

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ ЧАСТИ ДАТЧИКА ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО АВТОНОМНОГО КОНТРОЛЯ

Рубцов И.Н.

**научные руководители канд. техн. наук, доцент Зырянов И.А., канд. техн. наук,
доцент Митяев А.Е.**

Сибирский федеральный университет

Из всего многообразия существующих сейчас датчиков измерения линейных перемещений, обладающих высокой точностью и большой измерительной базой, можно выделить несколько основных типов: датчики, основанные на прецизионных резисторах, электронных энкодерах, индуктивные датчики. Каждый из них обладает рядом достоинств и недостатков.

При разработке датчика линейных перемещений решающими критериями в выборе измерительного устройства были: высокая точность, стабильность показаний, размер, отсутствие необходимости дальнейших преобразований, низкая стоимость. Для выбора используемого датчика был проведен сравнительный анализ разных типов измерительных компонентов.

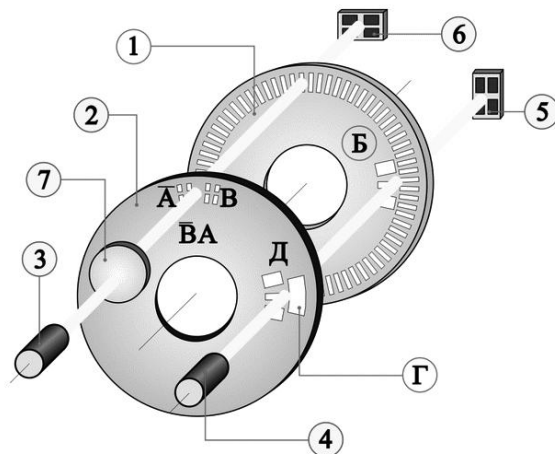
Резистивные датчики в своей основе имеют переменный резистор, подвижная часть которого механически соединена с измеряемой базой. Перемещение подвижного элемента вызывает изменение сопротивления на выходе датчика, что впоследствии переводится в цифровой формат аналогово-цифровым преобразователем и передается далее в цифровом виде. Такие датчики обладают не очень высокой разрешающей способностью и линейностью показаний (лучшие образцы около 1% нелинейности), требуют для работы аналогово-цифровой преобразователь (АЦП). Кроме того, у ротационных резисторов вращение выходного вала, как правило, ограничено несколькими оборотами, что резко снижает возможности использования датчика. Было проведено тестирование таких датчиков, для чего был использован прецизионный резистор компании Vishay, обладающий допустимым отклонением 1%, стоимостью около 5900 рублей. По результатам тестирования было выявлено, точность и линейность не являются достаточными для использования в предлагаемом устройстве, габаритные размеры и необходимость использования АЦП сильно усложняют устройство датчика и делают использование такого типа приборов нерациональным.

Магнитные датчики представляют собой катушку индуктивности с подвижным сердечником. Из-за линейного перемещения сердечника изменяется индуктивность катушки, по которой и судят о величине этого перемещения. Данный тип измерительных датчиков требует также применения АЦП и ряда схем преобразований. Кроме того, данный тип датчиков может быть сильно подвержен влиянию внешних электромагнитных полей, что резко снижает стабильность работы прибора. Точность измерения таких датчиков составляет около 2 мкм, что является достаточным значением, но большие габаритные размеры, относительно высокая стоимость и подверженность внешним электромагнитным помехам делают также нерациональным использование данного типа датчиков.

Электронные энкодеры бывают двух типов – магнитные и оптические. Данный тип датчиков преобразует вращение входного вала напрямую в двоичный код, что позволяет при маленьком размере и весе, без использования лишних преобразований получить на выходе из датчика сразу цифровые данные. Принцип действия энкодеров основан на регистрации величины прошедшего через растровое сопряжение потока

света в результате взаимного углового положения растра шкалы и растров окон анализатора.

На рисунке 1 представлено устройство цифрового энкодера имеющего два механически связанных функциональных звена: радиальную растровую шкалу (рисунок 1. п.1), жестко закрепленную на валу преобразователя и растровый анализатор (рисунок 1. п.2) неподвижного считывающего узла.



1 – растровая шкала, 2 – растровый анализатор, 3,4 – излучающий диод,
5,6 – фотодиод, 7 – конденсор

Рисунок 1 – Устройство цифрового энкодера

Данный прибор имеет очень высокое разрешение (4096 дискрет на оборот), высокую стабильность выходного сигнала, маленький габаритный размер (всего около 10 мм в диаметре), неограниченное число оборотов вращения выходного вала и относительно небольшую стоимость (около 6000 руб.). В связи с этим было решено использовать именно этот прибор в конструкции датчика.

Использование в устройстве беспроводной передачи данных для датчика линейных перемещений накладывает ряд требований к разработке и исполнению всего устройства, одновременно предоставляя большую свободу и гибкость в эксплуатации. Появляется возможность с легкостью создать беспроводную сеть из датчиков разного типа, которая сможет решать самые разные задачи.

Разрабатываемый датчик должен обладать высокой надежностью, уверенной передачей данных на рассчитанных расстояниях, достаточным временем автономной работы.

При выборе систем и протоколов беспроводной передачи данных были рассмотрены самые современные сейчас стандарты связи. Такие, как: Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, связь на частотах 433МГц и прочие. При выборе стандарта связи руководствовались следующими принципами: низкое энергопотребление, не лицензируемый диапазон частот связи, высокая помехоустойчивость, возможность построения сложноподчиненных беспроводных сетей. В результате был выбран стандарт связи ZigBee. ZigBee – общее название набора сетевых протоколов, использующих маломощные радиопередатчики, основанные на стандарте IEEE 802.15.4. Этот стандарт описывает беспроводные персональные вычислительные сети (WPAN). ZigBee ориентируется на области использования, которым требуется длительное время автономной работы от батарей и высокая безопасность передачи данных, при небольших скоростях передачи данных. Важная особенность технологии ZigBee в том, что она при относительно невысоком энергопотреблении поддерживает не только простые топологии беспроводной связи («точка-точка» и «звезда»), но и

сложные беспроводные сети с ретрансляцией и маршрутизацией сообщений. Радиопередатчики используют широкополосную модуляцию с прямым расширением спектра, которая управляется цифровым потоком в модуляторе. Офсетная квадратурная фазовая манипуляция, передающая, по 2 бита в символе используется на полосе 2.4 ГГц. В чистом виде, при передаче через воздух скорость передачи данных составляет от 250 кбит/с до 2 Мбит/с для каждого канала в диапазоне 2.4 ГГц. Расстояние передачи от 10 до 75 метров и свыше 1500 метров для ZigBee pro. Максимальная выходная мощность радио в основном составляет 1 мВт.

Таким образом, мы сможем неограниченно наращивать беспроводную сеть различных датчиков, которые смогут передавать данные, используя друг друга, как ретрансляторы на центральный узел и между собой.

В процессе анализа аппаратных решений был выбран трансивер компании Atmel–AT86RF. Данный чип обладает отличными энергосберегающими характеристиками – энергопотребление в режиме сна – 0,02 мкА, в режиме передачи – 14мА (+3дБм).

Также чип полностью соответствует стандарту IEEE 802.15.4-2006 и обладает рядом дополнительных функций – определение подавления сигнала, измерение качества связи и автоматическая корректировка мощности. Данный чип посредством шины SPI подключается к основному контроллеру датчика.

В приборе используется цифровой датчик температуры и влажности компании Sensirion – SHT15. Он обладает хорошими характеристиками – точность определения влажности - 2%, точность определения температуры - 0,3%. Поставляется полностью откалиброванным и передает данные сразу по последовательной шине.

В качестве центрального контроллера применен 8-битный микроконтроллер компании Atmel. Также в датчике, с габаритными размерами 60 x 60 мм используются часы реального времени (RTC), цифровой датчик влажности и температуры компании, накопитель информации на картах microSD, 2 регулируемых стабилизатора напряжения, встроенная чип-антенна на 2.4 ГГц. Вся схема была спроектирована в ПО AltiumDesigner.

В процессе разработки данного датчика необходимо было решить очень важную проблему – обеспечение энергопотребления для бесперебойной работы в течение, как минимум, 1 года. Для этого было необходимо программно погружать все компоненты в режим сна в промежутки времени, когда не ведется измерение. Таким образом, компоненты включаются в режим работы только в небольшие промежутки времени, осуществляя измерения, сохраняя данные на SD карту и отправляя их по беспроводной сети. Время автономной работы датчика от 3 элементов питания типа AAA 1,5В удалось довести до требуемого 1 года.

В результате проделанной работы были достигнуты следующие результаты:

1. Разработана конструкция и опытный образец датчика, в виде монолитного корпуса, с расположенной в нем электронной платой, жестко закрепленным датчиком перемещений и механизма для преобразования линейных перемещений во вращательное движение измерительного вала. Механизм преобразования представляет собой измерительную ленту (поводок), выполненную из инварного материала, жестко закрепленную на измеряемом объекте с одной стороны, и имеющую подвижное закрепление в корпусе датчика с другой стороны. Подвижное подпружиненное закрепление имеет механическую связь с выходным валом датчика, и любое перемещение поводка вызывает поворот датчика на определенный угол, который и фиксируется измерительной аппаратурой.

2. Для подтверждения точности измерений и стабильности показаний были проведены испытания разработанного опытного образца. При испытаниях указанной

конструкции была подтверждена точность определения линейных перемещений порядка 2 мкм, что является достаточным для применения.

3. Разработана электрическая схема беспроводного датчика линейных перемещений, осуществлен анализ и подбор элементной базы, проведено согласование шин передачи данных между компонентами, проведен анализ документов, регламентирующих использование радиопередающих устройств.

4. Решены задачи повышения времени автономной работы. Разработанное устройство обеспечит защищенную, помехоустойчивую передачу данных на расстояние до 100 м между датчиками посредством гибкой беспроводной сети.

5. Выполнен проект в программном пакете Altium Designer и подготовлены данные для разработки печатной платы.