электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

УДК 531.383

ПОЛУЧЕНИЕ И ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ, СНИМАЕМЫХ С СИНУСНО-КОСИНУСНОГО ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ТРАНСФОРМАТОРА

Сорокин С.Г., *студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Приборы и системы стабилизации, навигации и ориентации»

Научный руководитель: Полынков А.В., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
Polynkov@bmstu.ru

Постановка задачи

В настоящее время датчики углового положения широко применяются в различных измерительных системах. Повышение точности ДУ существенно влияет на безопасность полетов, навигацию ЛА и решение прикладных задач в народном хозяйстве.

Точностные характеристики ДУ зависят от параметров измерительных элементов и алгоритмов преобразования измеренных сигналов.

Исходным параметром для исследования служит выходной сигнал ДУ в виде двухполярных [5] напряжений 10 В переменного тока.

В рамках данной работы обоснован выбор чувствительных элементов на основе двухотсчетного ДУ [4] в целях повышения точности измерений. Производится анализ сигналов ДУ на СКВТ, алгоритмы их преобразования для дальнейшей обработки информации на компьютере.

Предлагаемое устройство обработки исследуемого сигнала состоит из следующих элементов: датчика угла, модуля согласования, аналого-цифрового преобразователя, микроконтроллера и персонального компьютера.

Датчик угла

Датчик угла представляет собой электрическую машину, имеющую неподвижную часть (статор) и подвижную (ротор)[1… 3]. Электрическая схема одноотсчетного ДУ представлена на рис. 1.

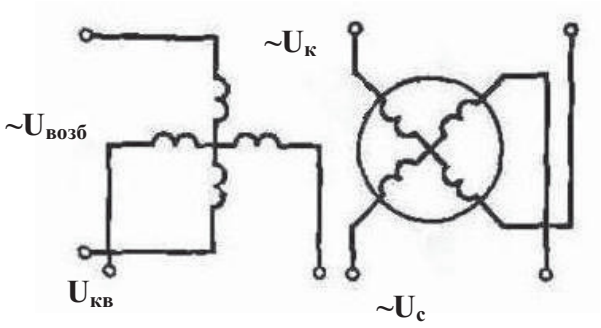

Рис. 1. Электрическая схема датчика угла

На статоре ДУ располагается обмотка возбуждения и квадратурная обмотка. На роторе – синусная и косинусная обмотки. Обмотка возбуждения подключается к генератору гармонических колебаний амплитудой U = 36 В и частотой f= 400 Гц. Вследствие взаимоиндукции в роторных обмотках наводится ЭДС, пропорциональная напряжению на обмотке возбуждения. С помощью квадратурной обмотки производится настройка ДУ.

В данной работе предлагается заменить штатный одноотсчетный ДУ на более точный двухотсчетный. На роторе располагаются синусные и косинусные обмотки, имеющие грубые и точные каналы. При изменении положения ротора относительно статора на 1 оборот, амплитуда напряжения на обмотке грубого канала будет изменяться пропорционально угловому отклонению ротора относительно статора с малым количеством периодов . На обмотке точного канала – амплитуда изменяется на большое количество периодов. Используя данные с точных и грубых каналов синусных и косинусных обмоток одновременно, становится возможным вычислить величину углового отклонения с необходимой точностью.

Модуль согласования

Данный модуль необходим для преобразования сигналов, поступающих с ДУ к виду, необходимому для его дальнейшей обработки с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) в микроконтроллере.

В микроконтроллере используется однополярный АЦП, допустимое входное напряжение для которого лежит в диапазоне 0… 5 В. Амплитуда сигнала, генерируемого ДУ, составляет 10 В, что значительно превышает допустимый уровень сигнала АЦП.

Двухполярный сигнал ДУ также требует преобразования к однополярному виду.

Микроконтроллер

В данной работе исследован микроконтроллер (МК) STM32F103RBT6 [6], имеющий 3 встроенных АЦП: АЦП1, АЦП2, АЦП3.

Микроконтроллер выполняет несколько основных функций:

1. Получение аналоговых сигналов с грубых и точных обмоток ДУ;
2. Оцифровка полученных сигналов с помощью встроенного АЦП;
3. Вычисление значений угловых отклонений объекта по полученным сигналам ;
4. Отправка данных на компьютер для последующей их обработки.

Цифровой выходной сигнал с МК поступает на ПК по интерфейсу UART.

Функциональная схема устройства

Функциональная схема преобразующего устройства представлена на Рис. 2.

Питание на ДУ подается от генератора гармонических колебаний с выходными характеристиками U = 36 В; f= 400 Гц. Грубые и точные каналы синусных и косинусных обмоток подключаются к модулю согласования (МС). С выходов МС сигналы подаются на АЦП через встроенный коммутатор. В микроконтроллере производится преобразование сигналов ДУ в цифровую форму и определение их амплитуд. По значениям амплитуд сигналов с ДУ вычисляется значение углового положения датчика. После всех преобразований информация отправляется по интерфейсу UART на персональный компьютер.

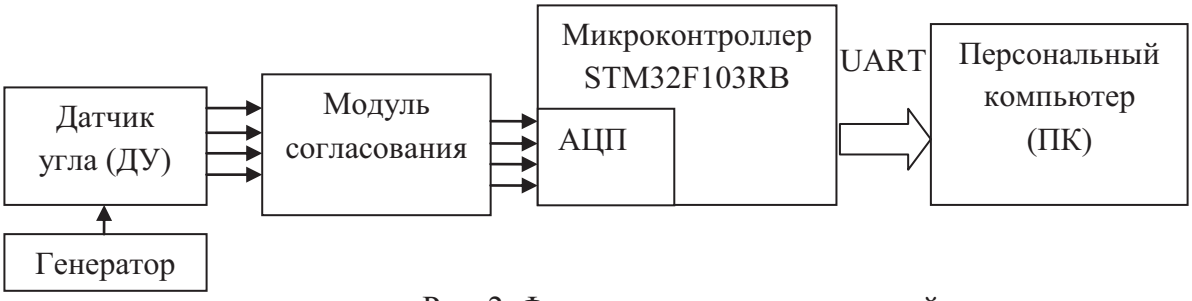

Рис. 2. Функциональная схема устройства

Алгоритм работы программы

Перед непосредственной обработкой информации на МК, его необходимо настроить. При этом требуется разрешить тактирование периферийных устройств и портов ввода-вывода и задать режим их работы. Также необходимо произвести настройку

прямого доступа в память (DMA). Прямой доступ в память – процесс записи данных, поступающих с периферийных устройств в память МК без участия центрального процессора. Данная процедура позволяет повысить производительность МК, освобождая его от выполнения дополнительных операций по сбору и размещению информации в памяти. Заключительным этапом настройки является разрешение прерываний МК. Прерывание – сигнал, сообщающий процессору о наступлении определенного события. После возникновения прерывания (например, при окончании конвертации АЦП), МК передает управление обработчику прерываний – процедуре, выполняющейся при наступлении определенного прерывания. В данном случае нас интересуют следующие типы прерываний: окончание конвертаций АЦП1 и АЦП3.

После настройки МК запускается основная программа обработки. Классически, все вычисления происходят в основном цикле программы. В настоящей работе предлагается поместить процедуры обработки сигналов измерений в обработчики прерываний. На рис. 3 показан алгоритм работы программы. Из рисунка видно, что в задачу программы входит только настройка оборудования. Функциональная часть программы будет содержаться в обработчиках прерываний.

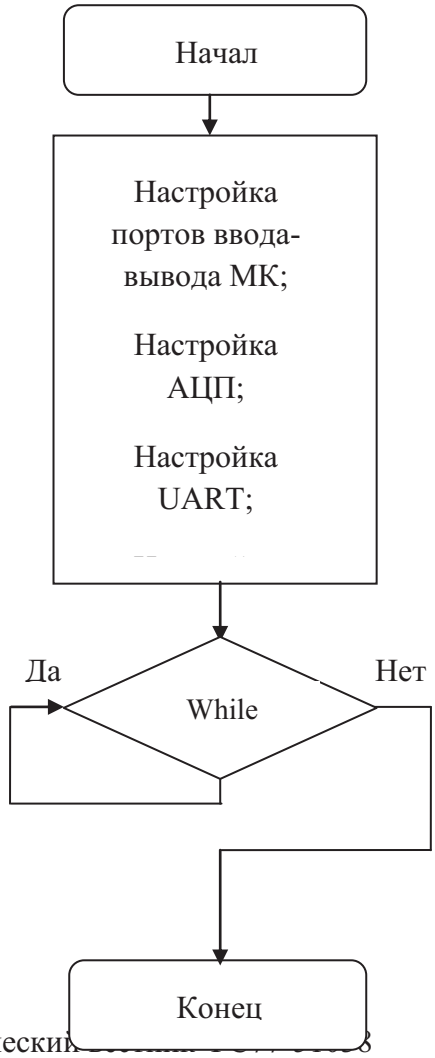

Рис. 3. Алгоритм работы программы

Алгоритм сбора и обработки сигналов ДУ

В основе данного алгоритма лежит процедура определения значения углового отклонения путем обработки сигналов с обмоток ДУ. В простейшем случае, когда ДУ имеет только 2 обмотки на роторе - синусную и косинусную, угловое отклонение можно рассчитать по формуле $\varphi = \mathrm{arctg}(U_{sin}/U_{cos})$.

В рассматриваемом варианте ДУ имеет 4 обмотки. В этом случае порядок расчета отличается, т. к. необходимо учитывать сигналы дополнительных обмоток (точной синусной и точной косинусной).

Зависимости амплитуд выходных сигналов от взаимного угла поворота на грубых ($C\sin(\alpha)$, $C\cos(\alpha)$) и точных ($P\sin(\alpha)$, $P\cos(\alpha)$) каналах представлены на рис. 4. Как видно из рисунка, амплитуды сигналов на грубых и точных каналах изменяются по законам синуса и косинуса. При повороте ротора относительно статора на угол, равный 360°, значения амплитуд сигналов на грубых каналах повторяются через 1 период, а на точных – повторение значений амплитуд начинается уже при малых углах отклонения. В данном случае повторение сигнала начинается уже при достижении 1/32 периода грубого канала. Период изменения сигналов на точных обмотках зависит от величины, называемой коэффициентом редукции. Эта величина отвечает за соотношение амплитуд грубого и точного сигналов при повороте ротора на определенный угол.

http://sntbul.bmstu.ru/doc/637803.html

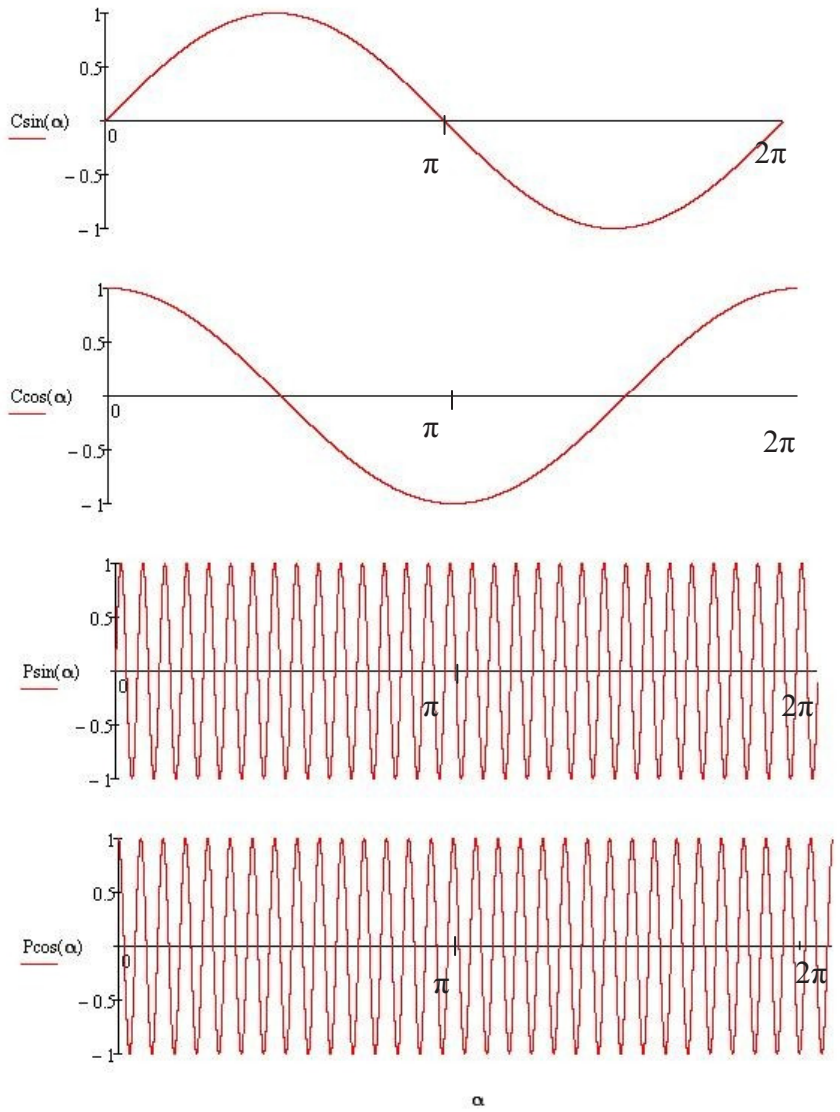

Рис. 4. Зависимости амплитуд на обмотках ДУ от взаимного угла поворота

Грубая и точная обмотки сдвинуты друг относительно друга на малый угол для удобства считывания информации. В отличии от 2-х канального ДУ, расчёт угла в данном случае выполняется следующим образом:

1) По грубой синусной обмотке определяется амплитуда синуса;
2) По грубой косинусной обмотке определяется амплитуда косинуса;
3) По точной синусной обмотке проводится коррекция амплитуды синуса;
4) По точной косинусной обмотке проводится коррекция амплитуды косинуса;
5) Производится расчёт угла по формуле: $\varphi = \mathrm{arctg}(U_{sin}/U_{cos})$.

Для практической реализации предложенного алгоритма требуется учитывать влияние шумовых помех на измеряемый параметр, а также ограничения МК по обработке входных измерений.

Для выявления гармоники полезного сигнала применяется быстрое преобразование Фурье (БПФ). После фильтрации сигналов применяется алгоритм вычисления угла с последующей отправкой результатов на компьютер.

На вход МК сигнал подается по четырем каналам (см. функциональную схему). Микроконтроллер имеет 3 АЦП, что не позволяет обработать все входные сигналы измерений одновременно. Требуется предусмотреть коммутацию каналов при снятии определенного количества измерений.

Алгоритм работы обработчиков прерываний с учетом рассмотренных особенностей преобразования сигналов представлен на Рис. 5.

В программе-реализации данного алгоритма предлагаются 2 обработчика прерываний. Источниками прерываний являются контроллеры DMA1 и DMA2. Алгоритмы работы обработчиков прерываний похожи между собой, поэтому рассмотрим только один из них – обработчик прерывания DMA2.

При вызове прерывания, производится проверка номера канала АЦП, работающего в данный момент. Если канал грубый – производится перенастройка АЦП на точный канал. Если канал точный – АЦП перенастраивается на грубый. Вызов прерывания по окончании записи значений сигналов с точного канала в память, является гарантией того, что все данные, необходимые для вычисления углового отклонения, получены.

Данный алгоритм будем применять для повышения точности расчета величины искомого угла.

Передача данных на ПК осуществляется также с помощью прерывания DMA, предварительная настройка которого производилась в основной программе.

http://sntbul.bmstu.ru/doc/637803.html

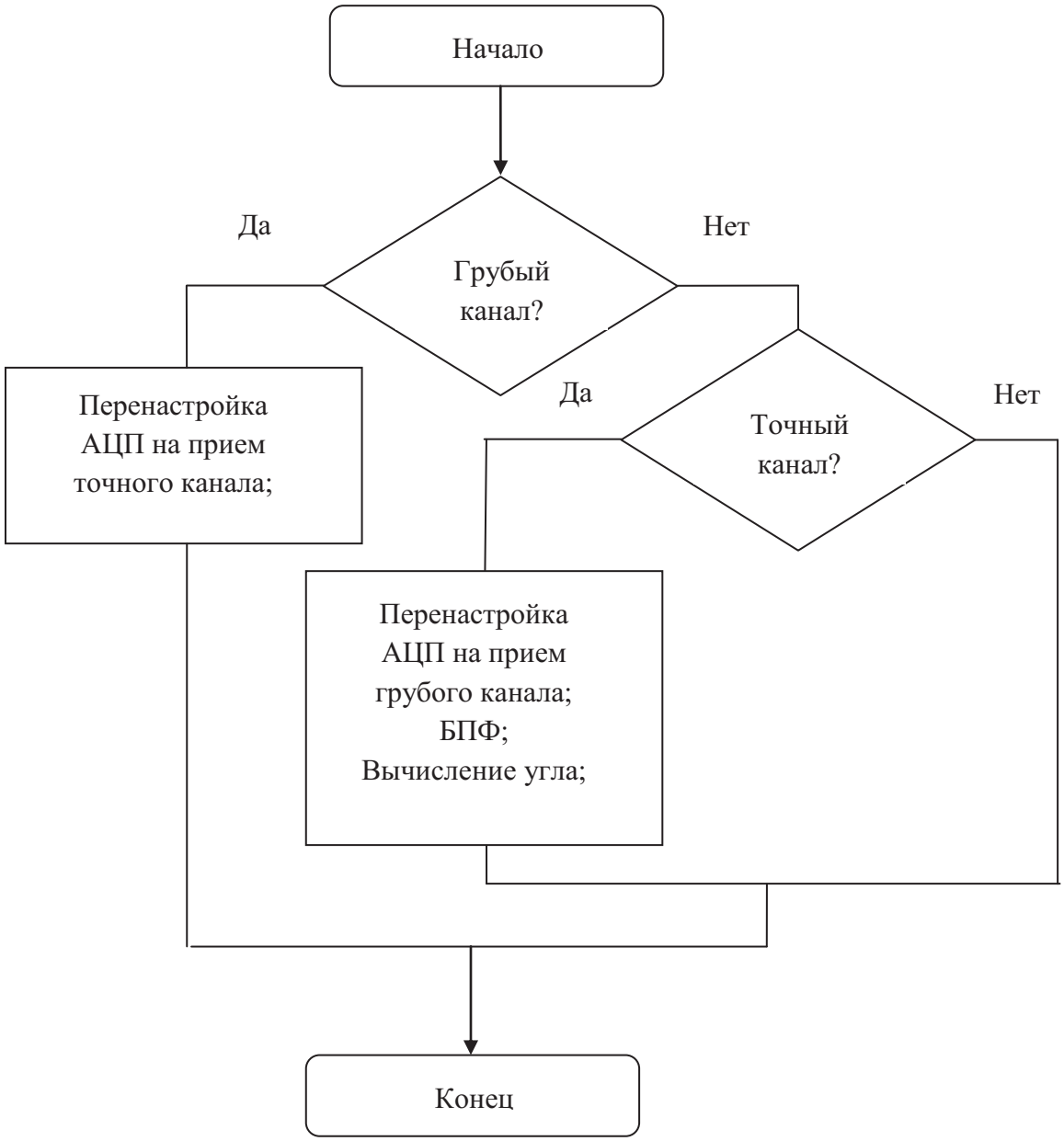

Рис. 5 Алгоритм работы обработчика прерывания DMA2

Заключение

В рамках проведенной работы был разработан и исследован модифицированный алгоритм получения и обработки сигналов, поступающих с ДУ. Данный алгоритм существенно повышает точность определения углового положения подвижного объекта и может быть рекомендован для применения в системах стабилизации гироскопических

платформ, а также для повышения точности ДУ бесплатформенных инерциальных систем (БИНС) перспективных летательных аппаратов (ЛА).

Список литературы

1. Шестов С. А. Датчики угла, поворотные трансформаторы: Методические указания к лабораторным работам по курсу «Расчет и конструкции элементов инерциальных систем»/ Под ред. С. Ф. Коновалова. – М.: Изд-во МГТУ, 1990. – 39 с.
2. Асиновский Э. Н. и др. - Высокоточные преобразователи угловых перемещений. – под общ. ред. Ахметжанова Э. Н. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 128 с.
3. Хрущев В.В.Электрические машины систем автоматики: Учебник для ВУЗов. – 2-изд. перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1985 – 386 с.
4. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. Т.2/ Под общ. ред. И. П. Копылова, Б. К. Клокова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 688 с.
5. Брускин Д. Э. и др. Электрические машины: В 2-х ч. Ч. 2: Учебн. для электротехн. Спец. ВУЗов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1987. – 335 с.