

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
АВТОМОБИЛЕМ

Лабораторные работы (практикум)
для студентов специальностей
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»
и 1-37 01 07 «Автосервис»

В 3 частях

Часть 2

УСТРОЙСТВО И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ
И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ
ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Минск
БНТУ
2011

УДК 629.331.064.5 (076.5) (075.8)

ББК 39.33-04я7

Э 45

С о с т а в и т е л и:

А.С. Гурский, Е.Л. Савич

Р е ц е н з е н т ы:

Л.Н. Поклад, Г.М. Кухарёнок

Э 45 Электронные системы управления автомобилем: лабораторные работы (практикум) для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» и 1-37 01 07 «Автосервис»: в 3 ч. / сост.: А.С. Гурский, Е.Л. Савич. – Ч. 2: Устройство и диагностирование датчиков и исполнительных механизмов автомобильных электронных систем управления. – Минск: БНТУ, 2011. – 92 с.

В издании изложены методические указания к лабораторным работам по изучению устройства, диагностирования датчиков и исполнительных механизмов автомобильных электронных систем управления, а также методов и средств диагностирования этих элементов.

Практикум предназначен для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» и 1-37 01 07 «Автосервис», также будет полезен при проведении лабораторных и практических занятий в колледжах и других средних специальных учебных заведениях автотранспортного профиля.

Часть 1 «Диагностирование электронных систем управления двигателем» вышла в БНТУ в 2007 г.

ISBN 978-985-525-541-4 (Ч. 2)

ISBN 978-985-479-723-6

© БНТУ, 2011

Лабораторная работа № 1

ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ ДАТЧИКОВ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Цель работы: ознакомиться с устройством и принципом действия оборудования и инструмента для обслуживания датчиков и исполнительных механизмов электронных систем управления, методами работы с ними.

Оборудование и инструменты: техническая документация, источник питания с напряжением 12 В, цифровой осциллограф, цифровой мультиметр, набор слесарного инструмента, сканирующий тестер.

Общие положения

Инструмент для выполнения разборочно-сборочных операций при диагностировании датчиков и исполнительных механизмов

При диагностировании и проведении работ по обслуживанию необходимо иметь минимальный комплект слесарного оборудования для разборочно-сборочных работ.

Зачастую некоторые автопроизводители с целью удешевления сборочных работ используют некоторые виды неразборных соединений: заклепочное, с использованием контактной, микроконтактной сварки и т. д. В таких случаях рекомендуется использовать дополнительное оборудование для рассверливания и пайки.

Диагностическое оборудование для проверки физических параметров датчиков и исполнительных механизмов

Диагностические работы выполняются как по электрическим показателям: напряжение, сила тока, сопротивление, частота, скважность, – так и по механическим: величина зазора, высота, ширина, длина, угол и т. д. Для измерения этих показателей используются такие приборы, как щупы и резьбомеры, индикаторы часового типа, микрометры, штангенциркули и т. д.

Диагностическое оборудование для проверки электрических параметров датчиков и исполнительных механизмов

Диагностирование с использованием цифрового мультиметра

Для выполнения электрических измерений наиболее приемлемым простым средством является цифровой мультиметр (рис. 1.1), позволяющий измерить силу тока, напряжение, сопротивление, частоту, исправность полупроводниковых приборов, температуру и другие величины.

Рис. 1.1. Мультиметр цифровой DT 9502:



1 – жидкокристаллический экран; 2 – диапазон измерения сопротивления; 3 – кнопка фиксации значения на экране; 4 – переключатель рода проверок; 5 – диапазон измерения напряжения постоянного тока; 6 – диапазон измерения напряжения переменного тока; 7 – диапазон измерения коэффициента передачи тока транзистора; 8 – диапазон измерения емкости; 9 – разъем для подключения транзисторов; 10 – разъем для подключения общего провода во всех режимах (подключается к минусу); 11 – разъем для подключения сигнального провода в режимах измерения напряжения и сопротивления (подключается к плюсу); 12 – разъем для подключения сигнального провода в режиме измерения силы тока до 200 мА (подключается к плюсу); 13 – разъем для подключения сигнального провода в режиме измерения силы тока до 20 А (подключается к плюсу); 14 – разъем для подключения конденсаторов; 15 – диапазон измерения силы постоянного тока; 16 – диапазон измерения силы переменного тока; 17 – диапазон измерения проводимости полупроводников и короткого замыкания; 18 – кнопка включения-выключения мультиметра

Диагностирование с использованием цифрового осциллографа

Цифровой осциллограф В-421 (далее осциллограф) предназначен для исследования периодических и однократных электрических сигналов путем их оцифровки, занесения в память компьютера, отображения на экране стандартного монитора и измерения амплитудных и временных параметров. Исследуемые сигналы могут быть подвергнуты дополнительной математической обработке и анализу с помощью программных средств осциллографа. Дополнительно осциллограф предоставляет: режимы цифрового вольтметра и частотомера; измерение с помощью курсоров; автоматическое измерение 22 параметров входного сигнала; спектральный анализ сигналов; широкие возможности протоколирования результатов измерений. Осциллограф является универсальным измерительным прибором широкого применения.

Технические характеристики цифрового осциллографа. Осциллограф обеспечивает регистрацию сигналов по двум входным каналам. При регистрации сигналов осциллограф обеспечивает следующие режимы работы:

- регистрацию и воспроизведение сигналов в одноканальном или двухканальном режимах работы;
- спектральный анализ сигналов в одноканальном или двухканальном режимах работы;
- построение гистограммы амплитудного распределения в одноканальном или двухканальном режимах работы.

Осциллограф имеет встроенный цифро-аналоговый преобразователь (генератор сигналов). На лицевой панели осциллографа расположен отдельный сигнальный выход.

ЦАП обеспечивает формирование следующих стандартных сигналов:

- напряжения постоянного тока;
- синусоидальной формы;
- треугольной (в т. ч. пилообразной) формы;
- прямоугольной формы.

ЦАП обеспечивает формирование выходного сигнала путем чтения из памяти компьютера файлов, содержащих информацию о ранее сформированных и запомненных сигналах.

На лицевой панели осциллографа (рис. 1.2) имеются четыре стандартных разъема:

- \ominus «КАНАЛ 1» – сигнальный вход канала 1 для подключения пробника;
- \ominus «КАНАЛ 2» – сигнальный вход канала 2 для подключения пробника;
- \ominus «СИНХР» – вход синхронизации для подключения кабеля внешней синхронизации;
- \oplus «ЦАП» – сигнальный выход канала цифро-аналогового преобразователя (генератора сигналов).

На лицевой панели осциллографов также расположен индикаторный светодиод, который имеет цвет свечения: красный – при включенном питании (внешний сетевой адаптер включен в сеть), желтый – в рабочем режиме (после запуска программы).

На задней панели осциллографа находятся разъем для подключения соединительного кабеля интерфейса USB, с помощью которого осуществляется связь с компьютером, и разъем для подключения питания от внешнего сетевого адаптера.



Рис. 1.2. Внешний вид цифрового осциллографа

Принцип работы осциллографа. Подаваемые на вход усилителей вертикального отклонения сигналы нормируются и усиливаются до необходимой величины. Усиленные сигналы поступают на вход АЦП, где происходит их преобразование в эквивалентный цифровой код. Данные после АЦП накапливаются в буферном ОЗУ.

В режиме внутренней синхронизации сигнал с входа подается на усилитель синхронизации для формирования синхронизирующих импульсов.

ПЭВМ управляет всеми режимами работы осциллографа, осуществляет считывание информации из буферного ОЗУ, ее обработку и передачу в видеопамять ПЭВМ для наблюдения на экране монитора.

Непосредственное управление работой осциллографа осуществляется в рамках соответствующего программного обеспечения посредством графического манипулятора «Мышь» и клавиатуры.

Описание органов управления на экране монитора и основные команды. При загрузке программного пакета на мониторе появляется картинка *лицевой панели* осциллографа с экраном и органами управления в виде элементов графического пользовательского интерфейса (рис. 1.3).

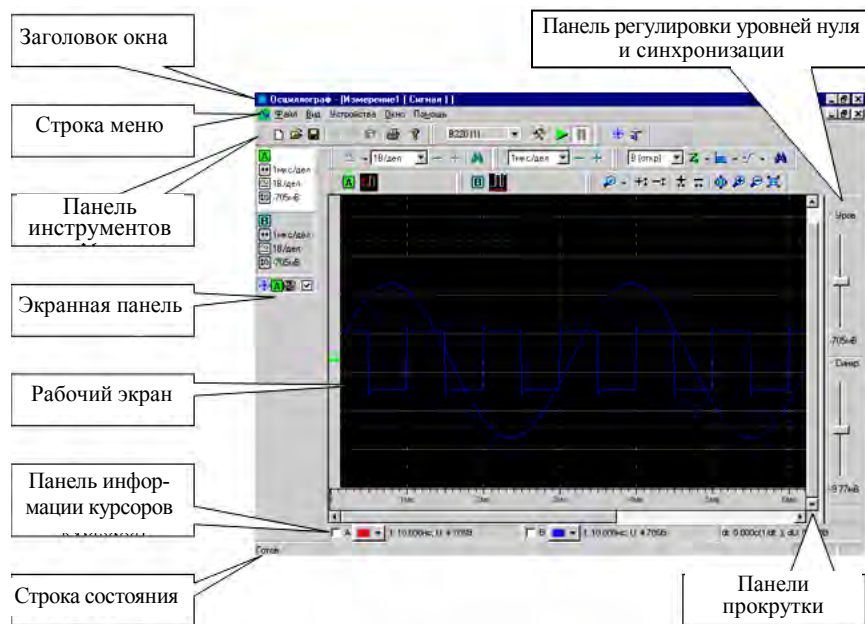


Рис. 1.3. Вид пользовательского интерфейса

Заголовок окна и строка меню – стандартный элемент любого приложения Windows. В заголовке окна присутствуют названия программы и текущих данных.

Меню **ФАЙЛ** включает в себя набор команд:

Новый открывает новое окно для проведения измерений.

Открыть... открывает существующие данные, отображая стандартное диалоговое окно ОТКРЫТЬ. Существующие данные – одни из тех, которые вы создали с помощью программы осциллографа. Файл данных имеет расширение osd.

Закрыть закрывает текущие данные. Если данные не были сохранены, программа предложит их сохранить.

Сохранить сохраняет текущие данные в формате *.osd. Если сохраняются новые, еще не именованные данные, программа отобразит стандартное диалоговое окно СОХРАНИТЬ КАК, где можно выбрать папку и имя файла.

Сохранить как... позволяет переименовать текущие данные. программа отобразит стандартное диалоговое окно СОХРАНИТЬ КАК, которое позволяет выбрать папку и изменить имя файла.

Экспорт... открывает диалоговое окно ПАРАМЕТРЫ ЭКСПОРТА для сохранения текущей информации в текстовом формате.

Печать... выводит на принтер текущую информацию.

Предварительный просмотр позволяет просмотреть выводимую на принтер информацию.

Настройки печати... выводит на экран стандартное диалоговое окно НАСТРОЙКА ПРИНТЕРА, где можно выбрать принтер, который будет использован, и его настройки.

Свойства... выводит на экран диалоговое окно СВОЙСТВА ДОКУМЕНТА, которое позволяет просматривать и записывать свои комментарии к сформированному сигналу.

Общие свойства... отображает диалоговое окно ОБЩИЕ СВОЙСТВА ПРОГРАММЫ, позволяющее выбрать параметры, которые будут постоянно использоваться при работе.

Далее находится перечень последних файлов, использовавшихся программой.

Выход выходит из программы осциллографа и удаляет ее из памяти компьютера. Если файлы данных не были сохранены, программа спросит об их сохранении перед выходом.

В меню **Вид** присутствуют такие команды:

Инструменты / Стандартный отображает или скрывает (последовательно) панель инструментов стандартная.

Инструменты / Устройство отображает или скрывает (последовательно) панель инструментов Устройство.

Инструменты / Текущее устройство отображает или скрывает (последовательно) панель инструментов Текущее устройство.

Инструменты / Курсоры отображает или скрывает (последовательно) панель информации курсоров.

Инструменты / Навигация отображает или скрывает (последовательно) панель инструментов Навигация.

Инструменты / Синхронизация отображает или скрывает (последовательно) панель инструментов Синхронизация.

Инструменты / Ноль и Синхронизация отображает или скрывает (последовательно) панель регулировки уровня нуля и уровня синхронизации.

Инструменты / Дискретизация отображает или скрывает (последовательно) панель инструментов Дискретизация.

Инструменты / Развертка отображает или скрывает (последовательно) панель инструментов Развертка.

Параметры открывает подменю включения (выключения) отображения панелей параметров (до 20).

Строка состояния отображает или скрывает (последовательно) строку состояния осциллографа.

Навигация / Гор. приблизить увеличивает масштаб отображения по горизонтали в 2 раза.

Навигация / Гор. удалить уменьшает масштаб отображения по горизонтали в 2 раза.

Навигация / Верт. приблизить увеличивает масштаб отображения по вертикали в 2 раза.

Навигация / Верт. удалить уменьшает масштаб отображения по вертикали в 2 раза.

Навигация / Приблизить увеличивает масштаб отображения по обеим осям в 2 раза.

Навигация / Удалить уменьшает масштаб отображения по обеим осям в 2 раза.

Навигация / Лучший вид устанавливает масштаб отображения, при котором на экране отображается по оси X весь временной интервал, а по оси Y – весь амплитудный диапазон.

Навигация / Вид 100 % устанавливает масштаб отображения, при котором на экране одному пикселю приблизительно соответствует один отсчет.

Навигация / Вместить горизонтально устанавливает масштаб отображения, при котором на экране по оси X отображается весь временной интервал.

Навигация / Вместить вертикально устанавливает масштаб отображения, при котором на экране по оси Y отображается весь амплитудный диапазон.

Навигация / 100 % по горизонтали устанавливает масштаб отображения, при котором на экране одному пикселю по оси X приблизительно соответствует один отсчет.

Навигация / 100 % по вертикали устанавливает масштаб отображения, при котором на экране одной пикселе по оси Y приблизительно соответствует один отсчет.

В меню **Устройства** имеются следующие команды:

Общий / Старт начинает новые измерения всеми осциллографами, установленными на компьютер.

Общий / Останов останавливает текущие измерения всеми осциллографами, установленными на компьютер.

Запуск текущего устройства начинает новые измерения выбранным осциллографом.

Останов текущего устройства останавливает текущие измерения выбранным осциллографом.

Поиск сигнала включает автоматический поиск сигнала.






Свойства текущего устройства выводит на экран диалоговое окно В4ХХ (1), в котором задаются все режимы работы выбранного осциллографа.

Запуск ЦАП текущего устройства запускает генерацию сигналов по каналу ЦАП выбранного осциллографа.

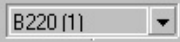





Останов ЦАП текущего устройства останавливает генерацию сигналов по каналу ЦАП выбранного осциллографа.

В **панели инструментов** имеется набор кнопок-пиктограмм, дублирующих некоторые команды строки меню. Это сделано для удобства работы. Перечисление пиктограмм приведено построчно слева направо с кратким пояснением выполняемых при их выборе действий.



Панель инструментов **Стандартная**

-  Открывает новое окно для проведения измерений (*Файл / Новый*).
-  Загружает данные из файла (*Файл / Открыть...*).
-  Сохраняет данные в файле (*Файл / Сохранить*).
-  Выводит на принтер текущую информацию (*Файл / Печать...*).
-  Выводит на экран информацию о программе (*Помощь / О программе...*).

Панель инструментов **Устройство**

-  Поле выбора текущего устройства (осциллографа).
-  Выводит на экран диалоговое окно **В4ХХ (I)** (*Устройства / Свойства текущего устройства*).
-  Запускает процесс измерений (*Устройства / Запуск текущего устройства*).
-  Останавливает процесс измерений (*Устройства / Останов текущего устройства*).
-  Запускает генерацию сигналов по каналу ЦАП (*Устройства / Запуск ЦАП текущего устройства*).
-  Останавливает генерацию сигналов по каналу ЦАП (*Устройства / Останов ЦАП текущего устройства*).

Панель инструментов **Текущее устройство**

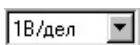
-  Сохраняет на экране («замораживает») изображение сигнала активного канала.
-  Выводит на экран диалоговое окно **ВЫБОР И НАСТРОЙКА КАНАЛОВ** (*Окно / Конфигурация...*).

Панель инструментов **Развертка**

(все операции производятся над активным каналом)

Кнопка «**Тип входа**»:

- **Открыт** – открытый вход;
- **Закрыт** – закрытый вход.



Поле выбора развертки.

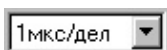


Уменьшает развертку на один шаг.

Увеличивает развертку на один шаг.

Осуществляет автоматический поиск сигнала.

Панель инструментов **Дискретизация**



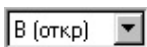
Поле выбора частоты дискретизации.



Уменьшает частоту дискретизации на один шаг.

Увеличивает частоту дискретизации на один шаг.

Панель инструментов **Синхронизация**



Поле выбора источника синхронизации и типа входа.

Кнопка «**Режим синхронизации**»:

Кнопка «**Фильтр**»:

- **НЧ** – подключает фильтр низких частот к каналу внешней синхронизации;
- **Нет** – фильтр низких частот выключен.

Кнопка «**Фронт синхронизации**»:

- **Отрицательный** – синхронизация по отрицательному фронту синхроимпульса;
- **Положительный** – синхронизация по положительному фронту синхроимпульса.



Осуществляет автоматический поиск уровня синхронизации.



Панель параметров канала А.



Панель параметров канала В.

Панель инструментов **Навигация**

Кнопка «**Отображение**»:

- **Вместить горизонтально** – устанавливает масштаб отображения, при котором на экране по оси *X* отображается весь временной интервал (*Вид / Навигация / Вместить горизонтально*);
- **Вместить вертикально** – устанавливает масштаб отображения, при котором на экране по оси *Y* отображается весь амплитудный диапазон (*Вид / Навигация / Вместить вертикально*);
- **100 % по горизонтали** – устанавливает масштаб отображения, при котором на экране одному пикселю по оси *X* приблизительно соответствует один отсчет (*Вид / Навигация / 100 % по горизонтали*);
- **100 % по вертикали** – устанавливает масштаб отображения, при котором на экране одной пикселе по оси *Y* приблизительно соответствует один отсчет (*Вид / Навигация / 100 % по вертикали*).



Увеличивает масштаб отображения по вертикали в 2 раза (*Вид / Навигация / Верт. приблизить*).



Уменьшает масштаб отображения по вертикали в 2 раза (*Вид / Навигация / Верт. удалить*).



Увеличивает масштаб отображения по горизонтали в 2 раза (*Вид / Навигация / Гор. приблизить*).



Уменьшает масштаб отображения по горизонтали в 2 раза (*Вид / Навигация / Гор. удалить*).



Устанавливает масштаб отображения, при котором на экране одному пикселю приблизительно соответствует один отсчет (*Вид / Навигация / Вид 100 %*).



Увеличивает масштаб отображения по обеим осям в 2 раза (*Вид / Навигация / Приблизить*).



Уменьшает масштаб отображения по обеим осям в 2 раза (*Вид / Навигация / Удалить*).



Устанавливает масштаб отображения, при котором на экране отображается по оси *X* весь временной интервал, а по оси *Y* – весь амплитудный диапазон (*Вид / Навигация / Лучший вид*).



Рис. 1.4. Экранная панель

На **экранной панели** (рис. 1.4) сверху расположены окна каналов с основной информацией о их режимах работы. В окне канала содержится четыре строки информации:

1. Номер канала – цвет пиктограммы соответствует цвету сигнала (по умолчанию) на рабочем экране.
2. Развертка по времени (частота дискретизации).
3. Развертка по амплитуде (коэффициент отклонения).
4. Величина смещения постоянной составляющей сигнала относительно уровня нуля.

При нажатии левой кнопкой мыши на строки 2–4 открывается меню для изменения соответствующего параметра.

Далее расположены окна «замороженных» сигналов. В окне расположены:

- символ «замороженного» канала;
- номер соответствующего реального канала;
- порядковый номер канала;
- поле включения отображения «замороженного» канала.

При нажатии левой кнопкой мыши на окно «замороженного» сигнала открывается окно ПАРАМЕТРЫ ЗАМОРОЖЕННОГО СИГНАЛА, которое содержит результаты автоматического измерения параметров данного сигнала.

При нажатии правой кнопкой мыши на окно «замороженного» сигнала открывается меню с командами:

- **Обновить** – обновить «замороженный» сигнал;
- **Параметры** – открыть окно ПАРАМЕТРЫ ЗАМОРОЖЕННОГО КАНАЛА;
- **Удалить** – удалить данный «замороженный» сигнал;

- **Удалить Все** – удалить все «замороженные» сигналы.

Панель регулировки уровней нуля и синхронизации. Панель регулировки уровней нуля и синхронизации находится справа от рабочего экрана осциллографа и содержит два ползунка для изменения уровней нуля и синхронизации.

Панель информации курсоров. Программа осциллографа позволяет проводить курсорные измерения. Курсоры ставятся по щелчку левой (курсор 1) или правой (курсор 2) кнопок мыши. В панели информации курсоров располагаются: поле включения отображения курсора, поле для выбора цвета курсора и координаты курсора (сгруппированные для каждого курсора), а также разность координат курсоров.

Панели прокрутки. Снизу и справа от рабочего экрана осциллографа находятся панели прокрутки, предназначенные для просмотра сигнала по всей глубине памяти и всему амплитудному диапазону в случае, если они не помещаются на экране.

Использование сканирующего тестера в качестве цифрового осциллографа

Зачастую упрощенный вариант цифрового осциллографа интегрирован в сканирующий тестер. Система ESI(tronic) является очень мощным средством в области диагностики автомобилей и позволяет значительно упростить процесс диагностирования, используя достижения компьютерной техники. С помощью осциллографа сканирующего тестера KTS-520 можно снять электрические параметры любого автомобиля. Осциллограф имеет следующие характеристики:

- диапазон измерений: от 0 до ± 200 В, автоматическая регулировка диапазона;
- род тока: постоянный, переменный;
- источник сигналов: щупы, токовая цанга, шунт;
- режим работы системы запуска: стандартный, автоматический, автоматическая установка порога;
- источник запускающего сигнала: каналы CH1, CH2

- развертка по оси X : от 5 мс до 100 с, при использовании временной развертки от 1 с осциллограф работает в режиме непрерывного перемещения изображения на экране;
- развертка по оси Y для напряжения: от ± 200 мВ до ± 200 В;
- развертка по оси Y при 600 А в токовой цанге (1 мВ/А): ± 200 А, 500 А, 600 А;
- развертка по оси Y при 100 А в токовой цанге (1 мВ/А): ± 20 А, 50 А, 100 А;
- развертка по оси Y при 600 мА шунта: ± 200 мА, 500 мА, 600 мА.
- входное напряжение блока питания от 90 до 264 В (переменный ток);
- частота входного напряжения блока питания от 47 до 63 Гц;
- выходное напряжение блока питания 15 В;
- рабочая температура от 0 до 40 °С.

Выполнение работы

Подготовка к работе и выполнение работы с мультиметром

Перед выполнением работы следует осмотреть мультиметр, ознакомиться с органами управления в соответствии с рис. 1.1. Включается прибор с помощью кнопки включения-выключения 18, после чего на экране 1 появляется значение состояния мультиметра. В случае разряда батареи на экране появляется соответствующий символ. Числа на переключателе рода проверок 4 соответствуют наибольшим значениям проверяемых величин. Если значение величины неизвестно необходимо устанавливать максимальный предел и затем уменьшать значение. Запрещено подключать прибор к источнику тока в режиме измерения сопротивления и силы тока.

Проверка напряжения постоянного тока

Переключатель рода проверок устанавливается в диапазон измерения напряжения постоянного тока 5. В разъем для подключения общего провода 10 устанавливается черный провод, а в разъем для подключения сигнального провода 11 подключается красный про-

вод. При измерениях рекомендуется сигнальный (красный) провод подключать к положительному выводу источника постоянного тока. В противном случае на экране появляется знак «минус».

Проверка напряжения переменного тока

Переключатель рода проверок устанавливается в диапазон измерения напряжения переменного тока 6. В разъем для подключения общего провода 10 устанавливается черный провод, а в разъем для подключения сигнального провода 11 подключается красный провод. Полярность измерения может быть различной.

Проверка сопротивления

Переключатель рода проверок устанавливается в диапазон измерения сопротивления 2. В разъем для подключения общего провода 10 устанавливается черный провод, а в разъем для подключения сигнального провода 11 подключается красный провод. Измерения проводятся при отключенном источнике тока.

Проверка коэффициента передачи тока транзистора

Переключатель рода проверок устанавливается в диапазон измерения коэффициента передачи тока транзистора 7. Транзистор устанавливается в разъем для подключения 9 в соответствии с проводимостью и расположением ножек.

Проверка емкости конденсаторов

Переключатель рода проверок устанавливается в диапазон измерения емкости конденсатора 8. Конденсатор устанавливается в разъем для подключения 14.

Проверка силы постоянного тока до 200 мА

Переключатель рода проверок устанавливается в диапазон измерения силы постоянного тока 15. В разъем для подключения общего провода 10 устанавливается черный провод, а в разъем 12 для подключения сигнального провода в режиме измерения силы тока до 200 мА подключается красный провод. При измерениях рекомендуется сигнальный (красный) провод подключать к положительному

выводу источника постоянного тока. Следует помнить, что в режиме измерения силы тока прибор подключается только последовательно в цепь.

Проверка силы переменного тока до 200 мА

Переключатель рода проверок устанавливается в диапазон измерения силы переменного тока 16. В разъем для подключения общего провода 10 устанавливается черный провод, а в разъем 12 для подключения сигнального провода в режиме измерения силы тока до 200 мА подключается красный провод. Полярность измерения может быть различной. Следует помнить, что в режиме измерения силы тока прибор подключается только последовательно в цепь.

Проверка силы постоянного тока до 20 А

Переключатель рода проверок устанавливается в диапазон измерения силы постоянного тока 15. В разъем для подключения общего провода 10 устанавливается черный провод, а в разъем 13 для подключения сигнального провода в режиме измерения силы тока до 20 А подключается красный провод. При измерениях рекомендуется сигнальный (красный) провод подключать к положительному выводу источника постоянного тока. Следует помнить, что в режиме измерения силы тока прибор подключается только последовательно в цепь.

Проверка силы переменного тока до 20 А

Переключатель рода проверок устанавливается в диапазон измерения силы переменного тока 16. В разъем 10 для подключения общего провода устанавливается черный провод, а в разъем 13 для подключения сигнального провода в режиме измерения силы тока до 20 А подключается красный провод. Полярность измерения может быть различной. Следует помнить, что в режиме измерения силы тока прибор подключается только последовательно в цепь.

Проверка исправности полупроводниковых приборов и наличия короткого замыкания в цепи

Переключатель рода проверок устанавливается в диапазон измерения 17. В разъем для подключения общего провода 10 устанавливается черный провод, а в разъем для подключения сигнального провода 11 подключается красный провод. Измерения проводятся при отключенном источнике тока. При проверке полупроводниковых приборов поочередно подключаются электроды приборов к выводам в прямом направлении прохождения тока (мультиметр показывает значение) и в обратном направлении (мультиметр показывает бесконечность). При наличии короткого замыкания мультиметр включает зуммер.

Подготовка осциллографа к работе

Приступая к работе с осциллографом, необходимо внимательно изучить методическое указание к работе.

Для получения правильных результатов измерений и для предупреждения возможных повреждений следует выдержать осциллограф не менее 2 ч в рабочих климатических условиях применения.

Перед началом эксплуатации провести внешний осмотр прибора, для чего проверить отсутствие механических повреждений и чистоту разъемов. При загрязнении разъемы протирают ватой, смоченной спиртом. Подготовить мультиметр и осциллограф к измерениям. Включить приборы, произвести калибровку. Подключить осциллограф к источнику сигнала.

После запуска программы, а также при создании нового «документа» (по команде меню *Файл / Новый* или при нажатии на соответствующую кнопку на панели инструментов) открывается диалоговое окно **ВЫБОР И НАСТРОЙКА КАНАЛОВ** в соответствии с рис. 1.5. В данном окне выбирается форма представления регистрируемого сигнала – сигнал, спектр сигнала или амплитудное распределение, а также рабочая конфигурация осциллографа – двухканальный или одноканальный режим работы (для двухканальных осциллографов).

Запуск программы

После подключения цифрового осциллографа к компьютеру необходимо провести начальную калибровку устройства для его правильного функционирования и возможности проведения кор-

ректных измерений. Калибровка осциллографа производится из меню **Калибровки** диалогового окна, открываемого из меню **Устройства** или при нажатии соответствующей кнопки на панели инструментов.

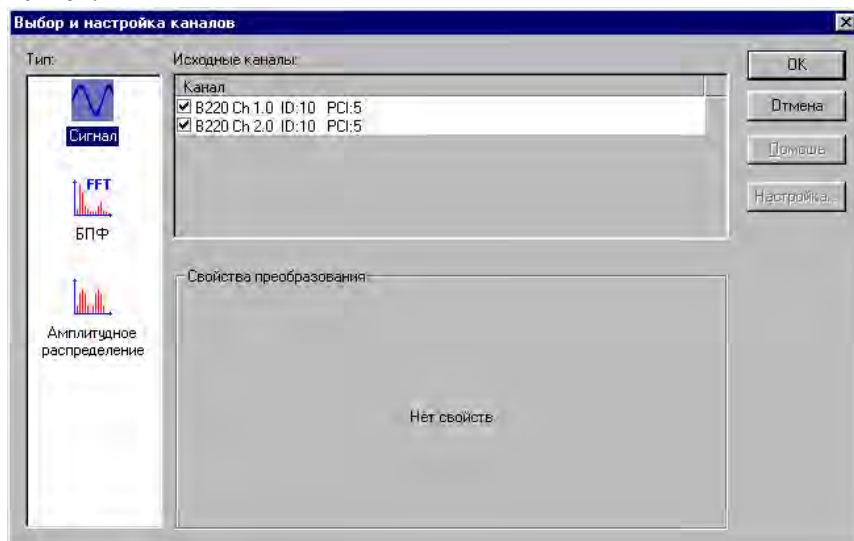


Рис. 1.5. Выбор и настройка каналов

В меню **Калибровки** расположены две кнопки «**Уровень нуля**» и «**Экв. Выборки**», при нажатии на которые начинаются соответствующие калибровки осциллографа:

- **Калибровка уровня нуля.** Подайте на сигнальный вход осциллографа потенциал нуля. Проще всего это сделать, зафиксировав на сигнальном входе нулевой вывод пробника. После этого нажмите на кнопку «**Уровень нуля**» и запустите калибровку. Через некоторое время калибровка будет завершена. После калибровки уровень нуля для каждого канала будет указывать стрелка слева от рабочего экрана. Цвет стрелки соответствует цвету сигнала канала.
- **Калибровка режима эквивалентных выборок.** Подайте на сигнальный вход (непосредственно или с помощью пробника) любой импульсный сигнал с амплитудой, не превышающей мак-

симальный входной диапазон устройства, затем установите режим синхронизации *внутренний* и запустите осциллограф. Добившись устойчивой синхронизации, нажмите на кнопку «**Экв. Выборки**». Через некоторое время калибровка будет завершена.

Выбор активного канала

Из каналов, отображаемых на экране монитора, только для одного могут быть проведены курсорные измерения, изменение уровня нуля и развертки по амплитуде. Канал, для которого в данный момент могут производиться вышеперечисленные действия, называют активным. Выбор конкретного канала производится с помощью мыши. Для этого необходимо поместить маркер в окно канала на **Экранной панели** и щелкнуть левой кнопкой мыши. Окно активного канала подсвечено белым цветом.

Выбор режима работы канала вертикального отклонения

Выбор и изменение режимов работы каналов вертикального отклонения осуществляется для каждого канала отдельно в соответствующих меню **СН1** и **СН2** диалогового окна, открываемого из меню **Устройства** или при нажатии соответствующей кнопки на панели инструментов.

Опция **Включен** позволяет *Включать / Выключать* отображение сигнала.

В окне **Размах** осуществляется выбор требуемого коэффициента отклонения по вертикали. Выбор коэффициента отклонения по вертикали можно осуществить и на **Экранной панели**.

В окне **Смещ. нуля** показывается смещение уровня нуля. Ниже расположен ползунок для его изменения. Уровень нуля можно также изменять (для активного канала) на **Панели регулировки уровня нуля и синхронизации**.

В окне **Тип входа** выбирается тип входа канала осциллографа: *Открытый* или *Закрытый*. Выбор типа входа можно также осуществить на панели инструментов **Развертка**.

В опции **Пробник** выбирается тип внешнего делителя, подключенного к соответствующему входу осциллографа. Абсолютные значения коэффициентов отклонения по вертикали пересчитываются в зависимости от типа используемого делителя.

Автоматический поиск сигнала

Осциллограф позволяет автоматически «находить» сигнал, т. е. устанавливать режимы измерения таким образом, что сигнал на экране монитора принимает удобный для работы размах по вертикали для обоих каналов и по горизонтали для активного канала. Для включения режима **Автопоиск** необходимо:

1. Установить в активное состояние тот канал, к которому подключен источник сигнала (канал А или В).
2. Установить источник синхронизации – внутренний (канал А или В).
3. Нажать на кнопку **«Поиск сигнала»** на панели инструментов или выполнить команду меню *Устройства / Поиск сигнала*.

Выбор развертки по времени (частоты дискретизации)

Выбор развертки по времени (частоты дискретизации) осуществляется в меню **Общие** диалогового окна, открываемого из меню *Устройства* или при нажатии соответствующей кнопки на панели инструментов.

Масштаб визуализации по горизонтали выбирается в окне **Развертка**. Он измеряется в единицах время/деление, где 1 деление = 100 точкам экрана. При этом устанавливается аппаратная частота дискретизации. Для разверток 1 мкс/деление и больших каждая точка экрана соответствует реальной аппаратной выборке. Для меньших разверток появляются пустые пространства между выборками. Они могут быть устранены с помощью интерполяции. Для повторяющихся сигналов возможно значительное увеличение эквивалентной частоты дискретизации осциллографа. Поэтому при развертках, меньших 1 мкс/деление, включается режим эквивалентных выборок. В этом режиме несколько выборок с максимальной частотой дискретизации объединяются в одну картину с определением их взаимного положения относительно синхроимпульса и тактовой серии.

Выбор развертки продублирован на панели инструментов **Дискретизация**.

В данном меню также размещены следующие разделы и окна:

- окна *Пре/Пост ист* и *Сегментов* предназначены для выбора параметров задержки сигнала синхронизации;

- окно **Размер сегмента** предназначено для изменения временного диапазона регистрации сигналов;
- раздел **Усреднять** предназначен для выбора параметров режима усреднения регистрируемого сигнала;
- раздел **Настройки режима экв. выборки** предназначен для задания параметров работы в режиме эквивалентных выборок;
- раздел **Информация об устройстве** содержит информацию о подключенном осциллографе.

Чтобы избежать эффекта наложения рекомендуется вначале получить изображение сигнала на быстрых развертках, а затем переходить к медленным.

Работа в режиме эквивалентных выборок

Для измерения повторяющихся сигналов в настоящем осциллографе применяется метод случайно чередующихся выборок, обеспечивающий корректную оцифровку сигналов с частотой, превышающей частоту выборок АЦП. АЦП производит сразу некоторое число выборок (на максимальной частоте выборок), следующих за событием синхронизации в промежутке времени, определяемом заданной разверткой осциллографа. Когда этот промежуток закончен, синхронизация включается заново и берется другое множество выборок, сдвинутых случайно относительно момента синхронизации. Для определения длительности временного интервала от момента синхронизации до момента выборки используется встроенный измеритель однократных временных интервалов. Поскольку длительность этого временного интервала является случайной величиной, равномерно распределенной на отрезке, равном периоду выборок, то для «восстановления» формы сигнала требуется относительно небольшое число событий синхронизации. При этом с увеличением числа циклов измерений качество восстановления формы сигнала улучшается.

Реальный режим может использоваться для исследования непериодических сигналов в полосе частот до 10 МГц (когда на один период сигнала приходится не менее 10 выборок). Эквивалентный режим может использоваться для исследования периодических сигналов с частотой повторения до 200 МГц. При исследовании непериодических сигналов в эквивалентном режиме неизбежна потеря и искажение информации о сигнале.

Дополнительные установки этого режима выбираются в разделе **Настройки режима экв. выборки** меню **Общие** диалогового окна В4ХХ (1), открываемого из меню **Устройства** или при нажатии соответствующей кнопки на панели инструментов.

Здесь можно задать фиксированное число выборок (**Фиксированная память**). В случае выбора установки **Фиксированная память** происходит автоматическое ограничение длины анализируемых и выводимых результатов по горизонтали до 1000 экранных точек, независимо от установленной в опции **Длина окна** длины памяти. В противном случае выводятся на экран результаты анализа всей длины памяти, заданной в опции **Длина окна**. При большой длительности выбранного окна это может занять большой промежуток времени.

В этой же опции можно выбрать число циклов измерения для восстановления формы сигнала (**Гистограммировать**). По умолчанию проводится 200 циклов для формирования одного результата измерений сигнала.

В связи с тем, что работа в режиме эквивалентных выборок связана с набором статистики регистрируемого сигнала, то при регистрации высокочастотного сигнала с частотой, превышающей 50 МГц (т. е. порядка половины внутренней тактовой частоты осциллографа), необходимо задавать достаточно большое количество циклов измерения для формирования одного результата (200–500 и более).

Временной диапазон регистрации сигналов

Осциллограф позволяет изменять временной диапазон регистрации сигналов в пределах емкости буферной памяти. Для этого предназначена опция **Размер сегмента** в меню **Общие** диалогового окна. Размер сегмента памяти задается в отсчетах. Значение соответствующего времени отображается справа. Максимальный размер сегмента памяти зависит от режима работы – двухканальный или одноканальный.

Синхронизация развертки

Требуемые параметры для синхронизации исследуемых процессов устанавливаются в меню **Синхр.** диалогового окна ОБЩИЕ.

В опции **Режим** выбирается режим синхронизации:

- автоматическая (*Авт.*) – при отсутствии сигнала запуска развертки в течение временного интервала накопления (равного произведению коэффициента развертки на глубину памяти деленному на 100) происходит запуск от компьютера;
- ждущая (*Ждущ.*) – при отсутствии сигнала запуска развертки изображение, оставшееся на экране, не возобновляется.

В опции **Источник** можно выбрать необходимый источник синхронизации: сигнал по входному каналу (*Внутр.*), внешний (*Внеш.*).

Опцией **Вход синхронизации** выбирается тип входа внешней синхронизации: открытый (*Откр.*) или закрытый (*Закр.*).

Дополнительно опцией **НЧ синхр.** производится включение низкочастотного фильтра с частотой среза 500 кГц.

С помощью опции **Фронт** выбирается фронт синхроимпульса, по которому происходит запуск: положительный (*Полож.*) или отрицательный (*Отриц.*).

В меню также может устанавливаться уровень синхронизации (**Уров. синхронизации**) в вольтах.

Опция **Одиночный запуск** позволяет включить режим однократного запуска развертки. По умолчанию установлен режим циклических измерений.

В опции **Пробник на внешнем входе** выбирается тип внешнего делителя, подключенного к входу внешней синхронизации осциллографа.

Все режимы управления синхронизацией продублированы на панели инструментов Синхронизация и на **Панели регулировки уровней нуля и синхронизации.**

Автоматический поиск уровня синхронизации

Осциллограф позволяет автоматически «находить» уровень синхронизации в режиме синхронизации *ждущая*. Для этого необходимо нажать на соответствующую кнопку панели инструментов Синхронизация.

Задержка сигнала синхронизации

Осциллограф позволяет устанавливать задержку между моментом синхронизации и первым отсчетом выборки измеряемых данных.

Режим **Предыстория** позволяет просматривать участок сигнала, который предшествовал точке запуска, т. е. моменту синхронизации. Режим **Предыстория** не работает при режиме синхронизации *Автоматическая*.

Режим **Постыстория** позволяет задерживать начало первого отсчета выборки измеряемых данных относительно момента синхронизации и тем самым пропускать часть сигнала, следующую непосредственно после момента запуска развертки.

Режимы **Пре/Пост история** устанавливаются в опции **Пре/Пост-ист.** меню **Общие** диалогового окна В4ХХ (1). Величина смещения начала развертки относительно момента синхронизации устанавливается в отсчетах. Значение соответствующего времени отображается справа.

Задержку начала первого отсчета выборки измеряемых данных относительно момента синхронизации можно также задать кратной длине используемого сегмента памяти. Число «пропускаемых» сегментов задается в опции **Сегментов**. Справа также отображается соответствующее значение времени.

Режим усреднения регистрируемого сигнала

Режим усреднения регистрируемого сигнала включается в разделе **Усреднять** меню **Общие** диалогового окна В4ХХ (1), открываемого из меню **Устройства** или при нажатии соответствующей кнопки на панели инструментов.

В программе реализовано два вида усреднения:

- *плавающее* – усреднение проводится по последним n циклам измерения, указанным в окне *циклов* (по принципу очереди – последнее вычисленное данное выталкивает первое). Сигнал на экране обновляется после каждого цикла измерения;
- *накопительное* – усреднение проводится по каждым n циклам измерения, указанным в окне *циклов*. Сигнал на экране обновляется после n циклов измерения.


Режимы измерений с помощью курсоров


Осциллограф позволяет автоматически проводить непосредственные измерения с экрана, используя два курсора. Курсоры на рабочем экране осциллографа ставятся с помощью мыши: первый – при нажатии левой кнопки, второй – при нажатии правой кнопки мыши.


В **панели информации курсоров** располагаются: поле включения отображения курсора, поле для выбора цвета курсора и координаты курсора (сгруппированные для каждого курсора), а также разность координат курсоров.


Встроенные измерения


Осциллограф позволяет автоматически производить измерение 22 параметров регистрируемого сигнала:

 Минимум пиковый – наименьшее значение сигнала относительно уровня нуля.


 Максимум пиковый – наибольшее значение сигнала относительно уровня нуля.

 Диапазон – разность наибольшего и наименьшего значений сигнала.


 Среднее – среднее значение измеренного сигнала.


 Стандартное отклонение – $\sqrt{\frac{\sum x_i^2}{N} - \left(\frac{\sum x_i}{N}\right)^2}$,















где x_i – значение сигнала в i -й выборке, N – число выборок.

 Эффективное значение (напряжения сигнала) — $\frac{\sqrt{\sum x_i^2}}{N}$

 Минимум – уровень базы сигнала относительно уровня нуля.

 Максимум – уровень вершины сигнала относительно уровня нуля.

 Размах (амплитуда) – размах (амплитуда) измеренного сигнала.

-  Выброс перед спадом – уровень выбросов в начале отрицательного фронта импульса (в процентах от амплитуды).
-  Выброс перед фронтом – уровень выбросов в начале положительного фронта импульса (в процентах от амплитуды).
-  Выброс на спаде – уровень выбросов в конце отрицательного фронта импульса (в процентах от амплитуды).
-  Выброс на фронте – уровень выбросов в конце положительного фронта импульса (в процентах от амплитуды).
-  Период – период измеренного сигнала.
-  Частота – частота измеренного сигнала.
-  Время нарастания – длительность нарастания импульса от уровня 10 % до уровня 90 %.
-  Время спада – длительность падения импульса от уровня 90 % до уровня 10 %.
-  Длит. импульса (+) – ширина положительного импульса.
-  Длит. импульса (-) – ширина отрицательного импульса.
-  Сквозность – отношение ширины положительного импульса к периоду в процентах.
-  Положение пика минимума – положение наименьшего значения сигнала относительно уровня нуля на временной оси.
-  Положение пика максимума – положение наибольшего значения сигнала относительно уровня нуля на временной оси.
-  Количество импульсов – вычисление количества импульсов в рамках выбранного временного окна.

Выбор измеряемого параметра осуществляется в диалоговом окне ПАРАМЕТРЫ, открываемом при нажатии на **Панель параметров** соответствующего канала.

В разделе **Область измерения** выбирается область сигнала, в рамках которой будет вычисляться параметр:

- *Память* – весь регистрируемый сигнал в пределах длины развертки.
- *Между курсорами* – область между двумя курсорами, поставленными пользователем.
- *Период* – вычисление за один период сигнала (для периодических сигналов).

В поле **Усреднение** задается число циклов измерений, по которым будет усредняться вычисляемый параметр сигнала.

В поле **Канал** выбирается входной канал для сигнала, по которому будут вычисляться параметры.

После выбора параметра, задания области сигнала и числа усреднений надо нажать на кнопку **ОК**.

Величина параметров регистрируемых сигналов отображается на панели инструментов.

Для просмотра параметров «замороженного» канала необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши по окну соответствующего «замороженного» канала на **Экранной панели**. После этого на экране откроется окно ПАРАМЕТРЫ ЗАМОРОЖЕННОГО КАНАЛА, которое содержит результаты автоматического измерения параметров данного сигнала, а также **Общие параметры** – *развертка, размах, смещение нуля*.

Запоминание сигналов на экране

Регистрируемый сигнал можно запомнить на экране – «заморозить». Для этого необходимо нажать на соответствующую кнопку на **Панели инструментов**. Запоминается сигнал активного канала.

Перечень всех каналов (и регистрируемых, и «замороженных») содержится в окне ВЫБОР И НАСТРОЙКА КАНАЛОВ, открываемом по команде меню **Окно / Конфигурация...** либо при нажатии на соответствующую кнопку на панели инструментов.

В разделе **Свойства преобразования** необходимо задать требуемые параметры:

- *Знач. бит* – уменьшает количество бит при вычислении для устранения младших шумящих битов.
- *Шкала* – выбор оцифровки оси *Y*: *Абсолютная* (количество попаданий) или *Относительная* (процент от всех попаданий).
- *Пост обработка* – включение режима усреднения (при выборе в окне **Тип** опции **Усреднение**).

При выборе в окне *Тип* опции **Накопление** происходит только суммирование по n циклам измерения без усреднения (деления на n).

Опция **Log** включает логарифмический масштаб отображения по оси Y .

Экспорт результатов измерений в файл

Программа позволяет сохранять результаты измерений не только в своем формате *.osd, но и в текстовом формате *.txt. Для этого необходимо по команде меню **Файл / Экспорт** открыть диалоговое окно ПАРАМЕТРЫ ЭКСПОРТА и указать следующие параметры экспорта:

- **Выбор экспортируемых каналов** – выбор требующихся каналов из всех доступных.
- **Границы** – задание экспортируемого интервала сигнала (*от* и *до*). Интервал можно задать в отсчетах (*Отсчетов*) или в секундах (*Секунд*).
- **Добавлять заголовок** – при выборе в файл записывается заголовок. При нажатии на кнопку «...» открывается стандартное диалоговое окно СОХРАНЕНИЕ, в котором можно выбрать папку и задать имя файла.

После задания всех параметров экспорта сигнала необходимо нажать на кнопку **ОК**.

Файл экспортированных данных использует следующий формат:

Время	Данные
t_1	V_1
t_2	V_2
...	...
t_n	V_n

где $t_1 - t_n$ – значение времени;
 $V_1 - V_n$ – значение напряжения;
 n – размер данных.

Контрольные вопросы

1. Какие проверки при поэлементном диагностировании можно выполнять с помощью цифрового мультиметра?
2. Какие проверки при поэлементном диагностировании можно выполнять с помощью цифрового осциллографа?
3. В чем достоинство цифровых измерительных приборов?

4. Какие особенности измерения силы тока?
5. Какие особенности измерения сопротивления?
6. Какие особенности измерения напряжения?
7. Назначение АЦП и ЦАП при проведении измерений?
8. Какие подготовительные операции проводятся перед измерением с помощью цифрового осциллографа?
9. Зачем нужен делитель напряжения во входной цепи осциллографа?
10. Как измеряется емкость и активное сопротивление конденсатора?
11. Какие особенности проверки полупроводниковых приборов?

Лабораторная работа № 2

УСТРОЙСТВО И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Цель работы: ознакомиться с устройством и принципом действия датчиков системы управления двигателем, методами и средствами их диагностирования.

Оборудование и инструменты: комплект датчиков автомобиля с бензиновым и дизельным двигателем, техническая документация, источник питания с постоянным током напряжением 12 В, цифровой осциллограф, мультиметр, набор слесарного инструмента.

Общие положения

Классификация датчиков

Датчики предназначены для преобразования физической или химической величины различных видов энергий в количественную величину электрической энергии.

Датчики классифицируются:

а) по характеристике:

- с плавноизменяющейся характеристикой:
 - с непрерывной линейной с широким диапазоном измерений (датчик положения педали акселератора);
 - с непрерывной нелинейной в пределах узкого диапазона измерения (контроль положения запорной иглы форсунки);

- с резкоизменяющейся характеристикой:
 - с дискретной многоступенчатой: управление в случаях необходимости точного определения величины сигнала, если достигается его предельное значение;
 - с дискретной двухуровневой: контроль поправки для прямого или последующего регулирования (контроль угла поворота шаговых электродвигателей).
 - концевые выключатели: разомкнутые (контроль температуры); замкнутые (контроль частоты вращения коленчатого вала в режиме работы на х. х.);
- б) по надежности и резервированию:
- датчики, выход из строя которых приводит к отказу системы (датчик частоты вращения и положения коленчатого вала);
 - датчики, отсутствие сигнала с которых, может игнорироваться с продолжением работы в аварийном режиме (датчики температуры);
- в) по способу контроля и получения информации:
- индуктивные;
 - на основе эффекта Холла;
 - электромагнитные (соленоидные);
 - магнитоэлектрические;
 - оптические и т. д.;
- г) по типу выходного сигнала:
- аналоговые, в которых сигнал пропорционален:
 - амплитуде, величине тока или напряжения;
 - частоте или периодичности;
 - продолжительности импульса (коэффициенту заполнения импульсов);
 - скважности импульсов;
 - дискретные, в которых сигнал:
 - многоуровневый неравномерной градуировки;
 - многоуровневый равномерный;
 - двухуровневый (цифровой).

Применение датчиков в автомобилестроении

Датчики и исполнительные механизмы представляют собой периферийные устройства, линии связи между транспортным средством с его сложным приводом, тормозами, шасси и работой агрегатов общецелевого использования, включая навигационные устройства, и блоками управления, обрабатывающими получаемые сигналы. Для преобразования сигналов датчика в стандартную форму, необходимую для поступления на блок управления используются переходные устройства (адаптеры). В целях обеспечения водителя автомобиля информацией о статическом и динамическом состоянии автомобиля используются элементы индикации. Типы характеристик датчиков и примеры форм их сигналов приведены на рис. 2.1 и рис. 2.2.

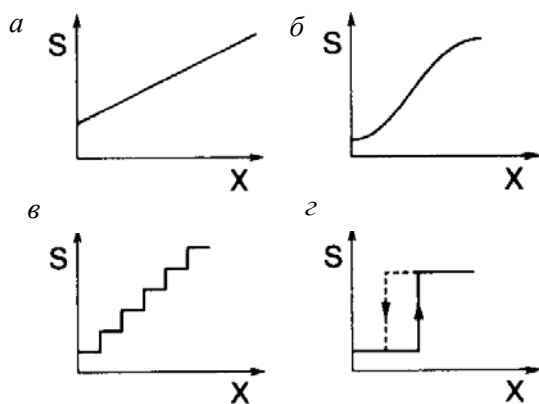


Рис. 2.1. Типы характеристик датчиков:
a – непрерывная линейная; *б* – непрерывная нелинейная;
в – дискретная многоступенчатая; *г* – дискретная двухуровневая;
S – выходной сигнал; *X* – измеряемая величина

a

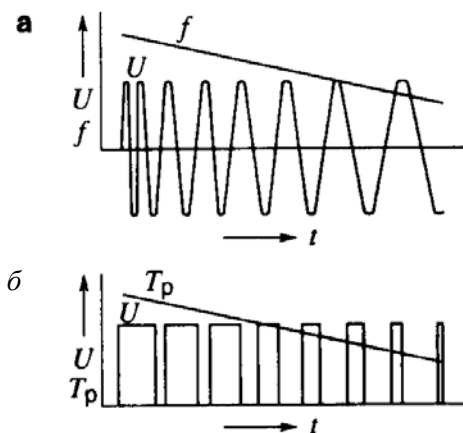


Рис. 2.2. Примеры формы сигнала:

а – по частоте f ; *б* – по продолжительности импульса T_p ; U – выходной сигнал

Системы управления развиваются от локальных электронных схем обработки сигналов с гибридными и монолитными встроенными датчиками до комплексных цифровых схем с аналого-цифровыми преобразователями и микрокомпьютерами, полностью использующими прецизионные возможности датчика. Достоинства: уменьшение нагрузки на блок управления; однородные, гибкие, шиносовместимые связи; возможность обработки низко интенсивных и высокочастотных сигналов (усиление, локальная демодуляция); хранение индивидуальных коэффициентов коррекции в программируемой памяти PROM для улучшения характеристик и местной компенсации погрешностей датчика, а также общей балансировки работы датчика и цепи.

Типы датчиков и их применение на автомобиле

Датчики положения, перемещения, поворота, скорости, частоты

Датчики положения, перемещения могут иметь конструкцию с подвижными контактами или бесконтактную (при непосредственной близости к месту измерения) для регистрации перемещения и угла. Применяются для контроля следующих параметров: положение дроссельной заслонки; положение педали управления подачей топлива; ход и положение тяги механизма управления; подъем иглы

форсунки; уровень топлива; угол отклонения заслонки датчика расхода воздуха; перемещение подпружиненной массы (ускорение при ударе автомобиля); перемещение диафрагмы (давление). Рассмотрим наиболее часто используемые типы датчиков.

Потенциометрические (резистивные) датчики со скользящими (подвижными) контактами (рис. 2.3) измеряют линейные и угловые перемещения благодаря пропорциональной связи между длиной проволоки или дорожки и ее электрическим сопротивлением.

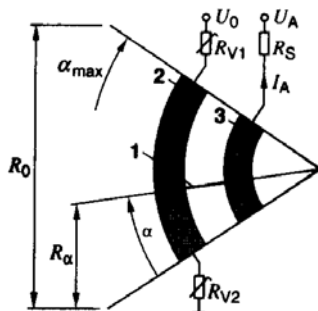


Рис. 2.3. Потенциометрический датчик со скользящим контактом:

1 – скользящий контакт; 2 – дорожка резистора; 3 – контактная дорожка; U_0 – подаваемое напряжение; U_A – измеряемое напряжение; R – резистор; α – угол поворота скользящего контакта

Напряжение на измерительной дорожке обычно трассируется несколькими последовательными резисторами R_V для защиты от перегрузок.

Стандартное подключение подвижного контакта выполняется с помощью второй контактной дорожки, состоящей из того же материала, нанесенного на проводящую подложку. Во избежание износа и погрешности измерения ток в зоне контакта минимизируют ($I_A < 1$ мА), а устройство в целом защищается от пыли. Примером является датчик положения дроссельной заслонки. Датчик положения дроссельной заслонки установлен сбоку на дроссельном патрубке и связан (механически сочленен) с осью дроссельной заслонки. Датчик представляет собой трехвыводной потенциометр, на один вывод которого подается плюс стабилизированного напряжения питания 5 В, а другой вывод соединен с «массой». С третьего вывода потенциометра (от ползунка) снимается выходной сигнал для ЭБУ. Когда от воздействия на педаль управления дроссельная заслонка поворачи-

вается, изменяется напряжение на выходе датчика. При закрытой дроссельной заслонке оно ниже 1 В. Когда заслонка открывается, напряжение на выходе датчика растет и при полностью открытой заслонке должно быть не менее 4 В. Отслеживая выходное напряжение датчика, электронный блок управления корректирует количество впрыскиваемого форсунками топлива в зависимости от угла открытия дроссельной заслонки. Таким способом в системах питания с впрыском топлива реализуется акселерация. В большинстве случаев датчик положения дроссельной заслонки не требует никакой регулировки, т. к. блок управления воспринимает холостой ход (т. е. полное закрытие дроссельной заслонки), как нулевую отметку. Однако датчики положения дроссельной заслонки некоторых производителей нуждаются в настройке, которая в таком случае выполняется по спецификации и методике производителя.

Датчики с кольцом закорачивания (рис. 2.4) представляют собой элементы переменной индуктивности. Состоят из сердечника, набранного из пластин (прямоугольной, скругленной *U*-образной или *E*-образной формы) мягкомагнитной стали, катушки индуктивности и подвижного кольца закорачивания, выполненного из меди или алюминия. Вихревые токи в кольце закорачивания замыкают магнитное поле в зоне между катушкой и кольцом. Поскольку движущаяся масса относительно мала, для целей измерения можно использовать почти всю длину датчика. Изменение контурных выводов, сказывается на характеристике датчика: уменьшение расстояния между выводами по отношению к концу измеряемого диапазона улучшает ее, в дальнейшем приводя к достаточно хорошей естественной линейности. В зависимости от материала и формы рабочий диапазон лежит в интервале 5–50 кГц.

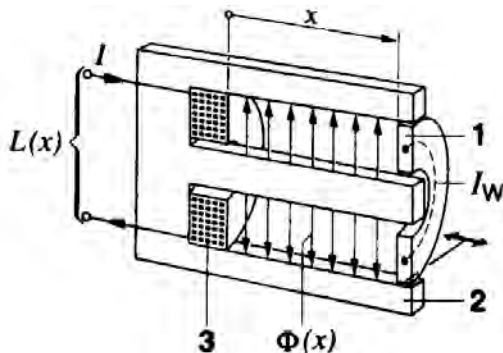


Рис. 2.4. Датчик с кольцом закорачивания:

I – кольцо закорачивания (подвижное); 2 – мягкий магнитный сердечник; 3 – катушка; I – ток; I_w – вихревые токи; $L(x)$ – индуктивность; $\Phi(x)$ – магнитный поток на расстоянии x

Особенностью датчика с кольцом закорачивания (**интеллектуального датчика**) являются объединение датчика со схемой генерирования сигналов (ASIC) и наличие упрощенного сердечника. Поскольку датчик и схема могут использовать общее долевое уравновешивание и температурную компенсацию, точность измерений также существенно повышается.

Полудифференциальные датчики (рис. 2.5) для получения большей точности используют подвижное измерительное и неподвижное эталонное кольца закорачивания (например, на дизельных топливных насосах высокого давления линейный датчик перемещения зубчатой рейки (см. рис. 2.6) и датчик углового положения исполнительного механизма насосов распределительного типа); с их помощью проводятся измерения, которые действуют подобно индуктивным делителям напряжения (обработка данных типа $L1/L2$ либо $(L1 - L2)/(L1 + L2)$) или элементам-определителям частоты в генераторной схеме, дающим сигнал, пропорциональный частоте (хорошие характеристики помехозащищенности, простое цифровое преобразование).

Диапазон измерения достаточно большой, обычно $L_{\max}/L_{\min} = 4$.

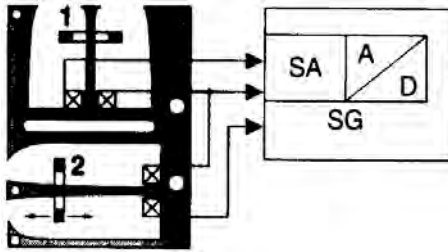


Рис. 2.5. Полудифференциальный измерительный датчик:

1 – неподвижное кольцо с эталонной катушкой; 2 – кольцо закорачивания (подвижное) с измерительной катушкой; *A/D* – аналого-цифровой преобразователь; *SA* – обработка сигнала; *SG* – блок управления

Примером приведенного датчика является датчик положения рейки (рис. 2.6).

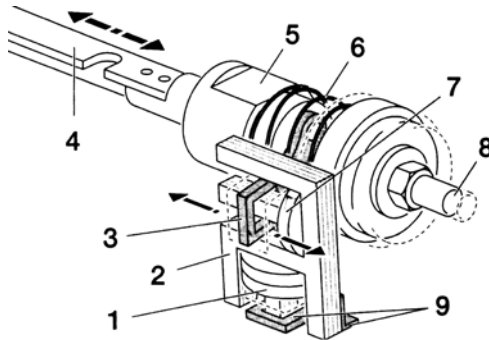


Рис. 2.6. Датчик положения рейки:

1 – контрольная (эталонная) катушка; 2 – магнитопровод; 3 – короткозамкнутый подвижный контур (кольцо); 4 – рейка; 5 – лыска; 6 – возвратная пружина; 7 – измерительная катушка; 8 – шток; 9 – неподвижный контур (кольцо)

Датчик состоит из пластинчатого стального сердечника (магнитопровода) 2 с двумя наружными открытыми концами. На одном закреплена измерительная катушка 7, на которую подается переменный ток с частотой 10 кГц, на другом – контрольная катушка 1. Короткозамкнутый подвижный контур 3, предназначенный для регистрации хода рейки, крепится к ней. Датчик хода рейки соединен с блоком управления.

Принцип работы датчика состоит в том, что короткозамкнутый

неподвижный контур 9, окружающий конец сердечника, экранирует переменное магнитное поле (индукцию), вырабатываемое контрольной катушкой 1. Распространение магнитного поля ограничивается пространством между катушкой и короткозамкнутым кольцом. В зависимости от перемещения короткозамкнутого подвижного кольца вместе с рейкой и изменения его положения относительно измерительной катушки магнитное поле, воздействующее на измерительную обмотку, изменяется. Реагирующая цепь преобразует отношение индукции измерительной катушки 7 к индукции контрольной катушки 1 в отношении напряжений, которые пропорциональны ходу рейки. Величина измеряемого напряжения постоянно сравнивается с напряжением контрольной катушки.

Дифференциальные соленоидно-плунжерные датчики (рис. 2.7) функционируют на основе изменения индуктивности отдельной катушки и пропорционального отношения делителей напряжения с подвижными сердечниками.

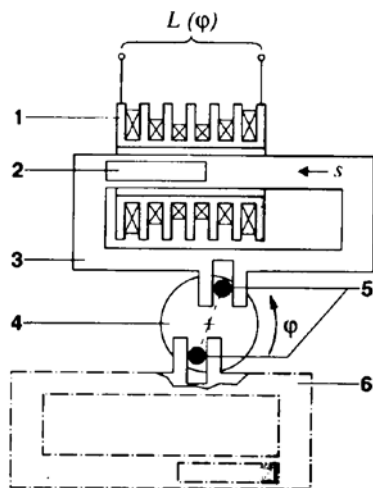


Рис. 2.7. Соленоидно-плунжерный датчик с педальным приводом:

1 – многосекционная катушка; 2 – ферромагнитный сердечник; 3 – пластиковая направляющая рамка; 4 – вращающийся вал; 5 – ведущий штифт; 6 – резервная система; $L(\varphi)$ – индуктивность; φ – угол поворота; S – перемещение

Высокочастотные датчики с вихревыми токами (со встроенной электронной схемой) применяются для бесконтактных (в непосредственной близости к объекту) измерений, например, контроля угла от-

крытия дроссельной заслонки. Катушки этих датчиков лишены ферромагнитного сердечника; изменения индуктивности в них наводятся электропроводными элементами специальной формы (спойлерами), которые выбираются в зависимости от объекта измерения или совмещаются с ним. Поскольку рабочие частоты высоки (в диапазоне МГц), электронная схема сигнала является частью датчика; для контроля угла открытия дросселя используется катушка с двумя обмотками.

Датчики частоты вращения и скорости обеспечивают мониторинг скорости, частоты вращения и положения коленчатого вала, распределительного вала и вала дизельного топливного насоса высокого давления.

Датчик Холла с интегрированной микросхемой (рис. 2.8) позволяет отслеживать изменение напряженности поля, возникающее при движении постоянного магнита, и таким образом контролировать ограниченные перемещения. Вместе с тем, установленные фиксированно, они позволяют получать точные цифровые данные (по углу поворота) о прохождении объектов в заранее заданной последовательности. В этом случае отслеживается вращение магнитного диска, отверстия в котором задают цифровой код (запоминающее устройство).

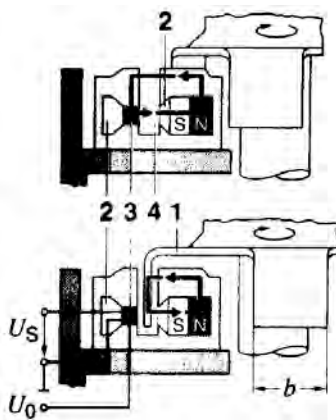


Рис. 2.8. Пластиночное управление эффектом Холла:

I – створка; 2 – магнитомягкие проводники поля; 3 – элемент Холла; 4 – воздушный зазор; U_0 – напряжение питания; U_s – напряжение сигнала

В некоторых случаях магнит установлен неподвижно, а вращается экран с отверстиями (система зажигания автомобиля).

Магнитная цепь состоит из постоянного магнита и полевого элемента и полностью изолирована от внешних воздействий. Магнитомягкое триггерное колесо (например, с приводом от коленчатого вала) движется в зазоре между ними. Пластина триггерного колеса экранирует магнитное поле, в то время как прорезь или отверстие позволяет ему беспрепятственно действовать на датчик.

Индуктивный датчик (рис. 2.9) содержит стержневой магнит с полюсным штырем из магнитомягкой стали и катушку индуктивности с двумя выводами.

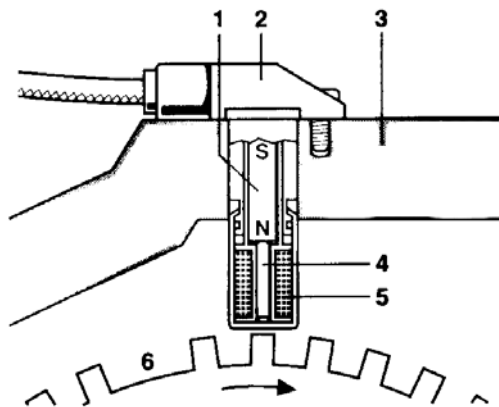


Рис. 2.9. Индуктивный датчик частоты вращения:

1 – постоянный магнит; 2 – корпус; 3 – картер двигателя; 4 – магнитомягкий сердечник; 5 – обмотка; 6 – зубчатое колесо с точкой отсчета

Датчик обычно устанавливается на картере маховика или на корпусе гидротрансформатора автоматической коробки передач. В качестве задатчика углового положения применяют отверстия или выступы на маховике или ведущем диске гидротрансформатора. Когда зуб ферромагнитного зубчатого колеса (или ротора) проходит вблизи сердечника датчика, наводимые им изменения магнитного потока создают в катушке переменное напряжение. Воздушный зазор и размеры зубца оказывают большое влияние на амплитуду сигнала. Это позволяет без особых трудностей определить положение вала по интервалам между зубцами в пределах половины или трети. Стандартные датчики частоты вращения вала работают при зазоре 0,8–1,5 мм. Эталонная точка задается или пропуском зубца, или шун-

тированием промежутка между зубцами. При этом результирующее увеличение расстояния между нулевыми переходными состояниями сигнала или значительное повышение напряжения сигнала (система регистрирует зубец большего размера) определяется как нулевая точка для синхронизации впрыска и зажигания.

Если диск-ротор имеет 45 зубцов, то это соответствует одному периоду выходного напряжения на 8° поворота. Частота выходного сигнала пропорциональна частоте вращения коленчатого вала двигателя. Электронный блок управления (ЭБУ) использует эту информацию для определения частоты вращения коленчатого вала. Чувствительность индукционных датчиков зависит от скорости вращения задающего диска-ротора. Современные датчики выполняются, как правило, на основе магнитоуправляемых микросхем, благодаря чему выдают сигнал даже при остановленном зубчатом диске.

Датчик положения и частоты вращения коленчатого вала – единственный в электронной системе управления двигателем, для которого не может быть сформировано аварийное значение сигнала при неисправности. При выходе его из строя синхронизация систем зажигания и впрыска топлива нарушается и двигатель перестает работать.

Датчик подъема иглы форсунки представляет собой катушку индуктивности, встроенную в корпус форсунки. В отличие от датчика частоты вращения коленчатого вала на датчик подъема иглы форсунки электронный блок управления подает опорное напряжение таким образом, что ток в электрической цепи датчика поддерживается постоянным, независимо от изменений температуры. Этот ток создает вокруг катушки магнитное поле. Как только игла форсунки поднимается, сердечник, жестко связанный с иглой, изменяет магнитное поле, вырабатывая импульс напряжения, который воспринимается электронным блоком управления и используется для расчета опережения или запаздывания момента впрыскивания.

Магнитные градиентные и тангенциальные датчики (рис. 2.10) содержат постоянный магнит, полюс которого обращен к зубчатому колесу. На его поверхности установлена тонкая ферромагнитная пластина, на которой расположены два гальваномагнитных (магниторезистивных) элемента на расстоянии примерно половины зубчатого интервала. Измеряется различие в напряженности поля в двух смежных местоположениях на окружности. Выходной сигнал приблизительно пропорционален отклонению силы поля как функции

угла на окружности. Датчик широко применяется в системах управления двигателем (датчик положения вала топливного насоса VR-типа) и рулевого управления (положения вала рулевого колеса).

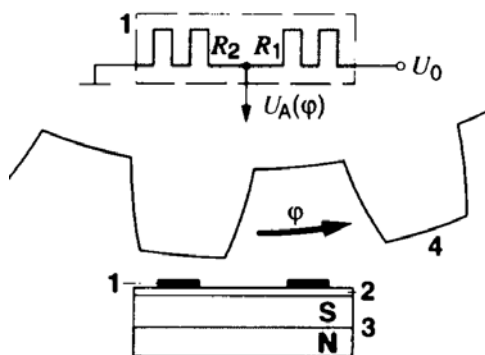


Рис. 2.10. Дифференциальный магниторезистивный датчик:
 1 – магниторезистор; 2 – магнитомягкая подложка; 3 – постоянный магнит; 4 – зубчатый ротор; U_0 – напряжение питания; $U_A(\varphi)$ – напряжение сигнала при угле поворота φ

Магниторезистивные датчики, базирующиеся на эффекте Гаусса, представляют собой магнитоуправляемые, биполярно-полупроводниковые резисторы (индий-антимонид), конструктивно подобные датчику Холла. Их сопротивление, в основном, пропорционально квадрату напряженности поля. Два резистора дифференциального датчика предполагают соединение по схеме делителя напряжения; термочувствительность при этом компенсируется. Величина сигнала сопоставима с выходом местных электронных усилителей (0,1–1,0 В). Магниторезисторы для применения в автомобильной технике имеют стандартную температуру работы $< 170\text{ }^\circ\text{C}$ (при пиковом нагреве $< 200\text{ }^\circ\text{C}$).

Тангенциальные датчики (рис. 2.11) отличаются от их аналогов градиентного типа способом получения вариаций в полярности и напряженности магнитного поля, в компонентах, расположенных касательно к окружности ротора. Варианты конструкции включают тонкопленочную технологию AMR (полюсный красно-белый сердечник) или резисторы из одного сплава, по полу- или полной мостовой схеме.

В отличие от градиентных датчиков тангенциальные не нуждаются в адаптации к шагу зубцов, допуская полуточечную конфигу-

рацию. Величина сигнала датчика с эффектом Гаусса превышает сигнал датчика с эффектом Холла в кремнии почти вдвое.

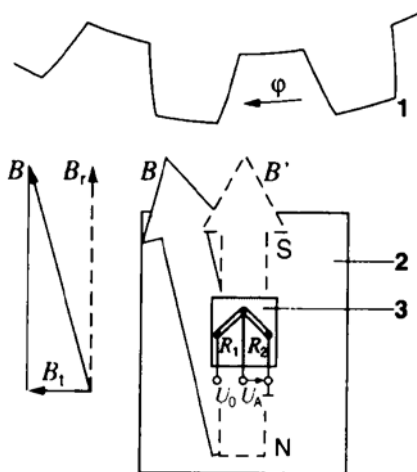


Рис. 2.11. Тангенциальный датчик:

1 – зубчатый ротор (Fe); 2 – постоянный магнит; 3 – датчик; B – управляющая напряженность поля с тангенциальной B_t и радиальной B_r составляющими (B' – первоначальное положение); R_1, R_2 – тонкопленочные резисторы из пермаллоя; φ – угол поворота; U_0 – питание; U_A – измеряемое напряжение

Датчики давления производят измерение путем определения перемещения, выполненного под воздействием приложенного давления.

С их помощью измеряется: давление во впускном трубопроводе (1–5 бар); избыточное вакуумное давление в топливном баке (0,5 бар); давление в камере сгорания (100 бар); секционное давление впрыска в дизеле (1000 бар, динамическое); давление в магистрали системы «Common-rail» (1500–1800 бар);

Тензорезисторные датчики давления (рис. 2.12) подразделяются на датчики со встроенным тензорезистором, с торцевым терморезистором и с толстопленочными тензорезисторами.

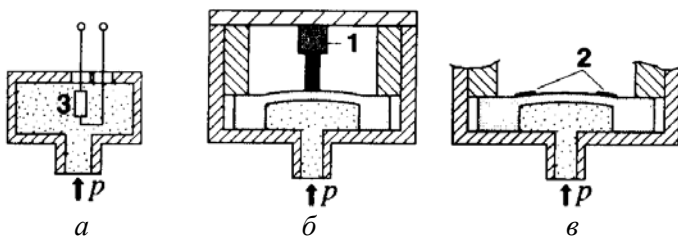


Рис. 2.12. Тензорезисторные датчики:
a – с встроенным тензорезистором (3), *б* – с торцевым тензорезистором (1);
в – с толсто пленочными тензорезисторами (2); *p* – давление

Разновидностью толсто пленочного датчика давления является датчик с камерой эталонного давления (рис. 2.13), используемый в датчиках расхода воздуха. Применяются для измерений абсолютных давлений приблизительно до 20 бар при отношении сопротивления к перемещению $K = 12...15$. Этот датчик состоит из толсто пленочной диафрагмы, расположенной на керамической основе. Датчик измеряет разрежение во впускном коллекторе на основе измерения деформации пленочной диафрагмы. При определенных коэффициентах расширения керамической подложки и керамической пленочной крышки в результате охлаждения стыка диафрагма принимает форму купола.

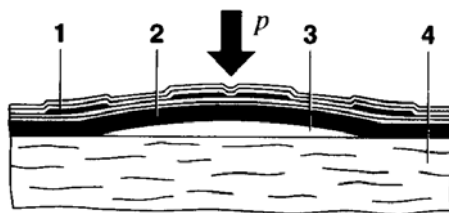


Рис. 2.13. Толсто пленочный датчик с камерой эталонного давления:
1 – тензорезистивный (пьезорезистивный) измерительный мост; *2* – толсто пленочная диафрагма; *3* – камера эталонного давления («пузырек»); *4* – керамическая подложка; *p* – давление

В результате получается пустотелая камера (пузырек) высотой примерно 100 мкм и диаметром 3–5 мм. Газ в «пузырьке» обеспечивает температурную компенсацию. Измерительные пьезоэлектрические элементы, расположенные внутри пленки, преобразуют перемещения диафрагмы в электрический сигнал. В смежной с датчи-

ком области на одной с ним подложке расположены схемы усиления и коррекции сигнала, но отделены от среды измерения. Данный датчик не позволяет измерять высокие или крайне низкие давления.

Для измерения низких давлений, например, атмосферного и давления в сажевом фильтре и каталитическом нейтрализаторе, используется тензометрический датчик с вакуумной камерой (рис. 2.14).

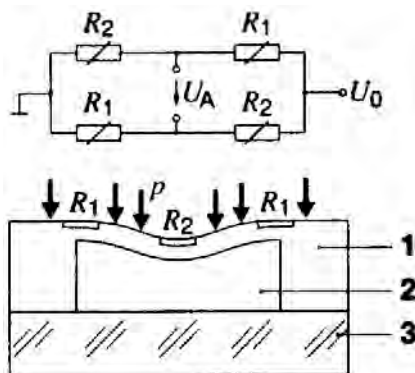


Рис. 2.14. Тензометрический датчик с вакуумной камерой:

1 – кремний; 2 – вакуум; 3 – подложка (стекло); p – давление; U_0 – напряжение питания; U_A – измеряемое напряжение; R_1 – тензорезистор (измеряющий) в мостовой

схеме; R_2 – тензорезистор (компенсирующий) в мостовой схеме

Полупроводниковые датчики давления (рис. 2.15) содержат кремниевый кристалл с чувствительными к давлению полупроводниковыми резисторами. Коэффициент резисторов $K = 100$. Компенсационная и калибровочная настройки датчика могут осуществляться непрерывно или постадийно схемой, интегрированной в отдельный вспомогательный кристалл или в кристалл датчика. Далее значения поправок к данным и величинам будут храниться в цифровом виде в программируемой памяти (PROM). Датчики, интегрированные в одном кристалле с полной электронной калибровкой, наиболее подходят для измерения нагрузок (давления) в электронных системах зажигания и впрыска топлива дизельных двигателей. Благодаря компактности, они могут устанавливаться непосредственно во впускном трубопроводе (более ранние конструкции устанавлива-

лись в соответствующих электронных блоках управления) или в моторном отсеке.

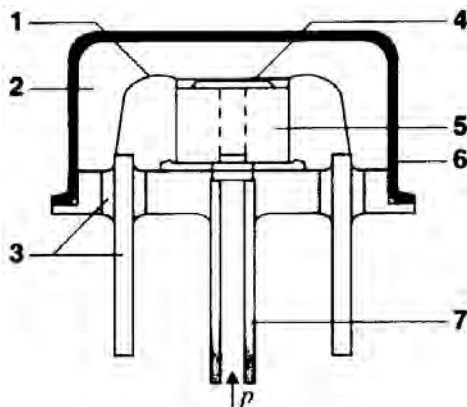


Рис. 2.15. Кремниевый датчик давления во впускном трубопроводе:
1 – провод; 2 – контрольный вакуум; 3 – электрический вывод, изолированный стеклом, 4 – кремниевый кристалл датчика; 5 – стеклянный пьедестал; 6 – колпак; 7 – подвод давления (p)

Часто используются «обратно собранные» конструкции, в которых измеряемое давление подводится к электронно-пассивной полости на боковой стороне кристалла датчика. Для максимальной защиты более чувствительная сторона кристалла с печатными схемами и контактами помещается в оболочку камеры эталонного давления, расположенную между основанием корпуса и припаянным металлическим колпаком. Такие датчики применяются также в системах контроля давления, в шинах для его непрерывных и бесконтактных измерений.

Если кристалл кремния не подвергать воздействию высоких температур (максимум 600 °С), то его можно использовать для контроля давления в камере сгорания. Металлическая изолирующая диафрагма и наплавленный передаточный стержень длиной несколько миллиметров обеспечивают необходимую защиту. С помощью мик-ромеханических методов изготавливается миниатюрная проставка в центре диафрагмы, передающая усилие тензометрическому датчику. Измеряемое усилие передается стержнем в переднюю часть диафрагмы через проставку и далее в кристалл датчика с

минимальным искажением (рис. 2.16). Такой метод установки позволяет поддерживать рабочие температуры ниже 150 °С.

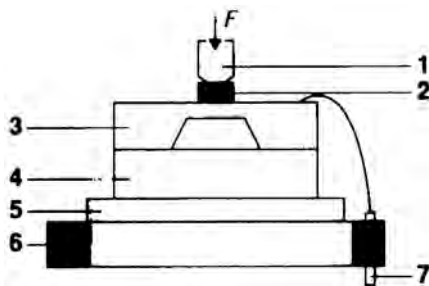


Рис. 2.16. Интегральный кремниевый датчик давления в камере сгорания:
1 – стержень передачи усилия; 2 – кремниевая прокладка (для передачи усилия);
3 – интегральный кремниевый датчик; 4 – стекло (пирекс); 5 – керамическая вспомогательная пластина; 6 – стальная опорная пластина; 7 – соединительный штырь;
 F – сила давления в камере сгорания

Пьезоэлектрические датчики (рис 2.17) обеспечивают динамическое измерение давления. Применяются в электронно-управляемых дизельных топливных насосах высокого давления, для определения начала и конца впрыска (подачи топлива) датчиком регистрируются изменения давления в секции насоса. Поскольку здесь особой точности не требуется, погрешностями от гистерезиса, старения и тепловыми пренебрегают. Для уменьшения влияния источника сигнала на работу датчика, для предупреждения частичного шунтирования и появления ошибок в измерениях используется предварительный усилитель с высоким сопротивлением на выходе. Принцип работы основан на прямом пьезоэффекте, т. е. возникновении на обкладках кристалла разности потенциалов при механическом воздействии.

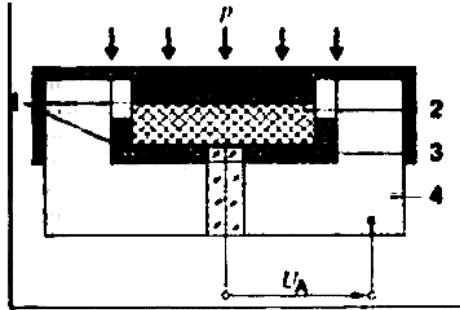


Рис. 2.17. Пьезоэлектрический датчик давления:

1 – металлическое покрытие; 2 – пьезоэлектрический диск; 3 – изоляция; 4 – корпус;
 p – давление; U_A – измеряемое напряжение

Датчики высокого давления с металлической диафрагмой (рис. 2.18) предназначены для работы в условиях чрезвычайно высоких давлений, например, в напорных магистралях впрыска в дизельных системах Common-rail. Диафрагмы изготавливаются из высококачественной пружинной стали.

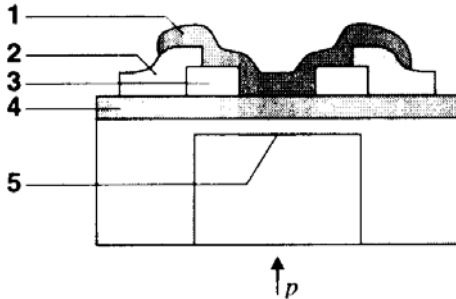


Рис. 2.18. Датчик высокого давления с металлической диафрагмой:

1 – кольцо пассивации SiNx; 2 – золотой контакт; 3 – поликремниевая диафрагма DMS;
 4 – изоляция SiO₂; 5 – стальная диафрагма; p – давление

Такие датчики имеют простую и недорогую систему изоляции среды измерения; отличаются от кремниевых большей стойкостью к разрыву в области эффективного диапазона; легко устанавливаются в металлических корпусах. Содержат изолированную напыленную (вакуумным способом) металлическую тонкопленочную ($K = 2$) и поликремниевую ($K = 40$) поверхность и имеют высокую

долговечность. Элементы усиления, калибровки и компенсации могут сочетаться с микросхемой ASIC, установленной в корпусе датчика с необходимым экранированием электромагнитных воздействий. Работает датчик как и пьезоэлектрический, за исключением установленных промежуточных ограничителей давлений (изоляторов среды измерения).

Датчики расхода

Расход топлива в автомобиле оценивается по количеству, затраченному на работу двигателя, и определяется как разность объемов прямого и обратного потоков. Бензиновые двигатели с электронным дозированием подачи топлива используют расход воздуха в качестве основного управляющего параметра.

Расход воздуха определяется по его прохождению через впускной патрубков двигателя. Соотношение масс воздуха и топлива является важнейшим фактором в химическом процессе сгорания, поэтому фактически производится измерение массы расходуемого воздуха, хотя может применяться процедура, использующая определение объема и динамического давления.

Максимальная масса расходуемого воздуха, подлежащая замеру, лежит в интервале 400–1000 кг/ч, в зависимости от эффективной мощности двигателя. По усредненной оценке работы на холостом ходу современных двигателей отношение между минимальным и максимальным расходом составляет 1:90–1:100.

Измерение расхода. Датчики расхода воздуха подразделяются на датчики объемного и массового расхода воздуха.

Среда с однородной плотностью протекает через трубопровод постоянного диаметра A со скоростью V , которая, в основном, является постоянной во всех точках сечения трубы. Результирующие условия определяются как:

- объемный расход потока $Q_v = V \cdot A$;
- массовый расход потока $Q_m = V \cdot A$.

Датчики объемного расхода воздуха подразделяются на ультразвуковые и потенциометрические.

Ультразвуковые датчики расхода воздуха. В соответствии с принципом траектории вихря Кармана завихрения воздушного потока

периодично появляются позади препятствия на постоянном расстоянии. На периферии (стенки трубы или канала) частота завихрений пропорциональна расходу: $f = 1/T = \text{const} \cdot Q_v$. Недостатком является неточность измерения из-за пульсации потока.

Ультразвуковая процедура измерения расхода может быть использована для определения времени t прохождения акустической волны через измеряемую среду, например, воздух, под углом α (рис. 2.19).

Одно измерение выполняется навстречу потоку, второе – по направлению потока на одном и том же участке длиной l . Разница между временами прохождения пропорциональна объемному расходу.

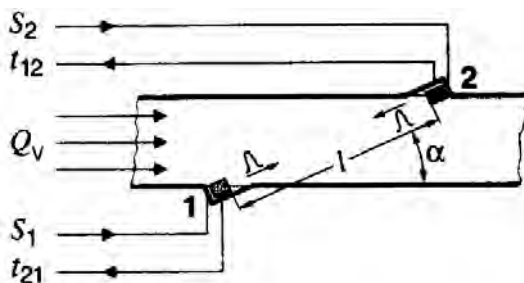


Рис. 2.19. Ультразвуковое измерение расхода воздуха:
 1 и 2 – приемопередатчики; l – измерительный участок; S – сигнал управления передачи; t – время прохождения; Q_v – объемный расход; α – угол

Потенциометрические датчики расхода воздуха. Электрическая часть датчиков рассмотрена в разделе «Датчики положения, перемещения, поворота, скорости, частоты». Потенциометрический датчик расхода воздуха с принципиальной схемой измерительной части расходомера воздуха представлен на рис. 2.20.

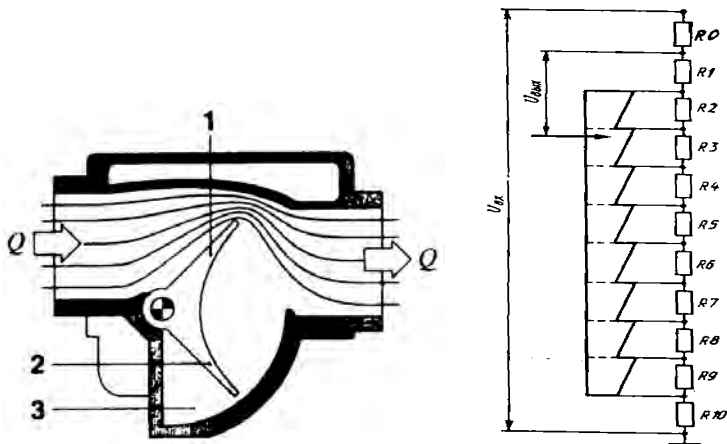


Рис. 2.20. Потенциометрический датчик расхода воздуха с принципиальной схемой измерительной части расходомера воздуха: 1 – створка давления; 2 – створка демпфера; 3 – демпфирующая камера; Q – поток; $U_{вх}$ – входное напряжение; $U_{вых}$ – выходное напряжение; $R_0 - R_{10}$ – шунтирующие резисторы

Расходомеры на основе трубки Пито работают по принципу изменения давления, создаваемого свободным течением потока на устье переменного сечения.

Воздушный поток воздействует на измерительную (парусную) заслонку прямоугольной формы. Заслонка закреплена на оси электрического потенциометра, на который подается стабилизированное напряжение +5 В от ЭБУ. Поворот заслонки преобразуется потенциометром в напряжение, пропорциональное объемному расходу воздуха. Конструкция и электрическая схема расходомера воздуха обеспечивают логарифмическую зависимость между расходом и выходным сигналом. Электронная система управления впрыском топлива нуждается в информации о массе поступающего в цилиндры воздуха. Измерительная ошибка возникает, если инерция клапана не позволяет ему отслеживать пульсации воздушного потока в условиях полной нагрузки при высокой частоте вращения коленчатого вала двигателя. Воздействие воздушного потока на измерительную заслонку уравнивается пружиной. Для гашения колебаний, вызванных пульсациями воздушного потока и динамически-

ми воздействиями, характерными для автомобиля, в расходомере имеется пневматический демпфер.

Для определения массы воздуха с помощью расходомера (по объемному расходу воздуха) в ЭБУ решается уравнение, где в качестве исходных параметров используются значения сигналов от четырех датчиков: разрежения во впускном коллекторе, положения дроссельной заслонки, температуры охлаждающей жидкости и температуры воздуха во впускном коллекторе.

Датчики массового расхода воздуха. *Термоамонетрические датчики* подразделяются на датчики с нагреваемой нитью и нагреваемой пленкой. Обобщенная схема термоамонетрического датчика представлена на рис. 2.21.

Датчик массового расхода воздуха (массметр) устанавливается между воздушным фильтром и шлангом, идущим к дроссельному патрубку. Электронная измерительная схема датчика определяет массовый расход воздуха путем измерения мощности электрического тока, необходимой для поддержания заданной температуры нагреваемых элементов. Информацию о расходе воздуха датчик выдает в виде частотного сигнала (2–10 кГц) или в виде постоянного напряжения. Чем больше расход воздуха, тем выше частота сигнала или выходное напряжение датчика. Блок управления использует информацию от датчика массового расхода воздуха для формирования длительности импульса, определяющего время открытого состояния форсунок.

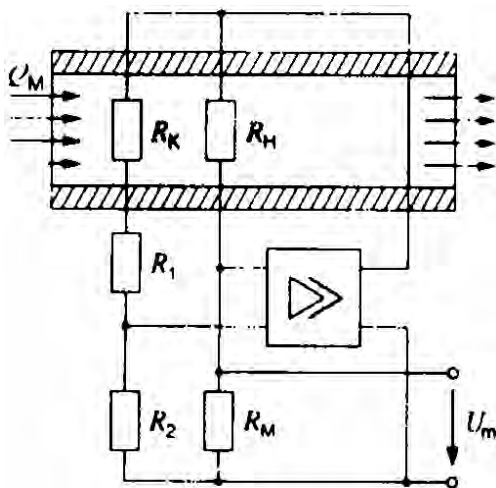


Рис. 2.21. Расходомер массы воздуха с использованием нагретой проволоки:
 Q_M – массовый расход; U_m – выходное напряжение; R_H – терморезистор;
 R_M – прецизионный резистор; R_1, R_2 – уравнивающие резисторы;
 R_K – термокомпенсационный резистор

Замкнутая цепь управления в корпусе датчика поддерживает постоянную разность температур между тонкой платиновой нитью или тонкопленочным резистором и проходящим воздушным потоком. Проходящий через датчик воздух охлаждает нагреваемые элементы. Ток, необходимый для поддержания этой разницы, обеспечивает довольно точный, хотя и нелинейный, показатель массового расхода воздуха. Ввиду замкнутой конструкции, этот тип расходомера воздуха позволяет отслеживать колебания расхода в миллисекундном диапазоне. Однако неспособность датчика распознавать направление потока может привести к незначительной ошибке в измерении, если во впускном трубопроводе возникает сильная пульсация.

Платиновая нить в расходомере массы воздуха функционирует и как нагревательный элемент, и как температурный датчик. Термодинамическое состояние воздуха (давление и температура) и его скорость изменяют режим охлаждения нити и, следовательно, изменяют ее сопротивление. Для получения стабильных и надежных характеристик в течение длительной эксплуатации после каждой

фазы активной работы (когда зажигание отключено) с поверхности нагретой (приблизительно до 1000 °С) проволочной нити должны испаряться все накапливаемые отложения (послесвечение).

При использовании платиновой нити нагревательный элемент расположен на обратной стороне пластины основания с соответствующим температурным датчиком на лицевой стороне. Это ведет к некоторому запаздыванию срабатывания конструкции. Для уменьшения влияния нагревательного элемента на параметры резистора температурной компенсации (R_k), в керамической подложке делают лазерный срез. Для улучшения характеристик используется послесвечение нагревательного элемента.

Датчик расхода массы воздуха, в котором используется нагрев пленки, содержит все измерительные и управляющие электронные элементы на одной подложке (рис. 2.22). В нем нагревательные и измерительные резисторы выполняются в виде тонких платиновых слоев, напыленных на поверхность кристалла кремния. Термальное развязывание монтажа достигается установкой кристалла кремния на микромеханически утонченную подложку (подобная концепция используется в диафрагменных датчиках давления). Смежно расположенные датчик температуры подогревателя SH и датчик температуры воздуха SL (на более толстом краю кремниевого кристалла) поддерживают нагревательный резистор Н на постоянном уровне превышения температуры. Этот метод отличается от ранее использовавшихся тем, что для получения выходного сигнала не требуется измерять ток подогрева. Вместо этого сигнал выводится из разности температур среды (воздуха), замеряемых датчиками S_1 и S_2 . Они расположены на пути потока по ходу его движения и навстречу ему по обе стороны от нагревательного резистора. Такой сигнал, в сравнении с использованием нагревательной нити, показывает направление движения потока.

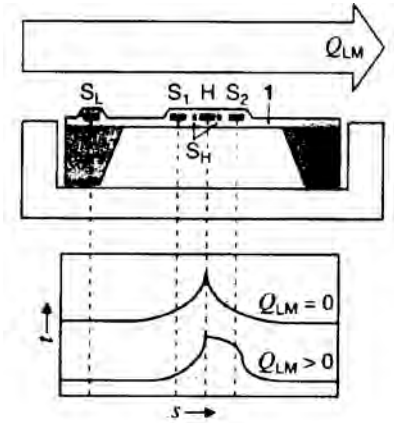


Рис. 2.22. Микромеханический датчик расхода массы воздуха с использованием нагрева пленки:

I – диэлектрическая диафрагма; H – нагревательный резистор; S_H – датчик температуры нагревателя; S_L – датчик температуры воздуха; S_1 и S_2 – температурные датчики (предшествующий нагревателю и следующий за ним); Q_{LM} – масса воздушного потока; t – температура

Датчики температуры

Измерение температуры в различных узлах автомобиля проводится терморезисторами с положительными (РТС) и отрицательными (NTC) температурными коэффициентами (рис. 2.23).

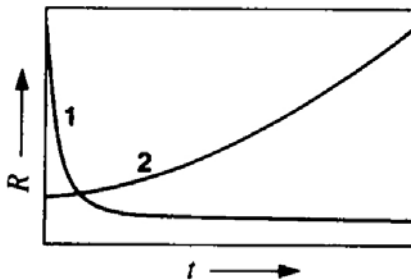


Рис. 2.23. Характеристики датчиков температуры:
 1 – терморезистор NTC; 2 – терморезистор РТС; t – температура;
 R – сопротивление

Во время работы транспортных средств возникают температуры, которые приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Температура отдельных узлов автомобиля

Объект измерения	Диапазон, °С	
Система впуска воздуха	–40	+170
Внешние атмосферные условия	–40	+60
Охлаждающая жидкость двигателя	–40	+130
Масло в двигателе	–40	+170
Топливо	–40	+120
Отработавшие газы	100	+1000

Во многих системах и узлах температура контролируется как второстепенный параметр, особенно в тех случаях, когда перепады температуры вызывают неисправность или оказывают нежелательное влияние на работу всей системы. Ниже приведено несколько различных терморезисторов.

Спеченные керамические резисторы (NTC) (термопроводники) изготавливаются из оксидов тяжелых металлов и оксидированных смешанных кристаллов (спекаются в гранулу или пластинку) и относятся к полупроводниковым материалам с обратно-экспоненциальной характеристикой. Высокая термическая чувствительность ограничивает их применение температурами в диапазоне от –40 до 850 °С.

Тонкопленочные металлические резисторы (PTC), объединенные на одной пластине-подложке с двумя дополнительными температурно-нейтральными подстроечными резисторами, обладают большим сроком службы и высокой точностью, поскольку после изготовления могут «настраиваться» лазерами на нужную характеристику с минимальными допусками. Схематическое изображение резистора показано на рис. 2.24.

Послойная технология позволяет применять керамику, стекло, пластиковую пленку в качестве основного материала и пластик, краску, уплотнительную фольгу, стекло, керамику в качестве покрытия. Металлические пленки менее чувствительны к изменениям температуры, чем керамико-оксидные полупроводниковые датчики (табл. 2.2).

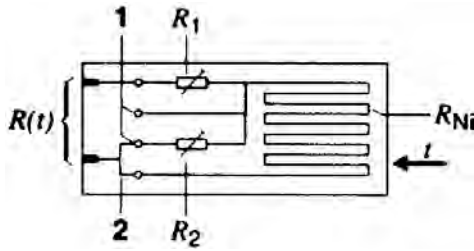


Рис. 2.24. Схема металлопленочного терморезистора:
 1 – вспомогательный контакт; 2 – мост; R_{Ni} – никелевый пластинчатый резистор;
 $R(t)$ – сопротивление, зависящее от температуры t ; R_1, R_2 – подстроечные резисторы

Таблица 2.2

Диапазон измеряемых температур ПТС

Материал датчика	Температурный коэффициент ТК	Диапазон температур
Ni	$5,1 \cdot 10^{-3} / K$	$-60 \dots +320 \text{ }^\circ C$
Cu	$4,1 \cdot 10^{-3} / K$	$-50 \dots +200 \text{ }^\circ C$
Pt	$3,5 \cdot 10^{-3} / K$	$-220 \dots +850 \text{ }^\circ C$

Полупроводниковые датчики (рис. 2.25) имеют такие преимущества как линейность характеристики, стабильность результатов. Далее приведены примеры применения терморезисторных датчиков.

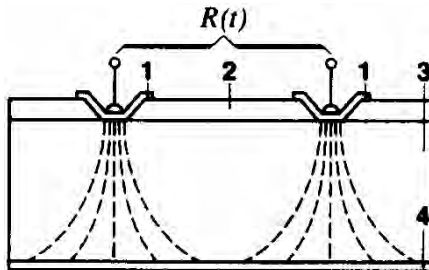


Рис. 2.25. Полупроводниковый резистор (принцип растекания сопротивления):
 1 – контакты; 2 – пассиватор (нитрид, оксид); 3 – кремниевая подложка; 4 – не-
 ключаемый противоположащий электрод; $R(t)$ – сопротивление резистора

Датчик температуры воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, может располагаться во впускном тракте, в датчике расхода воздуха или во впускном коллекторе. Если датчик температуры расположен вместе с датчиком расхода воздуха, у них обычно общая линия заземления.

Датчик температуры топлива располагается в корпусе ТНВД и регистрирует температуру топлива в системе. Поскольку плотность топлива пропорциональна его температуре, электронный блок управления на основе сигнала датчика корректирует величину подачи топлива.

Датчик температуры охлаждающей жидкости устанавливается в блок цилиндров. Измерительная часть датчика погружена в охлаждающую жидкость. Электронный блок управления использует значение температуры для того, чтобы определить, какой из трех вариантов работы системы облегчения запуска подходит для данного состояния и соответственно регулирует величину подачи топлива.

Толстопленочные резисторы (РТС/NTC) с высоким удельным сопротивлением (малой площадью поверхности) и положительными и отрицательными температурными коэффициентами в температурных датчиках используются, главным образом, с целью компенсации. Они имеют нелинейные характеристики (однако, без экстремальной кривизны массивных резисторов NTC) и допускают лазерную подстройку. Эффективность измерения можно повысить, формируя в материалах NTC и РТС цепи делителей напряжения.

Монокристаллические кремниевые полупроводниковые резисторы (РТС) производятся из монокристаллических полупроводниковых материалов, таких как кремний, что позволяет объединить дополнительные активные и пассивные цепи в кристалле датчика.

Чувствительность измерения у такого датчика в два раза больше, чем у платинового резистора ($TK = 7,73 \cdot 10^{-3}/K$). Однако характеристика менее линейна, чем у металлического датчика.

Выполнение работы

Работа включает диагностирование датчиков электронных систем управления с последующим ремонтом (при необходимости). Перед началом выполнения работы необходимо ознакомиться с устройством соответствующего датчика, спецификой его работы, функциональными зависимостями, диагностическим оборудованием.

Резистивные датчики, в том числе потенциометрические проверяются по величине сопротивления, напряжения и зачастую по силе тока. Линейные датчики можно проверять по двум характерным точкам. Для нелинейных требуется построения характеристики, для чего необходимо большее количество измерений и чем их больше тем точнее результат. Результаты сверяются с техническими характеристиками, кроме того, зачастую определяется плавность изменения физических величин. Измерения проводятся с помощью мультиметра. Подключения для проверки сопротивления и напряжения приведены на рис. 2.26. При проверке потенциометрического датчика наиболее эффективным оказывается применение цифровых запоминающих осциллографов. Проверка производится по напряжению. Для проверки необходимо выводы осциллографа подключить к потенциометру вместо вольтметра или параллельно ему в соответствии с рис. 2.26, в.

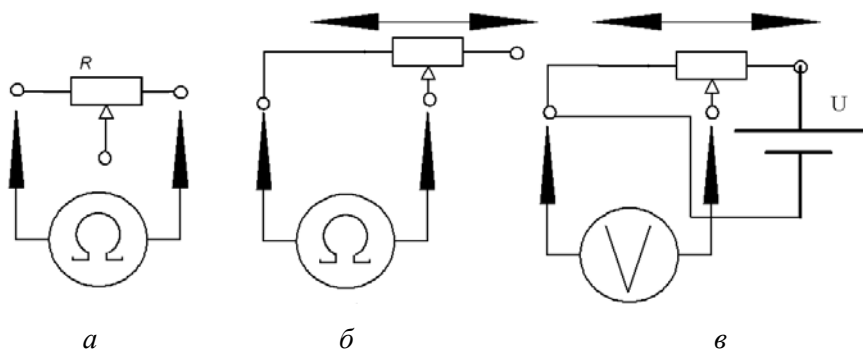


Рис. 2.26. Проверка потенциометрических датчиков:

a – проверка общего сопротивления; *б* – проверка изменения сопротивления потенциометрического датчика при повороте движка; *в* – проверка выходного напряжения потенциометрического датчика при повороте движка; *R* – датчик потенциометрический; *U* – напряжение, подводимое к датчику

Проверка датчика положения дроссельной заслонки. Подключение производится с ранее рассмотренными схемами (см. рис. 2.26). В соответствии с техническими условиями исправный датчик положения дроссельной заслонки должен выдавать напряжение в диапазоне 0,5–4,5 В в зависимости от положения дроссельной заслон-

ки. Сигнал при повороте дроссельной заслонки должен меняться плавно, без скачков и провалов. На рис. 2.27 показана осциллограмма, по которой определяется исправность датчика.

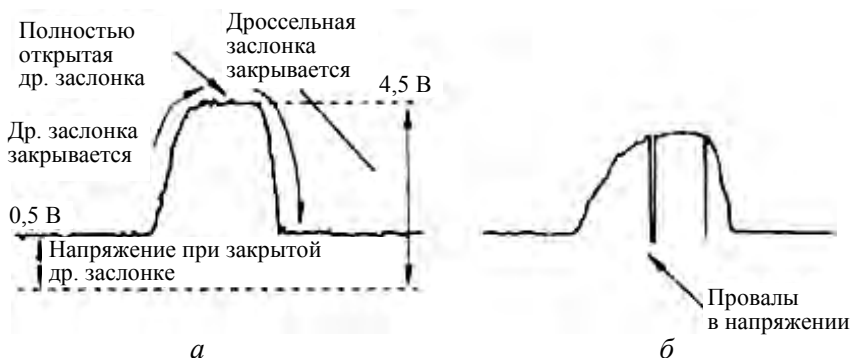


Рис. 2.27. Осциллограммы сигналов исправного (а) и неисправного (б) датчиков положения дроссельной заслонки

Наличие провалов или скачков в выходном напряжении обязательно приводит к неправильной работе системы управления двигателем и ухудшению ездовых характеристик двигателя. Провалы и скачки в выходном сигнале могут иметь длительность несколько миллисекунд и не могут быть обнаружены с помощью обычного вольтметра. Они появляются при износе резистивного слоя или ползунка в потенциометрическом датчике. Датчик положения дроссельной заслонки следует проверять в следующих случаях:

- при получении соответствующих кодов неисправностей;
- при затрудненном пуске, неустойчивой работе или остановках двигателя на холостом ходу;
- при повышенном расходе топлива, детонации, обратной вспышке, задержках, провалах, подергивании двигателя и т. д.

Подобным образом проверяется потенциометрический датчик расхода воздуха (рис. 2.28).

Выходной сигнал исправного датчика массового расхода воздуха независимо от его конструкции (с выходом по напряжению или по частоте) должен линейно меняться с изменением числа оборотов двигателя. Для проверки этого можно использовать мультиметр или осциллограф.

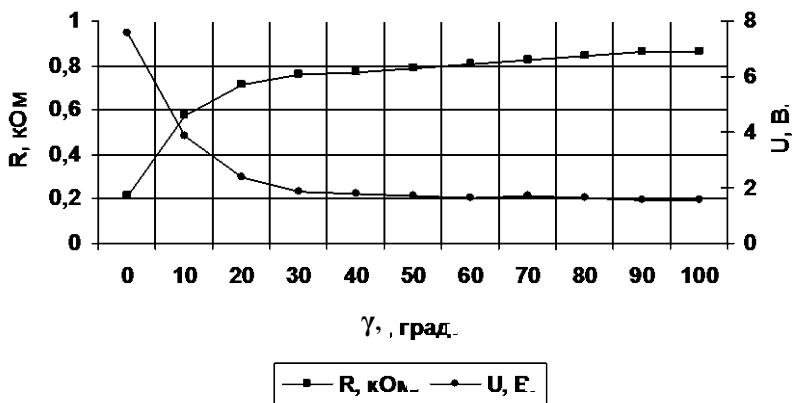


Рис. 2.28. Зависимость сопротивления и напряжения от угла поворота напорного диска потенциометрического датчика расхода воздуха:
 γ – угол поворота движка потенциометра, град; R – сопротивление датчика, кОм;
 U – напряжение, снимаемое с датчика, В

Датчик массового расхода воздуха следует проверять в следующих случаях:

- при получении соответствующих кодов неисправностей;
- при затрудненном пуске или невозможности запуска двигателя;
- при неустойчивой работе или остановках двигателя на холостом ходу;
- при повышенном расходе топлива, обратной вспышке, детонации, неисправностях каталитического нейтрализатора.

Полупроводниковые датчики проверяются по величине сопротивления и напряжения. Результаты сверяются с техническими характеристиками, кроме того, зачастую определяется плавность изменения физических величин. Измерения проводятся с помощью мультиметра. Примером проверки может служить датчик температуры охлаждающей жидкости.

Проверка датчика температуры охлаждающей жидкости производится с использованием мультиметра (рис. 2.29). При использовании осциллографа проверка производится по напряжению в режиме измерения постоянного тока. Для проверки необходимо выводы осциллографа подключить к потенциометру вместо вольтметра или параллельно ему (рис. 2.29, б).

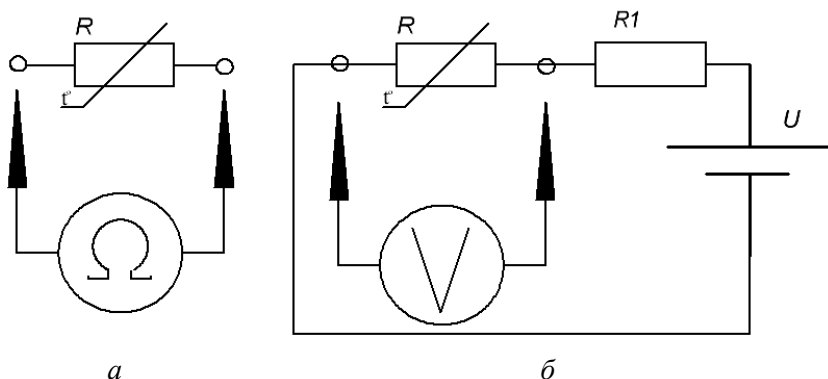


Рис. 2.29. Проверка датчика температуры:

a – проверка по сопротивлению; *б* – проверка по напряжению; *R* – датчик температуры; *R*₁ – добавочный резистор; *U* – напряжение питания

При низкой температуре двигателя датчик имеет высокое сопротивление (около 100 кОм при $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$), а при высокой температуре – низкое (10–30 Ом при $130\text{ }^{\circ}\text{C}$). Электронный блок управления двигателем подает к датчику через сопротивление определенной величины стабилизированное напряжение 5 В и с помощью делителя измеряет падение напряжения на датчике. Датчик температуры охлаждающей жидкости следует проверять в следующих случаях:

- при обнаружении в регистраторе неисправностей соответствующих кодов;
- при затрудненном пуске, неустойчивой работе или остановках двигателя на холостом ходу;
- при повышенном расходе топлива, детонации или повышенной концентрации СО в отработавших газах;
- при негаснущей контрольной лампе «перегрев двигателя» (если имеется).

Проверка индуктивных, соленоидных и других моточных датчиков (рис. 2.30) производится по величине сопротивления и по величине напряжения (ЭДС) при воздействии возмущающих факторов (вращающийся диск или перемещение ферромагнитного материала) в режиме измерения переменного напряжения.

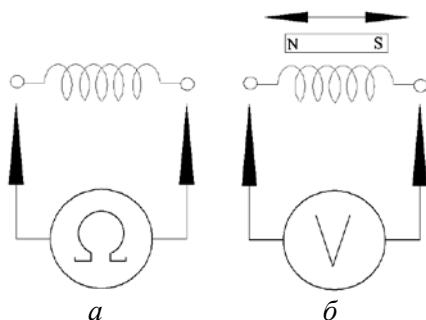


Рис. 2.30. Проверка индуктивных и соленоидных датчиков:
а – проверка датчиков по сопротивлению; *б* – проверка по величине ЭДС

С помощью вольтметра и осциллографа проверяется датчик частоты вращения коленчатого вала, датчик частоты вращения распределительного вала, датчик положения коленчатого вала, датчик частоты вращения колеса, датчик подъема иглы форсунки и другие индукционные датчики. На рис. 2.31 показаны характерные осциллограммы.

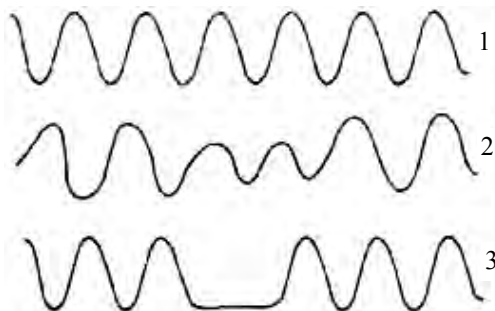


Рис. 2.31. Осциллограммы сигналов датчика частоты вращения коленчатого вала:
1 – нормальный; *2* – смещение диска-ротора от своего начального положения;
3 – пропущен один зубец

Проверка пьезоэлектрических, «интеллектуальных» датчиков и датчиков содержания кислорода в отработавших газах проводится только по функциональным параметрам при работе данного датчика.

Проверка датчика детонации производится по сопротивлению (сопротивление датчика должно стремиться к бесконечности) и по величине напряжения (ЭДС) при воздействии ударных (вибрационных) нагрузок в режиме измерения переменного напряжения. Под-

ключение производится в соответствии с рис. 2.32, вместо вольтметра рекомендуется подключить осциллограф.

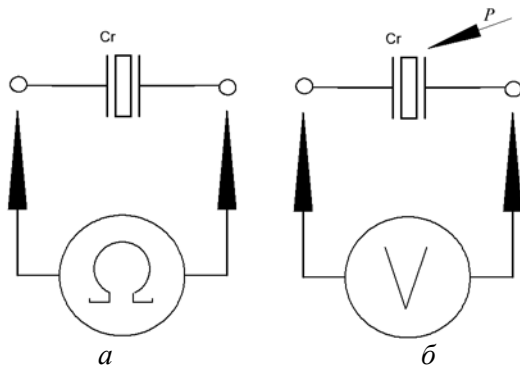


Рис. 2.32. Проверка пьезоэлектрического датчика:
a – проверка датчиков по сопротивлению; *б* – проверка по величине напряжения (ЭДС);
Cr – датчик детонации, *P* – ударная (вибрационная) нагрузка

Проверка датчика Холла (рис. 2.33) производится только измерением постоянного напряжения на сигнальном выводе при подключенном питании датчика с помощью мультиметра или осциллографа. Обязательно необходимо подать положительный потенциал к сигнальному выводу через резистор смещения *R*. Подводя или отводя магнитное поле (помещая магнитный экран) к датчику, контролируем уровень напряжения на сигнальном выводе. Результат измерения сравнивается с техническими условиями.

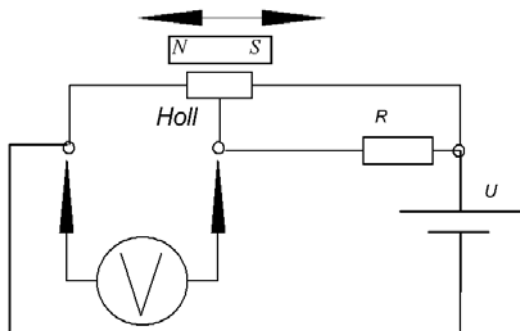


Рис. 2.33. Проверка датчика Холла с встроенной микросхемой:
Holl – датчик Холла со встроенной микросхемой-усилителем; *R* – резистор смещения,
U – напряжение питания

Проверка датчика содержания кислорода производится по величине сопротивления и постоянного напряжения с помощью мультиметра или осциллографа. Используется цифровой мультиметр в режиме измерения постоянного напряжения с высоким входным сопротивлением. При измерении сопротивления подключение к датчику показано на рис. 2.34, а. Сопротивление нагревателя R в соответствии с техническими условиями должно стремиться к 0, а сопротивление активного элемента – к бесконечности. Для проверки ЭДС вольтметр или осциллограф подключается в соответствии с рис. 2.34, б. ЭДС возникает при прогреве активного элемента, для этого при проверке необходимо подать напряжение на нагреватель R . После прогрева ЭДС составляет 0,1 В, что соответствует большому количеству кислорода в пространстве. Для проверки в режиме низкого содержания кислорода необходимо к датчику подвести эталонный газ, при этом ЭДС возрастает до 0,85 В. В случае проверки датчика содержания кислорода в отработавших газах на автомобиле рекомендуется использовать осциллограф.

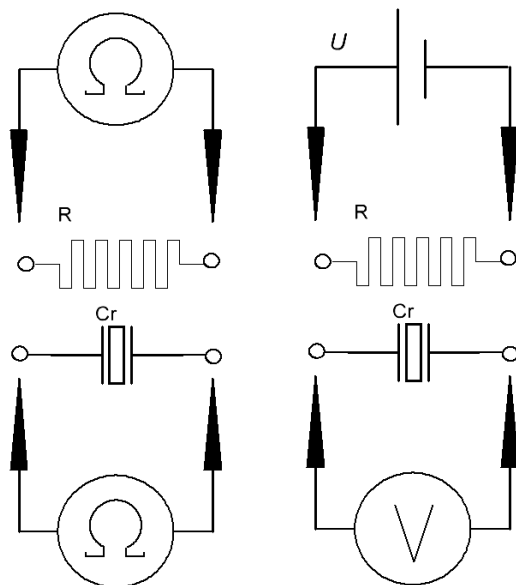


Рис. 2.34. Подключение мультиметра к датчику кислорода:

1 – сигнальный провод; 2 – провода нагревателя; 3 – датчик содержания кислорода в отработавших газах

Двигатель прогревают, система управления должна работать в замкнутом режиме, мультиметр покажет среднее значение напряжения на выходе датчика:

- если датчик не реагирует на изменяющуюся концентрацию кислорода в отработавших газах, на его выходе будет постоянное напряжение примерно 450 мВ. Однако вывод о неисправности датчика делать преждевременно, т. к. исправный датчик с симметричным выходным сигналом даст выходной сигнал со средним значением напряжения 450–500 мВ;

- показания более 550 мВ означают, что большую часть времени напряжение на выходе датчика высокое, т. е. топливная система подает в двигатель богатую смесь, или датчик закоксован;

- показания менее 350 мВ означают, что большую часть времени напряжение на выходе датчика низкое, т. е. топливная система подает в двигатель бедную смесь. Возможна утечка разрежения во впускном коллекторе, или ограничена подача топлива через засорившиеся фильтр или форсунку. Если используемый мультиметр поддерживает режим определения максимального и минимального значений сигнала, результат будет более информативен.

В заключение следует отметить, что работы по проверке работоспособности датчиков автомобильных электронных систем управления не регламентируются и проводятся в случаях обнаружения соответствующих неисправностей с использованием сканирующих тестеров.

Все полученные результаты измерений заносятся в журнал наблюдений (табл. 2.3). По результатам измерений при необходимости строятся зависимости функции от аргумента и делается вывод по проделанной работе с внесением предложений о дальнейших действиях.

Контрольные вопросы

1. Какие проверки выполняются при поэлементном диагностировании датчиков?
2. По каким параметрам проверяются датчики?
3. Какие типы датчиков существуют в автомобилестроении и как они проверяются?
4. Какие особенности измерения силы тока датчиков?
5. Какие особенности измерения сопротивления датчиков?
6. Какие особенности измерения напряжения датчиков?

7. Какие особенности проверки датчиков с помощью цифрового осциллографа?

8. Какие особенности проверки полупроводниковых датчиков?

9. Какие особенности проверки пьезоэлектрических датчиков?

10. Какие особенности проверки датчиков Холла?

11. Какие особенности проверки датчиков содержания кислорода?

Таблица 2.3

Журнал наблюдений

Тип датчика	№ опыта	Режим испытания	R , Ом	U , В	I , А	Примечание	

Лабораторная работа № 3

УСТРОЙСТВО И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Цель работы: ознакомиться с устройством и принципом действия исполнительных элементов системы управления двигателем, методами и средствами их диагностирования.

Оборудование и инструменты: комплект исполнительных механизмов автомобиля, техническая документация, источник питания постоянного тока с напряжением 12 В, цифровой осциллограф, мультиметр, набор слесарного инструмента.

Общие положения

Классификация исполнительных механизмов.

Исполнительные механизмы предназначены для преобразования электрического сигнала с определенной частотой, силой тока и напряжением в механическую, химическую, тепловую и магнитную энергию. Управление производится от выходной цепи электронного управляющего устройства (конвертора). Конечные элементы управления формируют связь между электрическим сигналом процессора и реальным воздействием. Конверторы сигнала объединены с элементами усилителя для того, чтобы использовать физические принципы преобразования, управляющие взаимосвязью между различными формами энергии. В табл. 3.1 приведены параметры, используемые для описания работы исполнительных механизмов.

Электромеханические исполнительные механизмы классифицируются по типу преобразования энергии (рис. 3.1). Энергия, получаемая от источника, преобразуется в энергию магнитного или электрического поля или превращается в тепло. Принцип получения воздействующей силы, определяемый этими формами энергии, основан на использовании силовых полей или некоторых специфических характеристик материалов.

Таблица 3.1

Величины параметров и единицы измерения

Обозначение	Величина	Единица измерения
A	Площадь поверхности полюса/поршня	мм ²
B	Магнитная индукция	Тл
F	Сила	Н
I	Электрический ток	А
L	Длина проводника в поле	мм
M	Момент	Н·м
P	Давление	Па
Q	Объемный расход	л/мин
$Q_{\text{теплоты}}$	Тепловой поток	Вт
X	Расстояние, ход поршня	мм
V	Объем	мм ³
V_h	Вытесненный объем вращения	мм ³
α	Угол между направлением прохождения тока и магнитными силовыми линиями	°
Δ	Величина зазора	мм
μ_0	Постоянная магнитной проницаемости	—
φ	Угол поворота	°

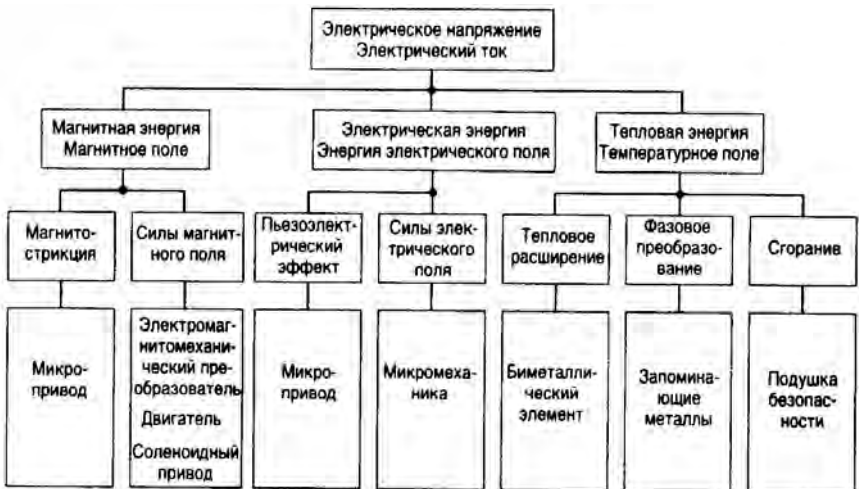


Рис. 3.1. Электромеханические исполнительные механизмы

Магнитострикционные и пьезоэлектрические исполнительные механизмы предназначены для применения в диапазоне микроперемещений. Тепловые исполнительные механизмы зависят исключительно от характеристик конкретных материалов.

Принципы работы исполнительных механизмов

Автомобильные исполнительные механизмы представляют собой, главным образом, электромагнитные механизмы в виде электродвигателей, а также втягивающие и поворотные соленоиды (электромагниты). Исключением является пиротехническая система надувания подушки безопасности. Соленоидные исполнительные механизмы могут быть самостоятельными сервоэлементами или выполнять управляющие функции, управляя работой силового устройства (например, гидромеханического).

Электродинамические устройства (рис. 3.2) основаны на силе, действующей на подвижный заряд или проводник с током в магнитном поле (сила Лоренца). Катушка или постоянный магнит генерируют постоянное магнитное поле. Электрическая энергия, предназначенная для получения силы, прикладывается к подвижной обмотке ротора (шаговый двигатель). Высокая точность исполнительного механизма достигается особенностью конструкции обмотки ротора, имеющей малую массу и низкую индуктивность. Два аккумулирующих элемента (один на закрепленном, другой на подвижном компоненте) вырабатывают силы, действующие в двух направлениях через реверсирование тока в обмотках якоря и возбуждения. Постоянный магнит (феррит, SmCo и т. д.), создающий поле возбуждения, имеет характеристики проницаемости поля, такие же как в вакууме (μ_0).

Вторичное поле, создаваемое током якоря в разомкнутой магнитной цепи, размагничивает данную цепь. Можно сказать, что сила (момент) электродинамического исполнительного механизма примерно пропорциональна току и не зависит от перемещения.

Электромагнитный принцип в соответствии с рис. 3.2 базируется на взаимном притяжении мягких ферромагнетиков в магнитном поле. Электромагнитные исполнительные механизмы оснащаются только одной катушкой, создающей поле и потребляющей энергию, идущую на преобразование.

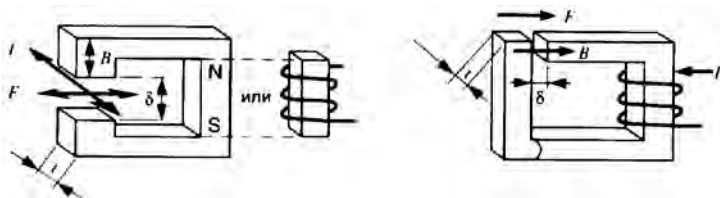


Рис. 3.2. Электродинамический (а) и электромагнитный (б) преобразователи

Для повышения индуктивности катушка оснащена железным сердечником (дозатор топлива). Однако, поскольку сила пропорциональна квадрату магнитной индукции, устройство работает только в одном направлении, поэтому требуется возвратный элемент (пружина или магнит). Динамическая характеристика или отклик на включение электромеханического привода описывается дифференциальным уравнением для электрических схем и уравнениями Максвелла, по которым определяется зависимость силы тока от перемещения.

Электрическая цепь, как правило, состоит из индуктора с активным сопротивлением. Одним из средств улучшения динамической характеристики является перевозбуждение индуктора в момент активизации, в то время как уменьшение тока может быть ускорено стабилитроном. В любом случае улучшение характеристики достигается за счет дополнительных расходов и потерь в электронных средствах запуска исполнительного механизма. Диффузия поля является одним из сдерживающих факторов, на который трудно влиять в приводах с высокими динамическими характеристиками. Операции быстрого переключения сопровождаются высокочастотной пульсацией поля в магнитомягком материале магнитной цепи привода. Эти колебания, в свою очередь, наводят вихревые токи (нарастание и затухание магнитного поля). Результирующая задержка в нарастании и уменьшении сил может быть сокращена только выбором материала с низкой электрической проводимостью и проницаемостью.

Выбор конструкции определяется условиями работы (например, требованиями к динамической характеристике).

Электромагнитный исполнительный механизм поступательного движения имеет соленоид с втягивающей силой, уменьшающейся пропорционально квадрату перемещения якоря (рис. 3.3 и 3.4).

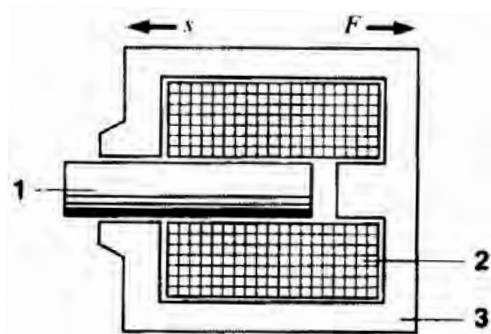


Рис. 3.3. Втягивающий соленоид:
 1 – якорь; 2 – катушка; 3 – ярмо; s – ход; F – сила

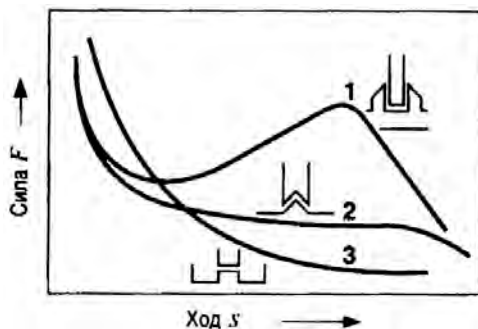


Рис. 3.4. Характеристики втягивающего соленоида:
 1 – плунжерный якорь; 2 – конический якорь; 3 – цилиндрический якорь

Форма кривой определяется типом рабочего зазора (например, конического или цилиндрического якоря). Вращательные электромагнитные исполнительные механизмы характеризуются определенным положением полюсов в статоре и роторе. Когда ток прикладывается к одной из катушек, то роторные и статорные полюсы притягиваются и возникает крутящий момент. Вращательные приводы с простой обмоткой (рис. 3.5) содержат пару полюсов на каждой из двух основных секций, а также катушку статора. Их максимальное смещение составляет приблизительно 45° .

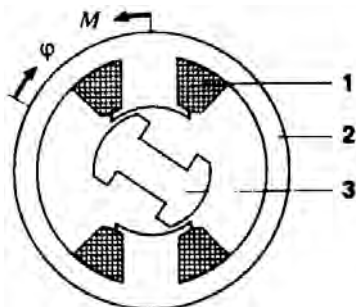


Рис. 3.5. Электромагнитный однообмоточный поворотный исполнительный механизм:
 1 – обмотка; 2 – статор; 3 – ротор; φ – угол поворота; M – крутящий момент

Двигатель с большим пусковым моментом (рис. 3.6) является реверсивным электромагнитным вращательным исполнительным механизмом, в котором задаются характеристики стационарной рабочей точки при отсутствии противоположно направленных сил. Состояние ротора поддерживается в стационарном положении посредством действия поля постоянного магнита в статоре. Магнитное поле, генерируемое одной или двумя обмотками статора, создает крутящий момент и обеспечивает одностороннюю компенсацию магнитного поля возбуждения. Такая схема наиболее подходит для случаев, когда требуется получить значительные силы при небольших углах поворота. Зависимость между прикладываемой силой тока и моментом двигателя является приблизительно линейной. Принцип действия двигателя с большим пусковым моментом также используется для исполнительных механизмов с поступательным направлением движения. Характеристики электромагнитных поворотных приводов показаны на рис. 3.7.

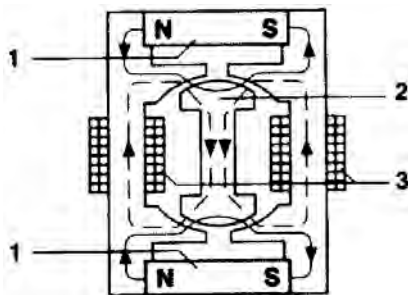


Рис. 3.6. Двигатель с большим пусковым моментом:
 1 – магниты; 2 – ротор; 3 – управляющие обмотки



Рис. 3.7. Характеристики электромагнитных поворотных приводов:
 1 – поворотный привод с одноходовой обмоткой;
 2 – двигатель с большим пусковым моментом

Электродинамические исполнительные механизмы бывают различных типов. Короткоконтактный линейный двигатель (рис. 3.8) представляет собой исполнительный механизм с практически круглой дисковой катушкой.

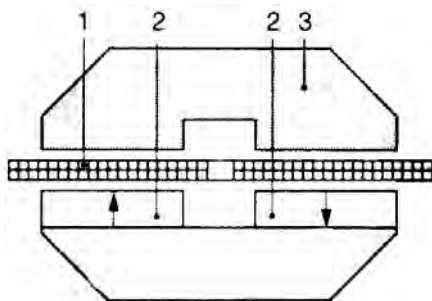


Рис. 3.8. Электродинамический короткоконтактный линейный двигатель:
 1 – катушка; 2 – постоянный магнит; 3 – ярмо

Различают исполнительные механизмы с одной или двумя старторными обмотками (рис. 3.9). Оба типа содержат постоянный магнит в роторе и одну или две статорные обмотки. Магнит ротора, намагниченный на обоих концах, создает в рабочем зазоре магнитный поток, взаимодействующий с током якоря и создающий крутящий момент.

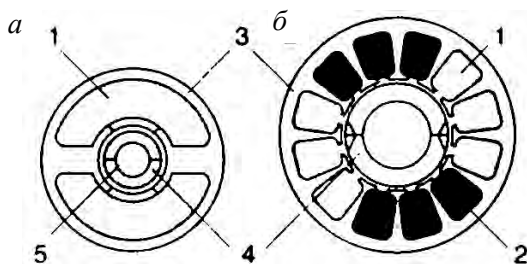


Рис. 3.9. Электродинамический поворотный исполнительный механизм:
a – однообмоточный механизм; *б* – двухобмоточный механизм: 1 – катушка 1;
 2 – катушка 2; 3 – статор; 4 – постоянный магнит; 5 – вал

Диапазон перемещений составляет менее 45° . У однообмоточно-го поворотного исполнительного механизма он определяется силовыми требованиями и угловым диапазоном, для которого требуется необходимая плотность потока.

Двухобмоточный поворотный исполнительный механизм представляет собой сочетание двух поворотных однообмоточных исполнительных механизмов со сдвигом обмоток на 90° по окружности статора. Он предназначен для создания усилий, препятствующих крутящему моменту. Стабильная рабочая точка достигается в нулевой точке перехода на результирующей кривой крутящего момента без дополнительных противоположно действующих сил.

Характеристики электродинамических поворотных исполнительных механизмов представлены на рис. 3.10.

Электромеханические исполнительные механизмы являются элементами непосредственного управления; они служат для превращения электрического сигнала в механическое перемещение или работу без какого-либо промежуточного устройства преобразования.

Характеристика электромагнитных исполнительных механизмов приведена на рис. 3.11.

Типичное применение – перемещение заслонок, катушек и клапанов. Описываемые приводы не обладают способностью к самовозврату (не имеют устойчивой рабочей точки); они способны выполнять только позиционные операции из постоянного исходного положения (рабочая точка), в том случае, если приложена противодействующая сила (например, возвратная пружина).

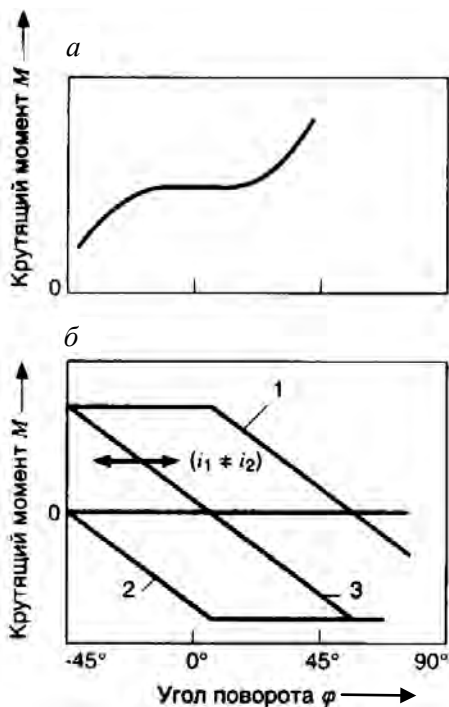


Рис. 3.10. Характеристики электродинамических поворотных исполнительных механизмов:

a – однообмоточный поворотный исполнительный механизм; *б* – двухобмоточный исполнительный механизм; 1 – катушка 1; 2 – катушка 2; 3 – катушки 1 и 2

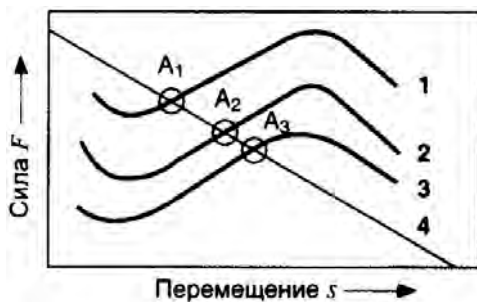


Рис. 3.11. Характеристики электромагнитных исполнительных механизмов (рабочие точки (А) втягивающего электромагнита):

1, 2, 3 – кривые для различных токов; 4 – характеристика возвратной пружины; А – рабочие точки

Гидромеханические и пневматические исполнительные механизмы (гидро- и пневмоприводы), использующие принципы преобразования и регулирования энергии, показаны в табл. 3.2. Структура гидромеханического исполнительного механизма приведена на рис. 3.12.

Таблица 3.2

Характеристики гидромеханических и пневматических исполнительных механизмов

Параметры	Исполнительный механизм	
	Гидравлический	Пневматический
Среда	Жидкость для гидросистем (обычно масло) Поступает из бака, маслоотстойника. Практически несжимаемая. Самосмазка. Вязкость сильно зависит от температуры	Газ (обычно воздух) Поступает из окружающего воздуха. Сжимаемый. Требует дополнительной смазки Флуктуации вязкости пренебрежимо малы
Давление	Приблизительно до 30 МПа	Приблизительно до 1 МПа (приблизительно более 0,05 МПа для вакуумных приводов)
Линия подсоединения	Напорная и сливная дополнительная линия	Только подвод давления. Возврат непосредственно в окружающую среду
Виды применения	Приводы с жесткими требованиями по нагрузке, синхронизации и позиционированию в закрытой (замкнутой) системе управления	Приводы с ограниченными требованиями по усилию, механическое позиционирование, работа в открытой системе управления

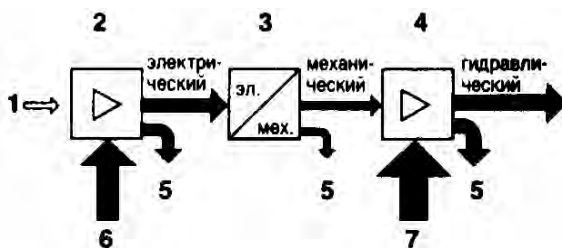


Рис. 3.12. Структура гидромеханического исполнительного механизма:
 1 – информация; 2 – транзисторный выходной каскад; 3 – соленоид управления;
 4 – гидроагрегат; 5 – потери; 6 – внешняя электроэнергия; 7 – внешняя гидроэнергия

Механизмы чаще всего строятся на принципах гидростатических преобразователей энергии. Они выполняют перемещения, преобразуя энергию давления жидкой среды в механическую работу и наоборот (рис 3.13).

В противоположность им, гидродинамические преобразователи работают по принципу преобразования энергии потока (кинетической энергии движущейся жидкости) в механическую работу.

Потери во время работы являются следствием утечек и трения. Жидкостно-тепловые потери вызываются гидродинамическим сопротивлением, при котором действие дросселя (шайбы, сужающей поток) преобразует гидравлическую энергию в тепло. Часть тепла рассеивается в окружающей среде, а некоторая его часть поглощается и уносится рабочей жидкостью.

Количество теплоты $Q_{\text{теплоты}} = Q_1 \cdot P_1 - Q_2 \cdot P_2$ (для несжимаемых жидкостей $Q_{\text{теплоты}} = Q(P_1 - P_2)$)

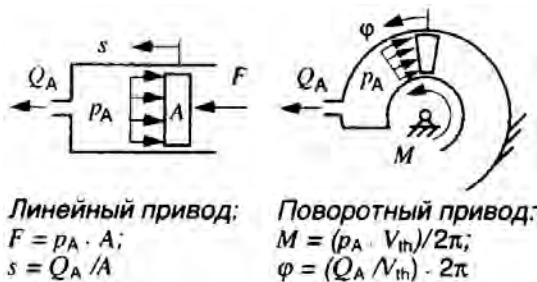


Рис. 3.13. Гидромеханический исполнительный механизм

Турбулентность возникает там, где жидкость протекает через участки ограничений для движения потока (например, через дроссели). Тогда скорость потока среды не зависит в значительной мере от вязкости. С другой стороны, вязкость не играет той роли, как при ламинарном течении в узких трубках и отверстиях.

Гидромеханические усилители управляют процессом перехода энергии из гидравлической в механическую. Регулирующий механизм должен конструироваться для управления только относитель-

но малым потоком энергии, необходимым для окончательного позиционирования клапанов.

С помощью переключающих клапанов (рис. 3.14) открывается/закрывается отверстие, управляющее потоком к/от гидромеханического преобразователя энергии. При достаточном открытии отверстия дроссельные потери остаются незначительными. Для получения возможности непрерывного управления гидромеханизмом с фактическим отсутствием потерь может использоваться модулированная продолжительность импульса открытия и закрытия. Однако в действительности флуктуации давления и механический контакт между компонентами клапана создают нежелательные шум и вибрацию.

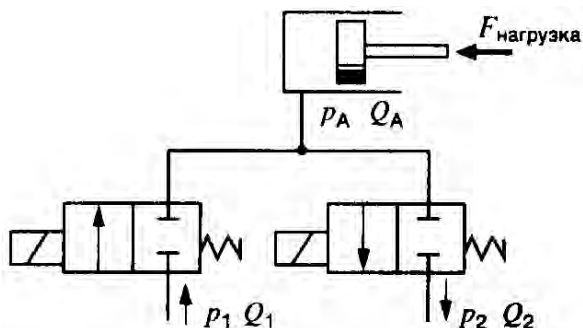


Рис. 3.14. Регулирование энергии с помощью клапанов контроля давления

Сравнительные характеристики исполнительных механизмов

Характеристики исполнительных механизмов приведены в табл. 3.3. Таблица содержит сравнительные характеристики девяти различных типов исполнительных механизмов, в том числе данные для компонентов длиной 50–100 мм и диаметром от 20 до 50 мм. Сравнения между роторными двигателями и линейными исполнительными механизмами основаны на механизме преобразования винт-гайка (шаг резьбы – 1 мм). Длина винта соответствует длине двигателя.

Рабочий диапазон (ход). Рабочим диапазоном является отношение хода к длине той части привода, где вырабатывается энергия.

Эффективный ход (70 % от длины шпинделя) принимается за диапазон хода для двигателей вращения.

Таблица 3.3

Характеристики исполнительных механизмов

Тип исполнительного механизма	Ход, %	Сдвиг, Н/мм	Скорость, м/с	Плотность управляющих сил/такт, Вт/см ³	Средняя плотность управляющих сил, мВт/см ³	Эффективность, %
Гидравлический цилиндр	30	21	0,25	9	3020	92
Пневматический цилиндр	76	1	1	3,5	1180	88
Двигатель постоянного тока	70	0,007 ²⁾	6 ³⁾	0,8	791	50
Ультразвуковой двигатель	70	0,06 ²⁾	0,35 ³⁾	0,13	133	16
Пьезоэлектрический исполнительный механизм	0,09	30	2 ⁴⁾	15,6	61	7
Сплав с памятью	4	50	0,002	0,32	53	0,3
Втягивающий электромагнит ¹⁾	0,8	2,2	0,5	8	44	5
Магнитоотрицательный исполнительный механизм	0,09	22	1,5	1,6	5,4	5
Соленоид линейного действия	21	0,1	0,16	0,12	4,1	5

¹⁾ с охлаждением топлива; ²⁾ – боковой сдвиг в зазоре ротора/зазоре трения; ³⁾ – окружная скорость ротора; ⁴⁾ – теоретический предел.

Сдвиг представляет собой линейную силу, соотнесенную с поверхностью, к которой она генерируется (поверхностью поперечного сечения пьезоэлектрических устройств, поверхностью зазора ка-

тушки, внутренней поверхностью гидроцилиндра). Сила вращения ротора и его поперечная поверхность используются для расчета бокового сдвига в электродвигателях.

Скорость определяется как отношение величины управляющего перемещения к продолжительности управляющего импульса. Для роторных двигателей – окружная скорость ротора.

Средняя плотность управляющих сил (рис. 3.15) – термически допустимая управляющая сила, отнесенная к единице объема.



Рис. 3.15. Средняя плотность управляющих сил некоторых исполнительных механизмов: 1 – гидроцилиндр; 2 – пневмоцилиндр; 3 – электродвигатель постоянного тока; 4 – ультразвуковой двигатель; 5 – пьезоэлектрический привод; 6 – проволока с памятью; 7 – клапанный соленоид; 8 – магнитоstrictionный привод; 9 – соленоид, включенный в течение 5 % времени

Плотность управляющей силы, приходящейся на такт, – это максимальная управляющая сила, создаваемая в течение одного такта и отнесенная к единице объема (рис. 3.16).

Уровень эффективности равен подводимой энергии, деленной на энергию, передаваемую исполнительному механизму, без учета потерь, связанных с действием электронных или других блоков управления. Рециркуляция энергии (в пьезоэлектрических исполнительных механизмах) не учитывается.

Гидроприводы, имеющие чрезвычайно высокие потенциальные показатели хода, сдвига и вязкости предпочтительны для продолжительных и тяжелых режимов работы.

В электродвигателях небольшие силы магнитного поля компенсируются высокими скоростями вращения, таким образом можно получить высокий уровень плотности сил при продолжительном воздействии. Несмотря на ограниченный ход пьезоэлектрические исполнительные механизмы способны создавать большие силы, поэтому они наиболее подходят для получения коротких пиков высокой энергии.

Линейные соленоиды имеют значительные тепловые потери в катушке; с охлаждением они развивают средний уровень плотности сил, сопоставимых с уровнями твердотельных исполнительных механизмов.



Рис. 3.16. Плотность управляющих сил на такт для некоторых исполнительных механизмов:

1 – гидроцилиндр; 2 – пневмоцилиндр; 3 – электродвигатель постоянного тока; 4 – ультразвуковой двигатель; 5 – пьезоэлектрический привод; 6 – проволока с памятью; 7 – клапанный соленоид; 8 – магнитострикционный привод; 9 – соленоид, включенный в течение 5 % времени

Примеры применения исполнительных механизмов в электронных системах управления автомобилем

Регуляторы частоты вращения коленчатого вала подразделяются на биметаллические клапаны дополнительного вала, поворотные электродвигатели, шаговые двигатели, регулирующие поток воздуха непосредственно и посредством поворота дроссельной заслонки.

Клапан дополнительного воздуха обеспечивает проход дополнительного количества воздуха мимо дросселя на холодном двигателе для увеличения частоты вращения во время прогрева двигателя.

Клапан установлен в воздушном тракте, параллельно корпусу дроссельной заслонки. Клапан имеет тепловой контакт с двигателем и дополнительно имеет электроподогреваемый биметаллический выключатель, отключающий клапан по достижении двигателем нормальной рабочей температуры. Конструкция клапана дополнительного воздуха представлена на рис. 3.17.

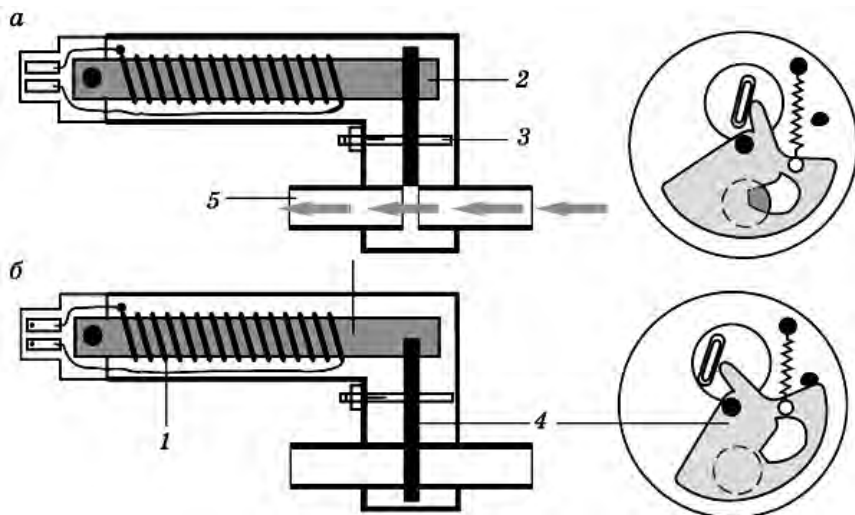


Рис. 3.17. Конструкция клапана дополнительного воздуха:

а – открытое положение клапана; *б* – закрытое положение клапана:

1 – нить нагрева; 2 – биметаллическая пластина; 3 – ось заслонки; 4 – заслонка;
5 – подача дополнительного воздуха

Электромагнитные форсунки представляет собой электромагнитные клапаны с распылителями. Они установлены на впускном коллекторе в непосредственной близости к впускным клапанам. К ним под определенным давлением подается топливо, а электрические импульсы, поступающие от блока управления, открывают и закрывают игольчатый клапан по специальной программе. Чем дольше открыта форсунка, тем больше обогащается топливная смесь. Время открытия форсунок вычисляется в зависимости от выходных сигналов датчиков. Когда блок управления включает форсунку, то клапан форсунки поднимается и открывает в направляющей пластине отверстия, через которые распыляется топливо. Коническая струя тонко распыленного топлива впрыскивается на впускной клапан. Здесь

топливо испаряется, соприкасаясь с нагретыми деталями, и в парообразном состоянии попадает в камеру сгорания, что обеспечивает образование хорошо перемешанной горючей смеси на такте впуска. Устройство форсунки впрыска представлено на рис. 3.18.

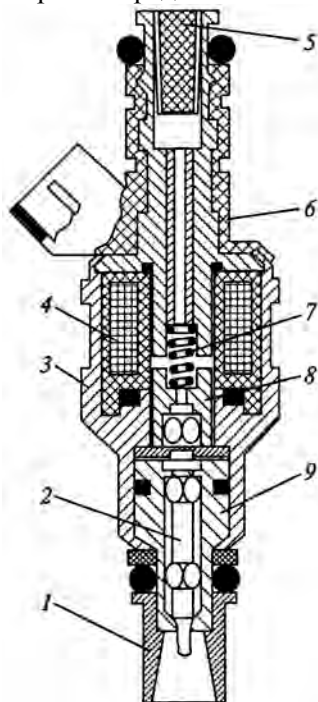


Рис. 3.18. Устройство форсунки впрыска:

1 – насадка; 2 – игла; 3, 9 – корпуса; 4 – обмотка катушки; 5 – топливный штуцер с фильтром; 6 – крышка; 7 – пружина; 8 – сердечник

В корпусе находится обмотка электромагнита и канал к игле распылителя. В обесточенном состоянии игла распылителя прижата пружиной к ее седлу. Если на электромагнит подается импульс тока, игла поднимается примерно на 0,1 мм над седлом и топливо выходит через калиброванную кольцевую щель. Для более мелкого распыливания топлива передний конец иглы, входящий в отверстие распылителя, имеет специальную коническую форму. Время открытия и закрытия форсунки находятся в диапазоне от 1 до 1,5 мс. Для обеспечения хорошего распыливания топлива с малыми потерями на кон-

денсацию, площадь контакта струи топлива со стенками впускного трубопровода должно быть минимальным. Это достигается путем подбора для каждого двигателя определенного угла впрыска и определенного расстояния от форсунки до впускного клапана. Форсунки установлены на специальных кронштейнах, положение форсунки в кронштейне задается резиновыми деталями. Достижимая таким образом теплоизоляция устраняет парообразование и способствует хорошему пуску горячего двигателя. Кроме того, благодаря резиновому кронштейну, форсунка защищена от сильной вибрации. Сопротивление обмотки форсунки при температуре 20 °С составляет 11,8 Ом.

Электрогидравлические форсунки отличаются от электромагнитных, наличием гидравлического усилителя в связи с высоким давлением в системе. Примером может служить форсунка системы впрыска Common rail (рис. 3.19).

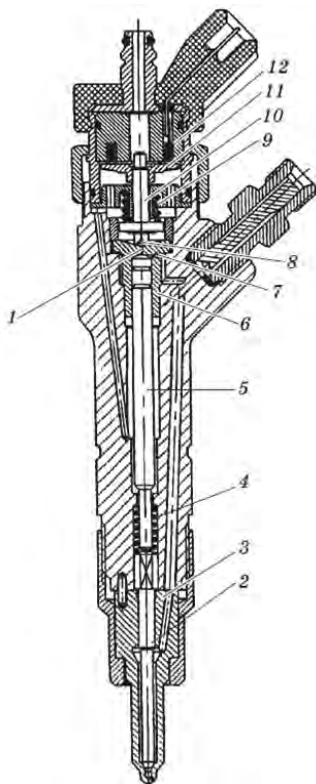


Рис. 3.19. Устройство электрогидравлической форсунки:

1 – крестообразная направляющая; 2 – игла; 3 – распылитель; 4 – пружина запания иглы; 5 – мультипликатор запания; 6 – втулка мультипликатора; 7 – жиклер камеры гидроуправления; 8 – шариковый управляющий клапан; 9 – шток; 10 – якорь; 11 – электромагнит; 12 – пружина клапана

Электрический топливный насос представляет собой шиберный насос с рабочими органами в виде роликов, приводимый в действие постоянно работающим электродвигателем. На поверхности ротора, эксцентрично расположенного в корпусе насоса, находятся металлические ролики, которые под действием центробежной силы прижимаются к корпусу насоса. Они действуют как уплотнения. В образующиеся полости между роликами поступает топливо. Электродвигатель омывается топливом. Опасность взрыва отсутствует, т. к. в корпусе двигателя и насоса нет способной к воспламенению топливовоздушной смеси. Насос подает топлива больше, чем нужно двигателю для того, чтобы мог надежно работать регулятор давления и обеспечивался бы постоянный слив топлива. Слив необходим для охлаждения элементов системы впрыска и удаления возможных загрязнений.

Конструкция топливного насоса представлена на рис. 3.20. Принцип действия насоса поясняется рис. 3.21. Вал якоря электродвигателя соединяется с ротором через пластмассовую муфту, чтобы в случае заклинивания ротора не нагревался электродвигатель (что недопустимо при подаче бензина), а ломалась бы муфта. Обратный клапан насоса предотвращает попадание топлива в бак, редукционный клапан сбрасывает излишнее давление. Электрический топливный насос установлен возле топливного бака.

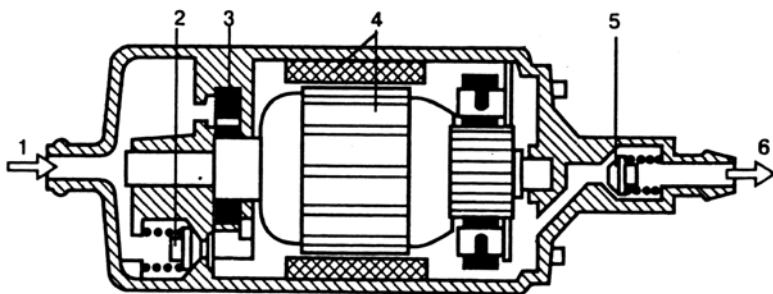


Рис. 3.20. Устройство электрического топливного насоса:
 1 – всасывающая часть; 2 – предохранительный клапан; 3 – шибберный насос; 4 – якорь двигателя; 5 – обратный клапан; 6 – нагнетательная часть

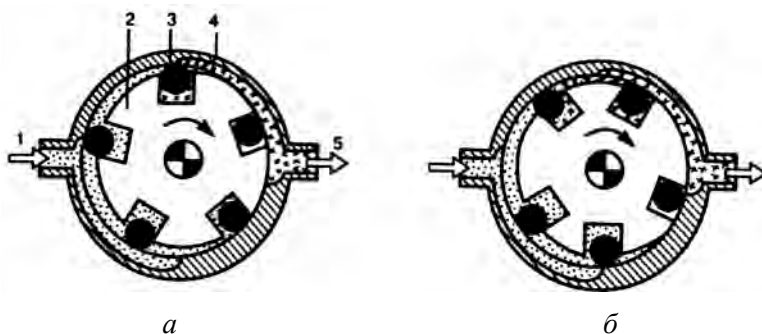


Рис. 3.21. Секция подачи топлива электрического топливного насоса в процессе нагнетания:

a – всасывание топлива: 1 – всасывающая часть; 2 – ротор; 3 – ролик; 4 – корпус насоса; 5 – нагнетательная часть; *б* – нагнетание топлива

Выполнение работы

Исполнительные механизмы проверяются путем измерения сопротивления и индуктивностей их обмоток, определением реакции на возмущающие факторы в виде величине тока и нарядения, а также методом функциональной диагностики по адекватности работы двигателя автомобиля в зависимости от заданного режима. Перед выполнением проверки необходимо ознакомиться с устройством конкретного исполнительного механизма, определить его принцип действия, назначение, функциональные параметры и параметры диагностики. Рассмотрим несколько примеров.

Проверка топливного насоса производится по величине сопротивления обмотки якоря, величине силы тока, потребляемого насосом в режиме холостого хода и при наибольшем давлении топлива. Подключение производится в соответствии с рис. 3.22.

При проверке топливного насоса по функциональным параметрам требуется измерять давление топлива и производительность в характерных условиях. Для насоса BOSCH 0 580 453 012 давление

подачи топлива должно быть не менее 3 кг/см^2 , а производительность при напряжении питания на выводах $12 \text{ В} - 500 \text{ см}^3/30 \text{ с}$.

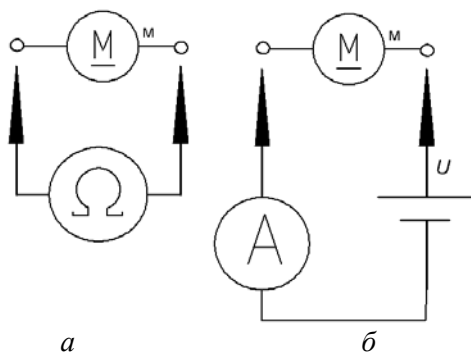
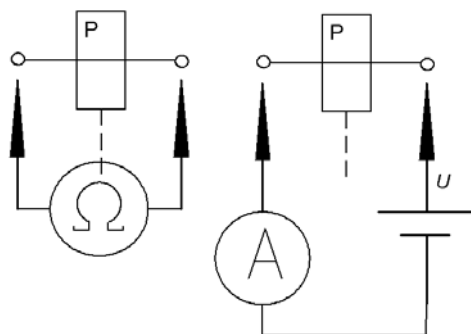


Рис. 3.22. Проверка топливных насосов:

a – по величине сопротивления; *б* – по величине силы потребляемого тока: *U* – источник питания постоянного тока с напряжением 12 В; *M* – двигатель топливного насоса

Проверка двигателей стеклоподъемников, вентиляторов, насосов различных устройств производится таким же образом, только функциональные параметры проверяются в соответствии с назначением: стеклоподъемники по выходу штока, вентиляторы по количеству продуваемого воздуха и т. д.

Проверка электромагнитных топливных форсунок производится по величине сопротивления обмотки электромагнитного клапана, величине силы тока, потребляемого в режиме открытого состояния форсунки. Подключение производится в соответствии с рис. 3.23.



*a**б*

Рис. 3.23. Проверка электромагнитных топливных форсунок:

a – проверка топливных форсунок по величине сопротивления; *б* – проверка топливных форсунок по величине силы потребляемого тока: U – источник питания постоянного тока с напряжением 12 В; P – электромагнитная топливная форсунка

Проверка пьезоэлектрических форсунок отличается от проверки электромагнитных тем, что величина напряжения питания форсунки должна составлять около 70 В, а сопротивление при проверке должно стремиться к бесконечности.

Проверка катушек зажигания производится по величине сопротивления (рис. 3.24, *a*) и по величине силы тока при подключении питания и ЭДС при разрыве питания на первичной обмотке катушки зажигания (рис 3.24, *б*).

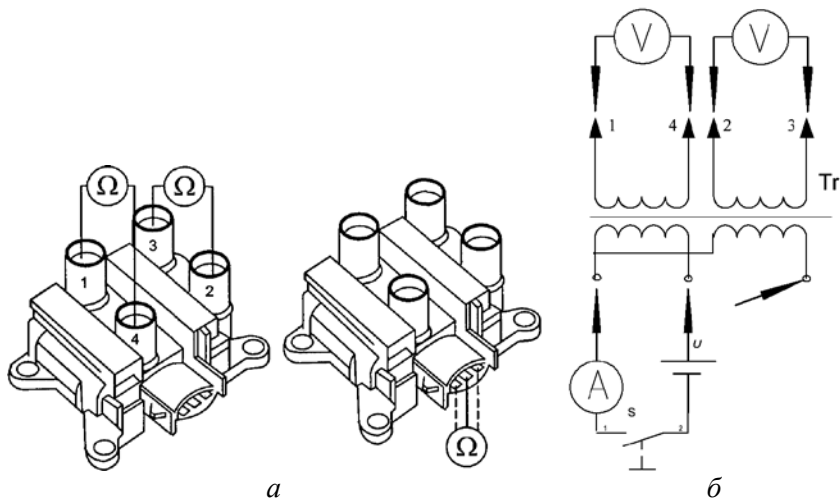


Рис. 3.24. Проверка катушек зажигания:

Tr – катушка зажигания; U – источник питания постоянного тока с напряжением 12 В; S – кнопка с нормально-разомкнутыми контактами; 1–4 высоковольтные выводы катушек зажигания

Все полученные результаты измерений заносятся в журнал наблюдений (см. табл. 2.3). По результатам измерений при необходимости строятся зависимости функции от аргумента и делается вывод по выполненной работе с внесением предложений о дальнейших действиях.

Контрольные вопросы

1. Какие проверки выполняются при поэтапном диагностировании исполнительных механизмов?
2. По каким параметрам проверяются исполнительные механизмы?
3. Какие типы исполнительных механизмов применяются в автомобилестроении и как они проверяются?
4. Какие особенности измерения силы тока исполнительных механизмов?
5. Какие особенности измерения сопротивления исполнительных механизмов?
6. Какие особенности измерения напряжения исполнительных механизмов?
7. Какие особенности проверки исполнительных механизмов с помощью цифрового осциллографа?
8. Какие особенности проверки электромагнитных исполнительных механизмов?
9. Какие особенности проверки пьезоэлектрических исполнительных механизмов?
10. Какие особенности проверки двигателей?

ЛИТЕРАТУРА

1. Литвиненко, В.В. Автомобильные датчики, реле и переключатели. Краткий справочник / В.В. Литвиненко, А.П. Майструк. – М.: КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с.: ил., табл.
2. Соснин, Д.А. Новейшие автомобильные электронные системы / Д.А. Соснин, В.Ф. Яковлев. – М.: СОЛОН – Пресс, 2005. – 240 с.: ил.
3. Голубков, Л.Н. Топливные насосы высокого давления распределительного типа / Л.Н. Голубков, А.А. Савастенко, М.В. Эмиль. – М.: Легион-Автодата, 2005. – 192 с.
4. Савич, Е.Л. Техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей / Е.Л. Савич, М.М. Болбас, В.К. Ярошевич; под общ. ред. Е.Л. Савича. – Минск: Вышэйшая школа, 2001. – 479 с.: ил.
5. Савич, Е.Л. Легковые автомобили: учебное пособие / Е.Л. Савич. – М.: Новое знание; Минск: Новое знание, 2009. – 651 с.: ил.
6. Савич, Е.Л. Топливная аппаратура легковых автомобилей. Бензин. – Минск: Автостиль, 1996. – 130 с.
7. Sensor Specifications/Europe. – Режим доступа: <http://www.launchtech.com/STS 600>.
8. Электронные системы управления автомобилем: лабораторные работы (практикум) для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» и 1-37 01 07 «Автосервис»: в 3 ч. – Ч. 1: Диагностирование электронных систем управления двигателем / сост.: Е.Л. Савич, А.С. Гурский. – Минск: БНТУ, 2007. – 80 с.
9. Тюнин, А.А. Диагностика электронных систем управления двигателем легковых автомобилей / А.А. Тюнин. – М.: СОЛОН – Пресс, 2007. – 352 с.: ил.
10. Данов, Б.А. Электронные приборы автомобилей: учебное пособие для ПТУ / Б.А. Данов, В.Д. Рогачев. – 2 изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1992. – 76 с.: ил.
11. Элементы автоматики: учебно-методическое пособие / М.Г. Киселев [и др.]. – Минск: БНТУ, 2010 – 113 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ ДАТЧИКОВ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ.	3
Лабораторная работа № 2 УСТРОЙСТВО И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.	31
Лабораторная работа № 3 УСТРОЙСТВО И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.	67
ЛИТЕРАТУРА.	90

Учебное издание

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
АВТОМОБИЛЕМ

Лабораторные работы (практикум)
для студентов специальностей
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»
и 1-37 01 07 «Автосервис»

В 3 частях

Часть 2

УСТРОЙСТВО И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ
И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ
ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Составители:

ГУРСКИЙ Александр Станиславович
САВИЧ Евгений Леонидович

Редактор Е.О. Коржуева
Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

Подписано в печать 27.04.2011.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 5,35. Уч.-изд. л. 4,18. Тираж 150. Заказ 1198.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.