

4. И.А.Биргер. Техническая диагностика.// М.: «Машиностроение». 1978. - 240 с.

5. А.А.Обозов. Алгоритм нахождения характерных точек на характеристике топливоподачи судового дизеля // Двигателестроение. 2006. №4(226). С.35-39.

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В СЭУ**

**Покусаев М.Н., Юницкий В.А.**

(ФГОУ ВПО «Астраханский Государственный Технический Университет»)

Современное измерительное оборудование, это прежде всего точные, быстро устанавливаемые датчики и не дорогие измерительные системы, состоящие из минимум соединяемых блоков, позволяющие упростить техническое обслуживание контролируемого объекта. На судах развертывание такой системы, с минимальным количеством быстро устанавливаемых блоков, при минимальной стоимости, есть именно то, что требуется в данный момент российскому флоту. Основой всех измерительных систем, так называемым корнем, является измерительный преобразователь или проще говоря датчик. Именно с него начинают поступать данные измерения, от части именно от него зависит эффективность работы всей измерительной системы в целом. В море, на судах, необходимость в надежных датчиках, в надежности передачи данных с них вот от чего следует отталкиваться при проектировании измерительных систем в экстремальных условиях.

Опыт торсиографирования большого числа судов с использованием современного оборудования в испытательном центре «Marine Technology Service» Астраханского Государственного Технического Университета показал в необходимости применение именно беспроводных датчиков для применения в измерительных системах на судах, из за простоты их установки и обслуживания.

В следствии этого была поставлена цель в разработки беспроводного датчика для системы контроля крутильных колебаний на судах, превосходящего по своим характеристикам обычные датчики и тем самым снизить затраты на саму измерительную систему в целом (рис.1).

Сейчас на рынке измерительного оборудования существует ряд беспроводных датчиков, но датчики просто не адаптированы к объекту исследования и к самой среде измерения в целом. Тем более нет беспроводных датчиков устанавливаемых не посредственно на сам объект исследования – на валопровод ДВС.

Основой датчика является микроконтроллер, содержащий в себе функции Bluetooth интерфейса, инструментальный усилитель для тензомоста, радиомодуль и антенный усилитель. Помимо этого датчик содержит в себе литиево-ионную батарею. Деформация снимаемая с вала, тензомостом преобразуется в электрический сигнал, который усиливается дифференциальным усилителем 1 и нормируется усилителем 2 до нужного значения, фильтруется фильтром 3 и передается на АЦП микроконтроллера, кодируется, составляется нужный протокол передачи. Далее цифровой сигнал поступает в радиомодуль, после усиливается усилителем 4 и передается на компьютер.

Для данного вида беспроводного датчика был выбран Bluetooth интерфейс, как готовая сеть для передачи данных измерения. Спецификация Bluetooth описывает пакетный способ передачи информации с временным мультиплексированием [2]. Радиообмен происходит в полосе частот 2400-2483,5 МГц ISM-диапазона.

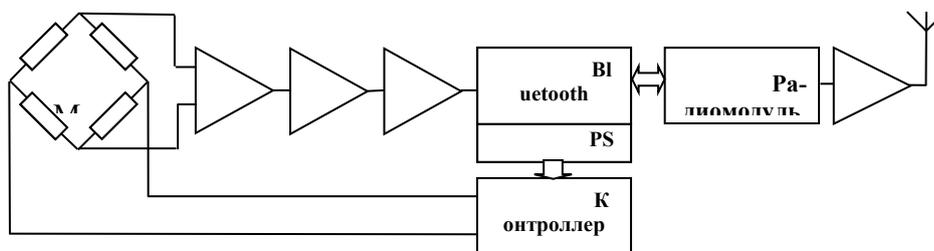


Рис. 1 Функциональная схема датчика

В радиотракте применен метод расширения спектра посредством частотных скачков и двухуровневая частотная модуляция с фильтром Гаусса (binary Gaussian Frequency Shift Keying).

Метод частотных скачков подразумевает, что вся отведенная для передачи полоса частот подразделяется на определенное количество подканалов шириной 1 МГц каждый. Канал представляет собой псевдослучайную последовательность скачков по 79 или 23 радиочастотным подканалом. Каждый канал делится на временные сегменты продолжительностью 625 мкс, причем каждому сегменту соответствует определенный подканал. Эти скачки происходят синхронно в передатчике и приемнике в заранее зафиксированной псевдослучайной последовательности. За секунду может происходить до 1600 частотных скачков. Такой метод обеспечивает конфиденциальность и некоторую помехозащищенность передач. Помехозащищенность обеспечивается тем, что если на каком-либо подканале передаваемый пакет не смог быть принят, то приемник сообщает об этом и передача пакета повторяется на одном из следующих подканалов, уже на другой частоте.

Протокол Bluetooth может поддерживать асинхронный канал данных, до трех синхронных (с постоянной скоростью) каналов для передачи аналогового сигнала или канал с одновременной асинхронной передачей данных и синхронной передачей аналогового сигнала. Скорость каждого аналогового канала – 64 Кбит/с в каждом направлении, асинхронного в асимметричном режиме – до 723,2 Кбит/с в прямом и 57,6 Кбит/с в обратном направлениях или до 433,9 Кбит/с в каждом направлении в симметричном режиме.

Одним из направлений применения такого датчика, является торсионграфирование дизелей судовых МДК. Датчик по сравнению с измерительной системой для тензометрирования Astech Electronics является более функциональным, его область применения гораздо шире. К примеру, отсутствие дополнительного блока преобразования сигнала, что присутствует в измерительной системе Astech Electronics. Достаточно одного датчика и портативного компьютера, для того чтобы проводить высоко точные измерения, а так же диагностирование.

Внешний вид датчика в составе испытательного стенда представлен на рисунке 2. На рисунке, 1 - датчик, установленный на маховик, 2 - тензомост, наклеенный на исследуемый вал. В составе испытательного стенда были проведены испытания данного датчика и его программного обеспечения, что позволило настроить сам датчик и откорректировать алгоритмы программы.

Для проведения измерений так же было разработано специализированное программное обеспечение. В нем было реализовано множество современных алгоритмов цифровой фильтрации сигнала, что позволило улучшить характеристики датчика отфильтровывая не нужные составляющие. Адаптивная фильтрация и алгоритм частотной селекции позволили более точно диагностировать и определять критические частоты крутильных колебаний. Основным видом визуализации дан-

ных измерения является прежде всего тензограмма во временной области, спектрограмма и сонограмма в частотной. Основываясь на данных получаемых с датчика программа позволяет также проводить измерение мощности двигателя и удельного расхода топлива, что визуализируется в виде дополнительных кривых в отдельных окнах программы.

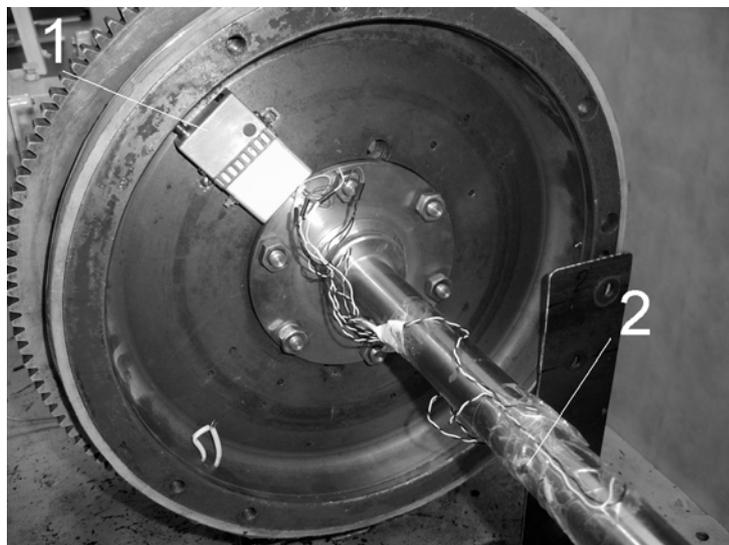


Рис. 2. Датчик крутильных колебаний в составе испытательного стенда

Эффективность работы этой измерительной системы в целом зависит не только от качественного программного обеспечения, но и от совершенности датчика. Поэтому, дальнейшее развитие этого датчика является встраивание микросхемы памяти, для введение внутреннего журнала измерения или как модно говорить, превращение датчика в

интеллектуальное устройство, способного работать не зависимо от всей измерительной системы в целом.

Сейчас Bluetooth, это быстро развивающееся технология, которая внедряется во все устройства окружающие нас. Применение ее в области измерительных устройств вполне оправданно, так как для датчиков беспроводное соединение – это фактически дополнительная и очень важная функция, позволяющая расширить область применения измерительного устройства. Наиболее это важная функция для датчиков располагающихся в труднодоступных, опасных местах. А простое и прямое непосредственное сопряжение датчиков снабженных интерфейсом Bluetooth с компьютером, без посредников (не нужны более никакие дополнительные устройства, кроме самого датчика, bluetooth-адаптера и компьютера) делает их очень компактными и универсальными устройствами на базе которых можно строить большие компактные измерительные системы и комплексы.

И в конце, по данным исследования специалистами компании V&V Electronics and Sencast Systems, более 53% промышленных предприятий рассматривают вопрос о внедрении сетей беспроводных датчиков в течение следующего года. Для сравнения в прошлом году этот показатель был ниже 45%. Интерес к беспроводным датчикам, как к средству дистанционного контроля, также возрос с 64% до 73% [4].

#### **Литература:**

1. ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес 5/2000 стр. «bluetooth: устройства все стран, соединяйтесь» М. Мейтин
2. Specification of the Bluetooth System. Core. – Bluetooth Specification Version 1.0 B, Vol. 1.
3. Specification of the Bluetooth System. Profiles. – Bluetooth Specification Version 1.0 B, Vol. 2.
4. [www.nag.ru](http://www.nag.ru)