



Четвертаков А.А.
Chetvertakov A.A.

магистрант Московского
государственного
технического университета
им. Н.Э. Баумана
г. Москва,
Российская Федерация



Шаваев А.А.
Shavaev A.A.

аспирант, младший
научный сотрудник
Института конструкторско-технологической
информатики
Российской академии наук,
г. Москва,
Российская Федерация



Кулиев Р.И.
Kuliev R.I.

аспирант, младший
научный сотрудник
Института конструкторско-технологической
информатики
Российской академии наук,
г. Москва,
Российская Федерация

УДК 621.396

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОМ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ АЭРОФОБИИ

В данной статье рассмотрена система управления комплексом, осуществляющим моделирование полета в салоне самолета. Рассмотрены принципы ручного и автоматического управления с обратной связью, в качестве которой использована система инерциальной навигации.

Объектом исследования является комплекс моделирования процессов полета пассажирского воздушного судна. Предметом исследования является система автоматического управления комплексом.

Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки универсальной системы числового программного управления (ЧПУ) с возможностью подключения различных видов датчиков обратной связи и интерфейсом прикладного программирования.

Целью данной работы является внедрение в систему ЧПУ комплекса системы автоматического управления (САУ), реализующую необходимые технические требования.

Выдвинуты следующие требования для разработки САУ:

1. Обеспечение ручного пропорционального управления сервоприводами.
2. Запись программ движения в режиме реального времени.
3. Воспроизведение программ движения в автоматическом режиме с помощью пульта дистанционного управления (ПДУ).
4. Отработка ограничений для корректной и безопасной работы комплекса.
5. Наличие интерфейса прикладного программирования.

В систему ЧПУ была внедрена система автоматического управления. Реализовано ручное пропорциональное управление с помощью пульта дистанционного устройства. Реализовано автоматическое управление путем записи команд ручного управления в режиме реального времени и дальнейшего их воспроизведения на комплексе. Данная разработка может быть внедрена в любые подобные комплексы, в которых управление двигателями осуществляется посредством интерфейса STEP/DIR и требуется наличие обратной связи для позиционирования механизмов и иных нужд, с минимальными изменениями, что делает систему ЧПУ универсальной и подготовленной для широкого применения.

Ключевые слова: система автоматического управления, система инерциальной навигации, обратная связь.

CONTROL SYSTEM OF THE COMPLEX FOR THE AEROPHOBIA THERAPY

In this article the control system of the complex which is carrying out modeling of flight in a cabin is considered. The principles of manual and automatic control with feedback as which the system of inertial navigation is used are considered. An object of a research is the complex of modeling of processes of flight of the passenger aircraft. An object of research is the automatic control system of a complex.

The relevance of work is caused by need of development of universal computer numerical control system (CNC) with a possibility of connection of different types of sensors of feedback and the application programming interface.

The purpose of this work is introduction in the CNC system of a complex of the automatic control system (ACS) realizing necessary technical requirements.

The following demands for development of ACS are made:

1. Ensuring manual proportional control with servo-drivers.
2. Record of programs of the movement in real time.
3. Reproduction of programs of the movement in the automatic mode by means of the remote control (RC).
4. Working off of restrictions for correct and safe work of a complex.
5. Existence of the application programming interface.

In the CNC system the system of automatic control was introduced. Manual proportional control by means of the panel of the remote device is realized. Automatic control by record of teams of manual control in real time and their further reproduction on a complex is realized. This development can be introduced in any similar complexes in which control of engines is exercised by means of the STEP/DIR interface and existence of feedback for positioning of mechanisms and other needs, with the minimum changes is required that does the CNC system universal and prepared for broad application.

Key words: automatic control system, inertial navigation system, feedback.

Введение

Объектом исследования является комплекс моделирования процессов полета пассажирского воздушного судна. Предметом исследования является система автоматического управления комплексом.

Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки универсальной системы числового программного управления (ЧПУ) с возможностью подключения различных видов датчиков обратной связи и интерфейсом прикладного программирования.

Целью данной работы является внедрение в систему ЧПУ комплекса системы автоматического управления (САУ), реализующей необходимые технические требования.

Выдвинуты следующие требования для разработки САУ:

1. Обеспечение ручного пропорционального управления сервоприводами.
2. Запись программ движения в режиме реального времени.
3. Воспроизведение программ движения в автоматическом режиме с помощью пульта дистанционного управления (ПДУ).
4. Отработка ограничений для корректной и безопасной работы комплекса.
5. Наличие интерфейса прикладного программирования.

За основу разработки был взят комплекс моделирования полетов, который представляет из себя карданный подвес, закрепленный на салазках, салазки в свою очередь подвешены за трос лебедки к несущей части конструкции сверху. Внутри карданного подвеса закреплена кабина, на корпусе которой закреплена система инерциальной навигации. В комплекс установлена система ЧПУ,

которая имеет в своем составе вычислитель, построенный на основе микроконтроллера STM32F407 от компании STMicroelectronics.

На рисунке 1 представлена структура комплекса.

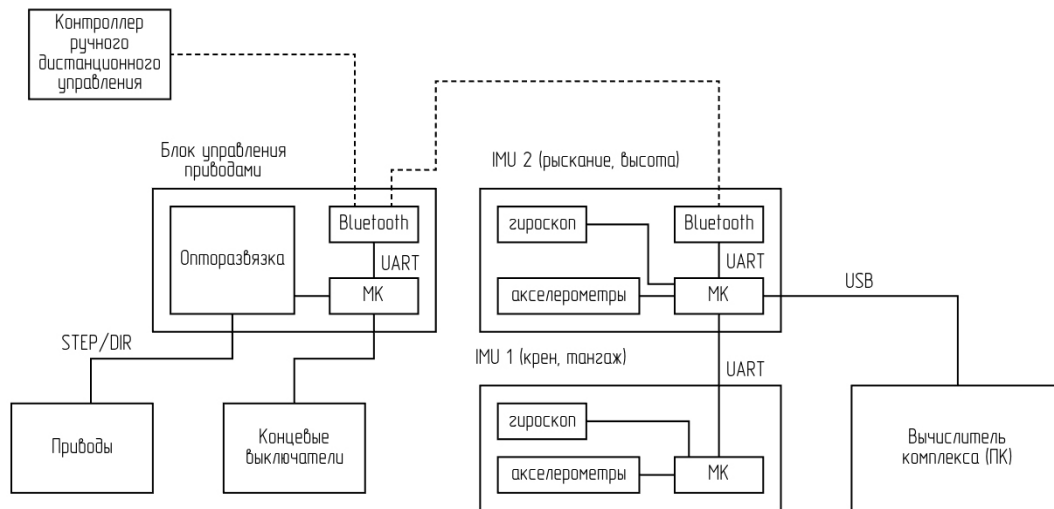


Рисунок 1. Структура комплекса

Применение системы автоматического управления с обратной связью в виде системы инерциальной навигации обусловлено следующими факторами:

1.Связи, которые генерирует датчик угла поворота сервопривода, установленный на выходном валу серводвигателя, люфты карданного подвеса и высокая инертность кабины не позволят точно позиционировать ее, используя ОС сервоприводов.

2.Передача сигнала датчика угла поворота сервопривода на вычислитель системы ЧПУ комплекса связана со схемотехническими трудностями. Высокочастотные сигналы требовательны к качеству соединительного кабеля, к его длине, а также наличию экранирования. Схемотехника приемника сигналов

подразумевает собой наличие высокочастотных дорогостоящих драйверов.

Ручное пропорциональное управление

Система ЧПУ имеет в своем распоряжении устройство дистанционного управления. Устройство представляет собой модельный пульт, работающий по интерфейсу Bluetooth. Пульт оснащен двумя джойстиками, каждый из которых может совершать угловые перемещения по двум осям. На каждой из осей расположены потенциометры, которые подключены к аналоговому входу вычислителя пульта, где оцифровываются и передаются по интерфейсу Bluetooth в вычислитель системы ЧПУ. Структура протокола передачи данных по интерфейсу представлена на рисунке 2.

		1	2	3	4	5
Начало пакета	Начало пакета	Тип передатчика	Канал 0, старший байт	Канал 0, младший байт	Канал 1, старший байт	Канал 1, младший байт
0x7E	0x7E	0xFF - пульт 0x0F - ПК	0x00	0x00	0x00	0x00

6	7	8	9	10	11	12
Канал 2, старший байт	Канал 2, младший байт	Канал 3, старший байт	Канал 3, младший байт	Состояние триггера	Номер программы	Действие над программой
0x00	0x00	0x00	0x00	0x00 - pressed 0x01 - default	0x0F - номер 0x00 - ручной режим	0x00 - play 0x01 - record 0xFF - нет действия

13	14	15	16	17	Конец пакета	Конец пакета
0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x03	0x03

Рисунок 2. Структура протокола

Протокол STEP/DIR для управления сервоприводами оперирует сигналами STEP-шаг и DIR-направление. В зависимости от количества шагов серводвигатель совершает перемещения, пропорциональные количеству этих шагов. Скорость вращения двигателя определяется частотой следования шагов в протоколе. При подключении к системе пульта дистанционного управления возникает проблема преобразования аналогового сигнала с потенциометров в протокол STEP/DIR.

Проблема сообщения направления была решена следующим образом: джойстики подпружинены и работают от нейтрального, среднего положения, а значит и потенциометры, установленные на них в нейтральном положении, имеют среднее положение движка. Каждый потенциометр был разделен на три зоны: зона положительного направления движения, зона отрицательного направления движения, мертвая зона. Мертвая зона расположена вблизи среднего положения движка, в которой вычислитель ЧПУ не реагирует на изменение положение джойстика. Мертвая зона необходима для того, чтобы исключить ложные срабатывания системы ЧПУ при возврате подпружиненного джойстика в нейтральное положение. Зона положительного направления движения – зона, в которой сигнал DIR имеет знак, соответствующий повороту серводвигателя по часовой стрелке. Зона отрицательного направления движения – зона, в которой сигнал DIR имеет знак, соответствующий повороту серводвигателя против часовой стрелки.

Проблема измерения количества шагов была решена путем считывания положения джойстика в зоне положительного (отрицательного) направления движения. Данные зоны имеют линейный характер, причем большему отклонению джойстика соответствует большее значение, получаемое вычислителем ЧПУ с учетом переводного коэффициента. Таким образом, отклонение джойстика – это скорость поворота серводвигателей.

Ограничение перемещений

В ходе тестовых испытаний ручного управления было выяснено, что подвижные части установки при введении их в определенные положения соударяются с неподвижными ее частями, а также с поверхностью

пола. Во избежание поломок частей и узлов комплекса при управлении им технически неподготовленным персоналом, а также для обеспечения безопасности проведения процедуры симуляции, в систему управления были введены ограничения углов и линейных перемещений комплекса.

1. Ограничения по вертикальным перемещениям.

Вертикальные перемещения кабины ограничены двумя концевыми выключателями.

Местоположение кабины при ее нахождении на полу фиксируется нижним концевым выключателем. Для предотвращения разматывания троса лебедки при нажатом нижнем выключателе система управления разрешает сервоприводу вращаться в сторону заматывания троса.

Для осуществления угловых перемещений карданного подвеса в полном заданном диапазоне с учетом запаса на вертикальные перемещения для воссоздания перегрузки, была выбрана рабочая высота симуляции. На данной высоте был установлен верхний концевой выключатель, который служит триггером для включения полного диапазона угловых перемещений.

2. Ограничения по углам крена и тангажа.

Система инерциальной навигации фиксирует положение кабины в пространстве. Были заданы максимальные углы крена и тангажа, на которые кабина может отклоняться. Данные углы отрабатываются только на рабочей высоте симуляции. Если высота подъема комплекса ниже рабочей, углы крена и тангажа являются функцией промежуточной высоты подъема.

3. Ограничение по углу рысканья.

На валу, осуществляющем вращения по углам рысканья был установлен магнетометр. В зоне нейтрального положения, вблизи прохождения сенсора магнитометра, на условно неподвижных салазках был установлен постоянный магнит. При приближении магнита к сенсору, последний посылает сигнал системе управления о достижении нейтрального угла по заданной оси. Ограничения по данному углу разрешены и максимальны на всем диапазоне высот, поворот вокруг оси рысканья запрещен лишь в случае получения сигнала с нижнего концевого выключателя, то есть при нахождении кабины на поверхности пола.

Тормозная система

Каждый сервопривод оснащен электромагнитным тормозом, который разрешает поворот вала при подаче на катушку управляющего напряжения. При успешном подключении пульта дистанционного управления к системе ЧПУ тормозную систему возможно отключить при помощи подпружиненного тумблера. При внезапном отключении электропитания тормозная система будет автоматически включена, что позволит избежать неконтролируемого перемещения частей комплекса.

Запись программ движения

Для реализации задачи записи программ в режиме реального времени в системе ЧПУ комплекса установлено постоянное запоминающее устройство. ПЗУ представляет из себя SD-карту, которая с помощью адаптера подключена к основной плате системы ЧПУ. При заполнении памяти SD-карта может быть заменена на другую. На пульте дистанционного управления был предусмотрен пользовательский интерфейс, включающий в себя жидкокристаллический дисплей и три тактовые кнопки управления. Две кнопки отвечают за перемещение по меню, одна – за выбор соответствующего действия. На дисплее отображается меню, в котором списком представлены 256 слотов, в которые можно записать необходимую программу движения.

Запись программ происходит следующим образом: с помощью кнопок выбора определяется необходимый слот, с помощью кнопки «Ввод» производится вход в подменю соответствующего слота. В подменю выбирается команда «Запись». Команда при этом начинает подсвечиваться на дисплее.

Воспроизведение программ

Воспроизведение программ осуществляется двумя способами:

1. С помощью ПДУ

Данный способ необходим для дистанционного запуска программы на безопасном от комплекса расстоянии для проверки правильности записанной программы, а также для запуска симуляции без использования системы дополненной реальности.

Воспроизведение осуществляется путем выбора соответствующей программы в меню ПДУ и ее последующего запуска кнопкой прикладного интерфейса пульта в подменю выбранной программы.

2. С помощью персонального компьютера.

Данный режим предназначен для работы в связке с системой дополненной реальности, включающей в себя аудио- и видеосопровождение симуляции полета.

Воспроизведение программы осуществляется в графическом интерфейсе системы дополненной реальности (СДР). Номера и названия программ в интерфейсе ПДУ и в графическом интерфейсе СДР совпадают. Необходимая программа выбирается с помощью клавиатуры и запускается нажатием клавиши «Запуск симуляции».

Вывод

В систему ЧПУ была внедрена система автоматического управления. Реализовано ручное пропорциональное управление с помощью пульта дистанционного устройства. Реализовано автоматическое управление путем записи команд ручного управления в режиме реального времени и дальнейшего их воспроизведения на комплексе. Данная разработка может быть внедрена в любые подобные комплексы, в которых управление двигателями осуществляется посредством интерфейса STEP/DIR, и требуется наличие обратной связи для позиционирования механизмов и иных нужд с минимальными изменениями, что делает систему ЧПУ универсальной и подготовленной для широкого применения.

Список литературы

1. Операционная инструкция MINAS A5 [Электронный ресурс] // URL: https://industrial.panasonic.com/content/data/MT/PDF/manual/en/acs/minas-a5-2_manu_e.pdf
2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. – Издание третье, исправл. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1975.
3. Справочное руководство к STM32f4 [Электронный ресурс] // URL: <https://www.st.com/en/microcontrollers/stm32f407-417.html>
4. Руководство пользователя Bluetooth-модуля HC-05 [Электронный ресурс] // URL: <http://www.electronicastudio.com/docs/istd016A.pdf>
5. Власов К.П. Теория автоматического управления. Основные положения. Примеры расчета: учебное пособие. – Харьков: Гуман. Центр, 2013. – 544 с.