

БОРТОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ДВС

Е.А. Серикова, асс., к.т.н., С.Э. Рожкова, доцент, к.т.н., ХНАДУ

Рассмотрена структурная схема и особенности функционирования бортовой системы оценки остаточного ресурса кривошипно-шатунного механизма ДВС.

Ключевые слова: износ кривошипно-шатунного механизма ДВС, диагностика, остаточный ресурс, системы автомобиля.

Введение

Решение задачи оценки остаточного ресурса кривошипно-шатунного механизма (ОР КШМ) двигателя внутреннего сгорания (ДВС) базируется на результатах идентификации текущего технического состояния двигателя по выбранным диагностическим параметрам.

В практике технического обслуживания существует множество методов и технических средств, позволяющих с различной степенью точности оценивать степень износа основных сопряжений. Однако даже наиболее точные методы при практическом применении на конкретном двигателе могут давать результат с большой погрешностью. Это связано с тем, что величина диагностических параметров определяется не только степенью изношенности сопряжений, но и другими факторами: конструктивными особенностями исследуемого ДВС; нестабильностью теплового и скоростного режимов и внешних условий, при которых выполняются измерения; химическим составом смазочных материалов; метрологическими характеристики измерительных устройств и др.

В связи с этим возникает необходимость в разработке новых устройств, обладающих свойством адаптивности к особенностям конкретного ДВС, использующих безразборные методы диагностики, основанных на современных технологиях обработки сигналов и анализа данных.

Анализ публикаций

В [1, 2, 3] был предложен способ прогнозирования остаточного ресурса КШМ ДВС, базирующийся на оценке степени износа цилиндропоршневой группы (ЦПГ) и кривошипно-шатунной группы (КШГ). Согласно методу, в качестве диагностических параметров используются компрессия в цилиндрах P_k и давление масла в главной масляной магистрали P_m для ЦПГ и КШГ соответственно. Оценка величины P_k выполняется косвенным образом по току стартера I_{st} , напряжению аккумуляторной батареи U_{ab} , частоте вращения коленчатого вала n_{kv} , температуре T_m масла, измеряемым в

процессе пуска двигателя при отключенных системе зажигания и топливоподачи.

Адаптивность метода обеспечивается использованием аппарата нейронных сетей при построении моделей износа.

Исследования показывают, что использование бортовых диагностических систем позволяет снизить трудоемкость диагностирования на 35 % за счет уменьшения числа подготовительно-заключительных операций [4]. Таким образом, при технической реализации предложенного метода имеет смысл ориентироваться на разработку бортовой системы оценки ОР ДВС.

Цель и постановка задачи

Целью данной статьи разработать структурную схему системы оценки остаточного ресурса (СООР) кривошипно-шатунного механизма ДВС, использующей данный диагностический метод и реализованной в виде бортового устройства.

Структурная схема системы оценки остаточного ресурса

На сегодняшний день общая масса проводки в автомобиле может составлять 50 кг, и содержать до 2000 разъемов, предохранителей и т.д., причем считается, что каждые 10 лет их число удваивается [5]. Поэтому при технической реализации метода целесообразным является максимальное использование датчиков, уже установленных на двигателе и обеспечивающих управление штатными системами автомобиля, что значительно удешевляет разрабатываемую систему и упрощает ее монтаж.

Техническая реализация СООР ДВС, выполненной в виде бортового автомобильного устройства, может иметь структуру, приведенную на рис.1.

Получаемые при измерениях данные значительно зашумлены, неравномерно распределены в диапазоне допустимых значений. Это обуславливает необходимость введения в состав СООР блока, осуществляющего предварительную обработку сигналов (блок преобразования и нормализации сигналов).

СООР посредством входящих в неё датчиков обеспечивает измерение указанных параметров; обработку измеренных величин; оценку, отображение и регистрацию остаточного ресурса ДВС L_{OST}^{DVS} , цилиндропоршневой группы L_{OST}^{CPG} и кривошипно-шатунной группы L_{OST}^{KSG} , а также степени изношенности ЦПГ χ_{CPG} и КШГ χ_{KSG} .

Под степенью изношенности сопряжений нужно понимать процентное отношение $\chi = \frac{\delta_{\text{тек}} - \delta_0}{\delta_{\text{пред}} - \delta_{\text{тек}}} \cdot 100\%$, где δ_0 , $\delta_{\text{тек}}$, $\delta_{\text{пред}}$ – начальное, текущее, предельное значения диагностического параметра. Информация, идентифицирующая конструктивные особенности двигателя, а также начальное и предельное значения диагностических параметров вводятся

пользователем посредством пульта управления и сохраняются в памяти устройства.

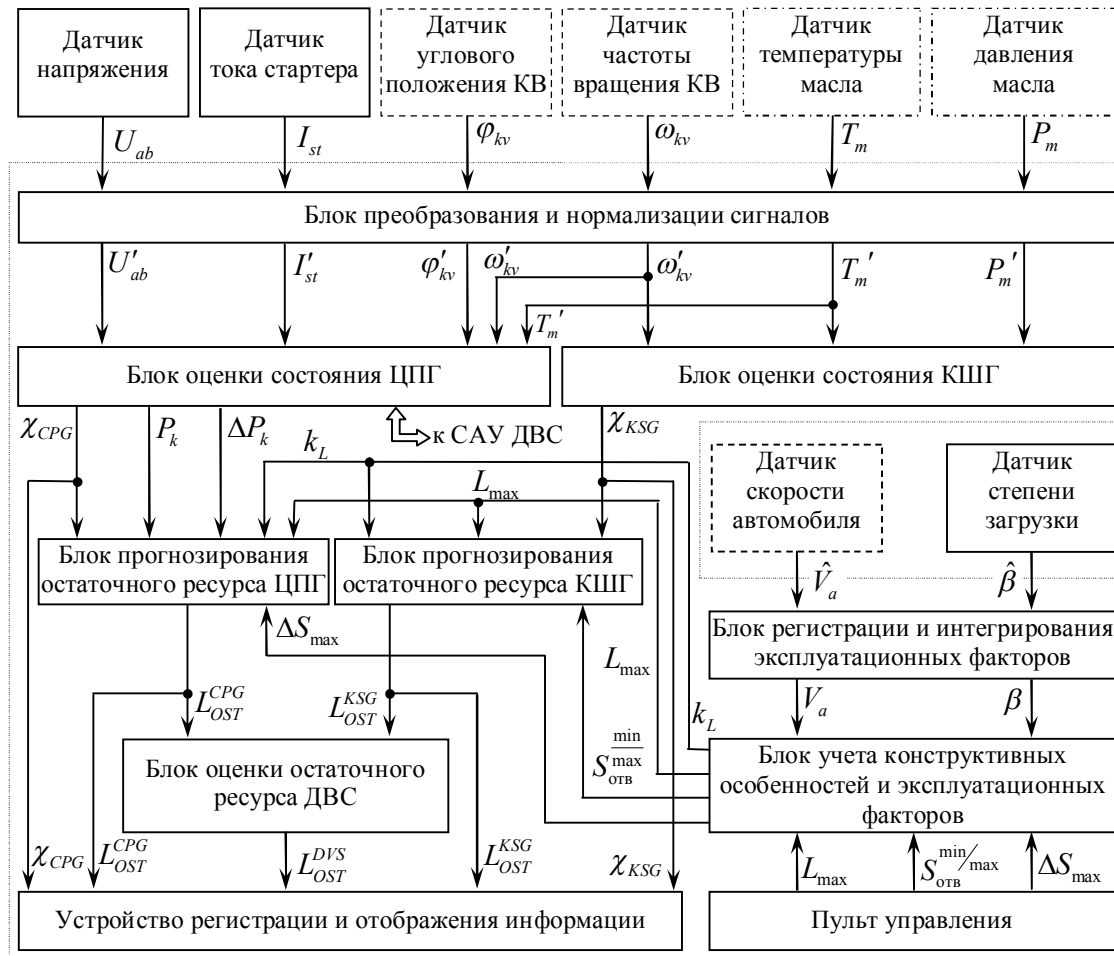


Рис.1 Структурная схема СООР ДВС

На рисунке штриховой линией обозначены датчики, которые устанавливаются на ДВС и входят в состав его системы управления. При этом под датчиком углового положения понимается датчик ВМТ первого цилиндра, который помогает идентифицировать его фазовое состояние и, благодаря этому, определить угол поворота коленчатого вала (КВ) $\varphi_{kv} \in [0, 4\pi)$ на основании сигнала, поступающего с датчика частоты вращения КВ. Штрихпунк-тирной линией обозначены датчики, которые устанавливаются на двигателе, и для повышения точности расчетов могут быть заменены на более точные.

Для измерения скорости вращения и углового положения КВ может быть использован штатный датчик частоты вращения коленчатого вала.

В ходе выполняемых авторами исследований на двигателе MeM3-307 для измерения тока стартера I_{st} был выбран линейный датчик тока CSLA1EL фирмы Honeywell, позволяющий бесконтактным способом измерять постоянный, переменный и импульсный токи в диапазоне ± 625 А. Датчик построен на базе интегрированного линейного датчика Холла 91SS12-2. Датчик был установлен в цепь питания стартера на провод, подключающий стартер к плюсовой клемме аккумуляторной батареи. Для измерения

давления масла P_m в системе смазки двигателя использовался датчик давления MLH100PSB01A фирмы Honeywell, который устанавливался вместо штатного сигнализатора давления на главном маслораздаточном канале. Данный датчик обеспечивает измерение давления масла в диапазоне $0 \div 689,5$ кПа, которому соответствует напряжение на выходе $0,5 \div 4,5$ В при линейной выходной характеристике.

Измерение температуры масла T_m выполнялось при помощи датчика HRTS-5760-B-U-0-12 фирмы Honeywell. Датчик, представляющий собой платиновый терморезистор, устанавливался непосредственно на корпусе масляного фильтра.

Величина U_{ab} измерялась непосредственно на клеммах аккумуляторной батареи. Соответствующие сигналы подавались на входы аналого-цифрового преобразователя через делители напряжения, установленные в блоке преобразования и нормализации сигналов.

Качественный и количественный состав датчиков СООР ДВС в общем случае зависит от типа двигателя, который подвергается исследованию.

Функционирование системы оценки остаточного ресурса

Для обеспечения функционирования системы необходимо собрать базу данных, по которой осуществляется математическое моделирование зависимостей степени износа сопряжений от измеряемых параметров. Сбор данных выполняется на автомобилях определенной марки с разным пробегом. При отсутствии достаточного количества автомобилей различные степени износа могут быть имитированы посредством организации утечек воздуха из камеры сгорания через неплотности площади ΔS и утечек масла из главной масляной магистрали через дренажное отверстие переменной сечения $S_{отв}$. При этом множество измеряемых параметров дополняется множеством значений ΔS и $S_{отв}$.

По полученным данным синтезируются математические модели, представляющие собой нелинейные зависимости $P_k = f(I_{st}, U_{ab}, n_{kv}, T_m)$ и $P_m = f(T_m, n_{kv}, S_{отв})$. Аппроксимация и настройка зависимостей выполняется с помощью аппарата нейронных сетей.

При расчете величины остаточного ресурса КШМ необходимо учитывать условия эксплуатации транспортного средства. Для учета можно использовать коэффициент на остаточный ресурс k_L , величина которого зависит от ожидаемого в дальнейшем нагрузочно-скоростного режима эксплуатации транспортного средства.

При отсутствии информации об износном состоянии сопряжений за предыдущий период эксплуатации прогнозирование ОР осуществляется, исходя из предположения о независимости скорости изнашивания от величины износа сопряжений и о неизменности скорости изнашивания сопряжений после окончания периода приработки. В этом случае выражения

для расчета остаточного ресурса ЦПГ и КШГ имеют вид:

$$L_{OST}^{CPG} = L_{\max} k_L \left(1 - \frac{a_2 P_k^2 + a_1 P_k + a_0}{\Delta S_{\max}} \right),$$

где a_0, a_1, a_2 – коэффициенты, полученные опытным путём;

$$L_{OST}^{KSM} = L_{\max} k_L \left(\frac{P_m - P_{m \min}}{P_{m \max} - P_{m \min}} \right),$$

где $k_L = \frac{1,1 \cdot V_a}{V_{opt} \sqrt[3]{(1 + \beta)}}$ – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации

двигателя,

V_{opt} – оптимальная скорость движения автомобиля $V_{opt} \approx 0,7 \cdot V_{\max}$;

β – коэффициент загрузки.

В реальности скорость изнашивания сопряжений не остаётся постоянной на протяжении всего периода эксплуатации. Это означает, что количество времени, по истечении которого сопряжениями ДВС будут достигнуты предельные состояния, может значительно различаться в зависимости от различных внутренних и внешних факторов, определяющих скорость их изнашивания. Для обеспечения учета этих факторов необходимо по мере увеличения наработки корректировать имеющуюся базу данных и каждую следующую экстраполяцию износного состояния сопряжений выполнять по такой обновленной базе, тем самым повышая метрологические показатели оценки ОР.

Вывод

Предложенная бортовая система оценки ОР позволяет параллельно контролировать два основных сопряжения ДВС и отслеживать изменения величины компрессии в каждом цилиндре без переустановки оборудования, тем самым сокращая общее время диагностирования двигателя. Простота установки датчиков делает возможным использование данного метода на автомобилях с произвольной степенью контролепригодности, а их малое количество и относительно невысокая стоимость определяет её невысокую себестоимость.

Использование бортовой системы повышает точность оценки ОР, что позволяет более полно реализовать ресурсные возможности автомобиля, исключить случаи их преждевременной отправки в ремонт, предотвратить внезапные отказы. Это, в конечном счете, повышает надежность автомобиля, его экологическую безопасность и эффективность транспортной работы.

Список использованных источников

1. Бороденко Ю. Н. Использование систем нечеткого вывода и искусственных нейронных сетей для оценки величины износа цилиндропоршневой группы ДВС / Ю. Н. Бороденко, Е. А. Серикова // Вісник ХНТУСГ, 2010. – вип. 100. – С.273 –280

2. Бажинов А.В. Використання штучної нейронної мережи для оцінки величини зносу кривошипно-шатунного механізму при прогнозуванні його залишкового ресурсу// О.В. Бажинов, О.А. Серікова // Вісник ЖДТУ. – 2010. №2(53) том 2. – с.3–10
3. Бажинов А.В. Компьютеризированная система диагностики цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма двигателей внутреннего сгорания. / А.В. Бажинов, Е.А. Серикова. // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, №11, 2009, с.17–21
4. Сергеев А.Г. Диагностирование электрооборудования автомобилей / А.Г. Сергеев, В.Е. Ютт. – Режим доступа к статье: www.bibliotekar.ru
5. Ермаков В.В. Мультиплексные системы электрооборудования автомобилей. / В.В. Ермаков, А.В. Кончиц. // Автомобильная промышленность. – 2004. – №6. – С.39 – 44

Анотація

БОРТОВА СИСТЕМА ОЦІНКИ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ДВЗ

**О.А. Серікова, асистент, к.т.н., С.Е. Рожкова, доцент, к.т.н.,
ХНАДУ**

Розглянуто структурну схему і особливості технічної реалізації системи оцінки ступеня зносу і величини залишкового ресурсу кривошипно-шатунного механізму двигуна внутрішнього згоряння

Ключові слова: знос кривошипно-шатунного механізму ДВЗ, діагностика, залишковий ресурс, системи автомобіля.

Abstract

USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND FUZZY SYSTEMS FOR IDENTIFICATION OF ICE PISTON-CILINDER- UNIT

**E.Serikova, assistant, cand. tehn. sc., S. Rozhkova, associate
professor, cand. tehn. sc., KhNADU**

***Annotation.** The structural scheme and engineering realization specificities of ICE crank-type-piston-rod mechanism deterioration size and residual service life system is considered.*

***Key words:** deterioration of crank-type-piston-rod mechanism, diagnostics, residual service life, automobile systems*