

При замыкании контактов прерывателя измеряется только постоянная времени T_3 , характеризующая динамику апериодического процесса.

Исходная информация измеряется и обрабатывается соответствующей программой, и на основании программы реализующей восстановления дифференциальных уравнений (2) и решения нелинейной алгебраической системы (5) с дополнительными уравнениями, полученными методом пробных подключений, определяются следующие структурные параметры системы зажигания: $L_1, L_2, M, C_1, C_2, R_{\text{пш}}, K_m$ с погрешностями: $\sigma_{L1} = 5,9\%$, $\sigma_{L2} = 6,4\%$, $\sigma_M = 6,4\%$, $\sigma_{C1} = 6,6\%$, $\sigma_{C2} = 6,8\%$, $\sigma_{R_{\text{пш}}} = 6,1\%$, $\sigma_{K_m} = 6,3\%$.

Таким образом, предлагаемый метод и алгоритм диагностирования системы зажигания позволяют осуществлять постоянный контроль изменения величин структурных параметров и прогнозировать наступление отказов.

Литература

1. Эшби С.С. Системы и информация // За рубежом радиоэлектроника. 1964. № 5. С. 18-25.
2. Лузгин В.В., Данилов В.И., Шалобанов С.В. Методы активного диагностирования системы зажигания // Всесоюз. науч. конф. по диагностике и прогнозированию технического состояния подвижного состава автомобильного транспорта, 21-23 мая 1980 г.: тез. докл. и сообщений. Харьков, 1980. С. 69-70.
3. Лузгин В.В. Метод активного диагностирования устройств опережения зажигания // Организационные и технико-экономические проблемы регионального авторемонтного производства. Владивосток, 1981. С. 45-52.
4. Лузгин В.В., Панасов В.В. Алгоритмы идентификации промышленных объектов диагностики с учетом явлений запаздывания и нестационарности объектов // Тр. Брат. гос. ун-та. Сер. Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири. Братск, 2007. Т. 2. С. 31-38.

УДК 621.865.8

С.Л. Витковский*, В.В. Лузгин

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ДИАГНОЗА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В данной работе предлагается метод автоматизированного определения скоростной характеристики двигателя внутреннего сгорания (ДВС) в режиме разгона на холостом ходу. В автоматическом режиме фиксируются частоты вращения коленчатого вала ДВС от времени в функции мощности и момента. Получены зависимости от частоты мощности и момента двигателя и проведено их сравнение с внешней скоростной характеристикой. В качестве основных диагностических параметров ДВС предлагается использовать коэффициенты снижения мощности и момента.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, диагностика, автоматизация.

Для формирования диагноза ДВС необходимо системное исследование ДВС как объекта диагностики. Основные характеристики, по анализу которых определяется состояние ДВС, являются статическими. Для увеличения глубины и достоверности формируемого диагноза ДВС необходимо исследовать его динамические характеристики. Например, при резком нажатии на педаль подачи топлива

свойства ДВС проявляются наиболее полно, что позволяет использовать разгон (быстрое увеличение частоты вращения коленчатого вала) на холостом ходу для формирования диагноза ДВС.

Увеличение частоты вращения коленчатого вала ДВС является процессом, потребляющим вырабатываемую им эффективную мощность. Запись процесса разгона выполня-

* - автор, с которым следует вести переписку.

лась при нейтральном положении рычага коробки переключения передач, связывающей испытуемый двигатель с электротормозом. Уравнение движения вращающихся и перемещающихся масс двигателя запишется следующим образом

$$M_i - M_m = J \cdot \frac{d\omega}{dt}, \quad (1)$$

где M_i – индикаторный момент двигателя (Н·м); M_m – момент механических потерь двигателя (Н·м); J – приведенный к оси вращения момент инерции вращающихся и возвратно-поступательно движущихся масс двигателя ($\text{кг}\cdot\text{м}^2$); ω – угловая скорость вращения коленчатого вала двигателя (рад/с).

Для определения момента инерции J была снята запись процесса замедления вращения коленчатого вала при выключении зажигания двигателя. Проинтегрировав уравнение (1), получим

$$\int_{\omega_k}^{\omega_n} M_m(\omega) \cdot \omega \cdot dt = J \cdot \frac{\omega_n^2 - \omega_k^2}{2}, \quad (2)$$

где ω – угловая скорость коленчатого вала ДВС (рад/сек); ω_n , ω_k – соответственно, начальная и конечная угловые скорости вращения коленчатого вала.

Данная зависимость (2) позволяет определить действительный момент инерции испытуемого ДВС. Вычисление интеграла было выполнено в табличном процессоре Excel. Получено значение приведенного момента инерции испытуемого двигателя равное $0,682 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, отличающегося от момента инерции двигателя ЗМЗ-53, так как включает в себя момент инерции первичного вала коробки переключения передач.

Для нахождения момента механических потерь можно использовать два метода. Первый состоит в определении индикаторной мощности методом отключения цилиндров. Этот метод позволяет определить все индикаторные показатели двигателя и показатели механических потерь. Однако он более трудоемкий. Поэтому предложен метод непосредственного измерения механических потерь с использованием электрического тормоза в режиме электродвигателя. Коленчатый вал проворачивался электродвигателем при отключении зажигания и прекращении подачи топлива в испытуемом ДВС. Полученная зависимость представлена на рис. 1.

На рис. 2 представлены экспериментальные характеристики зависимости мощности N_e

и момента M_e от частоты вращения коленчатого вала двигателя ЗМЗ-53. В соответствии с уравнением (1) численно определялись значения $\omega \cdot J$. Кривая мощности определялась по известным значениям момента и частоты.

На кривой момента можно выделить три участка. Первый участок отражает влияние на происходящие процессы кратковременного обеднения горючей смеси в результате резкого разгона двигателя. Третий определяется снижением мощности в результате срабатывания ограничителя частоты вращения коленчатого вала. Средний участок описывает изучаемые квазистационарные процессы. Он представляет максимальные возможности ДВС при полностью открытой дроссельной заслонке.

Для двигателя ЗМЗ-53 внешняя скоростная характеристика (ВСХ) представлена штриховыми линиями на рис. 3, экстремумы которых соответственно равны: $M_{\max} = 284 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $N_{\max} = 88 \text{ кВт}$, $M_{xx} = 240 \text{ Н}\cdot\text{м}$ и $N_{xx} = 56 \text{ кВт}$. Уменьшение момента и мощности двигателя в процессе его эксплуатации объективно

можно оценить величинами коэффициентов снижения момента и мощности:

$$K_{xx} = \frac{M_{xx}}{M_{\max}} = 0,85, \quad q_{xx} = \frac{N_{xx}}{N_{\max}} = 0,64,$$

где M_{\max} – максимальный крутящий момент по внешней скоростной характеристике; M_{xx} – максимальный крутящий момент по характеристике разгона на холостом ходу; N_{\max} – максимальная мощность по внешней скоростной характеристике; N_{xx} – максимальная мощность по характеристике разгона на холостом ходу.

Предлагаемые коэффициенты снижения момента K_{xx} и мощности q_{xx} являются диагностическими параметрами и могут быть использованы при формировании диагноза ДВС.

Очевидно, что коэффициенты снижения момента и мощности на холостом ходу для нового двигателя не равны единице, так как неустановившийся режим не позволяет реализовать максимальный момент.

Рассмотренный метод позволяет сделать следующие выводы:

- для диагностирования ДВС предложенным методом не требуется специальный стенд с нагрузочным устройством, так как для реализации предложенного метода достаточно использовать современные компьютерные технологии;

– диагностирование производится в режиме нормального функционирования ДВС, в результате чего определяются его диагностические параметры – коэффициент снижения момента на холостом ходу K_{xx} и коэффициент снижения мощности на холостом ходу q_{xx} ;

– предложенный метод позволяет оперативно получить диагностическую информацию, которую можно использовать для формирования общего диагноза ДВС.

На данный метод получено решение Роспатента о выдаче патента на полезную модель.

Работа выполнена в лаборатории испытания двигателей кафедры автомобильного транспорта ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет» на стенде для испытания двигателя ЗМЗ-53. Для реализации поставленной цели частота вращения коленчатого вала регистрировалась посредством тахогенератора и ПЭВМ с аналого-цифровым преобразователем L-154.

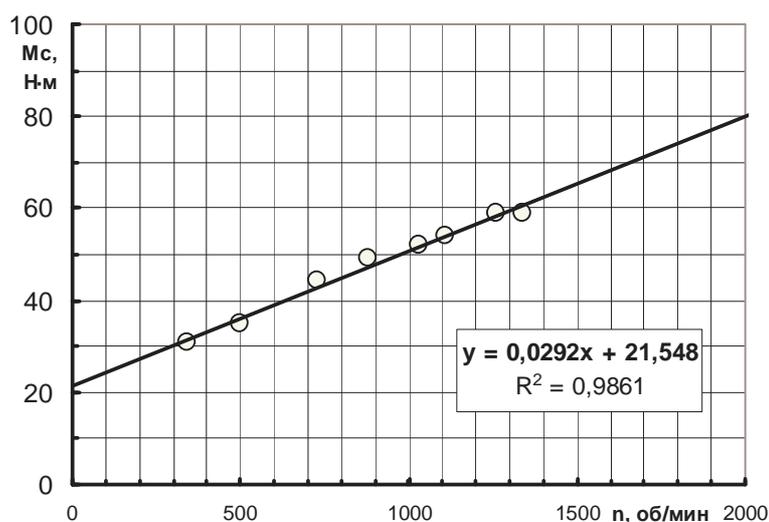


Рис. 1. Зависимость момента сопротивления от частоты.

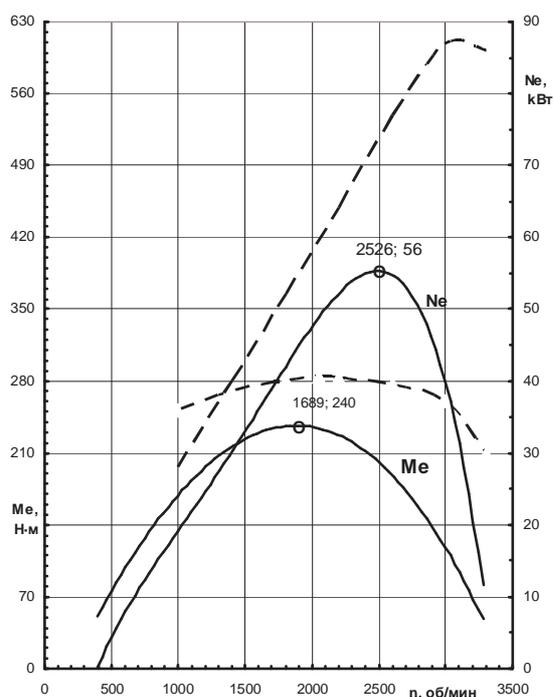


Рис. 2. Характеристика разгона на холостом ходу.