УДК 621.78

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНО-РЕГИСТРИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭДС

Ширнин Е.О., магистрант,
тел. 89093592901, zhenek202@yandex.ru
Салахутдинов И.Р., кандидат технических наук, доцент,
тел. 8(8422)-55-95-13, ilmas.73@mail.ru
Салахутдинова З.И., студентка колледжа агротехнологий и бизнеса, тел. 89378731990, zarrina.7300@mail.ru
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ
Глущенко А.А., кандидат технических наук, доцент,
тел. 89374564933, oildel@yandex.ru
ФГБОУ ВО Ульяновский государственный университет

Ключевые слова: *измерительно-регистрирующий комплекс, электродвижущая сила, приборное обеспечение, токосъёмник, осциллограф*

Работа посвящена разработке измерительно-регистрирующего комплекса для проведения исследований по определению величины ЭДС в парах трения с учетом изменения технического состояния ДВС и нагрузочно-скоростного режима работы его сопряжений. Для этого, была создана специализированная экспериментальная установка, дополненная как серийным, так и разработанным оборудованием, и приборами позволяющими проводить замер ЭДС как в цепи "поршень - коленчатый вал" так и по отдельным сопряжениям двигателя.

Введение. Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) является сложной системой, работа которой сопровождается относительным перемещением рабочих поверхностей различных деталей относительно друг друга, при этом за счет трения образуется электрическая цепь (гильза – поршень – шатун – коленчатый вал – блок двигателя – гильза) (рис. 1).

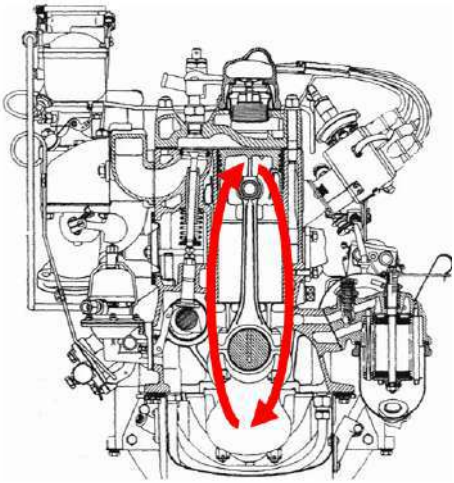
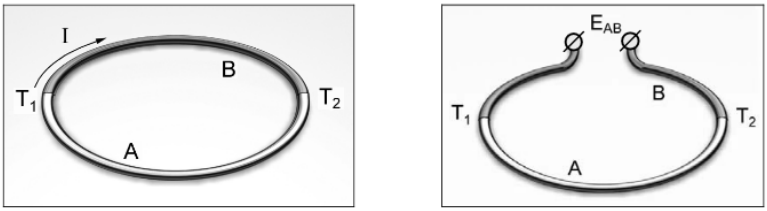


Рисунок 1 – Образование электрической цепи в процессе трения

Данный процесс, в силу наличия слоя смазочного масла, обладающего собственной электрохимической активностью, сопровождается возникновением электродвижущей силы (ЭДС) в контакте. Это является одной из причин коррозионно-механического изнашивания деталей в узлах трения [1,2].

Материалы и методы исследований. В 1821 году немецкий ученый Т.Й. Зеебек (1770-1831) обнаружил, что если спаи двух разнородных металлов, образующих замкнутую электрическую цепь, имеют неодинаковую температуру (T1>T2), то в цепи протекает электрический ток (рис. 2а). Изменение знака у разности температур спаев (T1<T2) сопровождается изменением направления тока



а) б)

Рисунок 2 – Идеальная термопара

При разрыве одного из проводников на концах цепи возникает разность потенциалов, получившая название термоэлектродвижущей силы (термЭДС) пары АВ и обозначающаяся ЕАВ (рис. 2, б). Величину термоЭДС можно представить в виде:

$$E_{AB}= \int_{T_1}^{T_2} S_A \, dT - \int_{T_1}^{T_2} S_B \, dT= \int_{T_1}^{T_2} S_{AB} \cdot dT$$

S_A и S_B – представляют собой коэффициенты термоЭДС материала А и материала В, равные разности потенциалов, возникающей на концах проводника А и проводника В при их размещении в температурном поле с градиентом температуры, равным единице (при разности температур на концах проводника в один градус). Коэффициент термоЭДС является характеристикой конкретного материала наряду с удельным сопротивлением или коэффициентом теплопроводности и зависит от температуры, состава и состояния материала [3].

Задачей стендовых исследований являлось проведение измерений электродвижущей силы (ЭДС) в паре трения с учетом изменения технического состояния ДВС и нагрузочно-скоростного режима работы его сопряжений, для этого, была создана специализированная экспериментальная установка, дополненная как серийным, так и разработанным оборудованием, и приборами [4].

При исследовании величины ЭДС от показателей технического состояния двигателя использовалась моторная установка, состоящая из блока цилиндров с кривошипно – шатунным механизмом УМЗ-417 (рис. 3). Для привода использовался тормозной стенд КИ – 5543 состоящий из: электромашины АКВ-82-4У3 мощностью 55 кВт с регулированием частоты вращения ротора от 600 об/мин до 3000 мин$^{-1}$; реостата; электрошкафа; стойки приборной; тахометра, термометра, манометра; стоек установочных; механизма передачи крутящего момента. Крутящий момент, создаваемый электродвигателем передавался через карданный вал на коробку передач, соединенной с блоком цилиндров.



1 2 3

Рисунок 3 - Стенд тормозной КИ – 5543: 1 - электродвигатель АКВ-82-4УЗ; 2 - стойка приборов; 3 – блок двигателя с кривошипно–шатунным механизмом УМЗ 417 с КПП

Испытания проводились в четырех диапазонах оборотов двигателя (1000, 1200, 1500, 1800 мин$^{-1}$) при использовании третьей и четвертой передачи. Снятие электрических показаний осуществлялось с коленчатого вала посредством токосъемного устройства (рис. 4) [5-7]. Устройство устанавливалось с помощью резьбового соединения на место крепления шкива коленчатого вала. За счет переходника с подшипником, корпус устройства остается неподвижным. Снятие показаний осуществляется подвижным роликом и подпружиненным штоком, после которых с помощью проводов сигнал передается через усилитель сигнала на осциллограф.

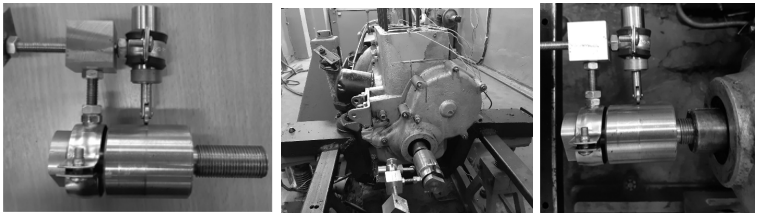


Рисунок 4 – Снятие электрических показаний с помощью токосъемного устройства

Для вывода электрических показаний и записи осциллограмм использовался двухканальный цифровой осциллограф INSTRUSTAR ISDS 205B (рис. 5). Диапазон измерения данного устройства с применением щупа X1 составит от -6 В до 6 В постоянного и переменного тока с полосой пропускания 0-20 МГц, частотой оцифровки 48 МГц. Осциллограф поддерживает следующие функции:

спектральный анализ, регистрация данных, синтезатор частоты (DDS). Спектральный анализ необходим для расчета частотного содержания и амплитуды сигнала, а также для построения и отображения графиков амплитуды и частоты на экране монитора. Осуществляется сбор информации исходного сигнала от нескольких наносекунд до нескольких дней при помощи функции регистрации данных. Синтезатор частоты (DDS) позволяет получить аналоговый сигнал (синусоидальный сигнал) за счет генерации временной последовательности цифровых отсчетов и их дальнейшего преобразования в аналоговую форму посредством цифро – аналогового преобразователя (ЦАП).



Рисунок 5 – Подключение осциллографа INSTRUSTAR

Для работы осциллографа использовали драйвер и программу Multi VirAnalyzer на компьютере ASUS Intel Pentium Processor N3530 (рис. 5). Для вывода данных также использовался мультиметр FLUKE 106 (рис. 6).



Рисунок 6 – Мультиметр и пирометр FLUKE

Снятие показаний осуществлялось следующим образом (рис. 7): осциллограф через USB порт, подключается специальным проводом к компьютеру; осциллограф через каналы 1 и 2 подключается к щупам мультиметра; от мультиметра один провод зажимается гайками на токосъемном устройстве, другой зажимается на блоке цилиндров; запускается программа на компьютере.

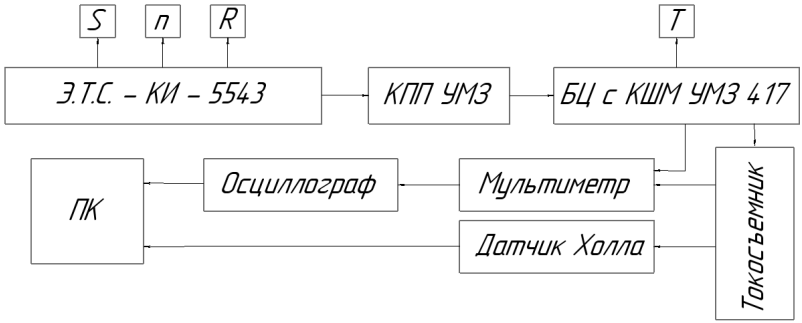


Рисунок 7 - Схема процесса определения величины ЭДС: n – тахометр; S – сигнализатор; R – реостат; T – пирометр.

Для получения более точных показаний (частоты вращения) устанавливался датчик Холла, состоящий из магнита, который располагался на вращающем переходнике токосъемного устройства и элемента Холла с усилителем. Через специальный провод показания выводились на экран монитора компьютера с помощью программы Arduino. При проведении стендовых испытаний отсутствовал датчик температуры двигателя, замеры проводились вручную с помощью пирометра FLUKE (рис. 6) [4,8].

Выводы. Сравнительные исследования двигателя при измерении электродвижущей силы (ЭДС) в паре трения с учетом изменения технического состояния ДВС проводились при частоте вращения коленчатого вала 1000, 1200, 1500, 1800 мин$^{-1}$ с использованием третьей и четвертой передачи. Температура окружающей среды, моторного масла в картере двигателя поддерживалась одинаковая: Токр = 18 °С, Тм = 20 °С.

Величина ЭДС фиксировалась с помощью разработанного измерительного комплекса.

Библиографический список:

1. Измерение суммарной ЭДС в парах трения двигателя / И. Р. Салахутдинов, А. А. Глущенко, О. М. Каняева [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – № 6. – С. 34-35. – EDN DEFZDU.

2. Уханов, Д.А. Наведённая ЭДС – критериальный показатель минимальной частоты вращения коленчатого вала поршневого ДВС / Д.А. Уханов, А.П. Уханов, В.А. Перов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. г. Ульяновск. №1 (41). Январь 2018. Стр. 21-25.

3. Использование термоэлектрического эффекта Зеебека для измерения температуры. Подробнее: https://otc-obninsk.ru/publishing/01.pdf

4. Приборное обеспечение исследований величины ЭДС в двигателях внутреннего сгорания / И. Р. Салахутдинов, А. А. Глущенко, А. П. Никифоров, А. В. Лисин // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : Материалы IX Международной научно-практической конференции. Часть 1. – Ульяновск, 2018. – С. 253-256. – EDN XURYQH.

5. Патент на полезную модель № 210271 U1 Российская Федерация, МПК H01R 39/28. Токосъёмное устройство: № 2021135580: заявл. 02.12.2021: опубл. 05.04.2022 / В. Д. Починов, И. Р. Салахутдинов, А. А. Глущенко; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина". – EDN TRRFSV.

6. Пат.196570 Российская федерация, МПК H01R 39/00. Токосъёмное устройство / И.Р. Салахутдинов, А.А. Глущенко, А.В. Лисин, А.П. Никифоров, Д.М. Марьин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ им. П.А. Столыпина. – Заявка № 2019136715 от 14.11.2019; опубл. 05.03.2020, Бюл. №7.

7. Патент № 2451810 C1 Российская Федерация, МПК F02F 1/20. Цилиндропоршневая группа двигателя внутреннего сгорания: № 2011100391/06: заявл. 11.01.2011: опубл. 27.05.2012 / Д. А. Уханов, А. Л. Хохлов, И. Р. Салахутдинов, А. А. Хохлов; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего

профессионального образования "Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия". – EDN NHXNBT.

8. Починов, В. Д. Методика считывания электрических показаний двигателя внутреннего сгорания / В. Д. Починов, И. Р. Салахутдинов // Научно-технологические приоритеты в развитии агропромышленного комплекса России: Материалы 73-й Международной научно-практической конференции. Часть II. – Рязань, 2022. – С. 125-129. – EDN JRGROM.

DEVELOPMENT OF MEASURING AND RECORDING COMPLEX FOR DETERMINING EMF

Shirnin E.O., Salakhutdinov I.R., Salakhutdinova Z.I., Glushchenko A.A.

Keywords: *measuring and recording complex, electromotive force, instrumentation, current collector, oscilloscope*

He work is devoted to the development of a measuring and recording complex for conducting research to determine the value of EMF in friction pairs, taking into account changes in the technical condition of the internal combustion engine and the load-speed mode of operation of its interfaces. For this purpose, a specialized experimental installation was created, supplemented with both serial and developed equipment and devices that allow measuring EMF both in the piston - crankshaft circuit and in separate engine interfaces.