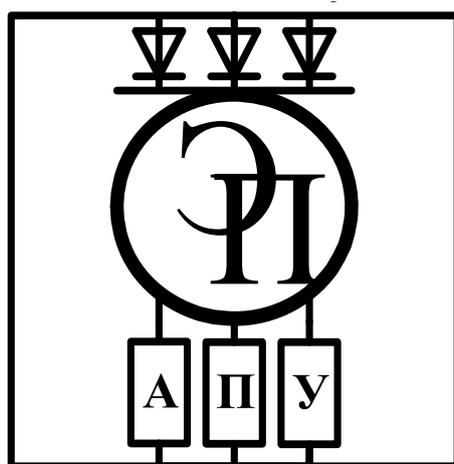


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электропривод и АПУ»

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов направления подготовки
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
дневной формы обучения*



Могилев 2024

УДК 629.113:004.65

ББК 39.33:32.973

И74

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Электропривод и АПУ» «14» декабря 2023 г.,
протокол № 5

Составитель канд. техн. наук, доц. Л. Г. Черная

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Болотов

Методические рекомендации к лабораторным работам предназначены для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» дневной формы обучения. Изложена методика исследования основных датчиков информационно-измерительной и информационно-диагностической систем автомобилей.

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ

Учебное издание

Ответственный за выпуск

А. С. Коваль

Корректор

И. В. Голубцова

Компьютерная верстка

Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:

Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2024

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение..... | 4 |
| 1 Лабораторная работа № 1. Исследование погрешностей измерительного прибора..... | 5 |
| 2 Лабораторная работа № 2. Исследование датчиков температуры..... | 11 |
| 3 Лабораторная работа № 3. Исследование датчиков массового расхода топлива..... | 17 |
| 4 Лабораторная работа № 4. Исследование датчиков детонации..... | 23 |
| 5 Лабораторная работа № 5. Исследование датчиков скорости..... | 29 |
| 6 Лабораторная работа № 6. Исследование устройства диагностики..... | 35 |
| Список литературы..... | 42 |

Введение

Лабораторные занятия по дисциплине «Информационно-измерительные системы автомобилей» прививают студентам навык самостоятельных исследований, облегчают восприятие и понимание основных теоретических положений, способствуя их более глубокому усвоению.

Методические рекомендации соответствуют программе курса «Информационно-измерительные системы автомобилей». Они служат основой для самостоятельной подготовки и проведения лабораторных работ с последующим оформлением и анализом результатов и предусматривают изучение теоретического материала по учебной, справочной литературе, веб-страницам сайтов сети Интернет.

К выполнению лабораторных работ студенты допускаются после ознакомления с правилами и инструкцией по технике безопасности и проведения инструктажа по безопасным методам работы на ЭВМ с оформлением соответствующей записи в журнале.

Для получения допуска к очередным занятиям студенты предварительно изучают содержание лабораторной работы, рекомендации к выполнению задания и представляют законченный отчет по предыдущей работе.

1 Лабораторная работа № 1. Исследование погрешностей измерительного прибора

Цель работы: овладеть методикой определения основной погрешности измерительных приборов на примере аналогового вольтметра постоянного тока; получить навыки проведения многократных измерений и обработки полученных данных.

Задание

1 Оценить систематическую и случайную составляющие основной погрешности и суммарную погрешность аналогового вольтметра.

2 Сравнить суммарную погрешность, полученную экспериментально, с нормируемым значением основной погрешности аналогового вольтметра.

1.1 Описание экспериментальной лабораторной установки

Используемые приборы: комбинированный прибор (тестер) типа Ц4360 (исследуемый вольтметр); вольтметр универсальный цифровой типа В7-27А (эталонный вольтметр); источник регулируемого постоянного напряжения от 0 до 5 В.

Технические характеристики приборов представлены в таблице 1.1, схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1.1.

Таблица 1.1 – Технические характеристики используемых вольтметров

| Характеристика | Аналоговый вольтметр Ц4360 | Цифровой вольтметр В7-27А |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Верхние пределы измерения, В | 15 | 15 |
| Класс точности | 1,5 | 0,02/0,01 |



Рисунок 1.1 – Схема для исследования погрешностей вольтметра

1.2 Рекомендации к выполнению задания

1.2.1 Расчет областей значений основной погрешности вольтметров.

Построить области допускаемых основных абсолютных погрешностей аналогового и цифрового вольтметров (см. таблицу 1.1) в диапазоне от 0 до 15 В.

Для аналогового вольтметра основную погрешность нормируют в форме **предельно допустимой приведенной** погрешности числом γ , выраженным в процентах. Число γ , записанное без указания процентов, определяет класс точности такого вольтметра. Область значений допускаемой **основной абсолютной** погрешности такого прибора можно определить по формуле

$$\Delta = \frac{\pm\gamma}{100} \cdot U_K = \pm\alpha, \quad (1.1)$$

где U_K – значение установленного предела измерения.

Видно, что эта погрешность не зависит от значения измеряемого напряжения, т. к. имеет аддитивную составляющую.

Основную погрешность цифрового вольтметра нормируют в форме предельно допустимой **относительной** погрешности δ , %, по двучленной формуле

$$\delta = \pm \left[c + d \cdot \left(\frac{U_K}{U} - 1 \right) \right]. \quad (1.2)$$

Значения коэффициентов c , %, и d , %, записанные через косую черту (c/d), определяют класс точности цифрового вольтметра, например,

$$c/d = 0,02/0,01.$$

Область допускаемой основной **абсолютной** погрешности такого вольтметра можно вычислить по формуле

$$\Delta = \pm \left(\frac{d \cdot U_K}{100} + \frac{c-d}{100} \cdot U \right), \quad (1.3)$$

где $U = [0, U_K]$.

Эта погрешность растет с увеличением измеряемого напряжения, т. е. имеет, кроме аддитивной, еще и мультипликативную составляющую.

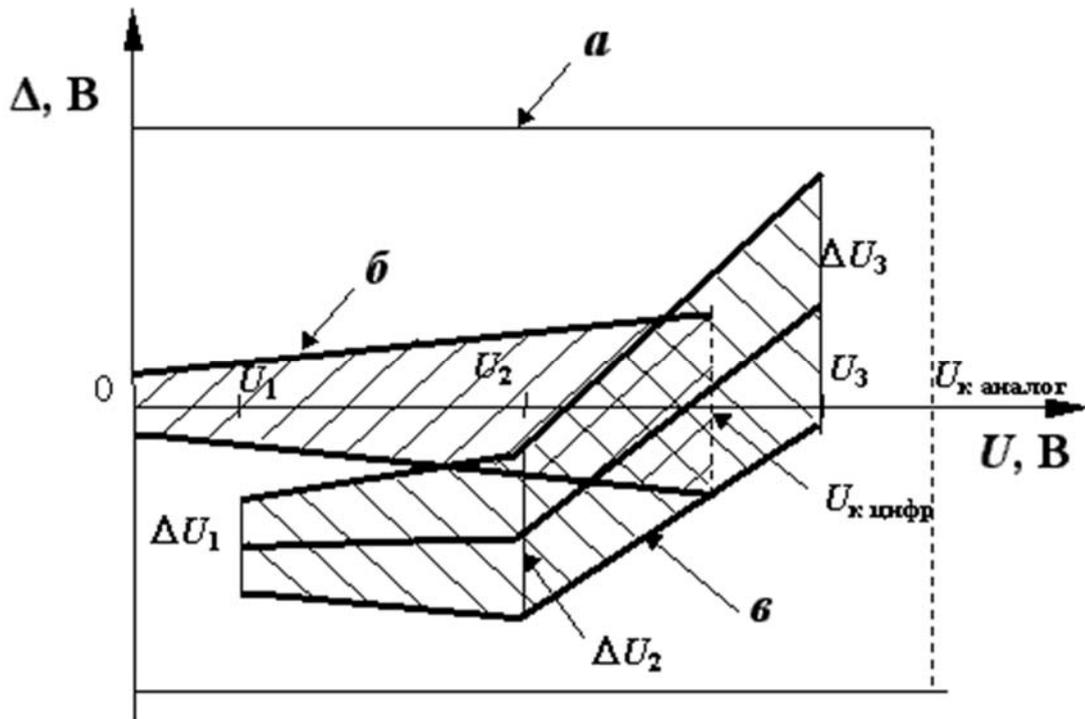
Пример построения области допускаемых основных абсолютных погрешностей аналогового и цифрового вольтметров представлен на рисунке 1.2.

1.2.2 Оценка систематической и случайной составляющих основной погрешности исследуемого вольтметра.

1.2.2.1 Исследование провести для трех точек установленного на исследуемом вольтметре диапазона измерения 15 В – для трех значений напряжения ΔU_m ,

$m = 1, 2, 3$: $U_1 = (1...5)$ В – в начале шкалы, $U_2 = (6...9)$ В – в середине шкалы, $U_3 = (10...14)$ В – в конце. По результатам измерений определить основную погрешность аналогового прибора:

$$\Delta U_m, m = 1, 2, 3. \quad (1.4)$$



a – нормируемая для аналогового прибора; $б$ – нормируемая для цифрового прибора; $в$ – полученная экспериментально для аналогового прибора по п. 1.2.2

Рисунок 1.2 – Области значений абсолютной погрешности

1.2.2.2 Включить питание источника постоянного напряжения и цифрового вольтметра. Проверить установку нуля аналогового и цифрового вольтметров.

1.2.2.3 Установить требуемые пределы измерения $U_{\text{к}}$ на обоих вольтметрах.

1.2.2.4 Выбрать отметку на шкале исследуемого вольтметра, соответствующую значению напряжения U_1 . Регулируя напряжение источника, установить показание, равное U_1 , измерить действительное значение напряжения источника по показаниям эталонного вольтметра U_{1i} и записать в таблицу 1.2 (столбец 2). Всего выполнить n измерений действительных значений напряжения U_{1i} , $i = 1, \dots, n$ ($6 \geq n \geq 8$), каждый раз заново устанавливая показания исследуемого вольтметра на выбранную отметку шкалы.

1.2.2.5 Повторить измерения п. 1.2.2.4 для выбранных значений U_2 и U_3 . Измеренные действительные значения U_{2i} и U_{3i} , $i = 1, \dots, n$, записать в столбцы 6 и 10 таблицы 1.2 соответственно.

Таблица 1.2 – Результаты измерений и расчета составляющих основной погрешности исследуемого вольтметра

| i | $U_1 = 4 \text{ В}$ | | | | $U_2 = 8 \text{ В}$ | | | | $U_3 = 12 \text{ В}$ | | | |
|-----|------------------------------------|---------------|--------------------------------|----------------------------------|--|---------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------|--------------------------------|----------------------------------|
| | U_{1i} | Δ_{1i} | $\overset{\circ}{\Delta}_{1i}$ | $\overset{\circ}{\Delta}_{1i}^2$ | U_{2i} | Δ_{2i} | $\overset{\circ}{\Delta}_{2i}$ | $\overset{\circ}{\Delta}_{2i}^2$ | U_{3i} | Δ_{3i} | $\overset{\circ}{\Delta}_{3i}$ | $\overset{\circ}{\Delta}_{3i}^2$ |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 | 4,1 | | | | 8,02 | | | | 11,96 | | | |
| 2 | 3,98 | | | | 7,97 | | | | 11,97 | | | |
| 3 | 4,05 | | | | 7,96 | | | | 11,96 | | | |
| 4 | 4,15 | | | | 8,00 | | | | 12,00 | | | |
| 5 | 3,97 | | | | 7,98 | | | | 12,02 | | | |
| 6 | 3,99 | | | | 7,98 | | | | 11,99 | | | |
| 7 | 3,99 | | | | 8,06 | | | | 11,98 | | | |
| 8 | 4,00 | | | | 7,99 | | | | 12,04 | | | |
| | $\sum_{i=1}^n \Delta_{1i} = \dots$ | | | | $\sum_{i=1}^n \Delta_{2i} = \dots$ | | | | $\sum_{i=1}^n \Delta_{3i} = \dots$ | | | |
| | $\widetilde{\Delta}_{c1} = \dots$ | | | | $\widetilde{\Delta}_{c2} = \dots$ | | | | $\widetilde{\Delta}_{c3} = \dots$ | | | |
| | $\widetilde{\sigma}_1 = \dots$ | | | | $\widetilde{\sigma}_2 = \dots \text{ В}$ | | | | $\widetilde{\sigma}_3 = \dots$ | | | |
| | $P_{\text{дог}} = 0,9$ | | | | $n = 8$ | | | | $t =$ | | | |
| | $\Delta_{\text{дог}1} = \pm \dots$ | | | | $\Delta_{\text{дог}2} = \pm \dots$ | | | | $\Delta_{\text{дог}3} = \pm \dots$ | | | |

1.2.2.6 Вычислить для каждого значения напряжения U_1, U_2, U_3 следующие величины:

– отклонения действительного значения напряжения от значения напряжения, соответствующего выбранной отметке шкалы:

$$\Delta_{mi} = U_m - U_{mi}, m = 1, 2, 3, i = 1, \dots, n. \quad (1.5)$$

Записать их значения в столбцы 3, 7, 11 таблицы 1.2. Внизу каждого столбца поместить алгебраическую сумму $\sum_{i=1}^n \Delta_{mi}$;

– оценку систематической составляющей погрешности $\widetilde{\Delta}_{cm}$, вычислив ее значение как среднее значение погрешности $\widetilde{\Delta}_m$:

$$\widetilde{\Delta}_{cm} = \widetilde{\Delta}_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta_{mi}; \quad (1.6)$$

– случайные составляющие погрешности каждого измерения:

$$\dot{\Delta}_{mi} = \Delta_{mi} - \widetilde{\Delta}_{cm}. \quad (1.7)$$

Записать их значения в столбцы 4, 8, 12 таблицы 1.2;

– оценку среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности (среднюю квадратическую погрешность) однократного измерения для трех выбранных отметок шкалы исследуемого вольтметра:

$$\widetilde{\sigma}_m = \left[\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta_{m1}^2 \right]^{1/2}, \quad m = 1, 2, 3. \quad (1.8)$$

Для этого найти квадраты случайных составляющих Δ_{m1}^2 , $m = 1, 2, 3$, $i = 1, \dots, n$. Полученные значения занести в столбцы 5, 9, 13 таблицы 1.2. Найденные значения оценок $\widetilde{\sigma}_1$, $\widetilde{\sigma}_2$ и $\widetilde{\sigma}_3$ внести в таблицу 1.2;

– доверительные интервалы случайной погрешности однократного измерения в предположении, что закон распределения этой случайной погрешности нормальный:

$$\Delta_{\text{дов } m} = t \cdot \widetilde{\sigma}_m, \quad m = 1, 2, 3, \quad (1.9)$$

где t – коэффициент Стьюдента, значение которого зависит от заданного значения доверительной вероятности $P_{\text{дов}}$, числа параллельных измерений n , числа проведенных измерений m . Значение t вычисляется по числу степеней свободы f_{cm} :

$$f_{cm} = (n-1)m. \quad (1.10)$$

При обработке результатов простых технических измерений доверительную вероятность обычно выбирают в пределах $P_{\text{дов}} = 0,9$.

Значения t принять из таблицы 1.3 распределения Стьюдента.

Таблица 1.3 – Значение t -критерия Стьюдента

| | | | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|----------|
| f_{cm} | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 29 | ∞ |
| t | 3,18 | 2,45 | 2,26 | 2,18 | 2,13 | 2,1 | 2,08 | 2,06 | 2,04 | 1,96 |

1.2.3 Сравнение основной погрешности исследуемого вольтметра с ее нормированным значением.

1.2.3.1 Для каждого из выбранных напряжений U_1, U_2, U_3 вычислить оценку суммарной основной абсолютной погрешности вольтметра как

$$\Delta U_m = \widetilde{\Delta}_{cm} \pm \Delta_{\text{дов } m}; \quad m = 1, 2, 3. \quad (1.11)$$

Значения $\widetilde{\Delta}_{cm}$ и $\Delta_{\text{дов } m}$ взять из таблицы 1.2.

1.2.3.2 На рисунке 1.2, построенном при выполнении п. 1.2.1, отобразить область значений основной погрешности ΔU_m , полученную экспериментально в точках шкалы U_1, U_2, U_3 :

$$\widetilde{\Delta}_{ct} - \Delta_{\text{до в } m} \leq \Delta U_m \leq \widetilde{\Delta}_{ct} + \Delta_{\text{до в } m}; m = 1, 2, 3. \quad (1.12)$$

1.2.3.3 Сделать вывод о соответствии погрешности, полученной экспериментально, нормируемой погрешности исследуемого прибора. Если экспериментальные оценки погрешности выходят за границы нормируемой погрешности, сделать вывод, какая из составляющих суммарной погрешности (случайная или систематическая) обуславливает этот выход.

Содержание отчета

- 1 Номер и наименование лабораторной работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Задание.
- 4 Схема подключения приборов.
- 5 Заполненные таблицы 1.1–1.3 с заголовками.
- 6 Расчетные формулы с пояснениями.
- 7 Области значений абсолютных погрешностей (см. рисунок 1.2).
- 8 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Как оценить систематическую составляющую погрешности прибора?
- 2 Как оценить доверительный интервал случайной погрешности однократного измерения при заданной доверительной вероятности и нормальном законе распределения?
- 3 В каких случаях при определении доверительного интервала для случайной погрешности с нормальным законом распределения следует использовать распределение Стьюдента?
- 4 Как правильно представить результат измерения?
- 5 Перечислить основные нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
- 6 Каким образом нормируют погрешности средств измерений?
- 7 Что такое класс точности средств измерений? Какие существуют способы задания класса точности?
- 8 Каким образом можно оценить абсолютную погрешность результата измерений, если известен класс точности используемого прибора?

2 Лабораторная работа № 2. Исследование датчиков температуры

Цель работы: овладеть навыками экспериментального определения температурной характеристики термисторного датчика; изучить конструкции и принцип действия терморезистивных и термобиметаллических датчиков температуры.

Задание

1 Ознакомиться с назначением датчиков температуры в электронной системе автоматического управления двигателем (ЭСАУД) автомобиля и информационно-измерительной системе.

2 Изучить конструкции и принцип действия основных типов датчиков и сигнализаторов температуры, используемых в автомобиле.

3 Экспериментально определить градуировочные характеристики и температурные коэффициенты датчиков температуры ТМ 106, 405.213.

4 Определить температуру срабатывания сигнализатора температуры ТМ 108.

2.1 Описание экспериментальной лабораторной установки

Устройство лабораторной установки приведено на рисунке 2.1. Лабораторная установка представляет собой герметичную емкость 8 с жидкостью 7, температура которой может увеличиваться благодаря нагревательному элементу 10, напряжение на который подается с помощью лабораторного автотрансформатора (ЛАТР). В стенку емкости ввернуты исследуемые датчики: 1 – датчик температуры ТМ 106; 2 – датчик температуры 405.213; 3 – датчик температуры ТМ 108. Температура жидкости измеряется датчиком 4 цифрового термометра 5. Приборы омметры 6 служат для измерения электрического сопротивления датчиков. Сигнальная лампа 9 включается при срабатывании сигнализатора температуры 3.

В автомобилях для контроля температуры в системах охлаждения двигателей внутреннего сгорания применяют термометры с первичными преобразователями (датчиками) в виде термобиметаллической пластины или термистора (терморезистора с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления). В исследуемых датчиках ТМ 106 и 405.213 функцию чувствительного элемента и резистивного преобразователя выполняет термистор, а в датчике ТМ 108 – термобиметаллическая пластина.

2.2 Рекомендации к выполнению задания

2.2.1 Экспериментальное определение характеристик датчиков температуры.

2.2.1.1 Определить градуировочные характеристики $R_d(t)$ датчиков температуры ТМ 106, 405.213.

Собрать схему согласно рисунку 2.1. Включить электрическое питание стенда, измерительных приборов. Изменяя подводимое к нагревательному эле-

менту напряжение с помощью ЛАТР, произвести измерения электрических сопротивлений датчиков через $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в диапазоне температур $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C} \dots 100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Результаты измерений занести в таблицу 2.1.

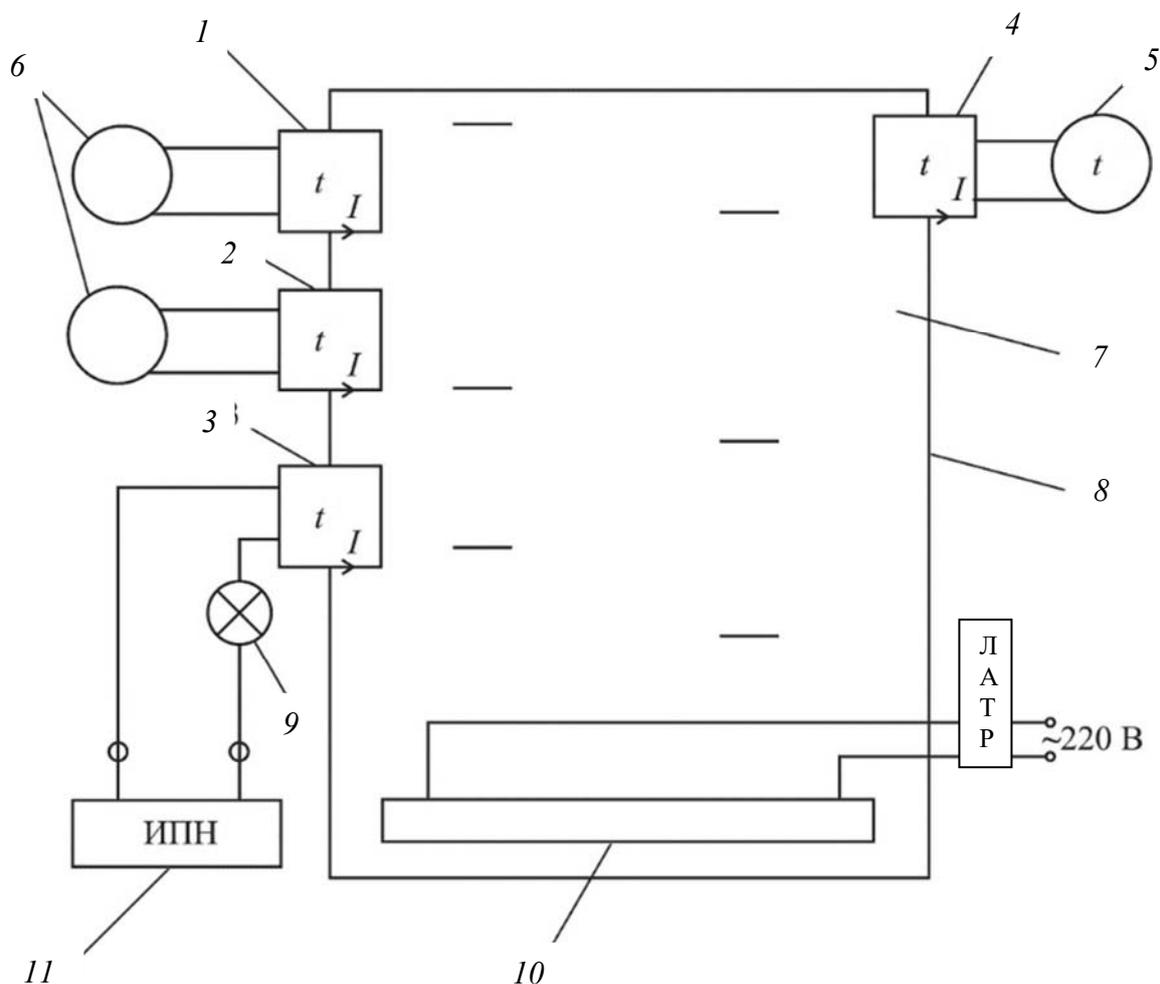


Рисунок 2.1 – Устройство экспериментальной лабораторной установки

2.2.1.2 В процессе эксперимента зафиксировать температуру срабатывания датчика-сигнализатора ТМ 108.

Таблица 2.1 – Экспериментальные данные

| $t, ^{\circ}\text{C}$ | $R_{дэ}, \text{Ом}$ | |
|-----------------------|---------------------|--------|
| | | ТМ 106 |
| 20 | | |
| ... | | |
| 100 | | |

2.2.2 Аналитическое определение характеристик датчиков температуры.

2.2.2.1 По двум значениям сопротивлений датчиков ТМ 106 и 405.213 при $t_1 = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $t_2 = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ найти значения параметров A и B аналитических зависимостей сопротивления датчика от температуры, определяемой по формуле

$$R_{ДР}(t) = A \cdot e^{B/\theta}, \quad (2.1)$$

где θ – абсолютная температура, К;

A – коэффициент, имеющий размерность сопротивления;

B – коэффициент, зависящий от материала датчика, К.

Коэффициенты A и B можно определить экспериментально, если известны значения сопротивлений датчиков R_1 и R_2 , соответствующие значениям температуры θ_1 и θ_2 .

Поскольку $R_1 = A$ и $R_2 = A \cdot e^{B/\theta_2}$, то

$$B = \frac{\theta_1 \cdot \theta_2}{\theta_2 - \theta_1} \ln \frac{R_1}{R_2}. \quad (2.2)$$

Определив значение коэффициента B , значение коэффициента A можно получить из выражения $R_1 = A \cdot e^{B/\theta_1}$:

$$A = R_1 \cdot e^{-\frac{B}{\theta_1}}. \quad (2.3)$$

2.2.2.2 Записать полученные аналитические выражения. Рассчитать по ним значения сопротивления датчиков, результаты внести в таблицу 2.2.

2.2.2.3 Построить расчетную $R_{ДР}(t)$ и экспериментальную $R_{ДЭ}(t)$ характеристики для датчиков температуры ТМ 106 и 405.213. Проанализировать результаты и сделать выводы.

Таблица 2.2 – Расчетные данные

| $t, ^\circ\text{C}$ | $R_{ДР}, \text{Ом}$ | |
|---------------------|---------------------|---------|
| | ТМ 106 | 405.213 |
| 20 | | |
| ... | | |
| 100 | | |

2.2.3 *Определение температурных коэффициентов датчиков температуры ТМ 106 и 405.213.*

2.2.3.1 Температурный коэффициент термистора (отношение скорости изменения сопротивления при изменении температуры к значению сопротивления при нулевой мощности рассеивания) отрицателен и уменьшается обратно пропорционально квадрату абсолютной температуры:

$$\alpha = -100 \frac{B}{\theta}. \quad (2.4)$$

Определить температурный коэффициент α для $t = t_{\min}$ и $t = t_{\max}$ для датчиков температуры ТМ 106, 405.213.

2.2.3.2 Проанализировать результаты и сделать выводы.

2.2.4 Назначение, конструкция, принцип действия и характеристики датчиков температуры.

2.2.4.1 Датчик ТМ 106 входит в состав автомобильного логометрического термометра для измерения температуры охлаждающей жидкости и представляет собой латунный баллон 1 (рисунок 2.2), внутренняя поверхность которого изолирована втулкой 5. К плоскому дну баллона токоведущей пружиной 3 прижат терморезистор 4, выполненный в виде таблетки. Торцевые поверхности таблетки покрыты тонким слоем серебра, т. к. являются контактами. Другим концом пружина 3 соединяется с зажимом датчика 2. Сопротивление терморезистора значительно уменьшается при увеличении температуры среды, в которой расположен датчик. Это приводит к возрастанию тока, проходящего через измерительные катушки логометрического указателя.

Зависимость электрического сопротивления датчика ТМ 106 от температуры приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Зависимость электрического сопротивления датчика ТМ 106 от температуры

| Температура, °С | 30 | 50 | 90 | 130 |
|-------------------|-------------|-----------|-----------|---------|
| Сопротивление, Ом | 1350...1880 | 585...820 | 155...196 | 52...65 |

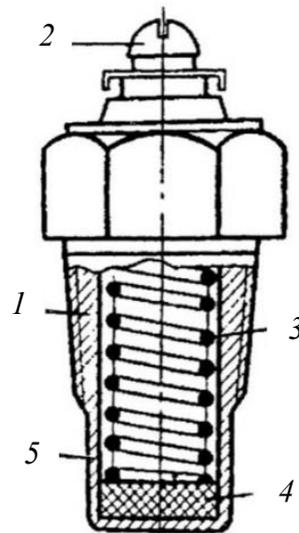
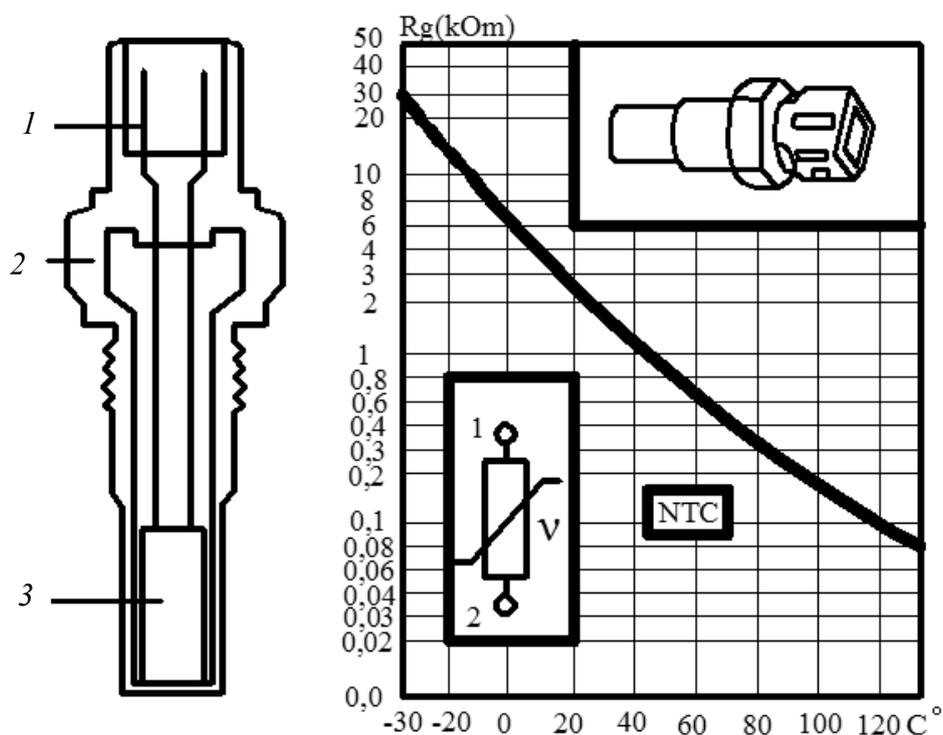


Рисунок 2.2 – Терморезистивный датчик температуры ТМ 106

2.2.4.2 Датчик 405.213 (рисунок 2.3) входит в состав электронной системы автоматического управления двигателем (ЭСАУД) автомобиля.

Терморезистор 3 помещен в защитный корпус 2 с крепежной резьбой для установки датчика и электрическими контактами 1. По мере прогрева двигателя автомобиля сопротивление чувствительного элемента датчика уменьшается, что

приводит к уменьшению напряжения на его выходных зажимах. В зависимости от значения этого напряжения контроллер ЭСАУД рассчитывает режим работы двигателя.



1 – электрические контакты; 2 – теплопроводный корпус; 3 – термистор

Рисунок 2.3 – Терморезистивный датчик температуры 405.213

Для холодного двигателя температура от минус 25 °С до плюс 65 °С .

Для прогретого двигателя температура . от плюс 65 °С до плюс 120 °С.

Если температура двигателя опускается ниже минус 25 °С, то котроллер не позволяет запускать двигатель автомобиля.

2.2.4.3 Датчик ТМ 108 (рисунок 2.4) используется в качестве сигнализатора температуры включения и отключения электрического вентилятора охлаждения радиатора двигателя. Основой датчика служат корпус 1 и биметаллическая пластина 2, выполненная из двух слоев металлов с разными значениями температурного коэффициента линейного расширения. Если температура окружающей среды увеличивается, биметаллическая пластина меняет свою кривизну. При достижении определенной температуры соединяются подвижный 3 и неподвижный 4 контакты, замыкая таким образом электрическую цепь питания вентилятора. Характеристики датчика ТМ 108 приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Характеристики датчика ТМ 108

| Тип датчика | Температура включения, °С | Температура выключения, °С |
|------------------|---------------------------|----------------------------|
| ТМ 108 | 87 | 82 |
| ТМ 108 | 92 | 87 |
| ТМ 108 (66.3710) | 99 | 94 |

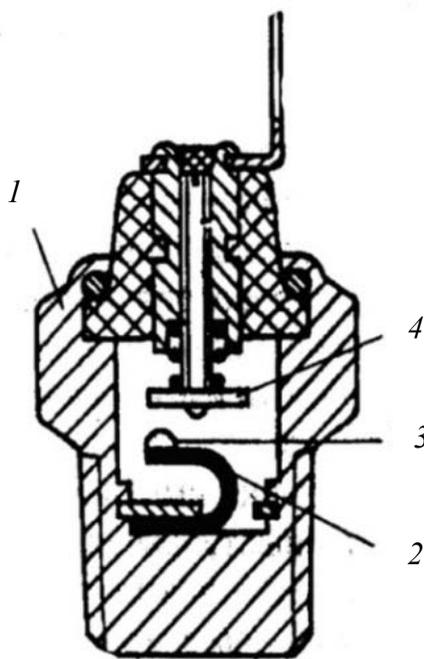


Рисунок 2.4 – Конструкция датчика ТМ 108

Содержание отчета

- 1 Номер и наименование лабораторной работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Задание.
- 4 Устройство экспериментальной установки (см. рисунок 2.1).
- 5 Формулы для построения расчетных характеристик $R_{ДР}(t)$ датчиков ТМ106 и 405.213.
- 6 Заполненные таблицы 2.1 и 2.2 с заголовками.
- 7 Анализ результатов об исправности датчика ТМ 108.
- 8 Графики расчетной $R_{ДР}(t)$ и экспериментальной $R_{ДЭ}(t)$ характеристик датчиков ТМ 106 и 405.213.
- 9 Рисунки 2.2–2.4 с описанием назначения, конструкции, принципа действия датчиков ТМ 106, 405.213, ТМ 108.
- 10 Формулы для определения температурных коэффициентов α для $t = t_{\min}$, $t = t_{\max}$ и их расчетные значения.
- 11 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение температурных датчиков в автомобиле.
- 2 Каковы устройство и принцип действия терморезисторных датчиков?
- 3 Каковы устройство и принцип действия термобиметаллических датчиков?
- 4 Что такое температурный коэффициент сопротивления?
- 5 Из каких основных узлов состоит автомобильный термометр?
- 6 Как экспериментально определяется температурная зависимость терморезистора?

3 Лабораторная работа № 3. Исследование датчиков массового расхода топлива

Цель работы: исследовать характеристики автомобильных датчиков массового расхода топлива, воздуха (ДМРВ); приобрести практические навыки проверки их работоспособности.

Задание

- 1 Ознакомиться с назначением в электронной системе автоматического управления двигателем (ЭСАУД) автомобиля.
- 2 Изучить конструкции и принцип действия основных типов датчиков, используемых в системе управления автомобилем [3].
- 3 Ознакомиться с экспериментальной лабораторной установкой.
- 4 Используя рисунки 3.1–3.3, начертить и описать схемы подключения датчиков, источников питания и измерительных приборов для исследования градуировочных характеристик датчиков ДМРВ1, ДМРВ2, ДМРВ3.
- 5 Экспериментально определить градуировочные характеристики датчика массового расхода воздуха.
- 6 Проверить работоспособность датчика массового расхода воздуха.

3.1 Описание экспериментальной лабораторной установки

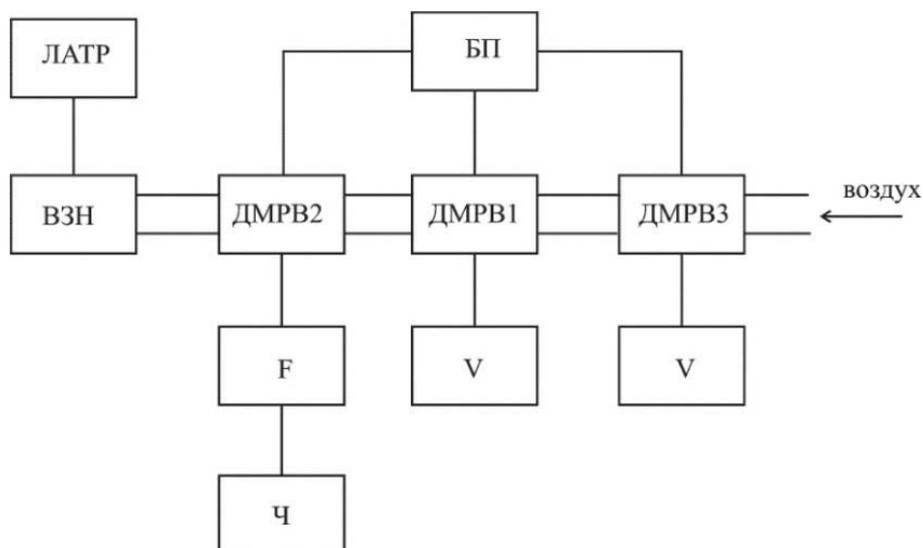
Структурная схема экспериментальной лабораторной установки представлена на рисунке 3.1. Установка включает в себя цилиндрический металлический канал, в котором размещены автомобильные датчики массового расхода воздуха:

- ДМРВ1 – ИВКШ 407282000 с аналоговым выходом;
- ДМРВ2 – GM 2112-1130010 с частотным выходом;
- ДМРВ3 – HML2-4.7 0280212037 BOSCH с аналоговым выходом.

Датчики и источники питания подключаются к передней панели стенда, как показано на рисунке 3.2. Электрические переключатели на панели должны находиться в разомкнутом состоянии.

Для нагнетания воздушного потока в канале используется воздухозаборный насос ВЗН. Регулирование воздушного потока производится путем изменения

питающего напряжения ВЗН с помощью ЛАТР. Выходной сигнал с ДМРВ2 через логический формирователь импульсов F поступает на цифровой частотомер Ч. Выходные напряжения ДМРВ1 и ДМРВ3 измеряются с помощью цифровых вольтметров.



ДМРВ1, ДМРВ2 и ДМРВ3 – датчики массового расхода воздуха; ВЗН – воздушозаборный насос; БП – блок питания; F – формирователь импульсов; V – вольтметр; Ч – частотомер; ЛАТР – лабораторный автотрансформатор

Рисунок 3.1 – Структурная схема экспериментальной лабораторной установки

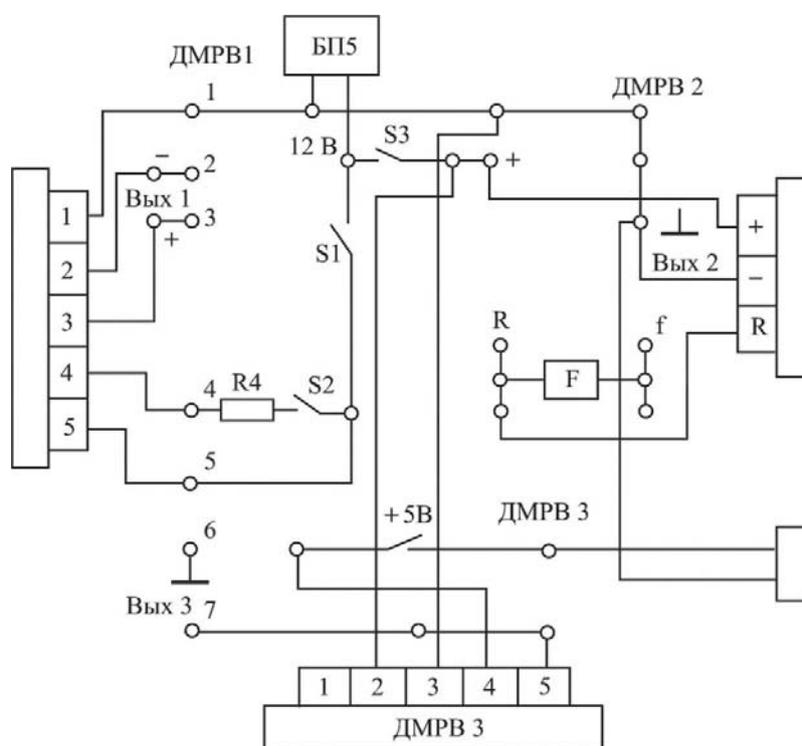


Рисунок 3.2 – Схема экспериментальной лабораторной установки

С блока питания БП1 на исследуемые датчики подается напряжение +12 В, равное номинальному напряжению бортовой сети автомобиля.

Внешний вид передней сборочной панели лабораторного стенда для экспериментального исследования датчиков ДМРВ1, ДМРВ2 и ДМРВ3 представлен на рисунке 3.3.

Внешние выводы датчика ДМРВ1 (ИВКШ) означают: 1 – масса «⊥»; 2 – выход ДМРВ1 «-»; 3 – выход ДМРВ1 «+»; 4 – вывод прожига платиновой нити; 5 – напряжение питания +12 В.

Выводы на датчике ДМРВ3 (BOSH) означают: 1 – свободный (не используется); 2 – напряжение питания +12 В; 3 – масса «⊥»; 4 – напряжение питания +5 В; 5 – выходное напряжение.

Выводы на датчике ДМРВ2 (GM) означают: «-» – масса; «+» – напряжение питания +12 В; R – вывод частотного сигнала датчика.

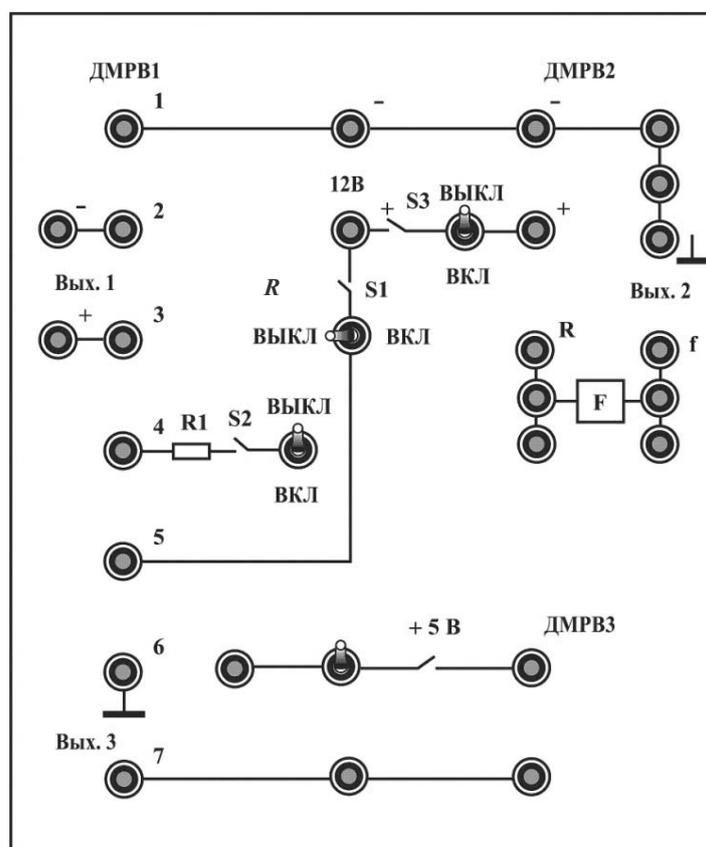


Рисунок 3.3 – Внешний вид передней сборочной панели экспериментальной лабораторной установки

3.2 Рекомендации к выполнению задания

3.2.1 Определение градуировочных характеристик датчиков ДМРВ1, ДМРВ2, ДМРВ3.

3.2.1.1 Начертить и собрать схемы подключения датчиков, источников питания и измерительных приборов для исследования градуировочных характеристик датчиков ДМРВ1, ДМРВ2, ДМРВ3.

Вольтметры подключаются к выходным разъемам датчиков ДМРВ1 и ДМРВ3, частотомер – к выходу формирователя импульсов F.

Кабель питания воздухозаборного насоса подключается к выходу лабораторного автотрансформатора (ЛАТРа). Блоки питания, измерительные приборы и ЛАТР – к розеткам промышленной однофазной сети. Ключи S1, S3 и +5 В должны быть замкнуты. В схемах необходимо соблюдать обозначения, представленные на рисунках 3.2 и 3.3.

Датчик ИВКШ 407282000 (ДМРВ1) в лабораторной работе является образцовым. Его градуировочная характеристика представлена в таблице 3.1.

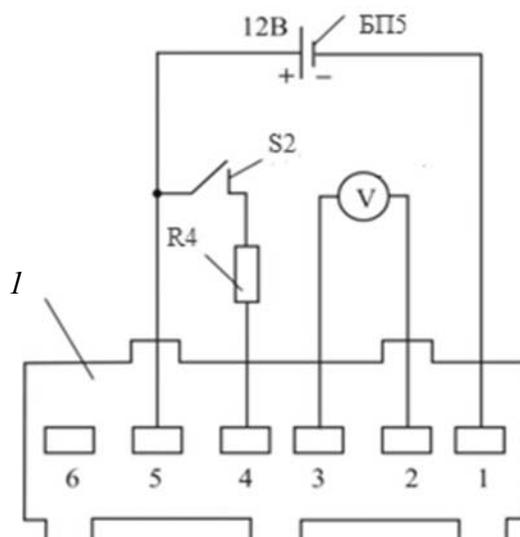
Таблица 3.1 – Градуировочная характеристика $U_{вых1}(G)$ датчика ИВКШ 407282000 (ДМРВ1)

| | | | | | | |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| G , кг/ч | 10 | 16 | 25 | 39 | 56 | 78 |
| $U_{вых1}$, В | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,6 | 2,8 | 3,0 |

3.2.1.2 По данным таблицы 3.1 построить график градуировочной характеристики $U_{вых1}(G)$ датчика ИВКШ 407282000 (ДМРВ1). Проанализировать результат и сделать выводы.

3.2.2 Проверка работоспособности датчика ИВКШ 407282000 (ДМРВ1) по схеме, представленной на рисунке 3.4.

Подсоединяя провода, следует ориентироваться по выступам на колодке разъема. При подключении источника питания вольтметр V должен показывать напряжение $(1,4 \pm 0,04)$ В; при кратковременном включении выключателя S2 напряжение должно быть около 8 В. Платиновая нить R4 при этом должна разогреваться до красного цвета.



I – выходной разъем датчика; R4 – платиновая нить; S2 – выключатель; БП5 – источник постоянного напряжения или аккумуляторная батарея; V – вольтметр

Рисунок 3.4 – Схема проверки работоспособности датчика ИВКШ 407282000

3.2.3 Назначение, конструкция, принцип действия и характеристики датчиков массового расхода воздуха [3, 4].

3.2.3.1 Назначение, конструкция, принцип действия и характеристики датчиков массового расхода воздуха ИВКШ 407282000 (ДМРВ1).

Датчик массового расхода воздуха (ДМРВ1) относится к термоанемометрическим датчикам.

Термоанемометрический метод измерения массы воздуха основан на сносе тепла движущимся воздушным потоком с нагреваемого током терморезистора.

Сопротивление терморезистора изменяется вследствие охлаждения его воздушным потоком, что позволяет использовать терморезистор в качестве чувствительного элемента датчика. Обычно чувствительный элемент включается в мостовую измерительную цепь и работает в режиме заданной температуры.

Конструкция датчика массового расхода воздуха ИВКШ 407282000 (ДМРВ1) представлена на рисунке 3.5.

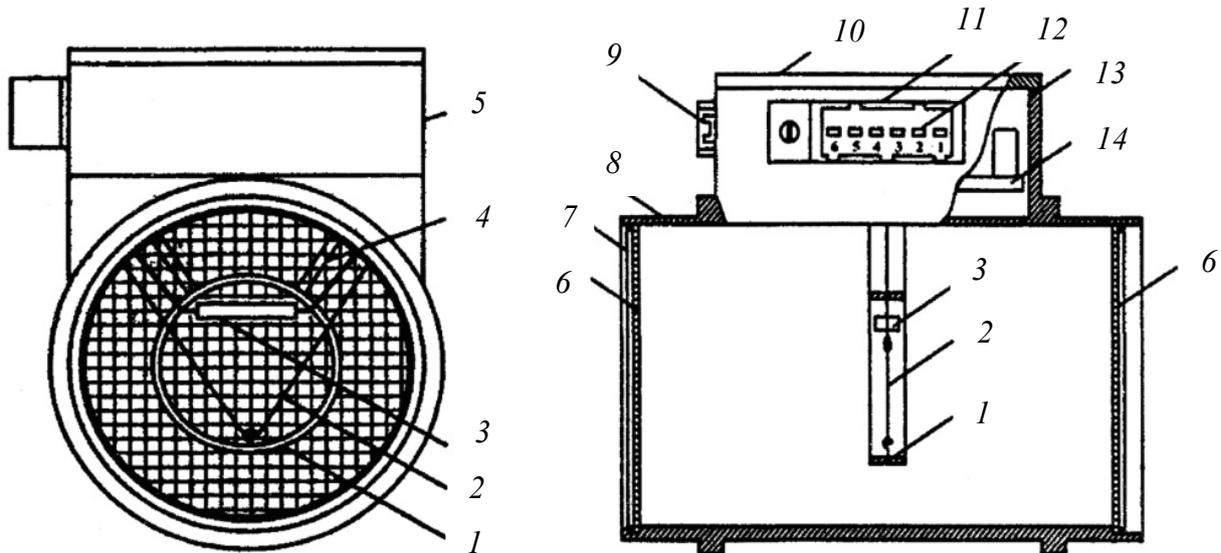
В корпусе 8 установлено кольцо 1, внутри которого расположены чувствительный элемент 2 в виде платиновой нити диаметром 0,07...0,1 мм и термокомпенсирующий резистор 3, включенные в мостовую схему электронного модуля 14 датчика. Термокомпенсирующий резистор 3 служит для уменьшения температурной погрешности датчика и представляет собой терморезистор, аналогичный платиновой нити по чувствительности, но не омываемый потоком воздуха. Электронная схема модуля поддерживает температуру платиновой нити около 150 °С. Воздух проходит через кольцо 1, охлаждая платиновую нить. Электронный модуль восстанавливает температуру нити до прежнего уровня, увеличивая ток питания мостовой схемы. Изменение тока питания моста, пропорциональное расходу воздуха, преобразуется в изменение выходного напряжения датчика. При нулевой скорости потока воздуха выходное напряжение датчика составляет $(1,4 \pm 0,04)$ В.

Датчик имеет нелинейную зависимость выходного напряжения от массового расхода воздуха.

Для исключения загрязнения платиновой нити в электронном модуле предусмотрена кратковременная подача на нее повышенного напряжения для разогрева до 1000 °С. При этом все загрязнения сгорают (режим прожига).

В электронном модуле имеется переменный резистор, с помощью которого можно произвести регулировку (винт 9) концентрации окиси углерода в отработанных газах в режиме работы двигателя на холостом ходу. Винт регулировки сопротивления потенциометра устанавливается в среднее положение 0,45 кОм. Один полный оборот винта примерно равен 0,035 кОм. Увеличение сопротивления потенциометра достигается путем вращения винта по часовой стрелке, уменьшение – против часовой.

При диагностике датчика с помощью омметра необходимо измерять электрическое сопротивление между определенными выводами датчика (см. рисунки 3.2 и 3.4). Сопротивление между выводами 2–3 (выход) должно быть в диапазоне 2,9...3,5 Ом, между выводами 1–4 (прожиг) – 20...25 кОм, между 1–6 (регулятор СО) – 0...1,0 кОм.



1 – кольцо; 2 – платиновая нить; 3 – термокомпенсирующее сопротивление; 4 – кронштейн крепления кольца; 5 – корпус электронного модуля; 6 – предохранительная сетка; 7 – стопорное кольцо; 8 – корпус датчика; 9 – винт регулировки СО (окись углерода); 10 – крышка; 11 – колодка; 12 – клеммы; 13 – уплотнитель; 14 – электронный модуль

Рисунок 3.5 – Датчик массового расхода воздуха ИВКШ 407282000

Более качественную проверку датчика необходимо производить при работе двигателя внутреннего сгорания автомобиля диагностическим прибором, например DST-2.

3.2.3.2 Назначение, конструкция, принцип действия и характеристики датчиков массового расхода воздуха HML2-4.7 0280212037 BOSCH (ДМРВ3).

Исследуемый в лабораторной работе датчик HML2-4.7 0280212037 BOSCH (ДМРВ3) аналогичен по принципу действия рассмотренному. Он также выдает аналоговый сигнал для электронных блоков автоматического управления двигателем BOSCH и ЯНВАРЬ-5.

3.2.3.3 Назначение, конструкция, принцип действия и характеристики датчиков массового расхода воздуха GM 2112-1130010 (ДМРВ2).

Датчик массового расхода воздуха GM 2112-1130010 (ДМРВ2) выдает частотный выходной сигнал. Контроллер подает на ДМРВ опорный сигнал 5 В через находящийся внутри контроллера резистор с постоянным сопротивлением. Выходной сигнал с датчика представляет собой сигнал напряжения величиной от 4 до 6 В с изменяющейся частотой. Большой расход воздуха через датчик дает выходной сигнал высокой частоты (скоростной режим), малый расход – низкой частоты (холостой ход).

Выходной сигнал используется контроллерами GM и ЯНВАРЬ-4 для определения длительности импульса открытия форсунок.

Содержание отчета

- 1 Номер и наименование лабораторной работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Задание.
- 4 Схемы подключения датчиков, источников питания и измерительных приборов для исследования градуировочных характеристик датчиков ДМРВ1, ДМРВ2, ДМРВ3 с описанием работы.
- 5 Заполненная таблица 3.1 с заголовком.
- 6 График градуировочной характеристики $U_{вых1}(G)$ датчика ИВКШ 407282000 (ДМРВ1).
- 7 Схема проверки работоспособности датчика ИВКШ 407282000 (ДМРВ1) с описанием работы.
- 8 Назначение, конструкция, принцип действия датчиков массового расхода воздуха.
- 9 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Какова сущность термоанемометрического метода измерения массы расходуемого воздуха в ДВС автомобиля?
- 2 Каковы конструкция и принцип действия датчиков массового расхода воздуха?
- 3 Как осуществляют проверку работоспособности ДМРВ ИВКШ 07282000?
- 4 Как определить градуировочную характеристику ДМРВ?
- 5 Объяснить устройство экспериментальной лабораторной установки.

4 Лабораторная работа № 4. Исследование датчиков детонации

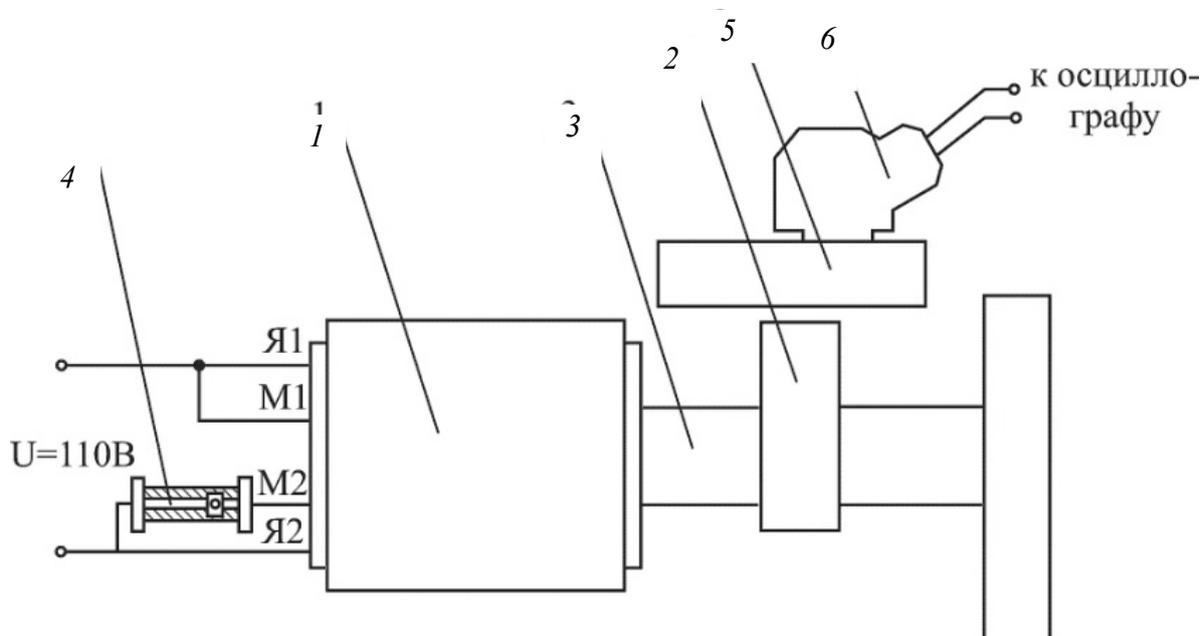
Цель работы: изучить принцип функционирования, конструкции пьезоэлектрического датчика детонации; экспериментально исследовать его выходные характеристики.

Задание

- 1 Ознакомиться с назначением датчика детонации в электронной системе автоматического управления двигателем (ЭСАУД) автомобиля.
- 2 Изучить конструкции и принцип действия основных типов датчиков, используемых в автомобиле.
- 3 Ознакомиться с экспериментальной лабораторной установкой.
- 4 Исследовать явление детонации.

4.1 Описание экспериментальной лабораторной установки

Лабораторная установка, схема которой изображена на рисунке 4.1, выполнена на базе электродвигателя постоянного тока, на приводном валу которого установлен эксцентрик. Эксцентрик представляет собой диск, ось которого смещена по отношению к оси приводного вала двигателя.



1 – электрический двигатель; 2 – эксцентрик; 3 – выходной вал двигателя; 4 – реостат; 5 – рабочая пластина; 6 – датчик детонации

Рисунок 4.1 – Схема экспериментальной лабораторной установки

Регулирование частоты вращения вала электрического двигателя производится по реостатной схеме, для чего последовательно с обмоткой возбуждения включен реостат, изменяющий ток в обмотке.

На лицевой поверхности закреплена рабочая металлическая пластина, на которой установлен исследуемый датчик детонации GT305.

Имитация детонации (взрывной ударной волны) в двигателе внутреннего сгорания (ДВС) автомобиля производится на лабораторной установке в виде ударной вибрации рабочей пластины под действием ударов вращающегося эксцентрика.

Имитация изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя автомобиля осуществляется регулированием частоты вращения вала электрического двигателя с помощью реостата.

4.2 Рекомендации к выполнению задания

4.2.1 Исследование детонации.

4.2.1.1 Плавно изменяя величину сопротивления реостата, регулируем частоту вращения вала. По показаниям осциллографа отслеживаем выходной сигнал датчика детонации. При детонации в специфическом спектре частот f

(обычно 6...12 кГц для двигателей внутреннего сгорания) появляется переменная составляющая с высокой амплитудой напряжения U , В. На рисунке 4.2 представлен вариант выходного сигнала датчика детонации: напряжение U от частоты вибрации f .

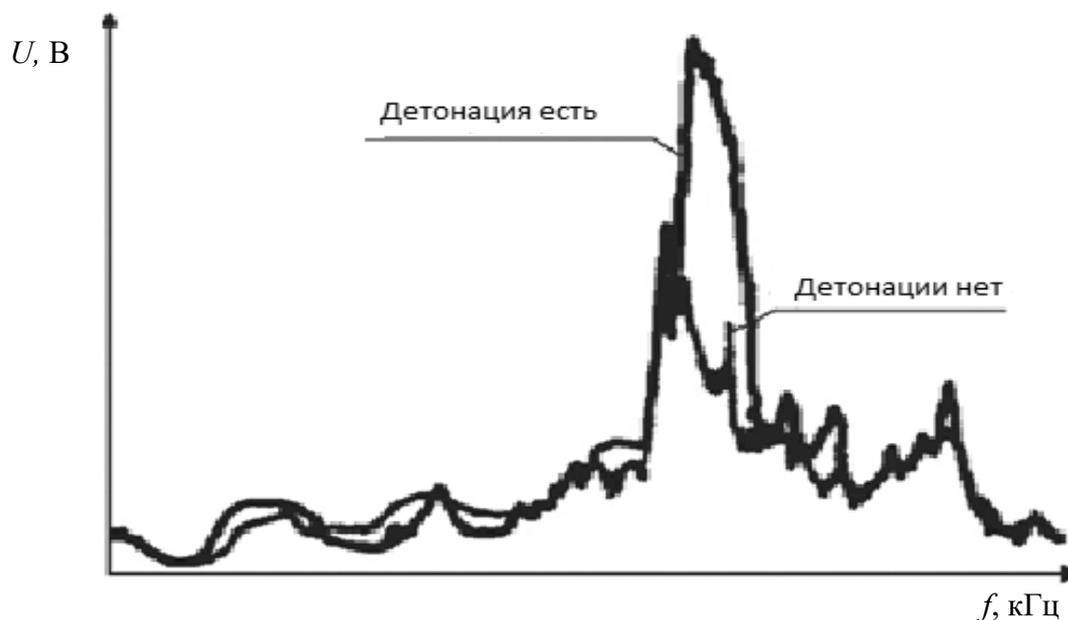


Рисунок 4.2 — Возможные виды выходного напряжения датчика детонации при её наличии и отсутствии в зависимости от частоты вибрации

4.2.1.2 Начертим полученные временные диаграммы сигналов датчика при наличии и отсутствии детонации.

4.2.2 Назначение, принцип действия, конструкция и основные характеристики датчиков детонации.

4.2.2.1 Назначение, принцип действия датчиков детонации [5, 6]. Датчики детонации используются для обнаружения детонации, т. е. взрывного воспламенения топливно-воздушной смеси в цилиндрах ДВС автомобиля. Детонация вызывает сильную ударную вибрацию и перегрев, что может привести к механическим повреждениям деталей двигателя. Контроль за детонацией особенно актуален для современных ДВС, поскольку для их эффективной работы обеспечивают оптимальный угол опережения зажигания, близкий к предельному, за которым начинается детонация. Этим достигается наиболее полное сгорание топливно-воздушной смеси, сопровождаемое повышением КПД двигателя, его мощности, экологичности и экономичности, а также появлением возможности применения бензина с различным октановым числом.

Обнаружение детонации производится путем измерения ударной вибрации цилиндров с помощью пьезоэлектрического датчика детонации. В качестве чувствительного элемента такого датчика используется пластина пьезоэлектрического кристалла (в основном из пьезокерамики).

На рисунке 4.3 представлен принцип действия пьезоэлектрического датчика. При механическом воздействии (МВ) на пластину пьезокристалла (ПК) на

токопроводящих покрытиях (ТП) появляется разность электрических потенциалов $U_{\text{вых}}$, значение которой пропорционально силе механического воздействия.

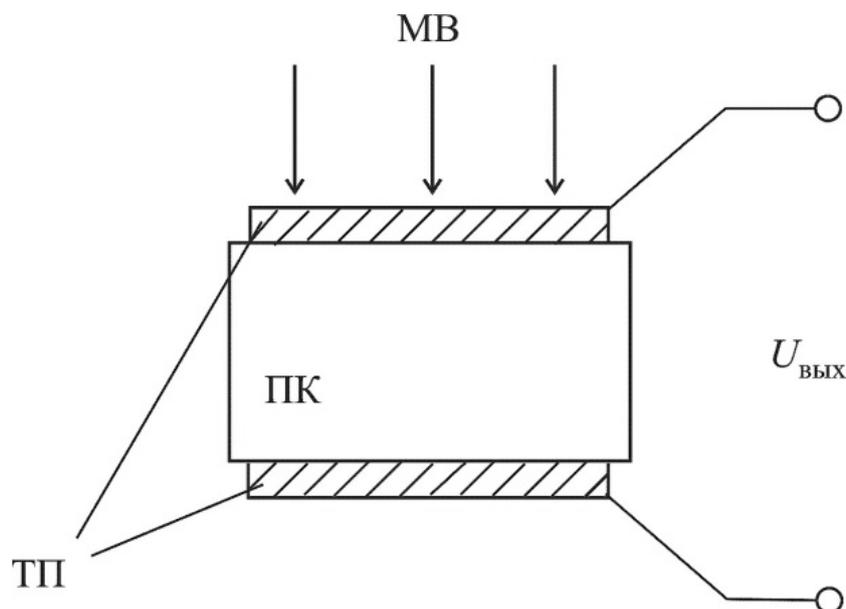


Рисунок 4.3 – Принцип действия пьезоэлектрического датчика

Достоинствами пьезоэлектрических преобразователей являются малые геометрические размеры, простота конструкции, надежность в работе, возможность измерения быстропротекающих процессов. Такие приборы не требуют источника питания, поскольку являются преобразователями генераторного типа, не имеют подвижных деталей, что гарантирует исключительную долговечность.

Выходная электрическая мощность таких преобразователей очень мала, поэтому для согласования с электронной системой управления на его выход включается усилитель напряжения с возможно большим входным сопротивлением.

Среди датчиков детонации по режиму работы выделяют преобразователи широкополосного, резонансного и полурезонансного (резонансно-широкополосного) типов.

К широкополосным относят пьезоэлектрические преобразователи с рабочим диапазоном частот 4...10 кГц, сформированным на плоской части амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) ниже собственной резонансной частоты. Такие датчики детонации универсальны в применении: их можно использовать в ДВС с различными системами управления (моно- и распределенным впрыском) и с разными частотами вибрационных ускорений (детонационных режимов).

К резонансным датчикам относят преобразователи с узкой полосой пропускания (50...300 Гц), собственная частота которых настроена на частоту детонации ДВС. В связи с тем, что резонансные частоты даже для ДВС одной модели различаются в пределах 5 %, такие датчики детонации не находят широкого применения для управления ДВС серийных автомобилей.

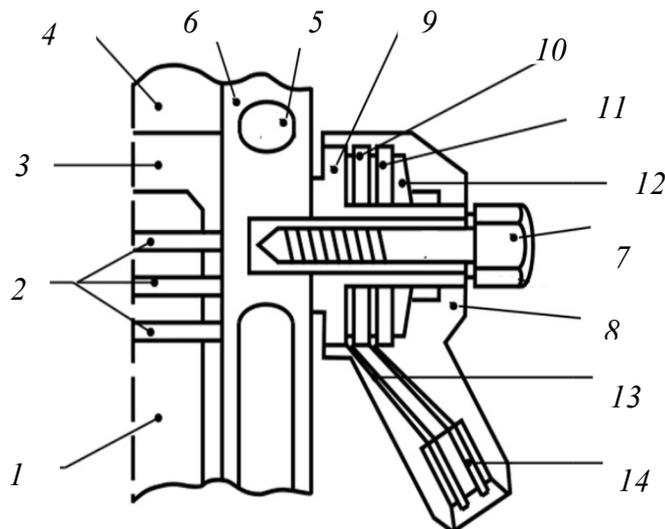
Полурезонансные датчики – это преобразователи с широкой полосой пропускания (до 1000 Гц) и с АЧХ, синтезированной из двух или более пересекающихся характеристик резонансных режимов. Они сочетают в себе достоинства

широкополосных (широкая полоса пропускания) и резонансных (усиление информационного сигнала) датчиков.

4.2.2.2 Конструкция исследуемого широкополосного пьезоэлектрического датчика детонации GT305 и его установка на двигатель представлены на рисунке 4.4.

Пьезоэлемент *10* изготовлен в форме шайбы. Инерционная масса *11* для уменьшения габаритов датчика изготавливается из металлического сплава с высокой плотностью (18 г/см^3). Пьезоэлемент посредством болта прижимается к полированной площадке блока цилиндров *6*. Точка установки датчика определяется экспериментально на этапе конструкторской разработки ДВС. Для отработанной модели блока цилиндров место установки датчика детонации остается постоянным.

Распознавание детонации в ЭСАУД автомобиля производится путем сравнения (вычитания) текущего сигнала и среднего значения амплитуды сигнала датчика при отсутствии детонации. Степень детонации определяется подсчетом числа амплитуд в сигнале датчика, значение которых превышает типовой уровень. На рисунке 4.5 представлены временные диаграммы, иллюстрирующие работу системы контроля детонации ДВС.

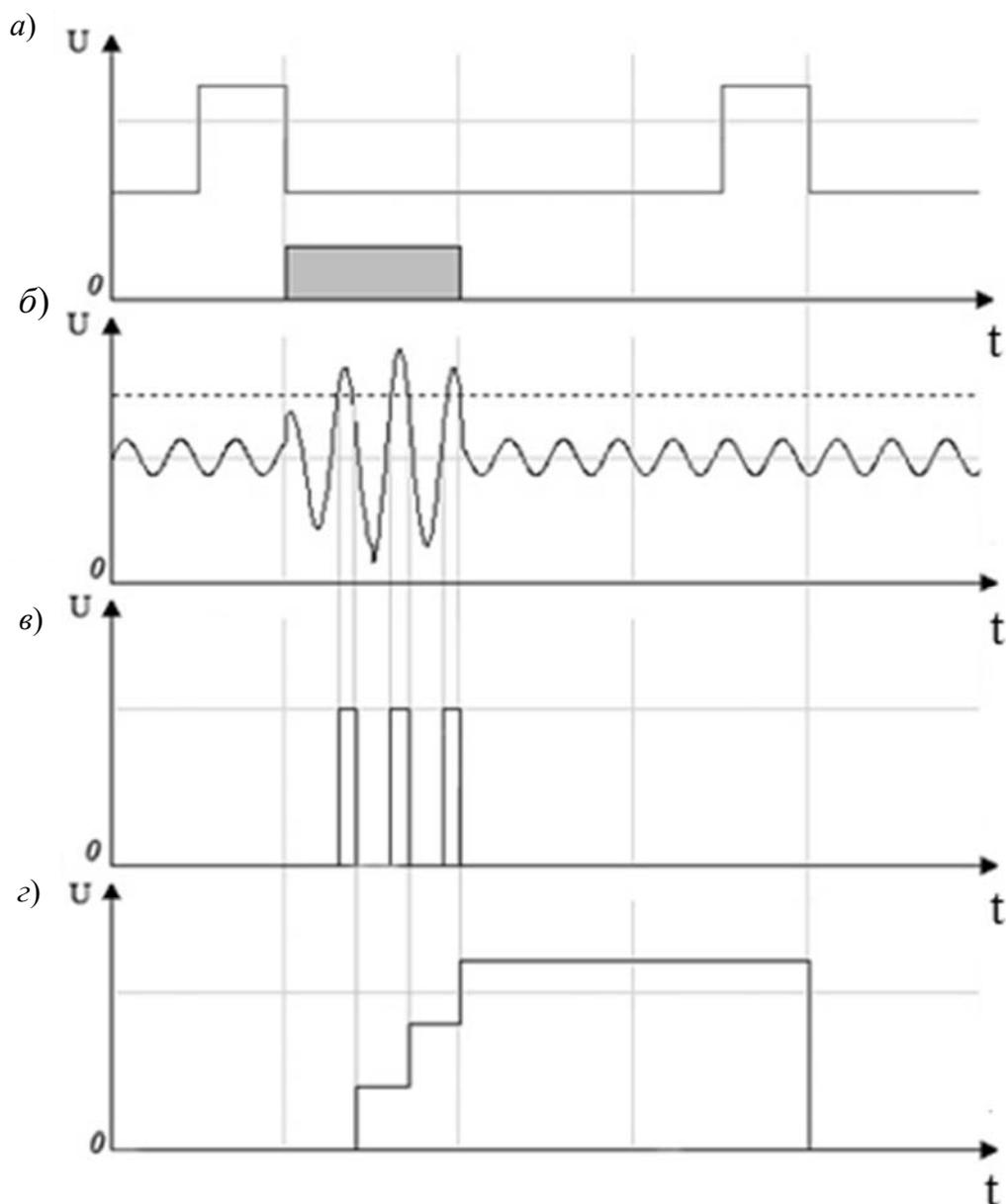


1 – поршень ДВС; *2* – поршневые кольца; *3* – камера сгорания; *4* – головка блока цилиндров; *5* – охлаждение блока; *6* – блок цилиндров; *7* – натяжной болт; *8* – корпус датчика; *9* – прижимная втулка; *10* – пьезоэлемент датчика; *11* – гравитационная (инерционная) масса датчика; *12* – упругая шайба; *13* – контактные кольца; *14* – электрические контакты

Рисунок 4.4 – Конструкция датчика детонации широкополосного типа GT305

После распознавания детонации производится уменьшение угла опережения зажигания, т. е. происходит коррекция раннего зажигания на более позднее. Если после этого детонация отсутствует, угол опережения зажигания постепенно увеличивается. Таким образом, управление углом зажигания производится так, чтобы он был близок к детонационному пределу.

4.2.2.3 Основные функциональные и эксплуатационные характеристики датчика детонации GT305 приведены в таблице 4.1.



a – сигнал момента зажигания; *б* – выходной сигнал датчика детонации; *в* – сигнал обнаружения детонации; *г* – сигнал коррекции угла опережения зажигания

Рисунок 4.5 – Временные диаграммы работы системы контроля детонации

Таблица 4.1 – Основные функциональные и эксплуатационные характеристики

| Характеристика датчика детонации GT305 | Значение |
|---|----------------------------|
| Коэффициент преобразования ускорения в электрическое напряжение, мВ/г | 32 |
| Рабочий диапазон частот, кГц | 4...10 |
| Неравномерность АЧХ в рабочем диапазоне частот, дБ | ± 1 |
| Собственная электрическая емкость, нФ | 1 |
| Основная резонансная частота, кГц | >22 |
| Максимальная рабочая температура, °С | 150 |
| Диаметр, мм | $\varnothing 28 \times 18$ |
| Тип соединения с ЭСАУД | Двухпроводное |

Содержание отчета

- 1 Номер и наименование лабораторной работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Задание.
- 4 Схема экспериментальной лабораторной установки, описание принципа работы.
- 5 Временные диаграммы сигналов датчика при наличии и отсутствии детонации.
- 6 Назначение, конструкция (см. рисунок 4.4), принцип действия датчика детонации широкополосного типа GT305.
- 7 Основные функциональные и эксплуатационные характеристики датчика детонации GT305 (см. таблицу 4.1).
- 8 Контроль детонации в ЭСАУД автомобиля. Временные диаграммы работы системы контроля детонации (см. рисунок 4.5).
- 9 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Устройство лабораторной установки.
- 2 Что такое детонация?
- 3 Каковы причины возникновения и необходимости контроля детонации в ДВС?
- 4 На каких частотах проявляется детонация в двигателе внутреннего сгорания?
- 5 Где может устанавливаться пьезоэлектрический датчик детонации?
- 6 В чем сущность пьезоэффекта?
- 7 Основные достоинства пьезоэлектрических датчиков детонации.
- 8 Как согласуется работа датчика детонации с электронной системой управления ДВС автомобиля?
- 9 Каким образом совершается контроль детонации в электронной системе автоматического управления двигателем?

5 Лабораторная работа № 5. Исследование датчиков скорости

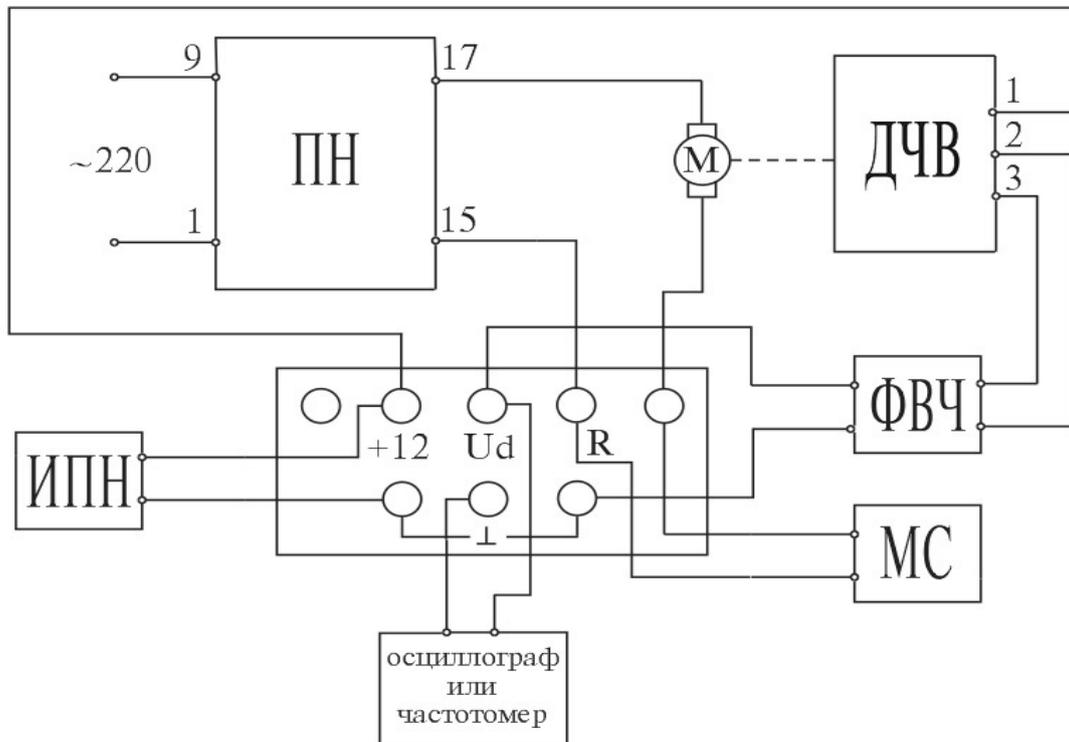
Цель работы: изучить конструкцию и принцип действия датчиков скорости автомобиля; экспериментально определить их характеристики.

Задание

- 1 Ознакомиться с назначением датчиков скорости в ЭСАУД автомобиля.
- 2 Изучить назначение, конструкцию и принцип действия основных типов датчиков скорости, используемых в системе управления автомобиля.
- 3 Ознакомиться с экспериментальной лабораторной установкой.
- 4 Исследовать характеристики датчиков скорости.

5.1 Описание экспериментальной лабораторной установки

Структурная схема экспериментальной лабораторной установки представлена на рисунке 5.1. Она включает два источника питания: преобразователь напряжения (ПН) и источник постоянного напряжения (ИПН).



ИПН – источник постоянного напряжения; ПН – преобразователь напряжения; ДЧВ – датчик скорости автомобиля; ФВЧ – фильтр верхних частот; МС – магазин сопротивлений

Рисунок 5.1 – Структурная схема экспериментальной лабораторной установки

ПН обеспечивает питание электрического двигателя постоянного тока М и представляет собой понижающий трансформатор с диодной мостовой схемой выпрямления. Он преобразует переменное однофазное напряжение промышленной частоты 220 В в постоянное напряжение 27 В.

ИПН определяет номинальное напряжение питания датчика скорости, равное напряжению питания бортовой сети автомобиля 12 В.

Управление частотой вращения вала электрического двигателя, имитирующего вал коробки переключения передач автомобиля, производится с помощью магазина сопротивлений МС. Он включен в якорную цепь коллекторного двигателя постоянного тока. Изменяя сопротивление МС, можно изменять частоту вращения вала электрического двигателя М.

Выходное напряжение датчика через фильтр верхних частот ФВЧ, предназначенный для уменьшения влияния высокочастотных коммутационных помех, подключено к сборочной панели экспериментальной лабораторной установки.

5.2 Рекомендации к выполнению задания

5.2.1 Исследование характеристик датчиков скорости.

5.2.1.1 Включить источники питания установки (ИПН и ПН) и измерительные приборы в промышленную однофазную электрическую сеть напряжением 220 В. Установить на выходе ИПН постоянное напряжение 12 В, равное номинальному значению напряжения бортовой сети автомобиля.

5.2.1.2 Подключить к выходу исследуемого датчика цифровой частотомер. Для восьми значений заданных преподавателем сопротивлений МС, изменяя частоту вращения вала электрического двигателя, определить частоту f изменения выходного напряжения U_d датчиков скорости 402.139.505, 402.139.001-04. Данные измерений занести в таблицу 5.1.

5.2.1.3 Выключить питание стенда и измерительных приборов, проанализировать полученные результаты измерения.

Таблица 5.1 – Экспериментальные и расчетные данные

| Тип датчика | Сопротивление R | Частота импульсов в секунду f , Гц | Частота вращения, об/мин |
|---------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| (402.139.505) | R_1 | 83 | |
| | R_2 | 100 | |
| | R_3 | 126 | |
| | R_4 | 130 | |
| | R_5 | 150 | |
| | R_6 | 201 | |
| | R_7 | 251 | |
| | R_8 | 301 | |

Окончание таблицы 5.1

| Тип датчика | Сопротивление R | Частота импульсов в секунду f , Гц | Частота вращения, об/мин |
|------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| (402.139.001-04) | R_1 | 160 | |
| | R_2 | 210 | |
| | R_3 | 239 | |
| | R_4 | 284 | |
| | R_5 | 302 | |
| | R_6 | 403 | |
| | R_7 | 500 | |
| | R_8 | 603 | |

5.2.1.4 Рассчитать частоту вращения, пропорциональную скорости автомобиля v_d , исследуемых типов датчиков (таблица 5.2). Данные занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.2 – Количество импульсов на оборот исследуемых типов датчиков

| Наименование | Номер по каталогу | Количество импульсов на оборот |
|----------------|-------------------|--------------------------------|
| 402.139.505 | 301.3843 | 6 |
| 402.139.001–04 | 344.3843 | 10 |

5.2.1.5 По данным таблицы 5.1 начертить временные диаграммы изменения выходных напряжений U_d датчиков скорости 402.139.505, 402.139.001-04 в относительных единицах (предварительно определить периоды импульсов выходного напряжения).

5.2.2 Назначение, конструкция, принцип действия, технические характеристики датчиков скорости автомобиля [7].

5.2.2.1 Назначение, конструкция, принцип действия датчика скорости автомобиля.

Датчики скорости автомобиля предназначены для преобразования частоты вращения приводного вала коробки переключения передач в частоту электрических импульсов, пропорциональных скорости движения автомобиля, или преобразования количества оборотов приводного вала в количество импульсов напряжения, пропорциональных пройденному пути. Они также используются в электронной системе управления двигателем автомобиля в режиме холостого хода для управления подачей воздуха в обход дроссельной заслонки посредством регулятора холостого хода.

Устройство датчика скорости представлено на рисунке 5.2.

Исследуемые датчики скорости автомобиля реализованы на основании эффекта Холла. Принцип действия подобных датчиков заключается в следующем: если прямоугольную пластину из проводника или полупроводника, по которому протекает постоянный электрический ток I , внести в зону действия постоянного магнитного поля, действующего в поперечном направлении, то в третьем ортогональном направлении на боковых гранях пластины наводится электродвижущая сила, которая (по имени ее открывателя американского физика Э. Холла, 1879 г.) названа ЭДС Холла. Индуцируемое напряжение определяется уравнением

$$U_x = \frac{K_x \cdot I_{\Pi} \cdot B}{h}, \quad (5.1)$$

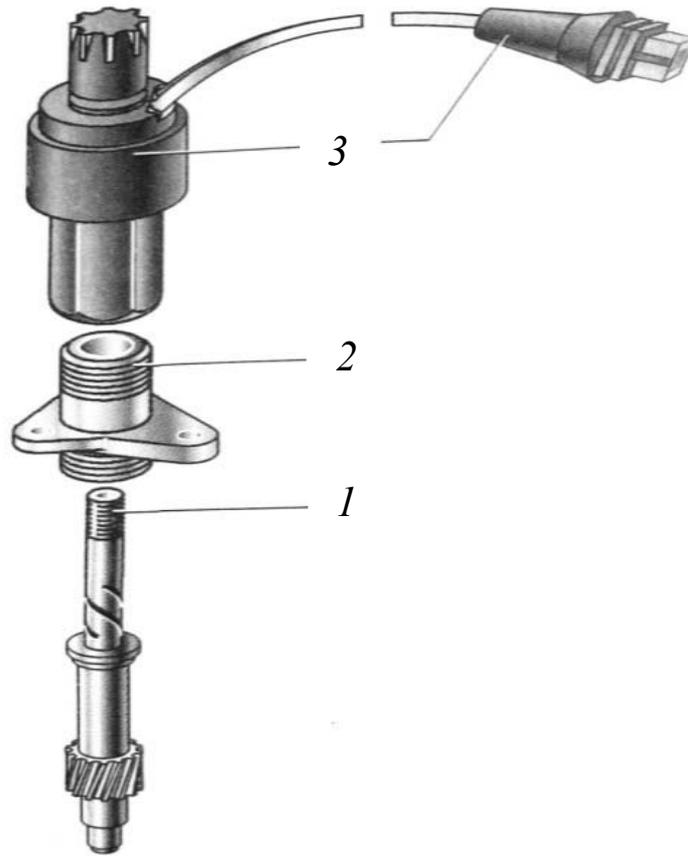
где K_x – постоянная Холла, $\text{м}^2/\text{А}$;

I_{Π} – действующее значение электрического тока, протекающего через пластину;

B – магнитная индукция поля;

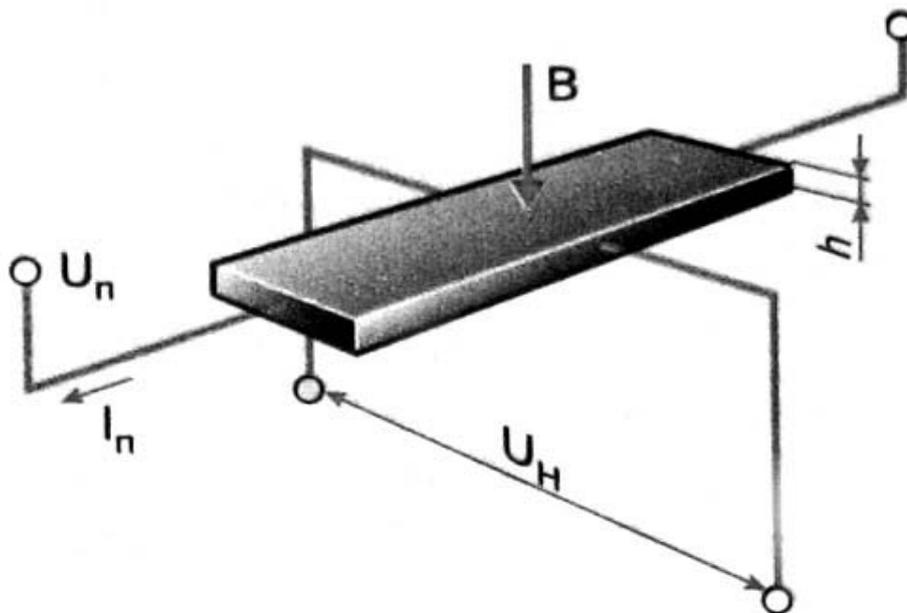
h – толщина пластины.

Направление этой ЭДС определяется по правилу левой руки. На рисунке 5.3 представлена модель элемента Холла.



1 – привод спидометра; 2 – корпус привода спидометра; 3 – датчик скорости

Рисунок 5.2 – Устройство датчика скорости



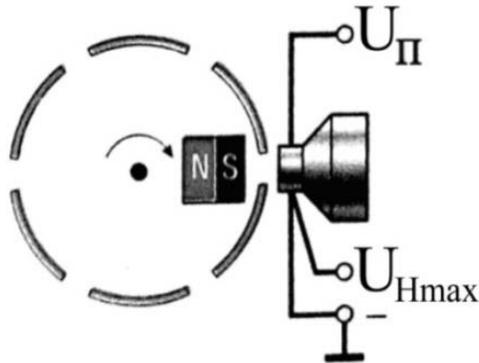
U_n – напряжение источника питания; I_n – ток источника питания; B – магнитная индукция; U_H – выходное напряжение; h – толщина пластины

Рисунок 5.3 – Модель элемента Холла

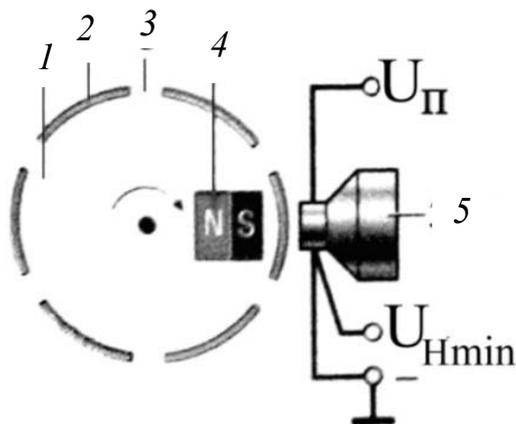
Значение выходного напряжения элемента Холла U_X весьма мало, поэтому требуется его усиление.

В датчиках скорости автомобиля магнитное поле создается неподвижным постоянным магнитом, а его изменение формируется специальным вращающимся магнитонепроницаемым экраном (аттенюатором) с прорезями – магнито-прозрачными окнами (рисунок 5.4).

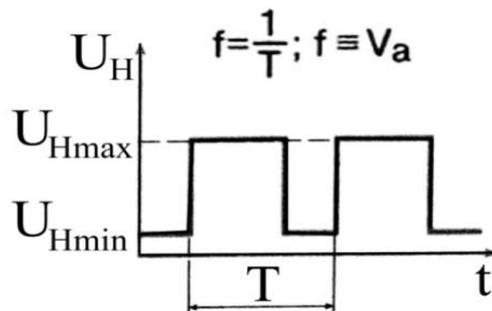
а)



б)



в)



а – фаза прохождения между магнитом и датчиком сегмента экрана; б – фаза прохождения между магнитами и датчиком прорези экрана; в – форма выходного напряжения; 1 – экран; 2 – сегмент экрана; 3 – прорезь экрана; 4 – постоянный магнит; 5 – элемент Холла с усилительно-преобразовательным устройством; U_{II} – напряжение питания; U_{Hmin} – минимальное значение выходного напряжения; U_{Hmax} – максимальное значение выходного напряжения; T – период импульсов выходного напряжения датчика

Рисунок 5.4 – Принцип работы датчика скорости автомобиля на эффекте Холла

При вращении экрана (многополюсного магнитного ротора) его сегменты и прорези поочередно проходят между постоянным магнитом и элементом Холла. Когда между магнитом и элементом проходит сегмент экрана, магнитное поле не пересекает токопроводящую пластину и на выходе датчика индуцируемое напряжение минимально. При прохождении между магнитом и элементом Холла магнитопрозрачной прорези магнитный поток максимальный и напряжение на выходе датчика также максимальное, т. е. на выходе датчика Холла вырабатываются импульсы напряжения с частотой, пропорциональной частоте вращения экрана и числу магнитопрозрачных прорезей (окон).

Содержание отчета

- 1 Номер и наименование лабораторной работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Задание.
- 4 Структурная схема экспериментальной лабораторной установки.
- 5 Экспериментальные и расчетные данные (см. таблицу 5.1).
- 6 Временные диаграммы изменения выходных напряжений U_d датчиков скорости 402.139.505, 402.139.001-04 в относительных единицах.
- 7 Назначение, конструкция (см. рисунок 5.2), принцип действия (см. рисунок 5.4) датчика скорости.
- 8 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Устройство лабораторной установки и назначение измерительных приборов.
- 2 Каково назначение датчика скорости в автомобиле?
- 3 Эффект Холла.
- 4 Каков принцип работы датчика скорости на эффекте Холла?
- 5 Технические характеристики и параметры датчиков скорости.
- 6 Какова конструкция автомобильного датчика скорости?

6 Лабораторная работа № 6. Исследование устройства диагностики

Цель работы: изучить устройства бортовой диагностики автомобиля.

Задание

- 1 Изучить систему бортовой диагностики.
- 2 Изучить назначение выводов стандартного диагностического разъема.
- 3 Изучить информационное содержание разрядов кода ошибок.

4 Изучить назначение сканера CARMAN SCAN VG и получить навыки диагностирования автомобиля.

5 Провести диагностику автомобиля с помощью программного комплекса AUTO SCANEMULATON:

- дать расшифровку кодов выявленных ошибок;
- изучить осциллограммы исправных и неисправных датчиков массового расхода воздуха, датчика положения дроссельной заслонки.

6 Изучить устройство, установку и принцип действия датчика массового расхода воздуха, датчика положения дроссельной заслонки, входящих в ЭСАУД и описанных в программном комплексе AUTO SCANEMULATON.

6.1 Описание программного комплекса AUTO SCANEMULATON

Программный комплекс AUTO SCANEMULATON (разработка НПЦ «Цент») является программой эмуляции автомобильного сканера, предназначен для проведения диагностики электронного блока управления (ЭБУ) автомобиля:

- системы впрыска топлива;
- системы зажигания;
- системы стабилизации холостого хода;
- ECU или его цепей;
- трансмиссии;
- системы вспомогательного контроля.

Вид диалогового окна программного комплекса AUTO SCANEMULATON представлен на рисунке 6.1.

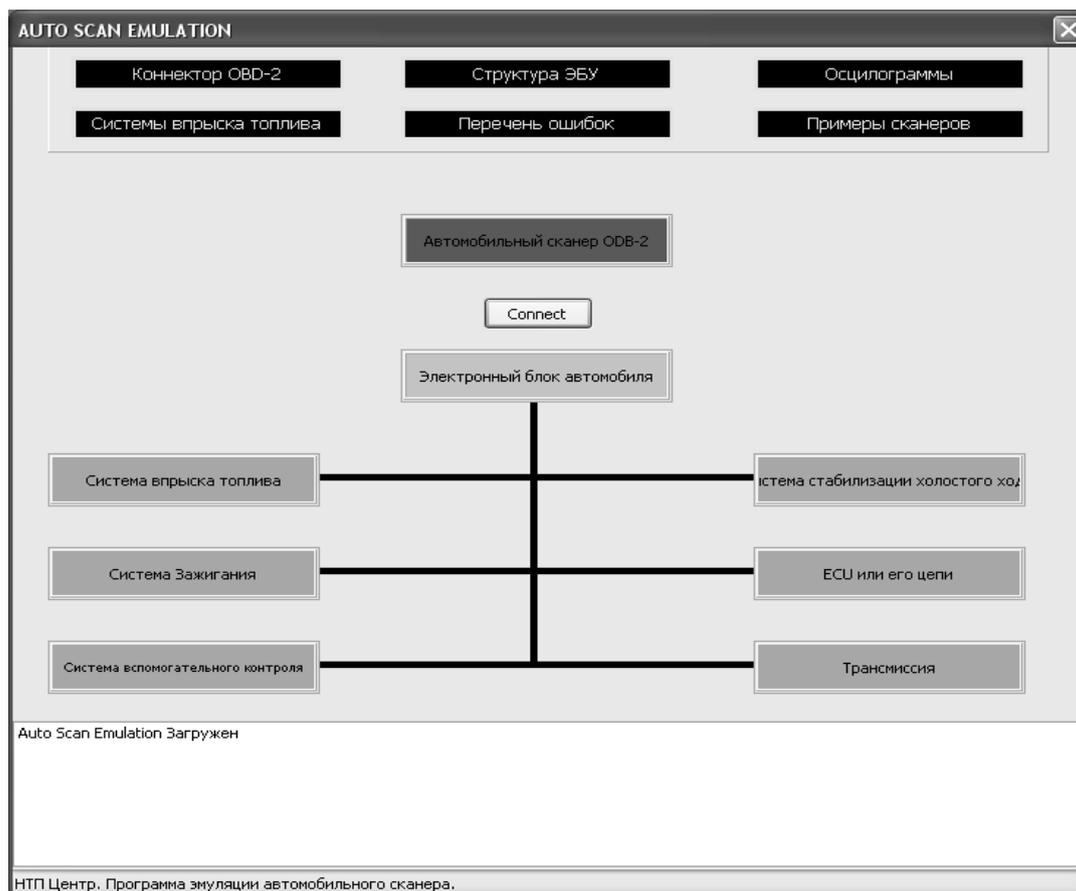


Рисунок 6.1 – Вид диалогового окна программы AUTO SCANEMULATON

С помощью кнопок меню, расположенных в верхней части основного окна, можно войти в справочную систему для изучения:

- коннектора OBDII (назначения контактов разъема диагностики стандарта OBDII);
- структуры электронного блока управления ЭБУ;
- систем впрыска топлива различных фирм-производителей;
- осциллограмм исправных и неисправных узлов автомобиля;
- примеров сканеров;
- перечня ошибок.

6.2 Рекомендации к выполнению задания

6.2.1 Общее описание системы бортовой диагностики OBD.

Основным элементом системы бортовой диагностики второго поколения (OBD-II) является бортовой процессор, чаще называемый электронным модулем управления (ECU) [2, 8]. Исходные данные поступают на модуль от различных информационных датчиков и других электронных компонентов (выключателей, реле и т. д.). На основании анализа поступающих от информационных датчиков данных и в соответствии с заложенными в память процессора базовыми параметрами ECU вырабатывает команды на срабатывание различных управляющих реле и исполнительных устройств, осуществляя таким образом корректировку рабочих параметров двигателя и обеспечивая максимальную эффективность его отдачи при минимальном расходе топлива.

На автомобилях, оборудованных системой OBD-II, должна на шильде присутствовать запись OBD-II compliant, которая располагается под капотом. Как правило, системой OBD-II обязательно оснащаются модели, предназначенные для североамериканского рынка начиная с 1996 г. выпуска, а также европейские модели начиная с 2000 г. выпуска.

6.2.2 Диагностический разъем системы OBD-II.

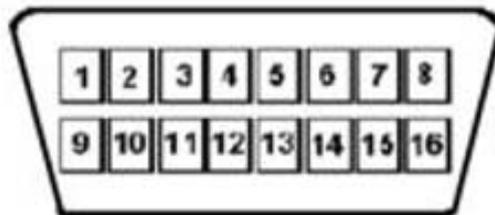
Считывание данных памяти процессора OBD-II производится при помощи специального сканера, подключаемого к диагностическому разъему считывания базы данных (DLC), расположенному под декоративной крышкой на центральной консоли впереди рычага привода стояночного тормоза.

Диагностический разъем DLC должен быть 16-контактным, при подключении к нему сканера используется стандартный DLC-кабель OBD-II J1962. На рисунке 6.2 представлены выводы стандартного 16-контактного разъема DLC системы OBD-II.

6.2.3 Информационное содержание разрядов 5-разрядного кода ошибок (таблица 6.1).

6.2.4 Диагностирование автомобиля с помощью сканера CARMAN SCAN VG.

Сканер CARMAN SCAN VG – это интегрированная информационная система, которая позволяет проводить диагностику автомобилей ведущих мировых производителей в режиме реального времени. Передняя панель сканера представлена на рисунке 6.3. В таблице 6.2 описано назначение функций кнопок передней панели. Верхняя панель сканера изображена на рисунке 6.4.



1, 2 – шина обмена данными «+»; 3 – линия обмена данными АТ, электронно-управляемого люка крыши, единого замка; 4 – соединение с корпусом; 5 – сигнальный вывод; 6 – мигающий код; 7 – линия К обмена данными ЕСМ (электронный модуль управления), памяти положения сидений и зеркал (ISO 9141); 8 – линия обмена данными термостата, многофункционального информационного дисплея, противоугонной сигнализации; 9, 11 – шина обмена данными «-»; 12 – линия обмена данными ABS, антипробуксовочной системы, систем безопасности, гидроусилителя руля; 13, 15 – линия L; 16 – защищенный предохранителем «+» батареи (постоянно под напряжением)

Рисунок 6.2 – Выводы стандартного 16-контактного разъема DLC системы OBD-II

Таблица 6.1 – Обозначение разрядов кодов ошибок

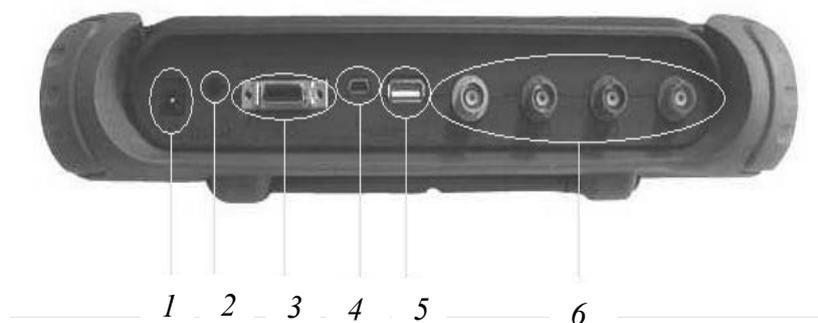
| Код ошибки | Неисправность |
|------------|---------------|
|------------|---------------|

| | |
|---------------|--|
| 1 разряд | Узлы и агрегаты |
| P | Силовой агрегат |
| B | Кузов |
| C | Шасси |
| U | Коммуникационные шины обмена данными систем управления |
| 2 разряд | Источник кода |
| 0 | Стандартный SAE |
| 1 | Расширенный (задаваемый производителем) |
| 3 разряд | Система |
| 0 | Система в целом |
| 1 | Подмешивания воздуха |
| 2 | Впрыска топлива |
| 3 | Система зажигания или пропуски зажигания |
| 4 | Дополнительный контроль выпуска |
| 5 | Скорость автомобиля и управление холостым ходом |
| 6 | Входные и выходные сигналы блока управления |
| 7 | Трансмиссия |
| 4 и 5 разряды | Порядковый номер неисправности компонента или цепи (00–99) |



1 – статус дисплея LED; 2 – кнопки направления; 3 – ENTER/ESC; 4 – HELP; 5, 7 – динамики; 6 – специальные кнопки (F1 ~ F6); 8 – кнопка питания; 9 – O/X; 10 – кнопки направления; 11 – LCD

Рисунок 6.3 – Передняя панель сканера CARMAN SCAN VG



1 – гнездо подключения питания; 2 – RS 232 коннектор; 3 – коннектор для подключения DLC-кабеля; 4, 5 – USB-порт; 6 – порт для осциллографических шнуров

Рисунок 6.4 – Верхняя панель сканера CARMAN SCAN VG

Таблица 6.2 – Функции кнопок передней панели

| Обозначение кнопок | Функция |
|--------------------------------|--|
| 1 – статус дисплея LED | Информирует пользователя о статусе сканера |
| 2 – кнопки направления | Используется для движения вверх, вниз, вправо и влево по меню |
| 3 – ENTER/ESC | Позволяет войти в программу, запустить ее, выполнить ту или иную команду или сделать отмену и выход из меню |
| 4 – HELP | При нажатии на экран будет выведена вспомогательная информация по данному разделу |
| 5, 7 – динамики | Используются для прослушивания звуковых сигналов |
| 6 – специальные кнопки (F1–F6) | Используются для включения специальных функций или программ |
| 8 – кнопка питания | Используется для включения/выключения прибора |
| 9 – O/X | Используется для подтверждения действия (YES) или отрицания действия (NO) в момент удаления кода ошибки или запуска активатора |
| 10 – кнопки направления | Управляют движением «страница ВВЕРХ/страница ВНИЗ» и функциями «HOME /END» |
| 11 – LCD | На дисплей выводится информация. CARMAN SCAN VG оборудован монитором с диагональю 7 дюймов и активной матрицей |

CARMAN SCAN VG получает питание пятью способами с использованием следующих средств:

1) кабеля питания для прикуривателя (питание может поступать на сканер от бортовой сети автомобиля через кабель для прикуривателя, однако электричество не поступает в сканер при выключенном зажигании или во время запуска двигателя);

2) АКБ автомобиля (красная клемма кабеля питания прикуривателя подсоединяется к «плюсу» аккумуляторной батареи автомобиля, а черная – к «минусу». Сканер подключается через кабель питания прикуривателя; электричество поступает в сканер вне зависимости от положения ключа зажигания);

3) кабеля DLC; в случае, если на автомобиле установлен разъем типа OBD-II на 16 контактов, сканер может получать питание от бортовой сети автомобиля через DLC-кабель (дополнительного питания не требуется);

4) аккумулятора (встроенный аккумулятор позволяет работать сканеру 1...2 ч без дополнительной подзарядки);

5) AC/DC-адаптера (аккумулятор сканера подзарядается автоматически при использовании сетевого AC/DC-адаптера, одновременно питание подается и для работы сканера; рабочее напряжение сети сканера с адаптером AC/DC-12V DC).

Подключение сканера к автомобилю осуществляется с помощью подсоединения DLC-кабеля к коннектору автомобиля и разъему в верхней части сканера CARMAN SCAN VG.

6.2.5 Проведение диагностики автомобиля с помощью программного комплекса AUTO SCANEMULATON.

В диалоговом окне программы AUTO SCANEMULATON необходимо нажать кнопку Connect (см. рисунок 6.1), что соответствует подключению сканера к разъему DLC системы OBD-II электронного блока автомобиля.

При этом на экране появляется кнопка Start (рисунок 6.5), при нажатии на которую начинается процесс диагностики автомобиля – диагностики системы впрыска топлива, системы зажигания, системы стабилизации холостого хода, ECU или его цепей, трансмиссии, системы вспомогательного контроля.

Процесс диагностики отражается на экране в виде сообщений «Scanning ... Система впрыска топлива Готово» и т. д. При наличии неисправностей в системе автомобиля окно выделяется красным цветом, при отсутствии – синим.

Выяснить причину неисправности системы можно, нажав на окно, выделенное красным цветом. Примеры кодов ошибок неисправностей систем представлены на рисунке 6.6.

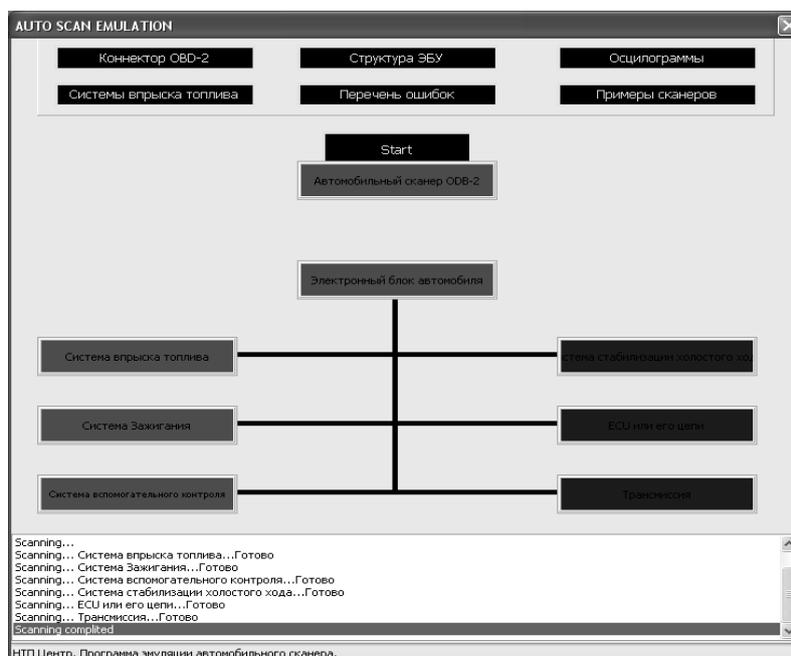


Рисунок 6.5 – Диалоговое окно «Процесс диагностики автомобиля»

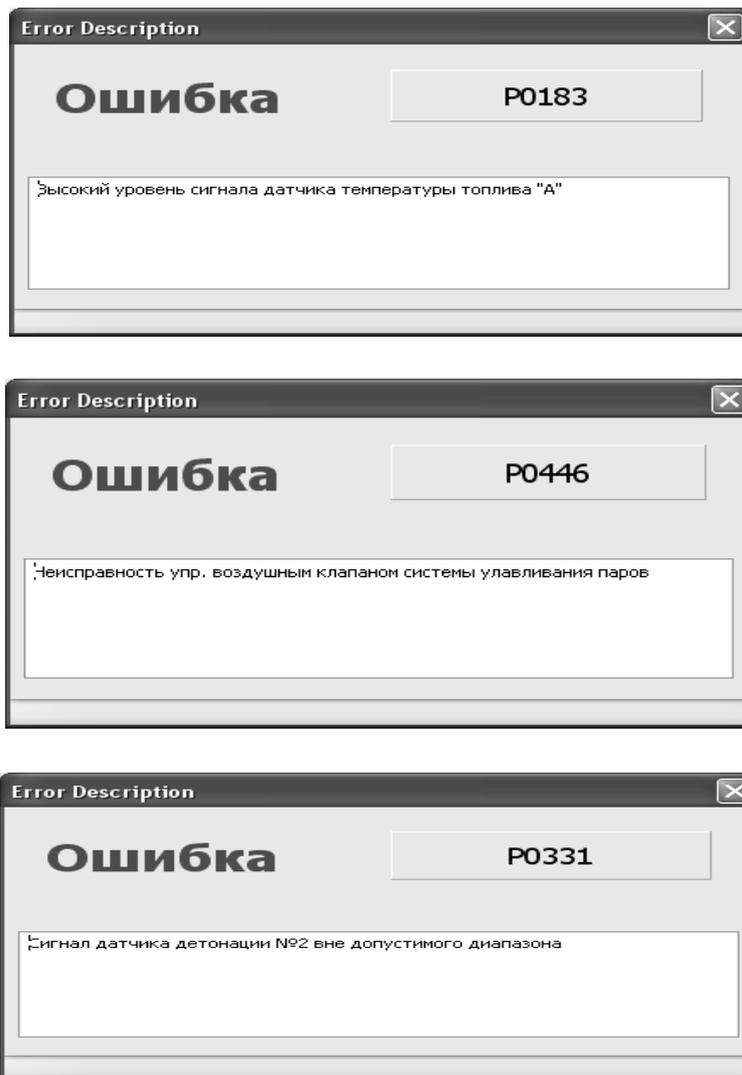


Рисунок 6.6 – Окна «Коды ошибок и их обозначение»

Содержание отчета

- 1 Номер и наименование лабораторной работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Задание.
- 4 Описание выводов стандартного 16-контактного разъема DLC системы OBD II.
- 5 Описание сканера CARMAN SCAN VG, его панелей, назначение кнопок, способов получения питания.
- 6 Вид диалогового окна при диагностировании программным комплексом AUTO SCANEMULATON.
- 7 Информационное содержание разрядов 5-разрядного кода ошибок.
- 8 Расшифровка выявленных ошибок систем по результатам диагностики.
- 9 Описание датчика массового расхода воздуха, датчика положения дроссельной заслонки, изображение их осциллограмм, представленных в программном комплексе AUTO SCANEMULATON, при исправном и неисправном состояниях.
- 10 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Каково назначение устройства бортовой диагностики автомобиля?
- 2 Как формируется код ошибки в OBD-II?
- 3 Какие системы автомобиля контролируются устройством бортовой диагностики?
- 4 Пояснить назначение выводов стандартного 16-контактного разъема DLC системы OBD-II.
- 5 Как проводится диагностика автомобиля с помощью программного комплекса AUTO SCANEMULATOR?

Список литературы

- 1 Информационные системы и цифровые технологии: учебное пособие / В. В. Трофимов [и др.]; под общ. ред. В. В. Трофимова, В. И. Кияева. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 253 с.
- 2 **Гвоздева, В. А.** Информатика, автоматизированные информационные технологии и системы: учебник / В. А. Гвоздева. – Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2021. – 542 с.
- 3 **Набоких, В. А.** Испытания автомобильной электроники: учебник / В. А. Набоких. – Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2020. – 296 с.