного корабля.

Кроме точного симулирования полета, необходимо погружать пилота в виртуальную реальность, заставлять его думать, что это реальный полет, а не просто тренировка. Экраны с высоким разрешением справляются с этой задачей. Экран 65" Q950T 8K Smart QLED TV 2020 обладает высоким разрешением и тонкой рамкой, что делает возможным организацию «цилиндрического» экрана большого радиуса с обзором в 360 градусов (рис.1).

Зная размеры экрана (1433.1 x 814.3 x 15.0 мм), можно составить график зависимости радиуса цилиндрического экрана и площади помещения от количества телевизоров (рис.2) по формуле:

$$R = A / (2 * \sin(B/2)), \text{ где}$$

R – угол сектора одного телевизора; R – радиус; A – размер короткой стороны телевизора в метрах.

Так при радиусе 4 метра (60м²) потребуется порядка 31 телевизора.

Реализация комплекса невозможна без обеспечения устойчивого и не затратного в плане потребления ресурсов сети синхронизации изображения на экранах.

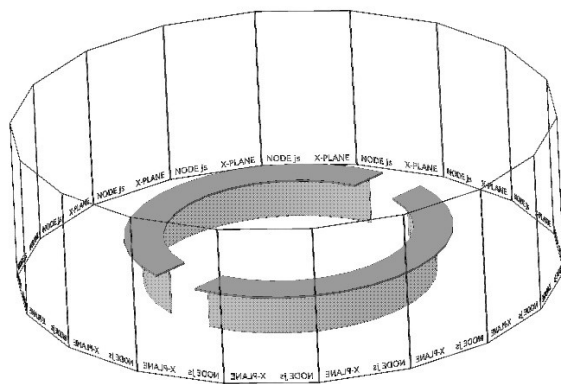


Рисунок 1. Цилиндрический экран большого радиуса



Рисунок 2. Зависимость радиуса и площади окружности от количества телевизоров

Платформы Node.js и Node.red позволяют обеспечить такую синхронизацию. Синхронизация изображения обеспечивается multicast потоком от компьютера, реализующего визуализацию «Вышки», что обеспечивает низкую загрузку сети и устойчивое соединение.

Multicast поток – это форма широковещания, при которой адресом назначения сетевого пакета является мультикастная группа (один ко многим).

Node.js – это платформа, которая использует язык программирования JavaScript для разработки серверной и клиентской подсистем.

Node.red – это созданный на базе Node.js инструмент визуального программирования.

Для создания авиационного комплекса с обзором 360 градусов на базе программы X-Plane, можно использовать два способа:

1. Создать системы визуализации авиационного комплекса с обзором 360° на базе X-Plane без использования дополнительных платформ.

2. Создать системы визуализации авиационного комплекса с обзором 360° на базе X-Plane с использованием платформ Node.js и Node-red.

Первый вариант легче в реализации, он не требует дополнительной настройки. Но имеет ряд существенных недостатков:

- Высокая загруженность сети.
- Ограниченное количество подключаемых экранов.

Второй вариант сложнее реализовать, он требует дополнительной настройки Node.js и Node.red, зато имеет ряд существенных преимуществ:

- Низкая загруженность сети.
- Неограниченное количество внешних экранов.

Второй способ также позволяет создать внешний центр управления, способный изменять настройки X-Plane на всех компьютерах во время работы комплекса. Отдельный компьютер через Multicast поток может изменять настройки визуализации в режиме онлайн, что позволяет устранять неполадки не прекращая работу комплекса.

Таким образом, полноценная работа комплекса может быть обеспечена только реализацией второго способа. Пример тестовой реализации второго способа представлен на рисунке 3.



Рисунок 3. Демонстрация работы комплекса с помощью ноутбуков

Список источников:

1. <https://nodejs.org/ru/docs/>
2. <https://nodered.org/docs/>
3. <https://www.x-plane.com/>
4. <https://www.samsung.com/ru/tvs/qled-tv/highlights/>

Суров М.Д. Система управления антенной. Прогнозирование траектории спутника

Научный руководитель: Жуковский В.Ф.

В Юношеском клубе космонавтики имени Г.С. Титова (ЮКК) оборудован Центр связи с космическими аппаратами (ЦССКА). Его компонентами являются трансивер (ICOM IC-7100), поворотное устройство (YAESU G-5500), антенны (X-quad 70cm; X-quad 2m), программное обеспечение (ПО): Orbitron; DDE; WispDDE; MultiPSK. В связи с переводом ПО ЦССКА на Raspberry PI и ОС Linux с использованием таких сред разработки как NODE JS и NODE-RED, встала задача адаптации алгоритмов наведения антенны на искусственный спутник Земли (ИСЗ) с учетом новых технологий.

Цель работы – исследовать алгоритм определения местоположения ИСЗ относительно топоцентрической системы координат антенны ЮКК.

В алгоритме используются 3 системы координат:

1. *Геоцентрическая инерциальная система координат* (ECI). Центр системы координат находится в центре Земли, ось X направлена на точку весеннего равноденствия, ось Z совпадает с осью вращения Земли и направлена на Север, а ось Y дополняет систему координат до правой [4].

2. *Геоцентрическая неинерциальная система координат*, связанная с Землей (ECEF) Центр совпадает с центром Земли, ось X направлена на точку пересечения нулевого меридиана и экватора, ось Z направлена на Север, ось Y дополняет систему координат до правой [1].

3. *Топоцентрическая система координат* (TCS). Центр находится в координате антенны, ось X является касательной к поверхности Земли и направлена на Север, ось Z перпендикулярна к поверхности Земли и направлена в противоположную сторону от поверхности, ось Y дополняет систему координат до левосторонней [1].

Для перехода между системами координат в алгоритме используются комбинации матриц поворота и сдвига. Первый символ индекса матрицы поворота обозначает ось, вокруг которой происходит поворот, а второй обозначает значение угла (например $A_{z\alpha}$). Если степень матрицы поворота равна «1», то вращение происходит против часовой стрелки; если значение «-1», то по часовой. Матрицы сдвига обозначаются как A_s .

Исходными данными для определения положения спутника является двухстрочный формат данных, представляющий собой набор элементов орбиты для спутника Земли (TLE), которое доступно в открытом доступе на сайте <https://www.celestrak.com/>. TLE представлено в виде двух строк, если не считать названия ИСЗ. Ниже представлен пример TLE спутника NOAA 19.

1 33591U 09005A 20108.59858245 .00000047 00000-0 51076-4 0 9996
2 33591 99.1970 112.3605 0013052 244.7577 115.2241 14.12403254576542

Для определения положения ИСЗ на указанное время требуются параметры, которые были выделены жирным шрифтом и подчеркнуты, они являются элементами орбиты спутника (таблица 1).

Таблица 1. Параметры TLE, необходимые для прогнозирования положения ИСЗ [5]

Элементы орбиты, параметр	Номер строки	Позиция в строке	Значение	Расшифровка
Момент времени формирования TLE (эпоха), t_0	1	19-32	20108.59858245	17.04.2020 14:21:57
Наклонение, i	2	9-16	99.1970	99.1970°
Долгота восходящего узла, Ω	2	18-25	112.3605	112.3605°
Эксцентриситет, e	2	27-33	0013052	0.0013052
Аргумент перигея, ω	2	35-42	244.7577	244.7577°
Средняя аномалия, M	2	44-51	115.2241	115.2241°
Среднее движение, v	2	53-63	14.12403254	14.12403254 об./сут.

Элементы орбиты указаны относительно плоскости экватора Земли и направлением на точку весеннего равноденствия X_{eci} (одно из пересечений экватора и плоскости эклиптики) как показано на рисунке 1. Угол T является истинной аномалией, которая получается при помощи предварительного вычисления из M эксцентрической аномалии E (формулы 1, 2) [3]. При этом количество итераций в формуле 1 зависит от эксцентриситета, а за первое приближение принимается M .

$$E_{x+1} = M + e * \sin(E_x) \quad (1)$$

$$T = 2 \arctan\left(\sqrt{\frac{e+1}{e-1}} * \tan\left(\frac{E}{2}\right)\right) \quad (2)$$

Система координат, которая также изображена на рисунке 1, называется ECI. В данной системе координат определяется положение спутника (формулы 3, 4, 5) [3]. Где μ — гравитационный параметр Земли ($\text{м}^3/\text{сутки}^2$).

$$a = \sqrt[3]{\frac{\mu}{(2\pi v)^2}} \quad (3) \quad r = \frac{a(1-e^2)}{1+e*\cos(T)} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} X_{eci} \\ Y_{eci} \\ Z_{eci} \end{bmatrix} = r * A_{z\Omega}^{-1} * A_{\omega i}^{-1} * \begin{bmatrix} \cos(T+\omega) \\ \sin(T+\omega) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

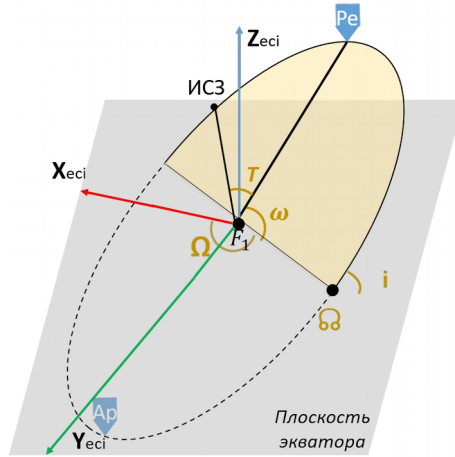


Рисунок 1. Визуализация орбиты ИСЗ

Прогнозирование положения спутника на время t описывается линейным изменением M :

$$M = M_0 + 2\pi\nu * (t - t_0) \quad (6)$$

Помимо M со временем изменяются все параметры орбиты ИСЗ под действием возмущающих факторов (нецентральность гравитационного поля Земли; атмосфера Земли; давление солнечных лучей; влияние других небесных тел; электромагнитное поле Земли). Наибольшее возмущение оказывает второй член разложения гравитационного потенциала Земли по сферическим функциям J_2 [3]. Проявляется это в изменении Ω и ω [2]:

$$\Omega = \Omega_0 + \frac{-1,5 * J_2 * R_3^2 * \sqrt{\mu} * \cos i}{(1 - e^2)^2 * a^{\frac{7}{2}}} * (t - t_0) \quad (7)$$

$$\omega = \omega_0 + \frac{-1,5 * J_2 * a_3^2 * \sqrt{\mu}}{(1 - e^2)^2 * a^{\frac{7}{2}}} * (0,5 - 2,5 * \cos^2 i) * (t - t_0) \quad (8)$$

Где R_3 — экваториальный радиус Земли.

Однако для наведения антенны на спутник требуется также получить координаты антенны. Изначально координаты определены в географической системе координат (φ — широта; L — долгота), которые с учётом эллипсоидности Земли примут вид показанный на рисунке 2. Преобразование широты и долготы в трёхмерную прямоугольную систему координат ECEF осуществляется следующим образом [1]:

$$\begin{bmatrix} X_{ecef} \\ Y_{ecef} \\ Z_{ecef} \end{bmatrix} = \frac{R_3}{\sqrt{1-e_3^2 \sin^2(\varphi)}} * \begin{bmatrix} \cos(\varphi) * \cos(L) \\ \cos(\varphi) * \sin(L) \\ (1-e_3^2) \sin(\varphi) \end{bmatrix} \quad (9)$$

Где e_3 — эксцентриситет земного эллипсоида.

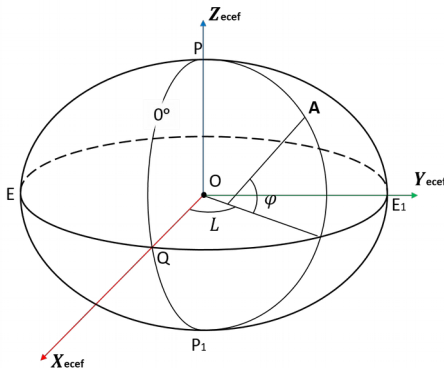


Рисунок 2. Координаты антенны в ECEF и географической системах координат

Различие ECI и ECEF в том, что ECI не вращается относительно звёзд, а ECEF вращается. Переход от ECEF к ECI осуществляется формулой 11. Начальное значение угла S (угол S_0) в формуле определяется на момент t_{S0} при помощи положения звёзд, а затем прогнозируется на время t с использованием угловой скорости вращения Земли ω_3 (формула 10).

$$S = S_0 + \omega_3 * (t - t_{S0}) \quad (10)$$

$$\begin{bmatrix} X_{eci} \\ Y_{eci} \\ Z_{eci} \end{bmatrix} = A_{zS}^{-1} * \begin{bmatrix} X_{ecef} \\ Y_{ecef} \\ Z_{ecef} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Азимут (Az) и угол места (El) — углы, которые нужны для наведения антенны на спутник. Эти углы являются полярным видом системы координат TCS, которая изображена на рисунке 3. Прямоугольные координаты спутника в TCS определяются последовательностью матрицы сдвига на координаты антенны и матриц поворота (формула 12).

$$\begin{bmatrix} X_{tcs} \\ Y_{tcs} \\ Z_{tcs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * A_{y(90^\circ - \varphi)} * A_{z(S+L)} * A_s * \begin{bmatrix} X_{eci} \\ Y_{eci} \\ Z_{eci} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Переход к полярному виду координат спутника осуществляется следующими формулами:

$$El = \arctan\left(\frac{Z_{tcs}}{\sqrt{X_{tcs}^2 + Y_{tcs}^2}}\right) \quad (13)$$

$$Az = \arctan\left(\frac{Y_{tcs}}{X_{tcs}}\right) \quad X > 0 \quad Y > 0 \quad (14)$$

$$Az = \arctan\left(\frac{Y_{tcs}}{X_{tcs}}\right) + \pi \quad X < 0 \quad (15)$$

$$Az = \arctan\left(\frac{Y_{tcs}}{X_{tcs}}\right) + 2\pi \quad X > 0 \quad Y < 0 \quad (16)$$

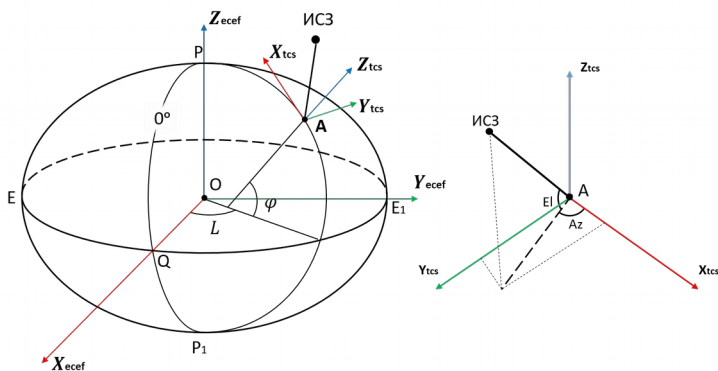


Рисунок 3. Система координат TCS

Список литературы:

1. Клепко, В.Л. Системы координат в геодезии /В.Л. Клепко, А.В. Александров. — Екатеринбург: Министерство образования и науки Российской Федерации, 2011. — 116с.
2. Улыбыш, С.Ю. Анализ взаимной эволюции параметров двух синхронно прецессирующих орбит /С.Ю. Улыбыш. — Москва: Инженерный журнал: наука и инновации, 2016. — 15с.
3. Шалыгин, А.С. Баллистика космических аппаратов /А.С. Шалыгин, В.А. Санников, И.Л. Петрова. — Балт. гос. техн. ун-т. — СПб: 2006. — 131с.
4. Kelso, T. S. Orbital Coordinate Systems, Part I / T. S. Kelso // Satellite Times. – 1995. – 2 (1). - pp. 80-81.
5. Kelso, T. S. Frequently Asked Questions: Two-Line Element Set Format / T. S. Kelso // Satellite Times. – 1998. – 4 (3). – pp. 52-54.

Кузовов А.С. Разработка тормозной системы БПЛА

Научный руководитель: Грачев Г.А.

В Юношеском клубе космонавтики разрабатывается БПЛА самолетного типа. Его планируется использовать для разных целей, таких как сброс зондов, исследование местности и т.д. Сажать же этот беспилотник планируется на мобильную платформу с помощью гака и системы торможения, которую мы и модернизируем.

Цель: модернизация системы торможения для БПЛА самолетного типа.

Задачи:

- рассмотреть существующую систему для выявления основных недостатков;
- проработать варианты модернизации системы;
- выбрать и реализовать наиболее оптимальный вариант;
- разработать программу испытания прототипа.

Первая версия системы торможения была испытана летом 2019 года в ДООЛ «Солнечный» в ходе проведения натуральных испытаний. Квид системы торможения предствален на рис.1. Система представляла из себя две идентичные кассеты с барьерами, через которые проходят шары, при этом створки барьеров находятся под натяжением, и шарам приходится преодолевать это натяжение, а следовательно, замедляться. В качестве «шаров» использовались теннисные мячи, соединенные в связки по 5 штук.

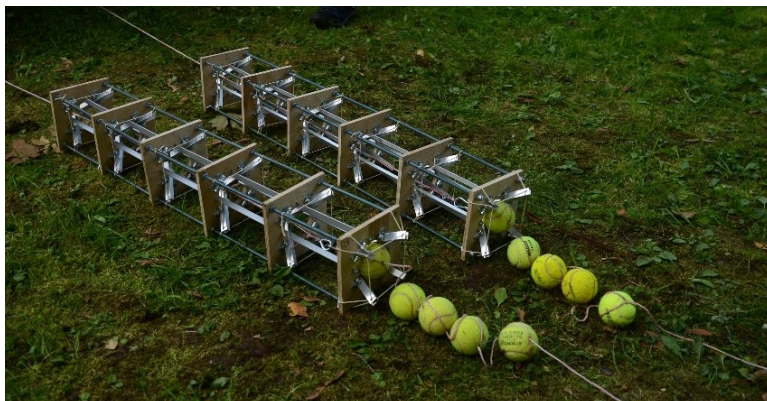


Рисунок 1: Пара заряженных кассет

По итогам проведенных натуральных испытаний были выявлены следующие недостатки:

1. Отсутствие стандартизации по поглощаемой энергии и асимметрия удара.

2. Низкая скорость перезарядки, невозможность перезарядки без расцепления троса.
3. Низкая прочность конструктивных элементов: резинки, шары, шарниры.
4. Затруднительная замена сломанных элементов.

Некоторые из недостатков можно исправить, взяв более крепкие материалы, но большую часть все равно не исправить, не изменив конструкцию самой системы. Из чего вытекает необходимость модернизации.

После принятия решения о необходимости модернизации было рассмотрено несколько вариантов будущей системы. Часть из них осталась только на бумаге, часть дошла до реализации в 3D модели и даже рассматривалась в качестве основного варианта.

После рассмотрения множества вариантов модернизации был выбран оптимальный вариант. Новая версия системы имеет тот же принцип торможения что и старая, но стала более эргономичной и надежной, а главное позволяет сгладить перегрузки и довольно быстро перенастроить систему.

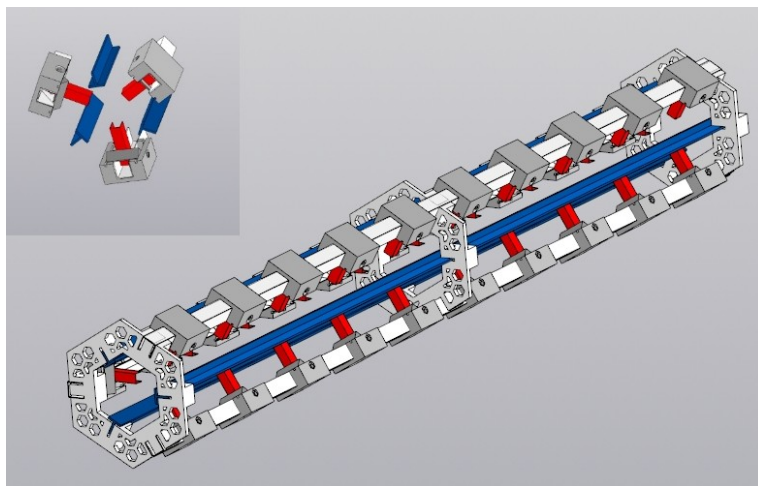


Рисунок 2: 3D модель новой версии системы

Рассмотрим элементы, которые поменялись в новом варианте системы: *Тормозной Элемент*. Является основной частью конструкции, состоит из крышки, шпильки, язычка, пружины и стоппера (рис.3).

Принцип действия: Язычок тормозного элемента находится под натяжением пружины. Шар проходит через уровень с язычками, преодолевает натяжение и, тем самым, замедляется. Происходит торможение БПЛА.

Шары. Конструктивный элемент, который был сильно изменен. Было решено отказаться от обычных теннисных мячей, потому что они быстро приходили в негодность и приходилось подстраивать систему под них. Вместо

них планируется печатать шары на 3D принтере (рис.4) , что позволяет не зависеть от размера мячей, которые можно найти в свободной продаже, а также они более крепкие.

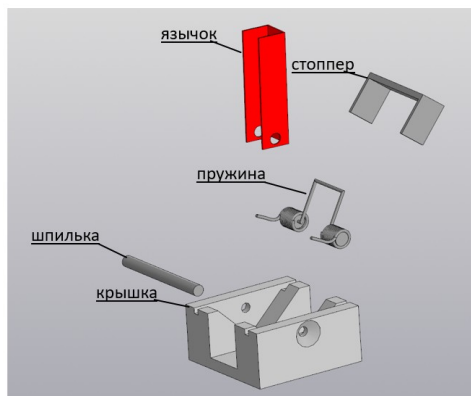


Рисунок 3: Тормозной элемент



Рисунок 4: Собранный шар

Новый вариант системы дает возможность перезаряжать шары без расцепления троса, что позволяет приводить ее в готовность во много раз быстрее чем в первой версии системы. Мы решили вопрос перезарядки с помощью разведения осей в разные стороны, после чего шар может спокойно вернуться на свое место по свободному туннелю.

Еще одним преимуществом новой системы является возможность быстрой настройки конфигурации. Для того чтобы изменить конфигурацию старой системы нужно было ее полностью разбирать и собирать заново. Новый же вариант системы позволяет значительно больше и быстрее изменять конфигурацию тормозных элементов.

Выводы:

- Новая система показала свою работоспособность и эффективность по сравнению с первой версией системы.
- Систему еще можно и нужно улучшать.

Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д.Ф. Устинова

А.А. Сорокин	к.т.н., профессор кафедры «Радиоэлектронные системы управления», научный руководитель
В.А. Сеницын	к.т.н., доцент кафедры «Радиоэлектронные системы управления», научный руководитель
А.А. Флерова	к.н.т, доцент кафедры «Радиоэлектронные системы управления», научный руководитель
В.А. Керножицкий	к.т.н., доцент кафедры «Системы управления и компьютерных технологий»
С.О. Абрамычев	студент 4 курса, кафедра И4 «Радиоэлектронные системы управления»
В.А. Акула	студент 4 курса, кафедра И4 «Радиоэлектронные системы управления»
Е.Е. Дегтярева	магистрант, кафедра И4 «Радиоэлектронные системы управления»
И.Д. Костин	магистрант кафедры И9 – «Системы управления и компьютерных технологий»
Ю.А. Локачева	магистрант 1 курса кафедры И4 «Радиоэлектронные системы управления»
А.Д. Ляпин	магистрант 2 курса, кафедра И4 «Радиоэлектронные системы управления»
Ю.С. Мазурова	магистрант 1 курса кафедры И4 «Радиоэлектронные системы управления»
Н.М. Моисеева	магистрант 1 курса кафедры И4 «Радиоэлектронные системы управления»
С.Д. Пономарев	магистрант 1 курса, кафедра И4 «Радиоэлектронные системы управления»

Г.В. Тумский	студент 4 курса, кафедра И5 «Информационные системы и программная инженерия»
Ю.В. Фадеева	магистрант кафедры И9 – «Системы управления и компьютерных технологий»
С.О. Федчук	магистрант 2 курса, кафедра И4 «Радиоэлектронные системы управления»
М.А. Шадус	студентка 4 курса, кафедра И4 «Радиоэлектронные системы управления»

Шадус М.А., Абрамычев С.О.
**Оценка состояния оператора радиоэлектронных систем
по его лицу с помощью нейронных сетей**

Научный руководитель: Сорокин А.А.

Оценка состояния оператора человеко-машинной системы (ЧМС) очень важна, так как от этого зависит надежность системы в целом. Если оператор по каким-либо причинам находится психологически в нестабильном состоянии, которое мешает выполнению его прямых задач (функций), это может привести к нежелательным последствиям для всей системы.

Для повышения надежности нужно постоянное наблюдение специалистов, что невозможно, так как нельзя приставить к каждому оператору человека, который бы следил за состоянием (что тоже бы плохо сказывалось на операторе). Следовательно, встает вопрос о разработке такой программы, которая будет следить за эмоциональным состоянием оператора и в случае, когда человек будет проявлять нестабильность или неадекватность, система будет подавать сигнал соответствующему специалисту.

Это может быть реализовано с помощью камеры и искусственных нейронных сетей (ИНС). Необходимо использовать камеру, которая дает картинку как можно четче (ведь от этого будет зависеть эффективность ИНС). С ИНС-значительно сложнее. На входе есть лицо оператора, на выходе нужно оценить вероятность его состояния и, если это состояние не соответствует норме, отправить сигнал.

Данная программа будет содержать две ИНС. Одна будет идентифицировать текущие эмоции, другая, принимая массивы данных от первой, оценивать состояние оператора (обобщенная структура показана на рисунке 1).



Рисунок 1 - Упрощенная структура программы

Почему именно эмоции? Ещё в конце 60х годов было доказано Полом Экманом, что эмоции универсальны для всех (также об этом говорил Чарльз Дарвин), они не зависят от расы, культуры или происхождения.

Создание ИНС содержит: написание кода, обучение и тестирование. Обучение нейросетей будут «с учителем», следовательно, нам понадобятся массивы данных для обучения и тестирования. Обобщенная структура обучения «с учителем» приведена на рисунке 2.



Рисунок 2 - Обобщённая структура обучения «с учителем»

Для обучения ИНС 1 возьмём несколько базовых эмоций (по П. Экману). Обучив нейронные сети, на выходе мы получим массивы данных, в которых будет содержаться ответ с достаточной вероятностью. Для определения эмоции нужно получить координаты ключевых точек, привязанных к частям лица, количество которых зависит от выбранного алгоритма (обычно это от 16 до 68 точек). Дальше нужно сгруппировать их с помощью классификаторов. Для увеличения вероятности, в ключевых точках находят дескрипторы, при этом положение лица должно быть выровнено, а вместо одного кадра нужно анализировать последовательность кадров.

Чтобы обучить ИНС 2 потребуются знания психологии человека и массив, с помощью которого нейросеть обучится выдавать оценку состояния оператора. Можно применить интегральное оценивание, которое задают люди. Данный критерий также будет иметь вероятность.

Последним этапом будет сравнение полученной оценки с неким порогом. Если вероятностная оценка состояния оператора пересекла заданный порог, то будет передан сигнал соответствующему специалисту.

Одной из основных задач при разработке данной программы является увеличение достоверности полученных результатов. Для этого нужно выбрать оптимальный способ обучения, корректные и достоверные массивы данных и правильно написанный код программы.

Для модификации данной программы могут быть взяты различные варианты. Например, вместо базовых эмоций, предложенных П. Экманом, использовать базовые предложенные К. Изардом (или использовать не только базовые), что увеличит достоверность. Таким образом, данная программа позволит значительно увеличить надёжность радиоэлектронных ЧМС.

Список источников:

1. Траск Эндрю Грокаем глубокое обучение – СПб.: Питер, 2019. – 352с.
2. П. Экман Психология эмоции. Я знаю, что ты чувствуешь –СПб.: Питер, 2010. – 556с.
3. Введение в задачу распознавания лица - <https://habr.com/ru/company/speechpro/blog/418151/>

Пономарев С.Д., Ляпин А.Д., Моисеева Н.М.
**Применение искусственных нейронных сетей для навигации
летательного аппарата**

Научный руководитель: Сорокин А.А.

Применение беспилотных летательных аппаратов (БЛА) на высоких широтах имеет ряд технических сложностей, одной из которых является недостаточное навигационное обеспечение. Оно может быть вызвано низкой радиовидимостью спутниковых навигационных систем, влиянием высокоширотной ионосферы, а также инструментальной погрешностью инерциальных систем. Определение текущего местоположения может быть выполнено с использованием вспомогательного бортового и/или наземного оборудования, что влечет за собой снижение мобильности и увеличение массогабаритных показателей БЛА. Поэтому одним из актуальных методов решения задач навигации является применение системы опирающейся на обзорно-сравнительный метод.

Одним из них является навигация по видеоориентирам на базе компьютерного зрения. Однако, данный метод актуален лишь в средах с незначительными изменениями параметров, в ином случае алгоритм требует перенастройки под каждый конкретный случай. Компенсировать данную проблему призван метод внедрения искусственных нейронных сетей (ИНС), построенных по принципам организации биологических нейронных сетей.

Преимуществом данного метода является то, что он позволяет синтезировать закон управления опираясь лишь на обучающую выборку. Выборка содержит входные данные (это могут быть изображения с камеры) и соответствующие им выходные данные. Выходные данные специфичны для каждой конкретной задачи, например, в задачах распознавания образов на изображениях выходом может быть информация о наличии или отсутствии образа на изображении. Таким образом, при наличии подходящей выборки входных воздействий и соответствующих им выходных воздействий ИНС позволяет синтезировать сложную функцию преобразования поступающих на ИНС данных в выходные, сообразно поставленной задаче. Поэтому данная технология применима для управления БЛА, имеющего сенсоры, при наличии базы знаний для обучения.

Если алгоритм сталкивается с неучтенными при обучении ситуациями, базу знаний всегда можно дополнить новыми сведениями. Обучение алгоритма во всех возможных условиях среды позволит создать полный набор параметров для обработки нейронной сетью, тогда на выходе возможно составление ансамбля сетей работоспособных в различных условиях.

На сегодняшний день алгоритмы на базе искусственных нейронных сетей применяются в качестве дублирующих. Это обусловлено как раз созданием полноценной обучающей выборки, обладающей полной информацией о

объектах, используемых в качестве ориентиров, а также о среде в которой они (ориентиры) находятся. Такую информацию возможно получить только путем сбора данных полученных от применимых на сегодняшний день систем обзора местности, навигации и идентификации объектов. Однако, не всегда возможно получить полный набор данных из-за некоторых особенностей расположения объектов идентификации. В таком случае разрабатываются высокоточные трехмерные модели объектов с окружающей их местностью на полученных данных. На этих моделях возможно протестировать работоспособность разрабатываемого алгоритма. Трехмерные модели объектов можно наделить характерными свойствами такими как температура, материал и т.д. (в зависимости от того на какие признаки будет опираться разрабатываемая сеть). Такой подход требует особой выборки и, соответственно, особой архитектуры сети для каждого конкретного случая. Если смотреть в общем случае, то алгоритм выглядит следующим образом. Изображение, полученное с камеры или любого другого устройства сбора данных, записывается и подается на обработку в спроектированную сеть. После обработки сеть подает на блок управления данные о наличии объекта в кадре и полученную о нем информацию. На основе этой информации определяется текущее местоположение ЛА и возможен прогноз дальнейшего движения .

В перспективе нейросетевой алгоритм определения ориентиров на изображении способен вытеснить текущие методы определения местоположения летательного аппарата в пространстве. Он не будет уступать им по точности определения, но при этом будет работать автономно без участия запросно-ответных систем, а, следовательно, меньше подвержен влиянию помех.

Список источников:

1. <https://habrahabr.ru/post/143129/> - «Разработка искусственных нейронных сетей»
2. Хайкин Саймон. Нейронные сети / пер. с англ. - 2-е изд., испр. - М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2006.
3. <https://habr.com/ru/post/208090/> - “Пару слов о распознавании образов”
4. <https://habr.com/ru/company/mailru/blog/359214/> - «Распознавание сцен на изображениях с помощью глубоких свёрточных нейронных сетей»

Моисеева Н.М., Пономарев С.Д., Тумский Г.В.
Разработка алгоритма распознавания рукописного текста
с помощью технологии ИНС

Научный руководитель: Сорокин А.А.

Рукописный текст является наиболее естественным для человека способом сохранения и дальнейшего использования информации. Распознавание рукописного текста является важной задачей при обработке документов в различных сферах деятельности, включая образование, здравоохранение, банковское дело, в правительственных и других структурах, и распознавание рукописного текста характеризуется относительно большим различием в начертаниях одинаковых символов. Основная проблема при распознавании – это определение объекта (символа) к конкретному классу, получение из структуры символа информации, которая позволяет максимально точно его определить. Выделить из символа данные так, чтобы при его написании не учитывались искажения формы образа, толщины, размера и положения. Одним из самых распространенных методов решения данной задачи является нейронная сеть. Нейронные сети представляют собой последовательность связанных нейронов, это программное воплощение сетей нервных клеток человека. Их важнейшая особенность - способность к обучению.

На рисунке 1 представлена схема алгоритма распознавания. Входные данные – графический файл (растровое изображение) представляет собой матрицу чисел, где каждый элемент будет являться координатой точки в двумерном пространстве. Сначала он проходит этап предобработки - улучшение качества изображения. При помощи фильтров производится удаление лишнего шума, настройка яркости, контрастности, сглаживание, масштабирование, перевод изображения в черно-белое. Далее следует сегментация строк текста на слова и символы. Система должна быть настроена на выявление мельчайших деталей объекта для разбиения по классам, поскольку попытка распознавания частей символов, случайным образом объединенных друг с другом при ошибочной сегментации, будет приводить к неверным результатам распознавания. Полученную информацию требуется проанализировать и сделать вывод о ее принадлежности к конкретному классу. Для этой цели создают систему анализа, которая будет сверять полученные данные с имеющимися эталонами символов. После распознавания может быть выполнена дополнительная коррекция, которая дает возможность увеличения качества распознавания спорного символа, т.е. символа, у которого имеется несколько кандидатов с приблизительно одинаковыми оценками степени соответствия эталонам на основе следующих методов: анализ буквосочетаний, которые характерны для языка, словарь языка, грамматический анализ и другие методы.



Рис.1 Схема алгоритма распознавания рукописного текста

Конечной целью этой системы распознавания рукописного текста является создание машины, которая сможет читать любой текст с такой же точностью распознавания, как и люди, но при этом с большей скоростью. Использование метода распознавания при помощи нейронных сетей отличает более высокая эффективность и производительность, однако для него требуется большое количество примеров при проведении обучения.

Распознавание образов - одно из активно развивающихся направлений интеллектуального анализа данных, при этом широко применяются нейронные сети. В статье рассмотрены основные понятия теории нейронных сетей, описана модификация программы для распознавания рукописных букв русского алфавита с помощью нейронной сети. В результате обучения нейронная сеть достигла точности предсказания в 85.6%.

Список источников:

1. Image Processing Techniques For Machine Vision [online]. Available: http://www.eng.fiu.edu/me/robotics/elib/am_st_fiu_ppr_2000.pdf
2. Наоми Седер – Python | Экспресс-курс. 3-е издание 2019 г.
3. Дьяков В.П., Абраменкова И.В. Обработка сигналов и изображений: Специальный справочник / СПб.: Питер, 200. 608с.
4. Казаков П.В. Распознавания графического образа личной подписи на основе искусственных нейронных сетей ,2012 год. – 2 с.

Мазурова О.С.
Моделирование цифровой обработки
фазоманипулированного сигнала

Научный руководитель: Сорокин А.С.

Устойчивость к различным видам искажений, увеличение быстродействия или повышение помехозащищенности к различным видам искажений — это те задачи, которые ставятся перед разработчиками аппаратуры приема и обработки сигналов. Одними из наиболее распространенных сложных сигналов являются фазоманипулированные, представляющие собой последовательность простых радиоимпульсов, фаза которых от импульса к импульсу меняется по определенному закону. Использование фазоманипулированных сигналов позволяет улучшить помехоустойчивость, электромагнитную совместимость и эффективность использования радиодиапазона за счет кодового разделения каналов.

При передаче цифровой информации с использованием каналов связи колоссальное распространение получила фазовая манипуляция благодаря своей простоте реализации декодеров, усилителей, синтезаторов частот, устойчивости по отношению к различным искажениям. Стремительное развитие техники и цифровых интегральных схем привело к тому, что заключительное смешивание и фильтрация, которые осуществляются в каскадах промежуточной частоты, могут производиться в цифровой области. В приемниках с цифровой промежуточной частотой (Digital IF receiver) происходит аналого-цифровое преобразование непосредственно сигнала промежуточной частоты. В качестве промежуточной частоты гетеродина используется прямой цифровой синтезатор частот Direct Digital frequency Synthesizer. Данное устройство реализовано полностью с использованием цифровой техники и рядом фирм выполняется в виде специализированной интегральной схемы. Генератор формирует цифровые выборки двух синусоид с точным сдвигом по фазе на 90 градусов, необходимые для реализации фазовой манипуляции.

Обобщенная структурная схема приемника с цифровой промежуточной частотой представлена на Рис.1.

Из схемы видно, что входные цепи приемника, которые состоят из полосового фильтра, малошумящего усилителя, смесителя аналогичны цепям приемника с двумя преобразованиями. В данную схему также включен тракт промежуточной частоты (усилитель и полосовой фильтр). В прямоугольнике заключены основные узлы тракта промежуточной частоты, которые выполнены в цифровом виде.

Рассмотрим структуру на примере одного из реализуемых трактов промежуточной частоты блока предварительной обработки сигнала микросхемы цифрового приемника (K1879ХК1Я). Реализуемая структурная схема тракта представлена на Рис. 2.

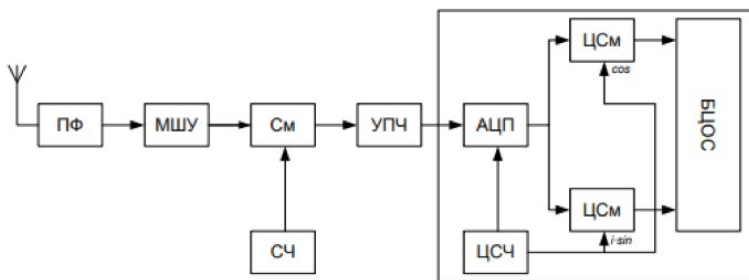


Рис. 1. Обобщенная структурная схема приемника с цифровой промежуточной частотой. ПФ – полосовой фильтр, МШУ – малошумящий усилитель, См – смеситель, СЧ – синтезатор частот, УПЧ – усилитель промежуточной частоты, АЦП – аналого-цифровой преобразователь, ЦСЧ – цифровой синтезатор частот, ЦСМ – цифровой смеситель, БЦОС – блок цифровой обработки сигналов.

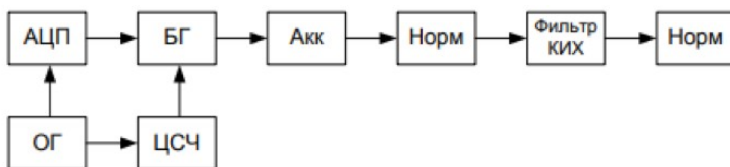


Рис.2. Канал обработки данных на базе БПОС микросхемы K1879ХК1Я. АЦП – аналого-цифровой преобразователь, ОГ – опорный генератор, БГ – блок гетеродина, ЦСЧ – цифровой синтезатор частот, Акк – аккумулятор, Норм – нормализатор.

Из схемы заметно, что микросхема содержит в себе узлы, которые позволяют вести обработку сигнала для систем связи с фазоманипулированными сигналами.

Аналого-цифровое преобразование осуществляется на частоте 81,92 МГц, разрядность данных на выходе преобразователя 12 бит. Отметим, что блок гетеродина (цифровой смеситель), состоит из двух цифровых перемножителей. Цифровые выборки входного сигнала от АЦП математически перемножаются с цифровыми выборками синуса и косинуса. В отличие от аналоговых смесителей, которые создают много нежелательных компонент, цифровые смесители являются практически идеальными устройствами и производят только два выходных сигнала суммарной и разностной частот. Данные после гетеродинирования становятся комплексными величинами, и впоследствии их обработка может вестись отдельно. Использование цифровой промежуточной частоты позволяет избежать проявления разбаланса каналов, это приводит к хорошему подавлению зеркального канала.

Далее отсчёты поступают в блок накопления. В блоке накопления частота отсчётов должна быть уменьшена минимум в 4 раза за счёт накопления, или прореживания данных. Уменьшение частоты отсчетов необходимо для

того, чтобы последующие блоки работали на частоте в четыре раза меньшей, чем блоки АЦП и гетеродина. После прореживания отсчетов следует их нормализация, где они переводятся в 8-ми разрядную сетку. Следующим этапом является фильтрация. Фильтрация осуществляется 8-ми битным ФНЧ КИХ фильтром 64-го порядка. Структура ФНЧ выбрана таким образом, чтобы подавить суммарную частоту сигнала и гетеродина, и оставить разностную (видеоэквивалент сигнала). Отфильтрованный сигнал, после нормализации сохраняется в памяти. В фазе полученного видеоэквивалента сигнала будет содержаться принятая информация.

Рассмотрим само моделирование. Расчеты велись в среде MatLab с учетом параметров узлов. На Рис.3 представлен спектр широкополосного фазоманипулированного сигнала на выходе блока АЦП. Промежуточная частота равна 10,24 МГц, скорость модулирующего сообщения 1024 кбит/сек. Модулирующее сообщение получено путем расширения последовательности Баркера длиной 13 информационного слова [1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1].

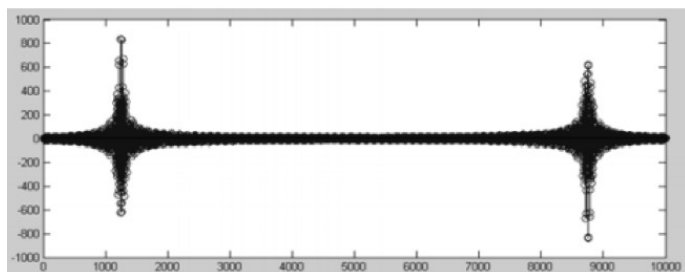


Рис.3. Спектр сигнала на выходе блока АЦП.

Далее цифровой квадратурный смеситель переносит спектр входного сигнала в область низких частот, раскладывает их на квадратурные составляющие.

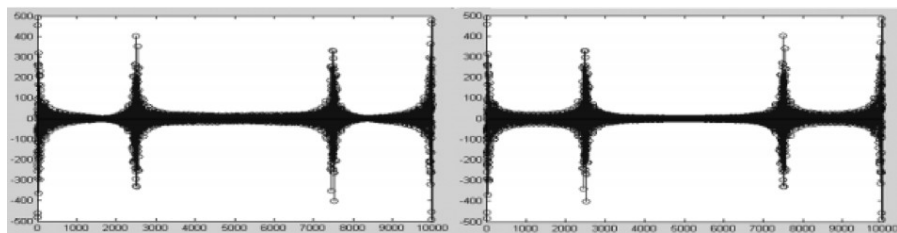


Рис.4. Спектр видеоэквивалентов после цифрового смесителя в двух каналах

Затем получают видеоэквиваленты во временной области.

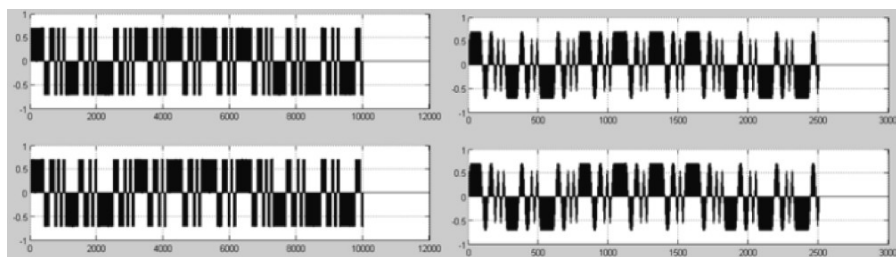


Рис.5. Видеоэквиваленты сигнала до фильтрации и после прохождения фильтрации и прореживания

Далее происходит прореживание отсчетов и фильтрация полученных видеоэквивалентов. Спектр сигнала на выходе цифрового смесителя содержит только две составляющие – суммарную и разностную. КИХ фильтром низких частот осуществляется подавление суммарной частоты. Так как модулирующий сигнал был получен путем расширения информационной последовательности кодом Баркера длины 13, следовательно, нужно произвести его свертку с тем же кодом. После свертки квадратурные составляющие во временной области примут вид, показанный на Рис. 7.

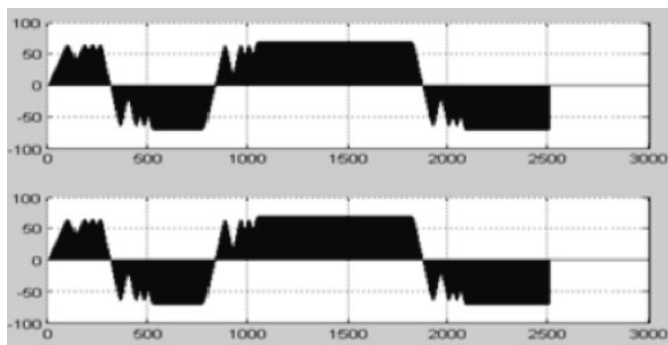


Рис.7. Реальная и мнимая часть информационного сигнала.

Анализ структуры цифрового приемника показал особенности построения современных радиоприемных трактов, а произведенное моделирование цифрового приемника реальные возможности обработки сложных фазоманипулированных сигналов в системах передачи информации.

Список литературы:

1. Манасевич, В. Теория и проектирование РЭС. – М: Связь, 1979. – 384 с.
2. Малевич И. Ю. Радиоприёмные устройства. – Мозырь: Белый ветер, 2000. – 204 с.

Ляпин А.Д. Федчук С.О.

Автоматизация процесса контроля параметров радиоэлектронных систем измерений в области метрологического контроля

Научный руководитель: Сорокин А.С.

Увеличение числа измерений, нарастание сложности аппаратуры, повышение требований к точности, расширение использования математических методов обработки результатов измерений и обнаружения ошибок приводит к значительному росту трудоемкости и стоимости измерений.[1] При этом современные производители предлагают приборы, обладающие возможностью автоматического управления. Современная эталонная база так же имеет возможность автоматизированного управления с помощью ПК. В связи с этим важнейшим направлением развития метрологических измерений является их автоматизация. Это требует создания специализированных автоматизированных систем измерений.

Автоматизация измерений – применение технических средств, экономико-математических методов и систем управления, освобождающих человека частично или полностью от непосредственного участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования измерительной информации [2].

Целью автоматизации является повышение производительности и эффективности труда, повышение достоверности измерительной информации, оптимизация планирования измерений (контроля) и деятельности метрологической службы.[2]

Процесс получения информации о свойствах контролируемого объекта будем считать измерением, а объект контроля – СИ.

Следует различать следующие виды автоматизации:

1. Автоматизация процесса обработки измерительной информации с целью повышения её достоверности;
2. Автоматизация деятельности метрологических служб;
3. Автоматизация процесса измерения.

При реализации первого вида автоматизации решаются задачи разработки методов и алгоритмов автоматизированной обработки измерительной информации [2]. В частности, создается база данных нормативных документов по поверке СИ, осуществляется обработка результатов измерений и оформление результатов поверки. Это дает возможность автоматизировать некоторые рутинные, «механические» операции деятельности поверителя при поверке СИ, не оснащенных приборными интерфейсами и уменьшить влияние человеческого фактора.

При реализации второго вида автоматизации решаются задачи оптимального планирования деятельности метрологических служб путем создания автоматизированных рабочих мест [2].

При автоматизации процесса измерения решается задача автоматизированного управления СИ, получение и запись характеристик СИ.[2] Автоматизация процесса измерения зачастую сводится к созданию программы измерений. Она представляет собой набор действий, выполнение которых в определенной последовательности приведет к получению информации о техническом состоянии СИ к законченному виду – характеристикам СИ.

В зависимости от конструктивных возможностей рабочих эталонов, поверяемых СИ и вспомогательных устройств, средств вычислительной техники различают два уровня автоматизации процесса измерений:

1. полная автоматизация процесса измерений;
2. частичная автоматизация процесса измерений.



Рисунок 1. Система машинного зрения разработанная ООО «Профигрупп» [3].

Частичная автоматизация применяется к СИ не имеющим интерфейса обмена при помощи дополнительных систем. Одной из таких систем является система машинного зрения (Рисунок 1). Система машинного зрения производит распознавание показаний с дисплея средства измерения после чего их дальнейшая обработка может осуществляться в стороннем программном обеспечении на ПК. При таком виде автоматизации управление прибором и сбор измерительной схемы осуществляется вручную поверителем.

Под полной автоматизацией процесса измерения понимается автоматическое выполнение набора определенных операций, направленных на подтверждение соответствия метрологических характеристик СИ заданным в технической документации, с записью результатов в файл, хранящийся в памяти ПК. При таком виде автоматизации управление прибором и запись данных происходит автоматически. От поверителя необходимо только собрать схему измерения. Реализация полной автоматизации возможна при условии наличия в поверяемых СИ и во всей метрологической технике, участвующей в процессе измерений, микропроцессорных блоков управления и интерфейса обмена.

Для реализации полной автоматизации процесса измерения необходимо:

1. Подобрать подходящую метрологическую технику. Под метрологической техникой понимается совокупность эталонов, метрологических комплексов, рабочих средств измерений, вспомогательных устройств и оборудования, предназначенных для поверки и ремонта средств измерений.

2. Разработать алгоритм взаимодействия метрологической техники между собой и с объектом контроля

3. Разработать программное обеспечение на основе этого алгоритма

4. Создать автоматизированное рабочее место поверителя в состав которого входит метрологическая техника, ПК, интерфейсы, необходимые периферийные устройства и специальные технические средства.

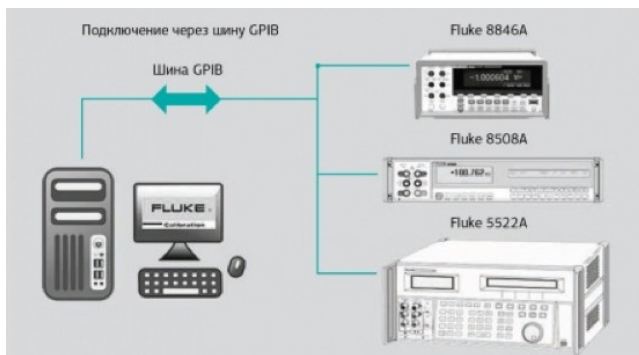


Рисунок 2. Полностью автоматизированная поверка СИ [4].

Таким образом, полная автоматизация применима лишь для ограниченного парка СИ, но несмотря на это является наиболее предпочтительным и перспективным направлением развития измерений в области обеспечения единства измерений.

В целом, автоматизация измерений положительно влияет на метрологическую область. Это обосновано ускорением процесса измерений, а, следовательно, и увеличением производительности метрологической службы. С помощью автоматизации некоторых рутинных «механических» процессов удастся добиться повышением качества метрологического контроля за счет уменьшения вероятности возникновения ошибок по вине поверителя.

Список литературы:

1. <https://studfile.net/preview/1411181/page:19/>
2. https://studopedia.ru/11_160727_avtomatizatsiya-v-oblasti-metrologicheskogo-obespecheniya.html
3. <https://pg-spb.ru/services/metrologiya/avtomatizatsiya-raboty-metrologicheskoy-sluzhby/>
4. <https://www.dipaul.ru/pressroom/metrologiya-na-avtomate/>

Реализация охлаждения приемо-передающих модулей в АФАР

Научный руководитель: Флерова А.А.

В настоящее время широко используются РЛС с активной фазированной антенной решеткой (АФАР). АФАР позволила применять новые методы обзора пространства, увеличилась разрешающая способность и дальность действия приемо-передающей станции, это позволило расширить возможности РЛС и как следствие расширить спектр решаемых задач. Из-за этого появились задачи по обеспечению необходимого режима функционирования АФАР в различных условиях. Для того чтобы поддерживать заданные параметры АФАР необходимо обеспечить требуемый температурный режим работы для полупроводниковых кристаллов, которые используются в приемо-передающем модуле.

Отвод тепла из малогабаритного закрытого устройства является труднореализуемой задачей. Существует большое количество вариантов решения данной задачи, но на практике они не эффективны. Важным аспектом является поиск возможности отведения тепла от самих тепловыделяющих элементов. Для того чтобы увеличить срок эксплуатации приемо-передающего модуля, необходимо обеспечить температуру кристалла не более +80 °С. Для отвода теплового потока из закрытого модуля лучше всего подходит жидкостное охлаждение, т.к. воздушное охлаждение в большинстве случаев требует большого количества места для размещения, что неприемлемо учитывая плотность установки приемо-передающих модулей. Предполагается использовать следующие элементы в системе жидкостного охлаждения АФАР: фильтры, датчики температуры, теплообменный аппарат, охлаждающую жидкость, трубопровод, расширительный бачок, систему управления.

При использовании жидкостной системы охлаждения происходит интенсивный равномерный отвод тепла от приемо-передающих модулей, входящих в состав АФАР, и, следовательно, интенсивного охлаждения АФАР в целом при ее эксплуатации.

Список источников:

1. Крахин О. И., Радченко В. П. Проблема теплоотвода приёмо-передающих модулей и АФАР с высоким уровнем теплового излучения // Сборник докладов III Всероссийской конференции «Радиолокация и радиосвязь» (Москва, 26-30 октября 2009 г.). М.: ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН, 2009. С. 716-719. [Электронное издание]. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/library/3conference/pdffiles/s007.pdf>
2. Малахов Р.Ю. Модуль бортовой цифровой антенной решетки. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mai.ru/upload/iblock/1ef/1ef2888186036ed1cef4a04d49c186db.pdf>, свободный

Акула В.А., Сеницын В.А.
Методика оценки энергетического потенциала и погрешности
наблюдения летательных аппаратов первичной
радиолокационной станции

Научный руководитель: Сеницын В.А.

Представлена методика оценки энергетического потенциала и погрешности наблюдения летательных аппаратов первичной радиолокационной станции.

Для автоматизированного управления воздушным движением летательных аппаратов широко используются первичные радиолокационные станции (РЛС) различного назначения.

При разработке и проектировании первичных РЛС (ПРЛС) большое значение имеет объективная оценка энергетического потенциала и погрешности наблюдения летательных аппаратов (ЛА) путем использования методики, основанной на известных и проверенных экспериментально технических решениях.

Рассмотрим возможный вариант методики оценки энергетического потенциала и погрешности наблюдения летательных аппаратов ПРЛС.

1. Методика оценки энергетического потенциала ПРЛС для дальности наблюдения ЛА

Оценка энергетического потенциала ПРЛС в части дальности обнаружения и наблюдения летательных аппаратов с заданными вероятностными характеристиками может выполняться в следующем порядке:

1.1. Проводится расчет величины мощности отраженного радиолокационного сигнала на входе приемного устройства ПРЛС по выражению, вытекающему из формулы первичной радиолокации [1]

$$P_{\text{прм}} = [P_{\text{прд}} K_{\text{сж}} K_{\text{кн}} L_{\text{тр}}^{-2} (GL_{\text{ант}})^2 L_{\text{атм}}^2 \lambda^2 \sigma] / [(4\pi)^3 R^4], \quad (1)$$

где

$P_{\text{прд}}$ – импульсная мощность передатчика (Прд) ПРЛС, Вт

$K_{\text{сж}}$ – коэффициент выигрыша в отношении С/Ш за счет сжатия (базы) сложного сигнал,

$K_{\text{кн}}$ – коэффициент выигрыша в отношении С/Ш за счет когерентного накопления пачки импульсов отраженного радиолокационного сигнала,

$L_{\text{прд}}/L_{\text{прм}}$ – относительные потери мощности в тракте на передачу/прием ПРЛС (в отсутствие потерь $L_{\text{прд}}/L_{\text{прм}} = 1$, при наличии потерь $L_{\text{прд}}/L_{\text{прм}} < 1$),

G – коэффициент усиления антенны ПРЛС (максимальное значение),

$L_{\text{ант}}$ – относительные потери G , обусловленные неравномерностью диаграммы направленности (ДН) антенны ПРЛС (в отсутствие потерь $L_{\text{ант}} = 1$, при наличии потерь $L_{\text{ант}} < 1$),

$L_{атм}$ – относительные потери мощности сигнала в атмосфере в одну сторону (в отсутствие потерь $L_{атм}=1$, при наличии потерь $L_{атм}<1$),

σ – эффективная площадь рассеяния ЛА, м²,

λ – длина волны, м,

R – расстояние (наклонная дальность) между ПРЛС и ЛА, м.

Величины выражения (1) представляются в логарифмической форме путем оценки десятичного логарифма в формате $10\lg(\dots)$.

Тогда выражение (1) преобразуется в выражение (2)

$$P_{прм}(дБВт) = [P_{прд}(дБВт) + K_{сж}(дБ) + K_{кн}(дБ) + L_{прд}(дБ) + L_{прм}(дБ) + 2G(дБ) + 2L_{ант}(дБ) + 2L_{атм}(дБ) + 2\lambda(дБм) + \sigma(дБм^2)] - [30\lg(4\pi) + 4R(дБм)]$$

1.2. Оценивается пороговая чувствительностью $P_{пор}$ приемного устройства ПРЛС с учетом коэффициента различимости приемного канала K_p по выражению

$$P_{пор} = 4кТ \times \Delta f \times K_{ш} \times K_p, \quad (3)$$

где

$к=1,38 \times 10^{-23}$ Дж/град.К – постоянная Больцмана,

$T=290$ град.К (17 град.С) – температура окружающей среды,

Δf , Гц – полоса пропускания приемного тракта

$K_{ш}$ – коэффициент шума приемного устройства

Выражение (3) в логарифмической форме имеет вид (4)

$$P_{пор}(дБВт) = -204(дБДж) + \Delta f (дБГц) + K_{ш} (дБ) + K_p(дБ),$$

1.3. Для оценки максимальной дальности действия ПРЛС в выражение (2) вместо $P_{прм}(дБВт)$ подставляется $P_{пор}(дБВт)$ с учетом выражения (4).

Далее производится оценка величины R_{max} по выражению

$$4R_{max}(дБм) = [(P_{прд}(дБВт) + K_{сж}(дБ) + K_{кн}(дБ) + L_{прд}(дБ) + L_{прм}(дБ) + 2G(дБ) + 2L_{ант}(дБ) + 2L_{атм}(дБ) + 2\lambda(дБм) + \sigma(дБм^2)] - 30\lg(4\pi) + [204(дБДж) - \Delta f (дБГц) - K_{ш}(дБ) - K_p(дБ)]. \quad (5)$$

Величина максимальной дальности R_{max} , соответствующая пороговой чувствительности $P_{пор}$, должна обеспечивать выполнение требования ТЗ на ПРЛС.

В случае невыполнения требования ТЗ в части максимальной дальности $R_{max}=75$ км следует изменить формат зондирующих сигналов в части увеличения его энергоемкости, обеспечивая при этом допустимую минимальную скважность передатчика.

2. Исходные данные

Для рассмотрения количественного примера будем полагать, что в соответствии с ТЗ на ПРЛС максимальная дальность действия $R_{max}=75$ км, а ширина диаграммы направленности в азимутальной плоскости 2,8 град.

Зададимся типовыми величинами основных исходных параметров, необходимых для использования в выражении (5):

- импульсная мощность передатчика – $P_{\text{прд}} = 41 \text{ дБВт}$ (15 кВт),
- коэффициент сжатия (база) сложного (ЧМ или ФМ) сигнала с учетом потерь 2 дБ – $K_{\text{сж}} = 19 \text{ дБ} - 2 \text{ дБ} = 17 \text{ дБ}$, при длительности сложного сигнала длительностью 70 мкс,
- коэффициент когерентного накопления пачки импульсов с учетом потерь 2 дБ – $K_{\text{кн}} = 9 \text{ дБ} - 2 \text{ дБ} = 7 \text{ дБ}$, при накоплении 8 импульсов в пачке,
- относительные потери в тракте:
 - $L_{\text{прд}} = -1,5 \text{ дБ}$ – на передачу,
 - $L_{\text{прд}} = -2,5 \text{ дБ}$ – на прием,
- максимальный коэффициент усиления антенны ПРЛС $G_{\text{ПРЛС}} = 28 \text{ дБ}$,
- относительные потери коэффициента усиления антенны $G_{\text{ПРЛС}}$ вследствие неравномерности ДН (в одну сторону) – $L_{\text{ант}} = -2 \text{ дБ}$,
- относительные потери мощности сигнала в атмосфере (в одну сторону) – $L_{\text{атм}} = -1 \text{ дБ}$,
- длина волны – $\lambda = -6,4 \text{ дБ}$ (0,23 м),
- эффективная площадь рассеяния ЛА – $\sigma = 7 \text{ дБ}$ (5 м²),
- $30 \lg(4\pi) = 33 \text{ дБ}$,
- полоса пропускания приемного тракта – $\Delta f = 59 \text{ дБ}$ (0,8 МГц),
- коэффициент шума приемного устройства – $K_{\text{ш}} = 4 \text{ дБ}$,
- коэффициент различимости приемного канала – $K_{\text{р}} = 18 \text{ дБ}$.

3. Результаты оценки энергетического потенциала

Основные технические параметры, необходимые для оценки энергетического потенциала ПРЛС с учетом выражения (5), приведены в таблице 1.

Результат оценки энергетического потенциала ПРЛС позволяет определить величину R_{max} .

Таблица 1 – Оценка максимальной дальности действия с учетом параметров энергетического потенциала ПРЛС

№ п.п.	Обозначение и размерность параметра	Величина параметра	Величина параметра для расчета по формуле (5)
1	$P_{\text{прд}}$, дБВт	41	41
2	$K_{\text{сж}}$, дБ	17	17
3	$K_{\text{кн}}$, дБ	7	7
4	$L_{\text{прд}}$, дБ	-1,5	-1,5
5	$L_{\text{прм}}$, дБ	-2,5	-2,5
6	$G \times 2$, дБ	56	56
7	$L_{\text{ант}} \times 2$, дБ	-4	-4

№ п.п.	Обозначение и размерность параметра	Величина параметра	Величина параметра для расчета по формуле (5)
8	$L_{\text{атм}} \times 2$, дБ	-2	-2
9	$\lambda \times 2$, дБм	-12,8	-12,8
10	σ , дБм ²	7	7
11	$30 \lg(4\pi)$, дБ	33	33
12	Δf , дБГц	59	59
13	Кш, дБ	4	4
14	Кр, дБ	18	18
15			204
Итого: (результат суммирования)			195,2 дБм

$$\text{Итого: } 4R_{\text{max}}(\text{дБм}) = 195,2 \text{ дБм}$$

$$10 \lg R_{\text{max}}(\text{дБм}) = 48,8 \text{ дБм}$$

$$R_{\text{max}}(\text{км}) = 10^{4,88} / 10^3 = 10^{1,88} = 75,8 \text{ км}$$

Основные выводы:

1. Реализация технических параметров ПРЛС, приведенных в таблице 1, обеспечивает необходимую максимальную дальность действия $R_{\text{max}}=75$ км, заданную в ТЗ.

2. Имеется некоторый резерв по энергетическому потенциалу ПРЛС, который можно реализовать путем уменьшения Кш и потерь $L_{\text{прд}}/L_{\text{прм}}$, увеличения Ксж и Ккн, что позволяет соответственно увеличить R_{max} или уменьшить импульсную мощность передатчика ПРЛС.

4. Оценка потенциальной погрешности оценки координат ЛА по азимуту и дальности для ПРЛС

Величина потенциальной погрешности визирования и оценки координат ЛА по дальности и азимуту ПРЛС зависит от ширины спектра частот принимаемого сигнала (при измерении дальности ЛА), ширины приема-передающей ДН антенны ПРЛС в азимутальной плоскости (при измерении азимута ЛА) и от отношения С/Ш φ .

а) Примем для ПРЛС ширину ДН антенны в азимутальной плоскости $\Delta\alpha = 2,8$ град.

б) Потенциальная погрешность измерения азимута ЛА

Потенциальная среднеквадратическая ошибка (СКО) измерения азимута оценивается с учетом ширины ДН в азимутальной плоскости $\Delta\alpha$ и отношения сигнал/шум φ , определяемого величиной коэффициента различимости $K_p=18\text{дБ}=63$ для приемного канала ПРЛС, при помощи известного выражения [2, 3]

$$\sigma_{\alpha} = \frac{\Delta \alpha}{\sqrt{\pi \cdot q}} = \frac{2,8}{\sqrt{\pi \cdot 63}} = \frac{2,8}{14} = 0,22 \text{ град.} = 12 \text{ угл. мин.}$$

в) Потенциальная погрешность измерения дальности ЛА

Потенциальная среднеквадратическая ошибка (СКО) измерения дальности ЛА для ПРЛС оценивается с учетом эффективной ширины спектра частот принимаемого сигнала $\Delta f_s = \sqrt{\pi} \times \Delta f$, соответствующей полосе пропускания ПРЛС Δf , и отношения сигнал/шум q , определяемого величиной коэффициента различимости $K_p = 18 \text{ дБ} = 63$ для приемного канала, при помощи известного выражения [2]

$$\sigma_R = \frac{c}{2 \cdot \Delta f \cdot \sqrt{\pi \cdot q}} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 0,8 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{\pi \cdot 63}} = \frac{300}{22,4} = 14 \text{ м}$$

Отметим, что величины σ_{α} и σ_R являются соответствующими потенциальными значениями СКО и обеспечивает выполнение требования ТЗ на ПРЛС.

Результирующие ошибки измерения азимута и дальности с учетом других составляющих аппаратуры ПРЛС будут больше.

Основные выводы:

1. Потенциальные среднеквадратические ошибки измерения азимута и дальности ЛА для ПРЛС соответствуют типовым требованиям ТЗ на ПРЛС.

2. Результирующие ошибки измерения азимута и дальности ЛА необходимо оценить, используя величины полученных соответствующих потенциальных СКО с учетом других составляющих, к которым относятся:

- ошибка измерения временной задержки радиолокационных импульсных сигналов, обусловленная дискретностью счетных импульсов дальности,
- ошибка, появляющаяся вследствие наклона и нестабильности временного положения фронта/среза принимаемых радиолокационных импульсов,
- ошибка измерения азимутального угла, обусловленная дискретностью счетных азимутальных импульсов, поступающих с датчика углового положения антенны ПРЛС (меток МАИ) и т.п.

Список источников:

1. Справочник по радиолокации. Под редакцией М Скольника. - М. «Советское радио», 1976 г., Перевод с английского под общей редакцией К.Н. Трофимова, в четырех томах. Том 1. - 466 с.
2. Теоретические основы радиолокации. Под редакцией В.Е. Дулевича. - М. «Советское радио», 1964 г. - 732 с.
3. В.Н.Красюк, А.А.Оводенко, А.Р.Бестугин, М.Б.Рыжиков. Антенны с малой радиозаметностью. – СПб, «Наука», 2011 г. – 672 с.

Дегтярева Е.Е.

**Разработка и внедрение мер по снижению риска процесса
производства стандартных образцов**

Научный руководитель: Синицын В.А.

В современном мире наблюдается интенсивное развитие сфер телекоммуникационных услуг, радиотехники и радиолокации. Усовершенствование беспроводных систем передачи информации, мобильных систем и систем радиочастотной идентификации заставляют искать новые и наиболее перспективные методы проектирования антенн, которые могли бы работать в нескольких диапазонах частот одновременно.

Стоит отметить, что в настоящее время практически вся радиотехника базируется на классической теории целочисленной меры и целочисленного исчисления, что говорит о том, что продвижение в данном направлении происходит уже на уровне резкого усложнения синтезированных алгоритмов, поэтому начало активно развиваться направление с использованием дробного исчисления, имеющее дело с производными и интегралами произвольного порядка, а также и вся теория фракталов.

Дробная размерность является математическим понятием, содержащим смысл промежуточного состояния структуры между точкой и прямой, между прямой и плоскостью, между плоскостью и 3-х мерным объектом.

Применение фракталов в реальных задачах накладывает существенные ограничения на физические размеры фрактальных множеств. В следствии чего существующие в реальном мире фракталы называются физическими, поскольку они имеют конечный интервал масштабов. Отсюда вытекает следующее физическое определение фрактала: "Фракталы - это геометрические объекты (линии, поверхности, тела), имеющие сильно изрезанную структуру и обладающие свойством самоподобия в ограниченном масштабе". Пространственный спектр фрактала имеет дробный показатель, что соответствует операторам дробного интегрирования.

Использование фрактальной геометрии в конструировании антенн позволяет эффективно реализовывать широкополосные и многодиапазонные свойства за счет самоподобия и миниатюрности структуры. Многообразие видов регулярных фрактальных множеств открывает дополнительные конструктивные и электродинамические возможности в проектировании антенн.

Примерами геометрических фракталов, на основе которых возможно построение антенн, являются Канторово множество, кривая Коха, дерево Кейли, салфетка Серпинского, а также ряд кольцевых структур.

Фрактальные антенны являются не только перспективными с теоретической точки зрения, но и обладают большой практической пользой, благодаря свойствам самоподобия резонансов. Их применение не ограничивается приемно-передающими функциями. Фрактальные структуры могут быть ис-

пользованы так же как радиолокационные экраны, искажающие радиопортреты исследуемых объектов.

Области применения фрактальной обработки сигналов, полей и изображений постоянно расширяются, и трудно поверить, что еще около десяти лет назад было немало скептических высказываний относительно перспективности этого нового направления в науке.

Результативность радиофизических исследований может быть значительно повышена благодаря учету фрактальности волновых явлений, развивающихся на всех этапах излучения, рассеяния и распространения волн в различных средах. Кардинальные шаги, заключающиеся в переводе принятых радиосистемой сигналов целочисленной меры в пространство дробной меры и привлечение затем скейлинговых соотношений, позволяют привнести в традиционные области классической науки совершенно новые идеи и методы, и получать на их основе достаточно неожиданные для практики, но физически обоснованные результаты.

В общем и целом, современная системотехника достаточно хорошо подготовлена к введению отдельных фрактальных подсистем и узлов в классические радиосистемы, которые зачастую не требуют сложной переделки, а достаточно лишь параллельных каналов обработки информации.

Список источников:

1. А.А. Савочкин, А.А. Нудьга Многодиапазонные антенны на основе фрактальных структур: монография. - М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2018.
2. Потапов А.А. Фракталы в радиофизике и радиолокации. - М.: Логос, 2002.
3. Потапов А.А., Потапов В.А. Фрактальные антенны: анализ, синтез и новые применения в радиофизике и радиоэлектронике // Тр. Четвертого междунар. междисциплинарного симпозиума "Фракталы и прикладная синергетика - ФИПС-05" (Москва, 14 - 17 ноября 2005 г.). - М.: Изд. Интерконтакт – Наука, ИМЕТ РАН. 2005. С. 113 – 114.

Локачева Ю.А.

Определение параметров синхрофазора системы мониторинга в переходных режимах

Научный руководитель: Синицын В.А.

Выключая домашний электроприбор или останавливая работу производственного оборудования, мы редко задумываемся о том, как на это отреагирует энергосистема, как отразится на функционировании того или иного электрогенератора отказ от какого-то количества вырабатываемой им энергии. Нам это и не нужно. Баланс энергосистемы – забота сетевого оператора.

Эта забота непростая. Например, в России сотни электрогенерирующих устройств, связаны в общую систему. Это и гидростанции, и АЭС, и ТЭЦ, и новые тепловые станции на газовых турбинах. Множество маховых мощностей, вырабатывающих электричество, между которыми существует электромеханическая связь. Они тесно взаимосвязаны, и состояние одного энергообъекта может оказать воздействие на работу другого. В диспетчерских сетевого оператора круглосуточно ведется наблюдение за поступающей в систему электроэнергией – колебаниями напряжения в сети. В постоянном режиме производится съем рабочих параметров, которые обычно обрабатываются программным пакетом SCADA.

Следует отметить, что SCADA работает только с так называемыми действующими значениями, такими, как сила тока и напряжение. Но делаются эти замеры не так уж часто – один раз в секунду. В результате SCADA видит многое, но не все.

Чтобы увидеть больше, требуются получение и обработка так называемых векторных значений. Эти параметры показывают, как движутся во времени генераторы в тех или иных точках энергосистемы, как они между собой связаны электромеханически, какие производят вибрации, качания. Для замера и анализа векторных значений в дополнение к SCADA в мире активно внедряется система WAMS (Wide Area Measurement System – Система мониторинга переходных режимов). WAMS предполагает использование специального устройства – PMU (Phasor Measurement Unit - Единица измерения фазора), которое работает либо в виде отдельного прибора, либо уже нередко встраивается в аппаратуру релейной защиты. PMU определяют фазовые углы и амплитуды токов и напряжений, частоту, мощности и т.д. в различных частях энергосистемы. Современные достижения в передаче информации посредством спутниковой связи GPS (США), ГЛОНАСС (Россия) привели к новому качественному скачку в совершенствовании энергосистемы, позволив в PMU синхронизировать метку времени данных с точностью до одной микросекунды.

На рисунке 1 приведен пример архитектуры системы WAMS. Устройства PMU являются элементами, из которых строится система WAMS.

Архитектура WAMS состоит из следующих основных элементов:

- PMU - Модуль измерения синхрофазоров, включая все необходимое оборудование для выполнения синхронизации времени.
- Инфраструктура сети обмена данными по TCP/IP и/или UDP/IP .
- PDC - Концентратор данных синхрофазоров, включая его применение для мониторинга переходных режимов в энергосистеме.

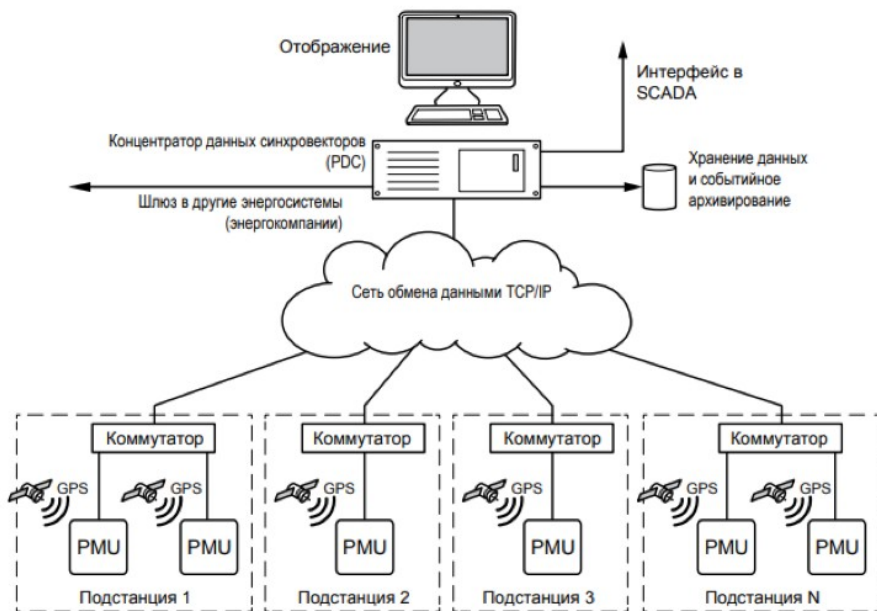


Рисунок 1 - Обзор архитектуры WAMS

Система WAMS настроена на получение данных синхрофазоров от нескольких устройств PMU.

Из-за сложной генерации сети и нагрузок, крайне важно, чтобы электрические условия передающих и распределительных сетей непрерывно наблюдались через передовые технологии датчиков – PMU. Базовая модель обработки сигнала одной фазы в PMU представлена на рис.2.

PMU предназначены для измерения электрических волн в системе электрической сети, использующие общую функцию синхронизации времени. Общая функция позволяет синхронизировать измерения по нескольким точкам сети в реальном времени по международной шкале координированного времени (UTC), которая может быть подана от GPS или ГЛОНАСС.

PMU – это контрольное устройство, которое выводит численные измерения. Его работа заключается в предоставлении численных входов для системы управления. Он преобразует аналоговый сигнал напряжения или тока в

синхрофазоры. Переход в цифровую область, с использованием аналого-цифрового преобразователя (АЦП), является одним из способов обработки.

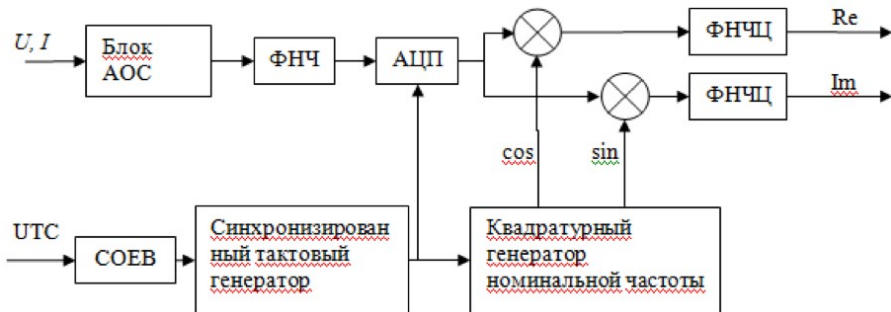


Рисунок 2 - Базовая модель обработки сигнала в РМУ для выделения фазор.

СОЕВ – система обеспечения единого времени; Блок АОС – блок аналоговой обработки сигнала; ФНЧ – фильтр нижних частот; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ФНЧЦ – фильтр нижних частот цифровой; Re – вещественная компонента фазора; Im – мнимая компонента фазора.

В результате преобразований, на выходе схемы можно наблюдать комплексный сигнал в виде синхрофазора. Сами фазоры представляются в виде вещественной и мнимой части или величины и фазового угла.

В общем случае, фазор может быть представлен функцией косинуса со средним квадратическим значением сигнала напряжения или тока A , частотой и фазой рис.3.

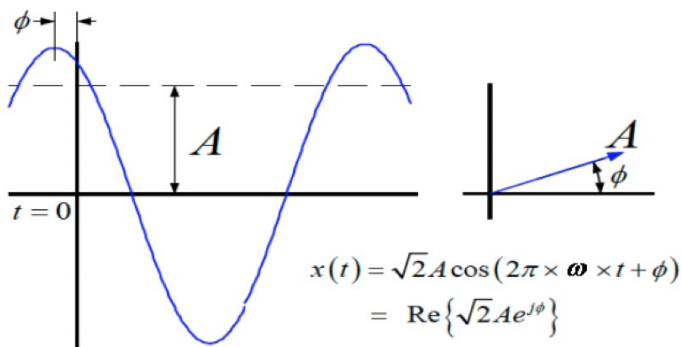


Рисунок 3 - Понятие фазора

Фазорами являются единицы измерений, которые отбираются из широко рассредоточенных мест сети энергосистемы и синхронизированы с общим источником времени в глобальной системе определения местоположения. Поскольку фазоры синхронизированы, то их принято называть синхрофазорами.

Для повышения надежности системы энергоснабжения, энергосбережения и экологической безопасности были созданы интеллектуальные сети. Основным видом измерений при создании интеллектуальных энергетических сетей становятся синхронизированные векторные измерения, где объектом измерений является фазор.

Цифровой эквивалент фазора, получаемый в ходе аналого-цифрового преобразования мгновенных значений фазора далее может быть передан в систему обработки информации. Измеряемые величины при этом - параметры фазора: угол сдвига фазы сигнала относительно метки времени (φ), модуль (M), частота (F) и скорость изменения частоты (ROCOF – принятое обозначение Rate of change of frequency).

Правильно вычисляя параметры синхрофазора можно быстро выявить аномальные режимы работы сети.

Костин И.Д. **Поиск пожароопасной ситуации на базе БПЛА**

Научный руководитель: Керножицкий В.А.

Важная задача, которая стоит перед разработкой, это обеспечение энергоэффективности и надёжности беспилотного летательного аппарата для поиска пожароопасной ситуации. Для того чтобы работать на больших площадях в труднодоступных районах схема летательного аппарата должна быть с одной стороны несложной, с другой она должна хорошо себя вести без посадки долгое время.

Для рассмотрения возьмём три разные схемы беспилотных летательных аппаратов:

- Вертолёт;
- Мультикоптер;
- Мотопланер.

Такие реализации летательных аппаратов являются самыми популярными среди решений по проектированию систем на базе беспилотников.

Вертолётная схема является достаточно популярной среди беспилотников. Вертолёты хорошо справляются с движением по точкам, а также имеют возможность посадки на любую небольшую поверхность. На смену им пришли многороторные схемы летательных аппаратов.

Такие летательные аппараты, как квадрокоптеры активно внедряются в современный быт. Важным преимуществом мультикоптеров является высокая автономность работы. Однако, такие схемы на сегодняшний день довольно дороги и обладают низкой энергоэффективностью.

Для выполнения сложных задач, связанных с долгим нахождением летательного аппарата в воздухе, подойдёт проверенная временем самолётная схема. Конкретно для данной задачи мотопланер является подходящим решением. Сравнительная характеристика приведена в таблице 1.

Мотопланер удачно подходит для выполнения крупномасштабных мероприятий по мониторингу тайги и лесных массивов. Такой беспилотный летательный аппарат может использовать не только мотор для набора высоты, но также благодаря своей аэродинамике набирать высоту с помощью так называемых восходящих потоков воздуха. Потоки возникают при неровностях местности, над которой пролетает летательный аппарат (динамические потоки), а также при нагреве грунта (термические потоки). Планер может летать без использования мотора часами, а при хорошем управлении сутками. Таким образом такой беспилотный летательный аппарат будет обладать высокой энергоэффективностью, а также он без труда будет летать над неровными участками местности и в горах.

Таблица 1 – Сравнительная таблица характеристик летательных аппаратов

	Преимущества	Недостатки
Мультикоптер	Легкость управления Высокая автономность	Дороговизна Низкая энергоэффективность
Вертолёт	Возможность посадки на любую поверхность Низкая стоимость	Необходим оператор
Мотопланер	Энергоэффективность Полёт без мотора Высокая автономность Низкая стоимость	Низкая маневренность Необходимо место для взлета и посадки

В рамках проекта разрабатывается устройство поиска пожароопасной ситуации установленное на мотопланер. Так же разрабатывается беспосадочная программа полёта мотопланера, которая позволяет пользоваться восходящими потоками воздуха.

Беспилотный летательный аппарат имеет широкие возможности для применения в области поиска пожароопасной ситуации на больших площадях, где обычную систему поиска не развернуть из-за большой стоимости, а человек уследить не может ни за скоростью распространения огня, ни за горением скрытых пожаров. Такой пожар обычно возникает в труднодоступной местности, такой как: лес, крупные сельскохозяйственные наделы и горы.

Причиной крупномасштабных лесных пожаров часто является позднее реагирование на возгорание в связи с невозможностью точного определения месторасположения. Пожарные службы далеко не всегда могут работать в разных удалённых точках местности. Леса в основном труднопроходимые и очень обширные, невозможно создать оперативную систему ответа на пожары без участия автоматики.

В России проблема такого характера кажется особо острой. Наша страна занимает первое место в мире по площади лесов (чуть более 20 % от общей площади, 11,5 млн.). Каждый участок леса важен не только для экологии Мира, но и для экономики страны, ведь в нём сосредоточено 15,4% мирового запаса древесины, а также множество других ресурсов (таких как углеводороды, питьевая пресная вода и т.п.), которые необходимы для дальнейшего существования человека на Земле. Статистика по лесным пожарам плачевна, ежегодно в Российской Федерации сгорает 1 % от общего лесного фонда. [1] Сложность обнаружения состоит даже не в труднодоступности очагов возгорания, а больше в невозможности усмотреть за такими площадями человеку.

Сегодня на помощь человеку может выйти техника. Беспилотный летательный аппарат — отличное решение для труднодоступных районов и больших площадей. Сегодня существует множество примеров, где беспилот-

ники могут выполнять задачи без участия человека и приносить с борта много информации, в том числе и координаты о месторасположении, и видео-, фото-информацию. [2] Таким подходом к решению задач поиска можно уменьшить трудоёмкость в разы, уменьшить человеческий фактор, добраться до тех мест, где человеку было опасно вести работу. Летательный аппарат сам на борту принесёт необходимую информацию.

Такой летательный аппарат оснащён датчиком температуры и видеокамерой, также для автопилотирования он должен быть оснащён трёхосевым гироскопом, акселерометром и навигационной системой, которые не только позволят ориентироваться беспилотнику в пространстве, но и отправят координаты местонахождения возможного возгорания на пульт диспетчеру для дальнейшего принятия решения.

В результате работы для решения задачи поиска пожароопасной ситуации обоснован выбор мотоплана, как наиболее энергоэффективного и надежного беспилотного летательного аппарата. Создан действующий макет для поиска пожароопасной ситуации, который позволяет увеличить точность работы устройства. На его основе разработан алгоритм и программное обеспечение в рамках условий задачи.

Список источников:

1. Лесные пожары в России. [Электронный ресурс] // ТАСС, 2019. URL: <https://tass.ru/obschestvo/6924964> (Дата обращения 19.02.2020)
2. Тепловизор для дрона: зачем нужен, принцип работы, подборка. [Электронный ресурс] // MyKvadrocopter.ru, 2019. URL: <https://mykvadrocopter.ru/teplovizor-dlya-drona/> (Дата обращения 25.02.2020)

Фадеева Ю.В.
Блок телеуправления планетохода

Научный руководитель: Керножицкий В.А.

Телеуправление является важным звеном научно-технического прогресса, особенно когда нужно осуществить управление объектом и контроль на больших расстояниях.

В настоящее время в процессе развития бортового электронного оборудования современных аппаратов и устройств можно увидеть следующие тенденции:

- уменьшение энергопотребления;
- увеличение скорости информационного обмена;
- расширение спектра решаемых задач;
- повышение надежности.

Этот ряд тенденций является следствием использования современных принципов построения сложных систем, перехода к цифровой обработке информации, использования новой элементной базы. Поэтому разработка малогабаритных устройств на современной элементной базе является актуальной задачей на сегодняшний день, так как это позволит значительно улучшить характеристики уже существующих аналогов.

В рамках проекта производится разработка блока телеуправления для планетохода на базе микропроцессора. Управление объектом осуществляется с борта космического аппарата (носителя) по современным каналам связи. По ним передаются команды управления: режим движения (ручной или дозированной), команды поворота, скорость, команды на взятие грунта. Дозированный режим представляет собой автоматический этап движения, программируемый оператором.

Данный блок выполняет функции двухстороннего обмена информацией между носителем и объектом управления. Передача и приём ведутся устройством одновременно по двум физически разделённым каналам связи по однопроводной линии с заданными скоростями передачи.

Блок должен:

- обеспечить электрическую связь объекта управления с носителем по одноканальной линии связи;
- осуществить контроль целостности линии связи;
- принимать команды телеуправления, вырабатываемые на носителе в результате решения задачи;
- выдавать принятые команды телеуправления в систему управления объектом;
- передавать информацию телеизмерения с объекта управления на носитель.

При разработке следовало учесть помехи, запаздывание и человеческий фактор, также целесообразно уменьшить массогабаритные параметры.

Рассмотрим подробнее устройство блока, структура которого изображена на рисунке 1.

Он состоит из источника питания, преобразователей напряжения, задающего кварцевого генератора, микроконтроллера, измерителя тока, операционного усилителя, аналого-цифрового преобразователя и преобразующего устройства для связи микроконтроллера с носителем. Микропроцессор блока должен реализовывать контроль корректности входных сигналов, алгоритм управления и запись результатов работы в бортовое устройство регистрации. Внешний задающий генератор с кварцевой стабилизацией частоты обеспечивает синхронизацию работы микроконтроллера и обеспечивает необходимую стабильность временных интервалов. Преобразующее устройство для связи микроконтроллера с носителем и объектом управления на базе оптореле используется для решения проблемы связанной с передачей биполярного сигнала длительностью 50 — 100 мс.

Преобразователи напряжения служат для согласования уровней напряжения и для того чтобы избежать ложных срабатываний оптореле.

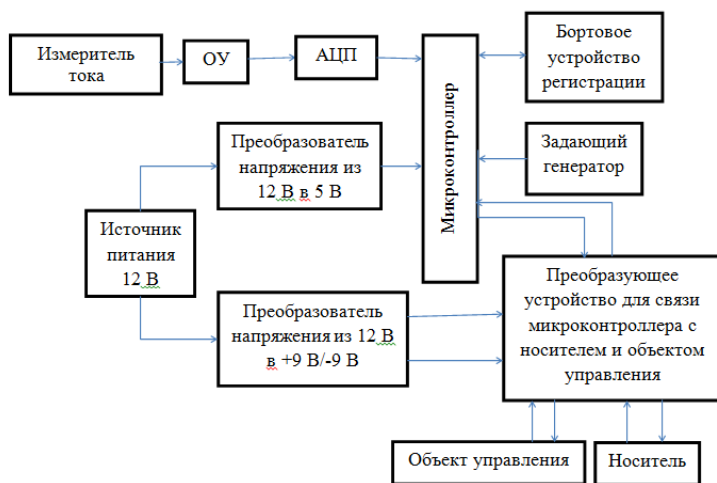


Рисунок 1 — Структура блока

Обработка помех реализована по контролю амплитуды входного тока и длительности импульса. При контроле по величине входного тока принято решение использовать прецизионный усилитель[1].

Управление системой осуществляется с помощью микроконтроллера STM32[2]. Связь микроконтроллера с бортовым устройством регистрации осуществляется по последовательному SPI-интерфейсу. Он предназначен для обеспечения простого и недорогого высокоскоростного сопряжения мик-

роконтроллеров и периферии, и имеет ряд преимуществ по сравнению с другими существующими последовательными интерфейсами, например, I2C. Для интерфейса требуется гальваническая развязка, которую можно обеспечить с помощью цифрового изолятора[3].

В результате работы был изготовлен макет блока телеуправления для планетохода, который позволяет уменьшить массогабаритные параметры и увеличить скорость информационного обмена, по сравнению с аналогами на базе интегральных микросхем, а также разработан алгоритм его работы и программное обеспечение[4].

Список источников:

1. Новые операционные усилители для прецизионных измерений. [Электронный ресурс] // АО «Компэл», 2019. URL: <https://www.compel.ru/lib/54375> (Дата обращения 18.02.2020).
2. С. А. Лосев. Проектирование аппаратных и программных средств микропроцессорных систем. СПб: БГТУ, 2018.
3. Умные изоляторы. [Электронный ресурс] // АО «Компэл», 2019. URL: <https://www.compel.ru/lib/72955> (Дата обращения 19.02.2020).
4. Начало работы с Keil MDK-ARM. [Электронный ресурс] // Блог Дмитрия Бравикова, 2016. URL: <https://bravikov.wordpress.com> (Дата обращения 21.02.2020).

Содержание

Организационный комитет XVIII открытой научно-практической конференции.....	4
Конференция в новых реалиях.....	5
Государственное бюджетное нетиповое образовательное учреждение «Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных».....	6
Костиков А.К. Создание облика БПЛА и его обдувка в ANSYS.....	7
Соколов Д.Э. Разработка системы визуализации авиационного комплекса с обзором 360 градусов.....	11
Суров М.Д. Система управления антенной. Прогнозирование траектории спутника.....	14
Кузовов А.С. Разработка тормозной системы БПЛА.....	19
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д.Ф. Устинова.....	22
Шадус М.А., Абрамычев С.О. Оценка состояния оператора радиоэлектронных систем по его лицу с помощью нейронных сетей.....	24
Пономарев С.Д., Ляпин А.Д., Моисеева Н.М. Применение искусственных нейронных сетей для навигации летательного аппарата...26	
Моисеева Н.М., Пономарев С.Д., Тумский Г.В. Разработка алгоритма распознавания рукописного текста с помощью технологии ИНС.....	28
Мазурова О.С. Моделирование цифровой обработки фазоманипулированного сигнала.....	30
Ляпин А.Д., Федчук С.О. Автоматизация процесса контроля параметров радиоэлектронных систем измерений в области метрологического контроля.....	34
Абрамычев С.О., Шадус М.А. Реализация охлаждения приемопередающих модулей в АФАР.....	37
Акула В.А., Синицын В.А. Методика оценки энергетического потенциала и погрешности наблюдения летательных аппаратов первичной радиолокационной станции.....	38
Дегтярева Е.Е. Разработка и внедрение мер по снижению риска процесса производства стандартных образцов.....	43
Локачева Ю.А. Определение параметров синхрофазора системы мониторинга в переходных режимах.....	45
Костин И.Д. Поиск пожароопасной ситуации на базе БПЛА.....	49
Фадеева Ю.В. Блок телеуправления планетохода.....	52