



УДК 681.518

Абрамов Владимир Иванович, студент 4-го курса, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Иванов Никита Сергеевич, студент 4-го курса, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Ступин Никита Евгеньевич, студент 5-го курса, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Гордяскина Татьяна Вячеславовна, доцент кафедры радиоэлектроники, к.ф.-м.н.,
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,
Перевезенцев Сергей Владимирович, доцент кафедры радиоэлектроники, к.т.н., ФГБОУ
ВО «ВГУВТ»,
Шураев Олег Петрович., доцент кафедры ЭСЭУ, к.т.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603005, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5а

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ И АЛГОРИТМОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Ключевые слова: системы управления, платформа Arduino, измерение расхода топлива, тахометр

Рассматривается пример реализации интеллектуальных датчиков на базе платформы Arduino, используемых для мониторинга параметров работы двигателя. К настоящему времени разработаны тахометр с подсчетом количества совершенных оборотов/циклов и система измерения расхода топлива двигателем.

В настоящее время на судах речного и морского флота имеет место тенденция сокращения численности экипажа. В своем предельном воплощении она приведет к безэкипажному судну, что вполне соответствует ныне модной идее создания беспилотных транспортных средств [1]. Разумеется, такое судно изначально должно быть оснащено соответствующей системой управления, как внешней - навигационной, так и внутренней, относящейся к судовой энергетической установке (СЭУ) и общесудовым системам. Разработка таких систем, вероятнее всего, дело ближайшего будущего, однако, реализация некоторых элементов таких систем уже сейчас способна значительно облегчить труд экипажа, повысить безопасность эксплуатации объектов СЭУ и безаварийность работы флота в целом [1-4]. Причем, элементы такой системы управления могут быть реализованы для уже существующего флота.

В настоящее время на российских внутренних водных путях эксплуатируется большое количество судов, построенных до 90-х годов прошлого века. Приборное обеспечение главных двигателей и других объектов СЭУ этих судов очень часто оставляет желать лучшего. Так, авторам статьи доводилось бывать на судах, где контроль работы главного двигателя осуществлялся лишь по тахометру и манометру в системе смазывания. Выполнение теплотехнического контроля этого двигателя показало неудовлетворительное распределение мощности по цилиндрам и целый ряд неисправностей в работе топливной аппаратуры и системы охлаждения.

Внедрение развитой системы мониторинга параметров СЭУ, и прежде всего главных двигателей, позволит повысить информированность экипажа о процессах, происходящих в

эксплуатирующемся оборудовании, и, при должном реагировании, предотвратить большое количество отказов этого оборудования. Работа в этом направлении является актуальной и коммерчески перспективной.

Этап доводки разрабатываемых интеллектуальных датчиков выполняется на двигателях кафедры эксплуатации судовых энергетических установок (ЭСЭУ) Волжского государственного университета водного транспорта. В распоряжении кафедры имеется парк двигателей, выпущенных в 70-80-х годах XX века. По своим параметрам и уровню автоматизации они соответствуют установленным на речных судах, построенных в тот же период. Двигатели 6NVD48AU (6ЧРН 32/48), 6L275 Rr/PN (6ЧРН 27,5/36), 2Ч 10,5/13 и др. (рис. 1) находятся в работоспособном состоянии и вполне подходят для целей учебного процесса. Однако при выполнении научных исследований ощущается нехватка, неудобство использования или недостаточная точность используемого комплекта приборов, который, заметим, в силу специфики использования двигателей, значительно больше количества приборов, входящих в штатную комплектацию судовых двигателей. Таким образом, идея по созданию системы мониторинга на базе интеллектуальных датчиков для дизелей, установленных в лабораториях кафедры ЭСЭУ, позволяет решить, как минимум, две задачи: 1) развитие приборной базы двигателей кафедры ЭСЭУ; 2) создание интеллектуальных датчиков, пригодных для использования на судовых двигателях.



Рис.1. Некоторые двигатели кафедры ЭСЭУ

В качестве аппаратно-программной базы системы выбрана платформа Arduino, которая пользуется огромной популярностью в системах автоматики и робототехники, обладает гибкой возможностью проектирования и имеет бесплатную программную оболочку, что положительно сказывается на цене проекта. [5]

Для системы мониторинга судовых дизелей необходимо измерение следующих параметров:

- частота вращения коленчатого вала;
- крутящий момент на валу (и, следовательно, мощность двигателя);
- расход топлива;
- распределение температуры отработавших газов по цилиндрам двигателя;
- температура и давление в системах охлаждения, смазывания, топливоподачи, наддува и газовойпуск двигателя;
- частота вращения ротора турбокомпрессора.

Предложенные параметры предлагается измерять посредством интеллектуальных датчиков. Они представляют собой аппаратно-программный комплекс. Аппаратная часть реализуется на контроллерах Arduino UNO, к которым подключаются измерительные микросхемы тензодатчика TD-5, инфракрасного датчика FC-51 и термопары TP-02 и др. На контроллерах реализована программная часть, обрабатывающая данные, получаемые с датчиков, и выдающая готовую информацию для системы управления.

В настоящее время уже разработаны и апробированы интеллектуальные датчики, измеряющие расход топлива дизелем, температуры в заданных точках установки; частоту вращения коленчатого вала двигателя.

Измерение расхода топлива

Из множества способов измерения расхода топлива наибольшее распространение получили два: объемный и массовый. Первый основан на измерении времени расходования заранее известного объема топлива, заливаемого в мерный бачок – штих-пробер. Такой способ достаточно надежен в условиях небольшой качки, вибрации и поэтому широко используется на судах [6]. К недостаткам данного способа относится необходимость определения плотности топлива. В условиях лаборатории более предпочтителен массовый способ, заключающийся в измерении времени расходования известной массы топлива. Так как здесь нет необходимости в определении плотности топлива, то точность определения расхода топлива оказывается несколько выше.

Работа весового датчика TD-5 основана на изменении физического параметра (сопротивления), пропорционально весу измеряемого предмета. Измерительный элемент датчика представляет собой прямоугольный брусок из алюминиевого сплава, с отверстием в центре. На его боковые поверхности нанесены тонкопленочные резисторы, соединённые по мостовой схеме. При изменении веса, меняется сопротивление резистора, а, следовательно, и напряжение, снимаемое с мостовой схемы. Интеллектуальный датчик веса представляет собой комплекс трех датчиков, прикрепленных к платформе, на которую ставится контрольная емкость с топливом. Она должна быть свободна от прямого контакта с подводным и отводящим топливными патрубкам. Изначально замеряется максимальный вес емкости с топливом, но в процессе работы двигателя вес топлива в емкости уменьшается, и на основе проведенных измерений рассчитывается мгновенный, средний расход топлива, и суммарное количество топлива, потраченное за эксперимент.

Измерение температуры

Принцип действия датчиков TP-02 основан на термоэлектрическом эффекте (эффекте Зеебека). Поэтому другое название термопары – термоэлектрический преобразователь. Рабочий диапазон данного датчика от – 60 до + 700 °С, поэтому его можно применять для измерения температуры во всех интересующих точках двигателя. Программная часть осуществляет фильтрацию и усреднение сигналов, а так же производит архивирование измеренных величин. Фото экспериментальной модели датчиков веса и температуры приведено на рис. 2.



Рис.2. Экспериментальные модели датчиков веса и температуры

Измерение частоты вращения коленчатого вала

Интеллектуальный датчик измерения частоты вращения вала двигателя аппаратно выполнен на бесконтактном датчике FC-51. Это оптический датчик, регистрирующий увеличение интенсивности отраженного инфракрасного (ИК) излучения в контролируемом пространстве. Изменение отраженного излучения происходит из-за движущихся частей механизмов или перемещения окружающих предметов. Устройство содержит источник ИК излучения и фотоприемник. Излучение отражается от препятствия и регистрируется фотоприемником. Он передает сигнал на компаратор LM393. Компаратор формирует сигнал на выходе датчика FC-51 низкого или высокого логического уровня. Для повышения контрастности поверхности на маховик (или другую вращающуюся с той же частотой деталь) двигателя приклеивается световозвращающая полоска. Программная часть датчика рассчитывает текущую частоту вращения вала, величину и знак углового ускорения, а также количество циклов (оборотов) с момента запуска двигателя. Фото экспериментальной модели датчика вращения вала приведено на рис. 3.



Рис.3. Экспериментальная модель датчика измерения частоты вращения вала.

Информация с интеллектуальных датчиков на данном этапе считывается компьютером и представляется на его экране, что позволяет представить весь комплекс измерений в виде, удобном оператору (рис. 4).

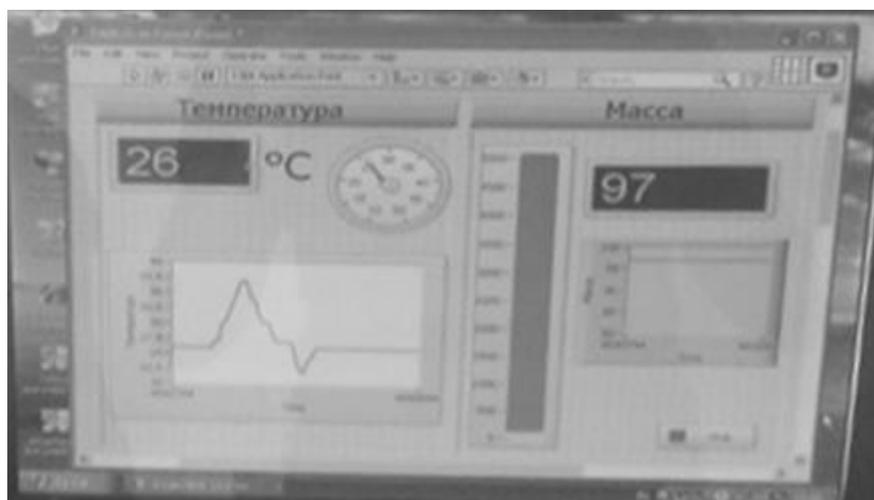


Рис. 4. Отображение результатов измерения интеллектуальными датчиками

Ближайшие цели:

- Проведение испытаний работы датчиков в реальных условиях (установка на лабораторный двигатель).
- Создание программного обеспечения, позволяющего выводить информацию операторам, анализировать и обрабатывать данные и проводить их архивацию.

Выводы:

1. Оснащение интеллектуальными датчиками судовых двигателей, выпущенных в «доэлектронную эпоху», позволит предоставить экипажу достаточно полную диагностическую информацию о происходящих в них процессах, что позволит снизить аварийность на флоте.

2. Большинство датчиков могут быть построены на недорогих комплектующих, однако позволяющих измерять необходимые физические величины с вполне приемлемой точностью.

3. Вся собираемая информация может быть (и должна быть!) выведена на компьютер, что открывает широкие возможности по ее обработке и представлению, анализу и архивированию.

Список литературы:

[1]. Грошева Л.С., Плющаев В.И. Адаптивный алгоритм удержания судна с колесным движителем на курсе. – Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 43. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015. С.47-56.

[2]. Галкин Д.Н., Итальянцев С.А., Плющаев В.И. Компьютеризованная система управления пассажирским колесным теплоходом – Речной транспорт (XXI век). № 6. 2014. С. 29-31.

[3]. Грошева Л.С., Плющаев В.И., Соловьев Д.С. Моделирование динамики судна с колесным движительно-рулевым комплексом с учетом ветрового воздействия – Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. № 2. 2013. С. 17–22.

[4]. Плющаев В.И. Система контроля и передачи судовых технологических параметров береговым службам – Автоматизация и современные технологии. №2. 2012. С. 37-39.

[5]. Абрамов В.И., Бычков В.Я., Рубцов А.В., Гордяскина Т.В., Переvezentsev С.В. Анализ платформы Arduino как аппаратно-программной базы для создания интеллектуальных датчиков системы управления судном

[6]. Сизых В.А. Судовые энергетические установки. – М.: Транспорт, 1989. – 263 с.

DEVELOPMENT OF SENSORS AND ALGORITHMS FOR MONITORING SYSTEM OF SHIP POWER PLANT FACILITIES

V.I. Abramov, N.S. Ivanov, N.E. Stupin,
T.V. Gordyaskina, S.V. Perevezentsev, O.P. Shurayev

Keywords: control systems, Arduino platform, fuel consumption measurement, tachometer.

An example of the implementation of intelligent sensors based on the Arduino platform used to monitor engine performance parameters is considered. To date, a tachometer has been developed with counting the number of perfect turns / cycles and a system for measuring engine fuel consumption.

in.