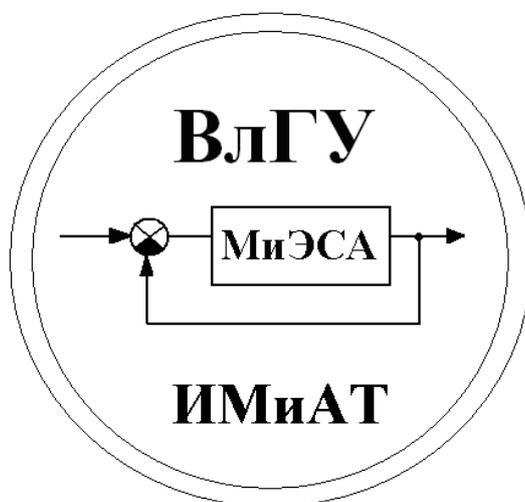


Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Кафедра «Мехатроника и электронные системы автомобилей»

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Методические указания к лабораторным работам



Владимир 2015

Рекомендовано к опубликованию
учебно-методической комиссии направления
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Одобрено кафедрой «Мехатроника и электронные системы автомобилей»
«_____» _____ 2015 г., протокол № _____

Составитель к. т. н., доцент Шарапов А.М.

В методических указаниях приведены основные теоретические понятия и описание конструкции основных электрических и электронных аппаратов, приведено описание лабораторных установок, а также методики проведения работ.

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Электрооборудование наземных транспортных средств» предназначены для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиля «Элементы и системы электрического оборудования автомобилей и тракторов».

Учебное издание

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Владимирский государственный университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

	Наименование лабораторной работы	Стр.
1.	ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОТРАКТОРНЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК.....	5
2.	ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОТРАКТОРНЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК С НЕГЕНЕРАТОРОМ ИНДУКТОРНОГО ТИПА	16
3.	ИЗУЧЕНИЕ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ.....	23
4.	ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА.....	35
5.	ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА.....	42
6.	ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБИЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ	49
7.	ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНДУКТИВНЫХ ДАТЧИКОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ	57
8.	ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФОРСУНОК ДЛЯ ВПРЫСКИВАНИЯ БЕНЗИНА	63

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОТРАКТОРНЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться с устройством и электрическими характеристиками генератора переменного тока с электромагнитным возбуждением, встроенным выпрямителем и регулятором напряжения, а также с методикой проверки генераторных установок.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Изучить назначение и устройство генераторов переменного тока с электромагнитным возбуждением.
2. Ознакомиться с электрическими характеристиками генераторов переменного тока с электромагнитным возбуждением.
3. Изучить способы проверки генераторов.
4. Изучить принцип действия и особенности работы регулятора напряжения 201.3702.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При работающем двигателе питание потребителей электрической энергии обеспечивает генератор. Генератор обеспечивает также заряд аккумуляторной батареи. В тех случаях, когда мощности генератора недостаточно для питания всех подключенных потребителей, недостающую энергию отдает батарея. Мощность генератора выбирают таким образом, чтобы не было чрезмерного разряда аккумуляторной батареи.

Обычно генераторы устанавливают в передней части двигателя на специальных кронштейнах, а привод осуществляют клиноременной передачей от коленчатого вала. Поэтому частота вращения ротора генератора пропорциональна частоте вращения коленчатого вала двигателя и изменяется в значительных пределах. Большой диапазон изменения частоты вращения генератора вызывает изменение в широких пределах его напряжения. А так как потребители рассчитаны на работу при изменении напряжения в определенных пределах и тоже требование предъявляется к напряжению заряда аккумуляторной батареи, в схемы генераторов включают устройство, обеспечивающее его стабилизацию - регулятор напряжения. Вместе генератор и регулятор напряжения образуют генераторную установку.

В качестве генераторов на современных автомобилях применяются синхронные машины переменного тока с электромагнитным возбуждением. Так как для питания и, в особенности для заряда аккумуляторной батареи необходим постоянный ток, в генераторы встраивают выпрямители выполненные на полупроводниковых диодах.

Достоинство генераторов переменного тока по сравнению с генераторами постоянного тока: расширение рабочего диапазона частот вращения, большой срок службы, меньшая масса при той же отдаваемой мощности, уменьшение трудоемкости технического обслуживания. Генераторы постоянного тока необходимо было защищать от перегрузки и разряда аккумуляторной батареи через его обмотки, для чего устанавливались ограничитель тока и реле обратного тока. Генераторы переменного тока обладают свойством самоограничения максимальной силы тока, а встроенный выпрямитель препятствует разряду батареи через его обмотки.

Напряжение генераторной установки выбирают исходя из того, чтобы не было перезаряда и повышенного разряда аккумуляторной батареи. На величину напряжения, удовлетворяющим данным требованиям, оказывают влияние климатические условия и режимы эксплуатации автомобиля, а также место установки аккумуляторной батареи.

Поэтому диапазон изменения напряжения генераторных установок находится в пределах $13,3 \div 15,5$ В при номинальном напряжении питания потребителей 12 В. В схемах с номинальным напряжением 24 В напряжение генератора в два раза больше.

Конструкция генератора. Основными узлами генератора являются ротор, статор, выпрямительное устройство и щеточный узел.

Ротор генератора (рис. 1а) содержит обмотку возбуждения 7. Она выполнена в виде круглой катушки, намотанной на втулку. Катушка установлена на валу 8 ротора и зажата между двумя клювообразными половинами 5 и 6 сердечника ротора. Половины напрессованы на вал ротора. Такой сердечник называют сердечником с явно выраженными полюсами. Клювы одной половины северный полюс магнита, а клювы другой половины - южный. Концы обмотки возбуждения 7 выведены на контактные кольца 4, по которым при вращении ротора скользят щетки 3 щеткодержателя 2. Обычно одна из щеток соединяется с выводом 1, через который подается питание обмотки возбуждения, а другая щетка соединена с корпусом генератора. Есть генераторы, у которых обе щетки соединены с изолированными проводами.

Статор генератора состоит из сердечника 9, набираемого из изолированных листов магнитомягкой электротехнической стали, и обмотки 12. Внутренняя поверхность сердечника статора имеет равномерно расположенные по окружности зубцы 11. Количество пазов кратно трем. В пазах между зубцами укладываются витки катушек обмотки 12 статора. Изоляция катушек от сердечника осуществляется электротехническим картоном и пропиткой статора в сборе изоляционным лаком. Каждая из трех фаз обмотки статора содержит одинаковое число последовательно соединенных катушек. Этим объясняется кратность числа пазов и катушек

трех. Три вывода 10 обмотки статора присоединяются к выпрямительному устройству.

Магнитная цепь генератора образуется стальной втулкой 17, на которой расположена обмотка возбуждения, двумя половинами сердечника ротора, клювы которых образуют полюсные наконечники, и зубцами сердечника статора.

Обмотка возбуждения генератора получает питание от генератора или аккумуляторной батареи. Небольшой постоянный ток, поступающий в обмотку возбуждения через щетки и контактные кольца, вызывает появление магнитного потока (линии 18). Магнитный поток в осевом направлении проходит через втулку 17, затем в радиальном направлении по левой половине сердечника ротора и его полюсному наконечнику (клюву) а через воздушный зазор в сердечник 9 статора. Выйдя из сердечника статора, магнитный поток через воздушный зазор и полюсный наконечник правой половины 6 сердечника ротора замыкается через втулку 17. Так как полюсные наконечники левой и правой половины сердечника ротора смещены в пространстве, происходит соответствующее смещение магнитного потока. Поэтому, входя в статор через один зубец, из статора магнитный поток выходит через другой зубец. При этом пересекает катушки статора. При вращении ротора под каждым зубцом происходит постоянное чередование северного и южного полюсов ротора приводящее к изменению пересекающего катушки статора магнитного потока по величине и направлению. В результате в фазных обмотках наводится переменная ЭДС, имеющая форму синусоиды, которая выпрямительным устройством преобразуется в постоянную ЭДС.

Выпрямительное устройство современных генераторов типа ВПВ (рис. 1г) состоит из шины 14, в которую запрессованы диоды 13 обратной проводимости, и шины 15, в которую запрессованы диоды 16 прямой проводимости. У диодов прямой проводимости отрицательный вывод, а у диодов обратной проводимости положительный вывод припаиваются непосредственно к корпусу диода. Поэтому шина 15 служит положительным, а шины 14 отрицательным выводом выпрямительного устройства и, следовательно, генератора. Положительный вывод каждого отрицательного диода соединяется с отрицательным выводом одного из положительных диодов и выводом одной фазы статора.

Характеристики генераторов. На автомобилях генераторы работают в условиях постоянно изменяющихся частоты вращения и тока нагрузки. При этом должно обеспечиваться в определенных пределах постоянство напряжения генератора.

Генераторы характеризуются прежде всего номинальными напряжением U_n , током I_n , мощностью P , максимальной частотой вращения ротора.

Номинальное напряжение генераторов, работающих в схемах электрооборудования с номинальным напряжением 12 В.

Номинальный ток генератора - это максимальный ток нагрузки, который может генератор при частоте вращения ротора 5000 1/мин. и номинальном напряжении. Значения номинального напряжения и тока наносятся на крышке генератора.

Номинальная мощность определяется как произведение номинального напряжения на номинальный ток. Мощность ограничивается нагревом обмоток, которые при работе не должны превышать опасной для генератора величины.

Максимальная частота вращения ротора ограничивается механической прочностью.

Энергетические возможности генераторов определяются токо – скоростной характеристикой. Это зависимость тока I , отдаваемого генератором от частоты вращения ротора. Характеристика определяется при номинальном напряжении генератора и постоянном, обычно номинальном, напряжении на обмотке возбуждения.

Эта характеристика чрезвычайно важна, так как она показывает возможности генератора при различной частоте вращения ротора. Без нагрузки напряжение генератора достигает номинальной величины при частоте вращения n_0 , которая у различных генераторов колеблется от 900 до 1200 мин⁻¹.

Кривая $I = f(n)$ имеет характерную форму кривой насыщения, когда при больших частотах вращения значения тока асимптотически приближаются к какому - то постоянному значению, Форма кривой $I = f(n)$ свидетельствует о способности генераторов к самоограничению силы тока. Это происходит по двум основным причинам: вследствие увеличения реакции якоря с увеличением нагрузки и увеличения полного сопротивления обмотки статора при увеличении частоты вращения ротора.

При протекании по обмотке статора тока возникает магнитное поле статора, которое направлено против основного магнитного поля ротора и размагничивает его. При увеличении тока нагрузки возрастает ток обмотки статора, усиливается его магнитное поле, что приводит к увеличению размагничивания магнитного поля ротора. В результате в катушках статора наводится меньшая по величине ЭДС и ограничивается максимальная сила тока, отдаваемого генератором.

Полное сопротивление Z обмотки статора, по которой протекает переменный ток, складывается из активного R и индуктивного X_l сопротивлений.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_l^2}.$$

Активное сопротивление обмотки статора зависит только от температуры. С увеличением температуры оно повышается. Поэтому с увеличением температуры ток отдачи генератора несколько понижается. Индуктивное сопротивление $X_L = \omega L$, а так как частота переменного тока в обмотке статора связана с частотой вращения ротора n выражением $f = n/30$. Полученное выражение показывает линейное возрастание индуктивного сопротивления с увеличением частоты вращения ротора. Таким образом, полное сопротивление возрастает с увеличением частоты вращения ротора. Это приводит к увеличению сопротивления всей цепи и при условии поддержания на генераторе номинального напряжения препятствует нарастанию тока генератора с увеличением частоты вращения ротора.

Основные точки характеристики определяют:

- частота вращения n_0 , называемая начальной частотой вращения ротора без нагрузки;
- частота n_n , называемая начальной частотой вращения ротора под нагрузкой I_n ,

частота вращения 5000 мин^{-1} при максимальной нагрузке генератора I_{max} .

Начальная частота вращения нормируется техническими требованиями на конкретные типы генераторов. Задается она для двух состояний генератора: холодного и горячего. Температура генератора в холодном состоянии должна быть в пределах $15 - 35 \text{ C}$. Горячее состояние соответствует установившейся температуре генератора, работающего в режиме номинальной мощности.

Указанные характеристики могут задаваться для двух вариантов питания обмотки возбуждения: при питании обмотки возбуждения собственно напряжением генератора (самовозбуждение) и при питании от постороннего источника питания (независимое возбуждение). Ток, отдаваемый генератором при самовозбуждении, будет меньше тока, отдаваемого генератором при независимом возбуждении, так как в первом случае часть его идет на питание обмотки возбуждения.

Характеристики начала отдачи тока генератора без встроенных регуляторов напряжения задаются при напряжении питания обмотки возбуждения, равном номинальному, как при независимом возбуждении, так и при самовозбуждении. Наличие встроенного регулятора напряжения обуславливает необходимость подачи такого напряжения, при котором регулятор еще не вступает в работу. Поэтому питание обмотки возбуждения генераторов с встроенными регуляторами напряжения осуществляется при 13 В и характеристики генераторов с самовозбуждением задаются так же при напряжении на их выводах 13 В .

Регулирование напряжения генератора. Как уже было сказано, в генераторах необходимо поддерживание напряжения генератора в определенных пределах, и эти функции выполняют регуляторы напряжения, включенные в цепь обмотки возбуждения генератора.

Напряжение генератора переменного тока U_{Γ} со встроенным выпрямительным блоком можно выразить зависимостью

$$U_{\Gamma} = E_{\Gamma} - U_0 - Z * I_{\Gamma} = c_n \Phi - U_0 - Z * I_{\Gamma},$$

где $E_{\Gamma} = c_n \Phi$ - ЭДС генератора; c_n - постоянный коэффициент генератора; n - частота вращения ротора; Φ - магнитный поток; U_0 - падение напряжения на выпрямительном устройстве; Z - полное сопротивление обмотки статора; I_{Γ} - ток генератора (среднее значение выпрямительного тока).

Без учета остаточного магнитного потока полюсов ротора магнитный поток генератора выражается зависимостью

$$\Phi = I_B / (a + b * I_B),$$

где I_B - ток возбуждения; a и b - постоянные коэффициенты, зависящие от конструкции генератора и применяемых магнитных материалов.

Подставляя последнюю зависимость в выражении для напряжения генератора, получим:

$$U_{\Gamma} = c_n I_B (a + b * I_B) - U_0 - Z * I_{\Gamma}.$$

Из полученной зависимости ясно, что постоянства напряжения генераторов при изменении частоты вращения и нагрузки можно добиться, изменяя силу тока возбуждения. Повышение частоты вращения должно сопровождаться уменьшением тока возбуждения, а увеличение нагрузки - увеличением тока возбуждения (рис. 3).

На автомобилях для регулирования напряжения генераторов применяются регуляторы напряжения дискретного типа. В основу работы этих регуляторов положен принцип действия различного рода электронных реле.

Рассмотрим работу регулятора на примере простейшего регулятора напряжения .

Электрическая схема его показана на рис. 1.

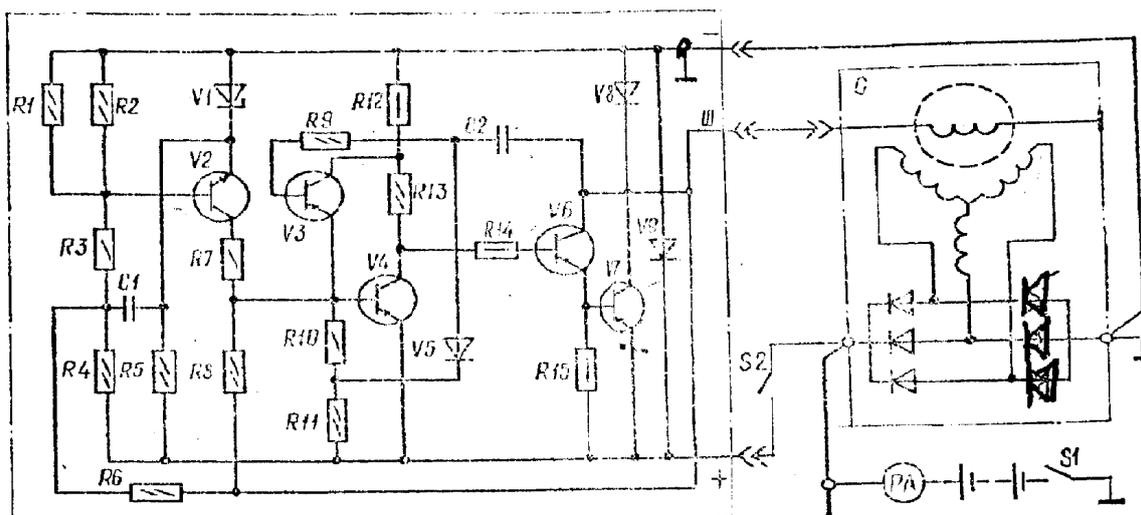


Рис. 1. Принципиальная схема регулятора напряжения модели 201.3702

Работает регулятор следующим образом. При замкнутых контактах выключателя зажигания S2 (рис. 1) и массы S1, напряжение подается к клеммам регулятора "плюс" и "минус". Входной делитель (R1, R2, R3, R4) рассчитан таким образом, чтобы напряжение аккумуляторной батареи было недостаточно для открывания транзистора V2.

Транзистор V4 находится также в закрытом состоянии, а транзисторы V6, V7 открываются током, протекающим по цепи: плюсовая клемма аккумуляторной батареи, указатель тока, выключатель S2, плюсовая клемма регулятора, эмиттер - база транзистор V6, резистор R14, R13, R12, клемма "минус" регулятора, корпус автомобиля, клемма "минус" аккумуляторной батареи. При этом разность потенциалов на обкладках конденсатора C2 близка к нулю, а тока в его цепи нет. Благодаря этому закрыт транзистор V3 защиты вывода "Ш" от короткого замыкания с массой. В этом случае по цепи обмотки возбуждения генератора протекает ток, ограничиваемый только активным сопротивлением обмотки возбуждения и падением напряжения на переходах коллектор - эмиттер насыщенного транзистора V7.

Когда двигатель запущен и повышается частота вращения ротора генератора, уровень напряжения на клеммах "плюс" и "минус" генераторной установки начинает возрастать. В этом случае повышается напряжение, приложенное к входному делителю (R1, R2, R3, R4). Когда достигает необходимой величины, открываются транзисторы V2 и V4.

Напряжение на переходах коллектор - эмиттер транзистора V4 резко уменьшается, транзисторы V6 и V7 закрываются. Вследствие этого на переходах коллектор - эмиттер транзистора V7 протекает ток по цепи

конденсатор C2, резистор R9, база - эмиттер транзистора V3. Этот ток открывает транзистор защиты и обеспечивает форсированное открытие управляющего и запирающие силовых транзисторов. Ток в цепи обмотки возбуждения уменьшается, а значит, уменьшается и напряжение тока, вырабатываемого генератором.

Когда регулируемое напряжение снизится до уровня, при котором закрывается транзистор V2, закрывается и управляющий транзистор V4, а транзисторы V6 и V7 открываются. В этот момент транзистор защиты V3 закрывается, а конденсатор C2 разряжается по цепи: диод V5, ограничительный резистор R11, переходы коллектор - эмиттер силового транзистора V7. К базе управляющего транзистора V4 через резистор R10 прикладывается положительный потенциал, форсирующий процесс отпирания силового транзистора V7.

Далее процесс регулирования напряжения протекает аналогично описанному выше. В результате величина напряжения автоматически поддерживается на заданном уровне. Чтобы снизить влияние пульсаций напряжения электрического тока, вырабатываемого генератором, на уровень регулируемого напряжения между соединением резисторов R3, R4 и эмиттером измерительного транзистора V2 включен конденсатор C1. Резистор R6 предназначен для повышения частоты переключений регулятора.

В случае короткого замыкания в обмотке возбуждения транзисторы V3, V4, V6 и V7 образуют релаксационный генератор. Автоколебания, формируемые этим генератором, возникают следующим образом. При открытом транзисторе V7 и замкнутой обмотке возбуждения в первоначальный момент времени ток в цепи транзистора V7 ограничивается индуктивным сопротивлением присоединительных проводов. В дальнейшем работа транзистора V7 переходит в линейный режим усиления в связи, с чем напряжение на его переходах коллектор - эмиттер начинает возрастать, а в цепи "конденсатор C2, резистор R9, переход база - эмиттер транзистора V3 возникает ток, открывающий транзисторы V3 и V4. Силовой транзистор V7 при этом закрывается.

В таком состоянии цепь находится некоторое время. После завершения заряда конденсатора C2 транзисторы V3 и V4 закрываются, а силовой транзистор V7 открывается. При этом конденсатор C2 быстро разряжается через диод V5, резистор R11 и открытый транзистор V5.

Далее процесс протекает аналогично описанному выше. В режиме устойчивых автоколебаний через силовой транзистор V7 протекает импульсный ток, незначительным средним значением которого можно пренебречь, если номинальное значение резистора R9 значительно больше значения резистора R11. После устранения короткого замыкания обмотки возбуждения регулятор включается в работу автоматически.

Во время эксплуатации регулятор напряжения не требует каких либо регулировок. Поэтому вскрывать его не рекомендуется.

Запрещается даже кратковременно замыкать выводы регулятора и генератора между собой и на корпус ("проба на искру"). Недопустимо также неправильно присоединять провода к выводам и подключать с обратной полярностью аккумуляторную батарею или другой посторонний источник электроэнергии, проверять исправность схемы регулятора напряжения при помощи мегомметра.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Необходимые приборы и приспособления:

- контрольно - испытательный стенд 2214;
- амперметр 5 А;
- генераторная установка переменного тока, включающая генератор, встроенный выпрямитель и регулятор напряжения;
- муфты переходные;

Описание установки.

Стенд состоит из основания с рабочим столом и панели приборов. В основании расположены датчики тахометра и динамометра, выключатели стартера и электродвигателя по коллектору, что обеспечивает плавное изменение частоты вращения приводного вала в пределах 0 - 5000 мин⁻¹ на первой и 0 - 10000 мин⁻¹ на второй передачах.

Соединение проверяемого генератора с приводным валом стенда осуществляется с помощью сменных переходных муфт. Проверяемые генератор и стартер крепятся в зажиме.

На панели приборов установлены узел амперметра, узел вольтметра, узел омметра, панели выводов и др.

Узел амперметра включает в себя амперметр, переключатель диапазонов и два шунта на 20 А и 50 А. Узел вольтметра включает вольтметр, переключатель диапазонов и добавочное сопротивление.

Нагрузочное сопротивление представляет собой реостат ползункового типа, для включения реостата необходимо повернуть его рукоятку против часовой стрелки до упора.

Узел омметр - тахометра включает в себя указательный прибор и схемы омметра и тахометра.

Двух предельный омметр собран по схеме неуравновешенного моста, разорванного сопротивлениями, в диагональ которого включен указательный прибор. Полупроводниковый диод служит для ограничения обратного тока в цепи прибора. Переключение омметра с предела 0 - 200 Ом осуществляется включением добавочных сопротивлений переключателем.

Установка нуля омметра производится сопротивлением при короткозамкнутой внешней цепи. Подключение проверяемого сопротивления производится через розетку.

Тахометр электроимпульсного типа служит для измерения частоты вращения приводного вала стенда. Работа тахометра происходит следующим образом: конденсатор заряжается от источника постоянного напряжения 12 В. Когда выступ правого конца датчика тахометра замкнет цепь между щетками / Е- В /. При дальнейшем повороте приводного вала стенда, выступ левого кольца замкнет щетки /А - Б/ и конденсатор будет разряжаться через указательный прибор, который показывает среднее значение тока в цепи, пропорциональное частоте вращения приводного вала стенда. Конденсатор служит для сглаживания пульсации тока. Установка нуля тахометра производится переменным сопротивлением. При работе привода на первой передаче 0 - 5000 мин⁻¹. при установке нуля необходимо стрелку совместить с красной риской в конце шкалы. При работе на второй передаче 0 - 10000 мин⁻¹. стрелку необходимо совместить с красной риской в середине шкалы, а показания указательного прибора удваивать.

Порядок выполнения работы

Исходное положение рукояток стенда и используемого оборудования:

- установить генератор на стенд. При этом необходимо соблюдать соосность генератора и муфты стенда;
- включить выносной источник постоянного напряжения 12 В, блок выпрямителей. При этом на стенде загорится лампа "12 В";
- установить переключатель "вид проверки в положение "С реле регулятором";
- установить переключатель "режим работы " в положение "генератор";
- установить переключатель нагрузки в положение "Выкл.";
- подключить жгутом клеммы генератора к колодке "Генератор", причем клемму "М" генератора к клемме "М" колодки, клемму "В" генератора к клемме "Я" колодки, клемму "Ш" генератора к клемме "минус" амперметра. Плюсовую клемму соединить с нагрузочным реостатом, другая клемма которого подключена к клемме "Ш" колодки;
- подключить реле - регулятор к колодке "Реле - регулятор", причем клемму "Ш" реле - регулятора с клеммой "Ш" колодки, клемму "ВЗ" регулятора с клеммой "Я" колодки. Клемма "Я" колодки соединяется перемычкой с клеммой "Б";
- установить переключатель "Омметр - тахометр" в положение "Уст. 0" и ручкой "Установка нуля" выставить стрелку измерительного прибора на красную правую крайнюю риску. Установит переключатель "Омметр - тахометр" в положение "Изм".

3.3.2. Снять зависимость выходного напряжения $U_{\text{вых}}$, тока возбуждения I_2 и напряжения на обмотке возбуждения $U_{\text{возб}}$ от частоты вращения n при точках нагрузки 0, 10 и 15 А для чего:

- включить напряжение 220 В на исследовательском стенде нажатием кнопки "Включено" автомата;
- включить выключатель 220 В на стенде;
- рукояткой "Обороты двигателя" установить частоту вращения $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$, напряжение вращения вала генератора против часовой стрелки, если смотреть на стенд;
- меняя частоту вращения от $n = 100 \text{ мин}^{-1}$ до $n = 4000 \text{ мин}^{-1}$ снять показания приборов $U_{\text{вых}}$, $I_{\text{возб}}$, $U_{\text{возб}}$;
- выключить выключатель "220 В" стенда;
- установить переключатель "Нагрузка", в положение "Включено";
- включить выключатель "220 В" стенда;
- рукояткой "Оборота двигателя" установить частоту вращения $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$;
- рукояткой "Нагрузка", расположенной на левой боковине стенда установить ток нагрузки $I_n = 10 \text{ А}$;
- меняя частоту вращения от $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ до $n = 4500 \text{ мин}^{-1}$ при $I_n = 10 \text{ А}$ снять показания приборов $U_{\text{вых}}$, $I_{\text{возб}}$, $U_{\text{возб}}$;
- провести исследование генератора, аналогичное приведенному выше при $I_n = 15 \text{ А}$ и $n = 1800 - 4500 \text{ мин}^{-1}$;
- выключить выключатель "220 В" стенда от напряжения на исследовательском стенде. Результаты эксперимента свести в таб. 1;
- привести график зависимости $I_2 = f(n)$, $U_{\text{возб}} = f(n)$, $U_{\text{вых}} = f(n)$;

3.3.3. Определить начальные частоты вращения при токах 0 А, 10 А, 15 А по результатам п. 3.3.2.

3.3.4. Определить максимальную и минимальную величину тока возбуждения по результатам п.3.3.2.

Таблица 1.

Частота вращения, мин^{-1}	Ток нагрузки, А								
	I = 0			I = 10			I = 15		
	$U_{\text{вых}}$	I_2	$U_{\text{возб}}$	$U_{\text{вых}}$	I_2	$U_{\text{возб}}$	$U_{\text{вых}}$	I_2	$U_{\text{возб}}$

3.3.5. Произвести экспоненциальную аппроксимацию результатов экспериментов.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете по результатам лабораторной работы необходимо привести следующие данные:

- наименование и цель работы.
- схема испытаний.
- краткое содержание работы.
- опытные данные, сведенные в таблицы.
- заключения и выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Устройство генератора переменного тока с электромагнитным возбуждением.
2. Объясните полученные характеристики.
3. Принцип действия и конструкция стенда Э-250.

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОТРАКТОРНЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК С НЕГЕНЕРАТОРОМ ИНДУКТОРНОГО ТИПА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

- изучение устройства, принципа действия, и конструкции вентильного генератора индукторного типа:
- изучение характеристики вентильного генератора индукторного типа и способы определения технического состояния генератора.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Определить тип, назначение, условные обозначения и основные параметры вентильного генератора.
 2. Изучить устройство вентильного генератора.
 3. Ознакомиться и подготовить к работе испытательный стенд.
 4. Собрать схему для снятия характеристик генератора.
 5. Снять характеристику режима холостого хода генератора.
 6. Снять токоскоростную характеристику.
 7. Сделать выводы о техническом состоянии испытуемого генератора.
- 1.3. Время работы - 2 часа для студентов всех форм обучения.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Вентильный генератор индукторного типа относится к бесконтактным электрическим машинам и устанавливается на тракторах и автомобилях с особо тяжелыми условиями эксплуатации. Обычно вентильный генератор индукторного типа представляет собой электрическую машину переменного тока с односторонним электровозбуждением и встроенным выпрямителем.

Основными узлами такого генератора являются ротор, статор, задняя крышка, средняя крышка с обмоткой возбуждения, выпрямитель и шкив-вентилятор. Ротор представляет собой вал, на котором закреплен пакет из листов электротехнической стали.

Пакет образует полюсную систему и имеет форму многолучевой звездочки. Число зубцов пакета ротора Z_2 определяет число пар и полюсов, т.е. $Z_2=P$. Статор представляет собой пакет, набранный из пластин электротехнической стали. В пазы статора уложена обмотка статора. В вентильных генераторах индукторного типа применяют трехфазную, пятифазную и семифазную обмотки.

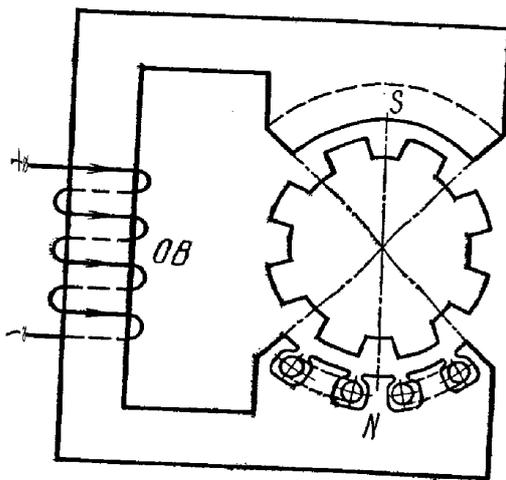


Рис. 2. Электромагнит с вращающимся ротором

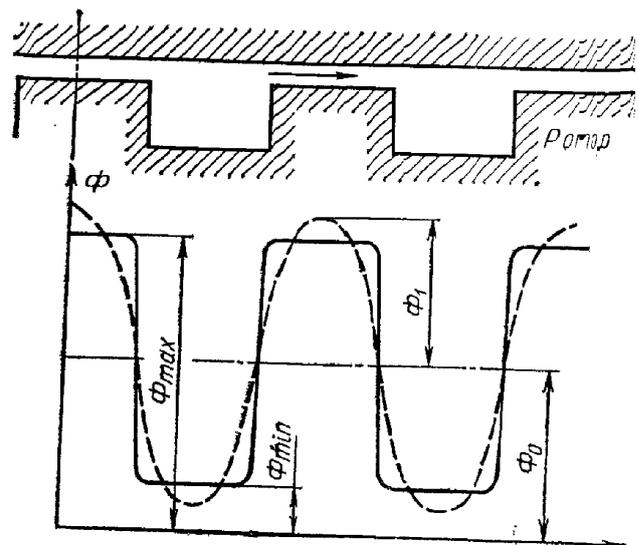


Рис. 3. Распределение магнитного потока в зазоре индукторной машины

Число пазов на полюс и фазу для индукторных генераторов

$$Q = Z_1 / (2 Z_2 m),$$

где Z_1 - число зубцов статора; Z_2 - число зубцов ротора; m - число фаз.

Обмотка фазы статора (якоря) обычно состоит из нескольких катушек. Каждая катушка имеет определенное число витков W_k . Катушки могут быть включены последовательно, параллельно или смешанно. Фазы обмоток могут быть соединены в многоугольник (треугольник) или многолучевую звезду. Передняя крышка имеет форму цилиндрической чашки, ко дну которой прикреплены лапы. В крышке обычно размещены втулка с фланцем и обмотка возбуждения. Следует отметить, что передняя крышка, втулка, фланец являются частью магнитопровода генератора. В передней крышке установлен подшипник, наружное кольцо которого жестко закреплено фланцем втулки обмотки возбуждения и корпусом выпрямителя, а внутреннее кольцо - втулкой вала и ступицей шкива. На передней крышке крепится и выпрямитель в сборе. Заднюю крышку изготавливают из ферромагнитного материала (алюминиевого сплава). На торцевой части крышки размещают клеммовые колодки. Шкив - вентилятор состоит из шкива и прикрепленной к нему винтами крыльчатки осевого вентилятора. Особенность вентильного генератора индукторного типа заключается в том, что при вращении ротора воздушный зазор относительно рассматриваемой точки статора изменяется от минимального значения (когда над этой точкой расположен зубец ротора) до максимального значения (когда над той же точкой оказывается впадина ротора - паз). В результате изменяется проводимость в воздушном зазоре. Магнитная проводимость в воздушном зазоре обычно имеет несинусоидальный характер, а следовательно и несинусоидальную ЭДС в обмотке якоря. В ЭДС обмотки якоря ярко выражены нечетные гармонические составляющие, которые возникают при изменении магнитной проводимости. Если принять закон изменения переменной составляющей магнитного потока косинусоидальным

$$\Phi_1(\omega t) = 0,5(\Phi_{\max} - \Phi_{\min})\cos \omega t,$$

то мгновенные и действующие значения первой гармонической составляющей ЭДС

$$e_1 = w_k Z_k \frac{d\Phi_1}{dt} = 0,5 w_k Z_k \omega (\Phi_{\max} - \Phi_{\min}) \sin \omega t,$$

$$E_1 = \frac{w_k Z_k \omega}{\sqrt{8}} (\Phi_{\max} - \Phi_{\min}),$$

где w_k - число витков катушки на зубце статора; Z_k - число катушек фаз.

Для вентильного генератора индукторного типа

$$\omega = 2 \pi f = 2 \pi (Z_2 n / 60)$$

Следовательно, действующее значение первой гармонической составляющей ЭДС

$$E_1 = 2,22 (Z_2 n / 60) W_k Z_k (\Phi_{\max} - \Phi_{\min}).$$

В вентильных генераторах применяются трехфазные, пятифазные и семифазные обмотки. Поэтому и выпрямители применяются трехфазные,

пятифазные и семифазные. Кроме того обмотки статора могут быть соединены в звезду и многоугольник. Поэтому среднее значение выпрямленного напряжения относительно первой гармонической составляющей можно выразить следующим образом:

$$Vd = 2,22 K_{\text{вып}} (Z_2 / 60) W_k Z_k n (\Phi_{\text{max}} - \Phi_{\text{min}}), \text{ где}$$

$$K_{\text{вып}} = \frac{4\sqrt{2}}{\pi} m \sin \frac{\pi}{2m} \sin \frac{(m-1)\pi}{2m}$$

- коэффициент выпрямления при соединении обмоток статора в звезду и нечетном числе фаз m ; $K_{\text{вып}} = m\sqrt{2}/\pi$ - коэффициент выпрямления при соединении обмоток статора в многоугольник и любом числе фаз m . Для данного генератора $2,22 K_{\text{вып}} (Z_2 / 60) W_k Z_1 = C_e = \text{const}$. Поэтому при режиме холостого хода с учетом падения напряжения на диодах выпрямителя

$$Vd = C_e n (\Phi_{\text{max}} - \Phi_{\text{min}}) - 2 V_{\text{ср}}$$

Если обозначить $\Phi_{\text{max}} - \Phi_{\text{min}} = \Phi$, то характеристику холостого хода можно выразить уравнением

$$Vd = C_e n \Phi - 2 V_{\text{ср}},$$

т.е. характеристика холостого хода вентильного генератора индукторного типа (рис.) аналогична соответствующей характеристике вентильного генератора с клювообразным ротором. Если известна характеристика холостого хода при одной частоте вращения, то можно построить эту характеристику и при любой другой частоте вращения. Магнитный поток можно выразить через силу тока, т.е.

$$\Phi = I_e / (a + b * I_e).$$

Следует отметить, что связь между силой тока возбуждения и потоком в индуктивном генераторе несколько отличается, т.к. приращение Ib вызывает неодинаковые приращения Φ_{max} и Φ_{min} . Поэтому возможны случаи, когда увеличение силы тока возбуждения может привести к уменьшению потока Φ . Вентильному генератору индукторного типа присущи особенности, которые необходимо учитывать при построении его характеристики. В первом приближении характеристику вентильного генератора индукторного типа можно выразить таким же уравнением, как и для вентильного генератора с клювообразным ротором, т. е.

$$Vd = C_e n \Phi - 2 V_{\text{ср}} - V_{\text{экв}} Id$$

Токоскоростная характеристика вентильного генератора индукторного типа имеет такой же вид, как и для вентильного генератора с клювообразным ротором (см.). Если из начала координат токоскоростной характеристики провести касательную к этой характеристике, то проекция точки касания на

ось абсцисс n определит расчетную силу тока I_d и частоту вращения n_p .

$$I_d = \frac{2I_{cp}}{\sqrt{1-1/m_2}}.$$

Следует иметь в виду, что среднее значение силы выпрямленного тока при соединении фаз в многоугольник и нечетном числе фаз.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Необходимые приборы и приспособления

- Вентильный генератор индукторного типа.
- Электрическая схема генератора.
- Испытательный стенд.
- Плакат принципиальной схемы для снятия характеристик.
- Реостат сопротивлением 30 Ом и амперметр магнитоэлектрический с пределом измерений 0 - 5 А.

При подготовке стенда к проведению лабораторной работы осуществить следующие операции.

1. Подготовить генератор; для этого проверить и при необходимости подтянуть стяжные шпильки, гайку крепления шкива вентилятора.

От руки повернуть ротор и убедиться в исправности генератора. Проверить качество контактных соединений и при необходимости зачистить их.

2. Проверить состояние аккумуляторных батарей.

3. Установить генератор испытательном стенде.

4. Все рукоятки управления стендом и выключателем установить в исходное положение. Маховик управления частотой вращения повернуть против часовой стрелки до упора.

Исходное положение ручек стенда:

- переключатель вольтметра → «РОН 40 В»;
- переключатель амперметра → «ГЕН 50»;
- переключатель нагрузки → «40 А»;
- переключатель «С реле – Без реле» → «без реле»;
- Переключатель «Омметр – тахометр» → «изм»;
- Переключатель напряжения → «12 В»;
- Переключатель сети → в нижнем положении;
- Рукоятка реостата → в крайнее правое положение;
- Клемма «+» генератора соединить с клеммой «Я» на правой панели стенда.

5. Собрать схему (рис. 4) для снятия характеристик генератора. Движки регулировочных резисторов (R1 и R0) установить в положение, при котором сопротивление будет иметь максимальное значение.

6. Подготовить тахометр стенда к работе. Установить переключатель "Омметр-тахометр" в положение "Установка нуля" и с помощью потенциометра установить стрелку указателя тахометра в нулевое положение (в конце шкалы). Затем переключатель "Омметр - тахометр" установить в положение "Изм".

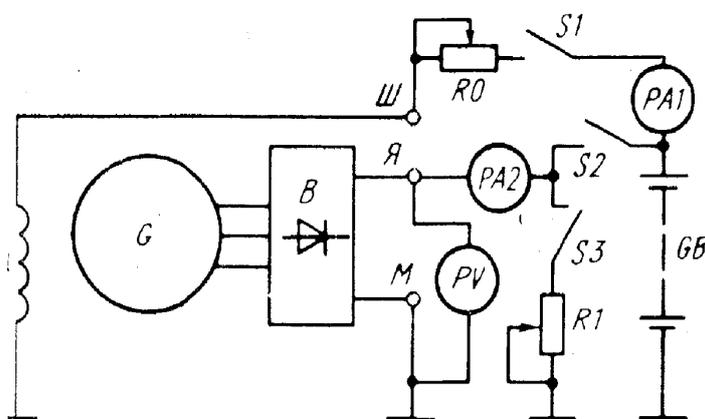


Рис. 4. Принципиальная схема для снятия характеристик вентильного генератора индукторного типа.

Снятие характеристики холостого хода.

1. Включить стенд. Установить ток нагрузки равным 0 реостатом R1. При изменении частоты вращения ротора генератора контролировать выходное напряжение. Результаты привести в табл.1.

Привести график $V_{\text{вых}} = f(n)$.

2. Установить частоту 3000 мин⁻¹. Выставить реостатом ток 20 А.

Не изменяя положение реостата снять зависимость $V_{\text{вых}} = f(n)$ Привести график. По полученным результатам построить характеристику холостого хода генератора.

Таблица 1

n, мин ⁻¹							
V _{вых.} , В							

Снятие токоскоростной характеристики.

1. Маховиком управления частотой вращения установить, при которой напряжение генератора будет равно номинальному. Измерить частоту вращения n_0 .

2. Подключить к генератору нагрузку (включить выключатель нагрузки и маховиком управления частотой вращения увеличивать частоту вращения генератора до получения номинального напряжения. Произвести замеры силы тока нагрузки I_d и частоты вращения генератора n .

3. Увеличить нагрузку (уменьшить сопротивление R_1) и вновь маховиком управления частотой вращения установить номинальное напряжение. Произвести измерения при различной нагрузке. Результаты измерений (по п. 2 - 4) записать в табл. 2.

Таблица 2

$n, \text{мин}^{-1}$									
$I_d, \text{А}$									

После окончания эксперимента маховик управления частотой вращения надо установить в исходное положение, а выключатель сопротивления нагрузки и движок в исходное положение.

Приводной двигатель испытательного стенда необходимо выключить. Полученные результаты представить руководителю занятий для проверки.

По полученным результатам построить токоскоростную характеристику и дать заключение о техническом состоянии вентильного генератора индукторного типа, определив начальную частоту и частоту, при которой генератор развивает расчетную мощность.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете по результатам лабораторной работы необходимо привести следующие данные:

- наименование лабораторной работы, цель и задачи;
- тип испытуемого генератора и его характеристики (параметры);
- электрическую схему для снятия характеристики генератора;
- результаты эксперимента по снятию характеристик холостого хода и график этой характеристики;
- результаты эксперимента по снятию токоскоростной характеристики и график этой характеристики;
- заключение о техническом состоянии генератора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие элементы и узлы генератора образуют магнитную систему?
2. С какой целью статор набирают из отдельных пластин?
3. В каких пределах изменяется магнитный поток в зубце статора при вращении ротора?
4. Сколько воздушных зазоров имеется на пути магнитного потока в индукторном генераторе?
5. Каков принцип действия одноименно-полюсного индукторного генератора?
6. В каких элементах генератора магнитный поток изменяется по величине?
7. Что такое характеристика холостого хода генератора и о чем можно судить по характеристике холостого хода?
8. Принцип действия индукторных генераторов?
9. По полученным результатам определить $V_{\text{экв}}$ для $n = 2000, 3000, 4000 \text{ мин}^{-1}$.
10. По полученным результатам определить коэффициенты a и b уравнения характеристики холостого хода.

Лабораторная работа №3

ИЗУЧЕНИЕ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучить назначение и принцип действия автомобильных свечей зажигания.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Изучить конструкцию, особенности применения и технического обслуживания свечей.
2. Ознакомиться с принципом действия и использования прибора Э-203 для определения характеристик свечей зажигания.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Свеча является важным элементом системы зажигания. Искровая свеча зажигания обеспечивает воспламенение рабочей свечи в камере сгорания карбюраторного двигателя путем периодически происходящего между электродами искрового разряда. От совершенства ее конструкции, правильного ее подбора к двигателю в значительной мере зависит надежность работы системы зажигания и двигателя. Современные свечи

представляют собой неразборную конструкцию, в которой изоляция электродов между собой осуществляется керамическим изолятором.

Свеча на двигателе работает в тяжелых условиях. Она подвергается высоким механическим и тепловым нагрузкам, а также электрическим и химическим воздействиям.

Электрические нагрузки требуют от изолятора, чтобы он выдерживал без пробыа и поверхностного разряда напряжения не менее 20 кВ. Увеличение искрового промежутка свечи, скругление острых кромок на центральном и боковом электродах из-за износа приводят к увеличению электрической нагрузки на изолятор. Рабочая часть электродов подвергается электрической эрозии в процессе искрообразования.

При работе двигателя вследствие неполного сгорания топлива на поверхности теплового конуса, электродах и стенках камеры свечи образуются шунтирующие искровой зазор нагар, а также различные отложения при работе на топливе с антидетонационными добавками.

Утечка тока, а иногда разряд могут происходить по наружной поверхности изолятора, если она загрязнена или покрыта влагой.

Под действием напряжений не должен возникать значительный ток утечки, т.е. изолятор должен иметь высокое электрическое сопротивление. Появление при работе свечи тока утечки по изолятору можно уподобить резистору, который включен параллельно искровому промежутку и шунтирует последний. При появлении во вторичной цепи тока утечки вызывает падение напряжения на сопротивлении вторичной обмотки катушки зажигания. В результате этого вторичное напряжение, подводимое к электродам свечи, уменьшается. Чем меньше шунтирующее сопротивление, тем больше ток утечки и, следовательно, меньше подводимое к свече вторичное напряжение. При значительном увеличении тока утечки возникают перебои в искрообразовании.

Температура в камере сгорания колеблется от 70 до 2700 °С, а окружающий изолятор свечи воздух в подкапотном пространстве двигателя может иметь температуру от -60 до +100 °С.

В процессе работы двигателя свеча подвергается периодическому охлаждению свежей смесью. В результате температура нижнего конца изолятора, называемого конусом, имеет среднее значение 500 - 700° С (тепловой диапазон работы), при которой происходит сгорание нагара, отлагающегося на изоляторе свечи (самоочищение свечи).

Из - за неравномерного нагрева отдельных участков свечи в ней возникают тепловые деформации, опасные тем, что в конструкции свечи использованы материалы с различными коэффициентами линейного расширения (металл, керамика).

При правильном подборе свечи для данного двигателя нижняя часть изолятора после работы в течение некоторого времени имеет нагар светло-коричневого цвета. Этот нагар не вызывает заметной утечки тока, и

поэтому его не следует удалять с изолятора. Если же температура нижней части изолятора будет ниже 500°C , то даже при нормальном составе рабочей смеси, нормальном уровне масла в картере двигателя и хорошем состоянии поршневых колец на нижней части изолятора возможно отложение нагара, что вызовет утечку тока, а следовательно, и перебои в работе двигателя.

При температуре нижней части изолятора выше 600°C происходит преждевременное воспламенение рабочей смеси от соприкосновения с раскаленным изолятором (наступает калильное зажигание). Чтобы предотвратить перегрев нижней части изолятора, у свечей, предназначенных для высокооборотных двигателей с большой степенью сжатия, уменьшают длину нижней части изолятора и зазор между нижней частью изолятора и корпусом.

В свечах некоторых типов тепловой конус изолятора выступает за торец нижней части корпуса свечи, в результате чего улучшается охлаждение теплового конуса во время всасывания холодной смеси, расширяется тепловой диапазон работы свечи.

Теплота, подведенная к свече, отводится от нее через различные элементы конструкции (корпус, изолятор, центральный электрод) и через поступающую в камеру сгорания горячую смесь.

Так, через корпус свечи отводится 10 % теплоты, изолятор 10 %, центральный электрод 30%. Рабочей смесью отводится около 20 %. Так как диапазон изменения температуры для всех свечей практически одинаков, а тепловые условия работы ее на различных двигателях существенно отличаются, то свечи изготавливают с разной тепловой характеристикой (калильным числом).

Калильное число свечей является отвлеченной величиной, пропорциональной среднему индикаторному давлению, при котором во время испытания на специальной установке с одноцилиндровым двигателем вследствие перегрева изолятора и электродов свечи возникает калильное зажигание рабочей смеси. По ГОСТ 2043—74 установлен определенный ряд калильных чисел: 8, 11, 14, 17, 20, 23 и 26 условных единиц.

Механические нагрузки, действующие на изолятор, также носят циклический характер. При каждой вспышке рабочей смеси на изолятор действует значительная ударная нагрузка, стремящаяся вырвать его из корпуса (достигает 6 МПа).

Одно из важных требований к свече зажигания является ее герметичность между корпусом и изолятором. Даже самая незначительная ее потеря приводит к прорыву горячих газов. Это может не сопровождаться значительной потерей мощности двигателя, но вызывает резкий перегрев изолятора и его быстрое разрушение.

В процессе работы, двигателя зазор в свече увеличивается в среднем на 0,015 мм на 1 тыс. км пробега автомобиля.

Подбор свечей зажигания к двигателю осуществляется с учетом обеспечения надежной работы свечи и двигателя при верхнем и нижнем пределах тепловой характеристики свечи. Выбор свечи по верхнему пределу тепловой характеристики проводится на режиме максимальной мощности двигателя при номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя и углах опережения зажигания более ранних, чем оптимальные на 5° . На этом режиме работы двигателя не должно происходить калильного зажигания. Калильное зажигание на режимах номинальной мощности, как правило, наступает, если угол опережения зажигания больше оптимального. В этом случае увеличивается теплоотдача в стенки цилиндра, что приводит к повышению температуры поршня и перегреву свечи.

Выбор свечи по нижнему пределу тепловой характеристики производится на режимах холостого хода, принудительного холостого хода и на режимах малых нагрузок двигателя. При работе двигателя на этих режимах свеча не должна иметь сопротивления утечки, образуемого нагаром, параллельно искровому промежутку.

При условии соответствия типа свечи зажигания и ее тепловой характеристики данному типу двигателя и режиму его работы согласно ГОСТ 2043-74 наработка свечей зажигания при эксплуатации двигателя на топливах без антидетонационных присадок не должна быть менее 35 тыс. км пробега автомобиля, а на топливах с применением антидетонационных присадок - менее 25 тыс. км.

Таблица 1

Свечи	Калильное число	Длина резьбовой части корпуса, мм	Размер корпуса под ключ, мм	Искровой промежуток, мм	Автомобили и автобусы
A8HT-1	8	11	22	$0,8^{+0,15}$	ГАЗ моделей 21, 52А; УАЗ моделей 451, 452, 469
M8T-1	8	12	24	$0,7^{+0,5}$	УАЗ-450
A11	11	12	20,8	$0,85^{+0,5}$	ГАЗ, УАЗ, РАФ
A14Д	14	19	20,8	$0,7^{+0,15}$	ГАЗ-3102 и модификации
A17ДВ	18	19	20,8	$0,5^{+0,5}$	ВАЗ
A20Д-1	20	12	20,8	$0,8^{+0,15}$	АЗЛК, ИЖ
A23	23	12	20,8	$0,75^{+0,15}$	ЗАЗ-968; ЛуАЗ-968М

Рекомендованные автомобильными заводами типы свечей должны обеспечивать надежную работу двигателя во всех возможных условиях эксплуатации. Однако если степень форсирования режима работы двигателя большая и наблюдается калильное зажигание, то необходимо поставить более <холодные> свечи (с большим калильным числом). В том случае, если двигатель значительное время работает на режимах холостого хода и малых нагрузок и наблюдаются перебои в образовании искры (при осмотре свечи ее внутренняя поверхность покрыта маслом или рыхлым маслянистым нагаром), нужно установить на двигатель более <горячие> свечи (с меньшим калильным числом).

Оптимизация зазора между электродами свечи

Величина пробивного напряжения $U_{пр}$ необходимая для пробоя промежутка между электродами, зависит от целого ряда факторов:

- длины разрядного промежутка;
- давления;
- температуры газа, в котором происходит пробой;
- формы электродов.

Для равномерного поля пробивное напряжение является функцией произведения давления газа p на расстояние d между электродами.

Зависимость $U_{пр} = f(pd)$ (рис.1) называется характеристикой возникновения разряда или законом Пашена. Левая ветвь зависимости соответствует сильным разряжениям, а не малым расстояниям (точка минимума при атмосферном давлении соответствует расстояниям 0,01 – 0,001 мм). Правая ветвь зависимости в области больших значений pd близка к линейной.

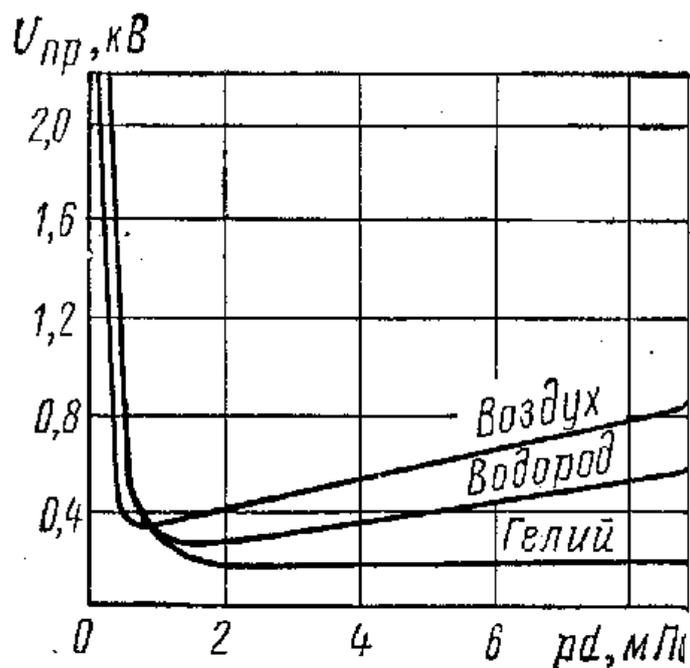


Рис. 5. Характеристика возникновения разряда

Поэтому, полагая среднее значение напряженности поля при пробое

30 кВ/см, приближенно можно считать, что

$$U_{пр} = 1,36 + 30 \delta d,$$

где $\delta = 0,386 p/T$ - относительная плотность воздуха (отношение плотности воздуха при произвольном давлении p и температуре T к плотности воздуха при $p_0 = 760$ мм рт. ст. и $T_0 = 293$ К); d - расстояние между электродами, см.

При работе свечи на двигателе вследствие ионизации за счет высоких температур, предшествующих искр и т. п., при расстояниях между электродами свечи 2 – 3 мм напряжение, необходимое для пробоя промежутка, не превышает 10 – 12 кВ.

Величина зазора между электродами влияет как на удельный расход топлива, так и на развиваемую мощность двигателя.

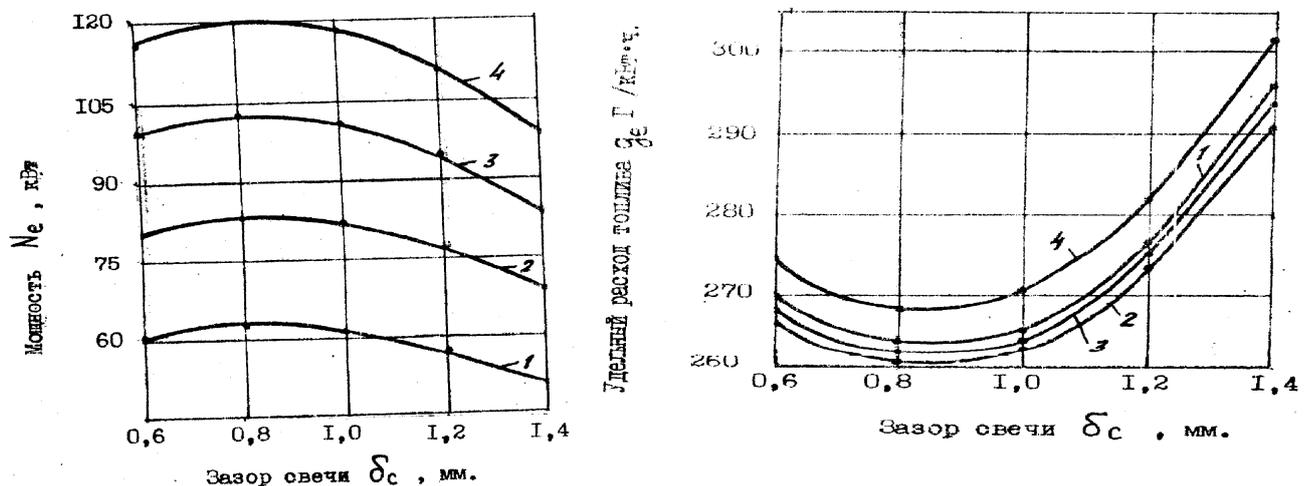


Рис. 6. Зависимость мощности N_e и удельного расхода топлива g_e от величины зазора δ_e при разных оборотах коленчатого вала при $\alpha = 50\%$
 1 - $n = 1200$ мин⁻¹; 2 - $n = 1800$ мин⁻¹; 3 - $n = 2400$ мин⁻¹; 4 - $n = 3000$ мин⁻¹.

С увеличением зазора с 0,9 до 1,5 мм удельный расход топлива возрастает на 14 – 18 % в зависимости от нагрузки и частоты вращения. Мощность двигателя при росте зазора с 0,9 до 1,2 мм падает на 12 – 13 %. Дальнейшее увеличение зазора практически не влияет на мощность двигателя, но достаточно резко оказывается на расходе топлива.

Конструкция свечи зажигания должна быть герметичной, так как в случае прорыва газов произойдет перегрев изолятора, что приведет к преждевременному воспламенению рабочей смеси и порче изолятора. Материал центрального электрода должен обладать высокими коррозионной и эрозионной стойкостью, жаростойкостью и хорошей теплопроводностью. Центральный электрод свечей зажигания обычно имеет круглое сечение, а боковой электрод – прямоугольное, с закругленными углами. Центральные

электроды изготовляют из хромтитановой стали 13Х25Т (а в свечах некоторых типов - из нихрома Х20Н80); боковые электроды - из никельмарганцевого сплава (напр., НМЦ5).

Для форсированных двигателей в настоящее время используют свечи, центральный электрод которых выполнен из меди и покрыт никельхромовой оболочкой. Такой электрод обеспечивает лучший теплоотвод при больших нагрузках двигателя.

Корпус свечи и контактную головку выполняют из конструкционных сталей.

Нижняя часть стального стержня 2 (рис. 7, а, б) имеет сетчатую накатку для улучшения сцепления с герметизирующим токопроводящим герметиком 9. Изолятор 3 в сборе с контактным стержнем и центральным электродом 5 установлен в стальном корпусе 4 и зажат в нем путем развальцовки верхней части корпуса. Между корпусом и изолятором устанавливают шайбу 8, которая обеспечивает хороший отвод тепла от изолятора на корпус 4 и надежную герметизацию изолятора относительно корпуса.

В некоторых конструкциях свечей герметичность свечи в месте соединения изолятора с корпусом обеспечивается порошком талька.

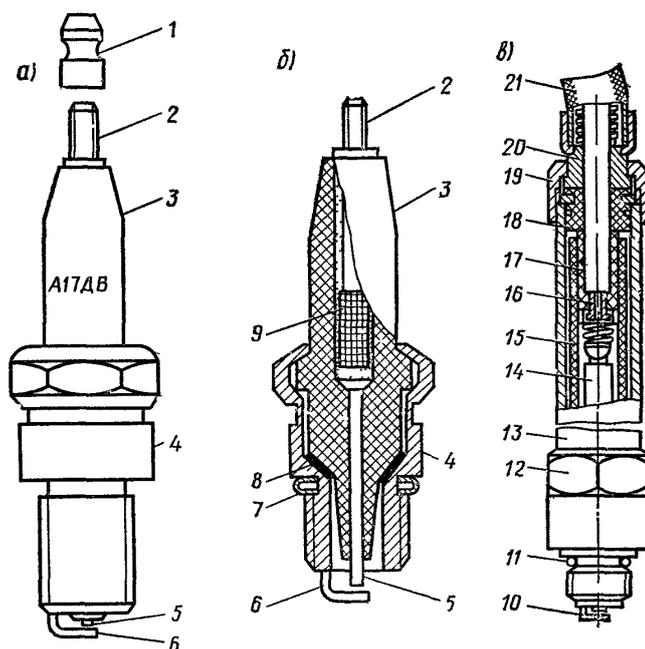


Рис 7. Свечи зажигания а — общий вид; б — свече в разрезе; в — экранированная свеча 1 — наконечник; 2 — стержень; 3 — изолятор; 4 и 12 — корпус; 5 — центральный электрод; 6 и 10 — боковой электрод; 7 и 11 — уплотнительная прокладка; 8 — шайба; 9 — токопроводящий герметик; 13 — экран; 14 — подавительный резистор; 15 и 17 — керамические втулки; 16 — проводник; 18 — резиновая втулка; 19 — гайка; 20 - втулка; 21 — экранирующая оплетка.

Изолятор свечи должен обладать высокими механической и электрической прочностью, коррозионной стойкостью, быть стойким к

смачиванию, не поглощать влаги и иметь высокую удельную теплопроводность. Изолятор изготавливают из уралита, боркорунда, хилумина, синоксаля и др. Эти изоляторы обладают очень высокой электрической и механической прочностью при высоких температурах.

Глазировка верхней части изолятора улучшает его изоляционные свойства и способствует уменьшению отложению влаги, что предупреждает поверхностный разряд при подведении высокого напряжения к свече.

Уплотнительная прокладка 7 обеспечивает герметизацию цилиндра двигателя.

Искровой зазор между электродами свечи регулируется в пределах от 0,5 до 0,9 мм в зависимости от типа двигателя. Имеется тенденция к увеличению искрового промежутка свечей зажигания.

На двигателях с экранированным зажиганием применяют неразборные герметизированные экранированные свечи типа СН307 (рис. 7, в) со встроенным подавительным резистором 14. Резиновая втулка 15 обеспечивает герметичность внутренней полости экрана 13. Керамические втулки 15 и 17 изолируют проводник 16 и другие токонесущие детали от экрана 13. Экранирующая оплетка 21 проводника 16 закреплена на втулке 20 и гайкой 19 поджимается к экрану. На корпус 12 устанавливается уплотнительная прокладка 11, обеспечивающая герметизацию цилиндра двигателя.

Для повышения срока службы в последнее время находят применение свечи зажигания с конической опорной поверхностью и с увеличенным количеством боковых электродов (2 – 4).

По ГОСТ 2043 – 74 свечи маркируются буквами и цифрами.

- Первая буква обозначает данные резьбы на корпусе: А — резьба М14 х 1,25; М — резьба 18 х 1,5;

- цифры указывают калильное число 8 или 11 и т. д.;

- буква, следующая за цифрой, определяет длину резьбовой части корпуса: Н — 11 мм, Д — 19 мм;

- буква В указывает, что конус нижней части изолятора выступает за торец корпуса;

- буква Т указывает на герметизацию соединения изолятора с центральным электродом — термоцементом.

Длину резьбовой части корпуса, равную 12 мм, отсутствие выступания теплового конуса за торец корпуса и герметизацию по соединению изолятор - центральный электрод иным герметикам, кроме термоцемента, не обозначают. Например. Свеча А11 — резьба М14 х 1,25, калильное число 11 длина резьбовой части корпуса 12 мм, тепловой конус не выступает, герметизация нетермоцементная. В свече А11НТ применена герметизация термоцементом (Т).

Пример условного обозначения свечи зажигания с резьбой на корпусе М14 х 1,25, калильным числом 20, длиной резьбовой части корпуса 19 мм, имеющей выступающий тепловой конус изолятора за торец корпуса, - А20ДВ.

Срок службы свечей для двигателей, работающих на бензинах без антидетонационных присадок, не менее 35 тыс. км, а при работе на бензинах с антидетонационными присадками — не менее 25 тыс. км.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Применяемое оборудование:

- прибор для проверки свечей мод. Э-203-П;
- ключ свечной;
- щуп для регулировки и доводки зазора между электродами свечей;
- свечи зажигания.

Описание прибора Э-203-П

Прибор (рис. 8) выполнен в виде отдельного стационарного блока, который устанавливается на столе или верстаке.

Прибор состоит из корпуса 11 и панели приборов 9. Корпус прибора снизу закрыт съемным дном. В задней части корпуса установлена перегородка, отделяющая карман, где размещается контрольный разрядник 2 и принадлежности. На передней стенке корпуса закреплена воздушная камера 8 со смотровым окном 6 и двумя резьбовыми отверстиями: СПМ 14x1,25 и М18x1,5, закрытыми заглушками.

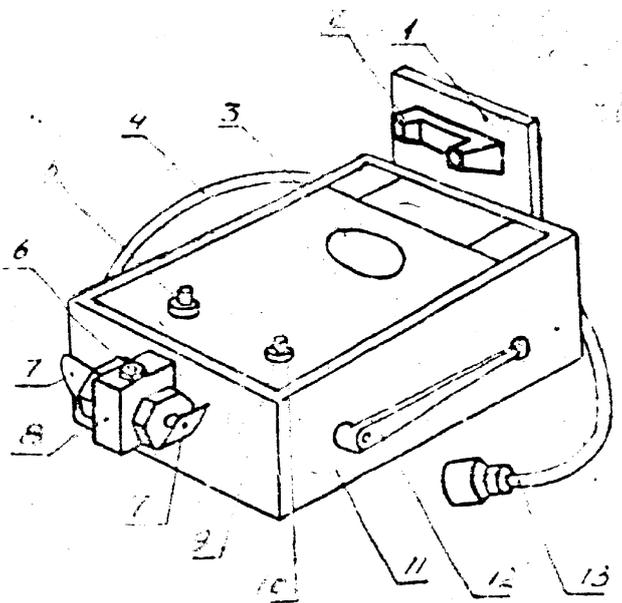


Рис. 8. Общий вид прибора Э-203-П

Заглушки имеют смотровые окна, а также зеркала - отражатели 7. На правой стенке корпуса находится рукоятка 12 насоса. Через отверстие в левой стенке корпуса выходит высоковольтный провод 4 с

помехоподавительным сопротивлением. В нерабочем состоянии помехоподавительное сопротивление закрепляется на резьбовом штыре, укрепленном на стенке корпуса. Через заднюю стенку выходит шнур питания 13 с вилкой для подключения к сети 220В, 50 Гц. На задней стенке установлен винт заземления.

Панель приборов 9 выполнена из листового дюралюминия и сверху закрыта фальшпанелью. Сверху на панели установлен манометр 3, кнопка 5 включения прибора в сеть и спусковой вентиль 10. В задней стенке панели сделан вырез, в который установлена подпружиненная откидная крышка 1 с контрольным разрядником и экраном 2. Снизу на панели закреплены элементы электрической и пневматической схем прибора.

Описание электрической схемы прибора.

Электрическая часть прибора представляет собой источник высокого напряжения, служащий для проверки бесперебойности искрообразования на свече. В схеме использован принцип системы зажигания с накоплением энергии в зарядной емкости и передачей ее с помощью полупроводникового коммутатора в катушку зажигания. Принципиальная электрическая схема прибора приведена на рис.9.

При нажатии кнопки Кн1 напряжение сети подается на трансформатор Т1. Со вторичной обмотки трансформатора снимается два напряжения в

противофазе: анодное и управляющее.

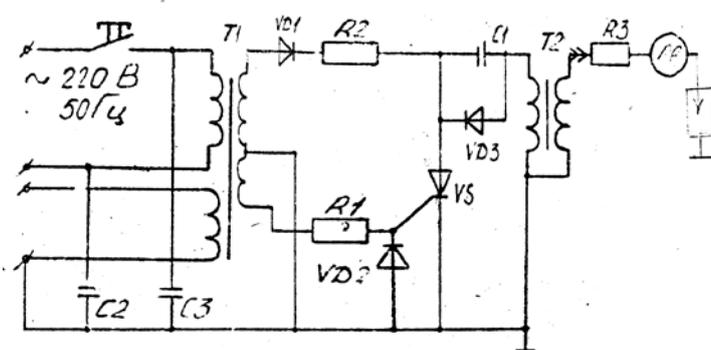


Рис. 9. Схема принципиальная электрическая прибора Э-203

Зарядный конденсатор С1 заряжается через ограничительное сопротивление R1. Напряжение, обеспечивающее ток срабатывания тиристора VS, подается через ограничительное сопротивление на управляющий электрод. Тиристор VS открывается, и происходит разряд

конденсатора С1 через первичную обмотку катушки зажигания Т2. Во вторичной обмотке индуцируется импульс высокого напряжения, который через помехоподавительное сопротивление R3 поступает на испытываемую свечу.

Диод VD2 отсекает отрицательную полуволну напряжения, предохраняя тиристор VS по выходу. Диод VD3 служит для отсечки отрицательных всплесков напряжения, возникающих в первичной обмотке катушки Т2 вследствие самоиндукции, конденсаторы С2 и С3 и экранная обмотка трансформатора Т1 - для снижения уровня радиопомех.

Подготовка прибора к работе.

- подвести к розетке прибора переменное напряжение 220В 50 Гц, заземлить корпус прибора;
- открыть крышку прибора и присоединить к контрольному разряднику высоковольтный провод прибора;
 - присоединить прибор к питающей сети 220В 50 Гц;
 - нажать на кнопку "Работа", при этом на разряднике должно наблюдаться бесперебойное искрообразование;
 - создать с помощью насоса давление в воздушной системе прибора 10 кгс / м² (1МПа) и убедитесь в герметичности системы.

. Характеристика состояния свечей:

- определить качество нагара по цвету, виду, площади;
- проверить с помощью комбинированного щупа зазор между электродами свечи.

Проверка качества искры:

- снять соответствующую резьбовую заглушку и на ее место вернуть проверяемую свечу;
- завинтить до упора винт спускового вентиля;
- создать в камере с помощью насоса давление 1,0 ... 1,1 МПа, для свечей зажигания, имеющих зазор между боковым и центральным электродами до 0,6 мм, или 0,75 ... 0,85 МПа для свечей зажигания с зазором 0,6 мм и выше.
 - присоединить высоковольтный провод к проверяемой свече;
 - нажать на кнопку "Работа" и наблюдать за свечой через верхнее смотровое окно и зеркало-отражатель. Через смотровое окно должна быть отчетливо видна искра между электродами свечи. Через боковое зеркало должен быть виден светлый ореол вокруг нижнего электрода. В случае пробоя изоляции через боковое окно будет видна искра пробоя. Искрообразование должно быть бесперебойным.

Снятие зависимости тока через свечу от давления в камере сгорания

Определить зависимость изменения тока через свечу при изменении давления в камере. Для этого:

- создать в камере повышенное давление и, плавно уменьшая его, замерять ток через свечу. Результаты измерений свести в табл. 3.

Измерения провести на 4 - 5 свечах, отмечая величину зазора, состояние.

3.3.2.4. Определение герметичности свечи:

- отпустить кнопку "Работа";

- создать в камере давление 1,0 ... 1,1 МПа;

- скорость изменения давления из - за утечки воздуха через соединения деталей свечей зажигания не должна превышать 0,05 МПа / мин, а для свечей зажигания с герметизацией по соединению изолятор - центральный электрод термоцементом - 0,3 МПа / мин.

Таблица 3

Давление, МПа									
Ток, мА									

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- наименование и цель работы;
- схема испытаний;
- краткая теоретическая часть;
- опытные данные;
- графики;
- произвести математическую обработку экспериментальных данных; провести экспоненциальную аппроксимацию полученных данных.;
- заключение и выводы по техническому состоянию свечей.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы условия работы свечей зажигания?
2. Какие требования предъявляются к материалам и конструкции свечей зажигания?
3. Какие материалы применяют для деталей свечей зажигания и как маркируют свечи?
4. Какова конструкция свечей накаливания?
5. Что такое "горячие" и "холодные" свечи?
6. Что такое калильное число?

7. Основные дефекты свечей зажигания.
8. Диагностика двигателя по техническому состоянию свечей зажигания.
9. "Оптимальный" зазор между электродами свечей.

Лабораторная работа № 4

ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить принцип действия и конструкцию зарубежных и отечественных систем центрального впрыскивания топлива (ЦВТ).

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Ознакомиться с принципом действия типичной системы ЦВТ.
2. Проанализировать особенности систем ЦВТ различных фирм.
3. Детально изучить блоки топливоподачи отдельных систем (по указанию преподавателя).
4. Изучить и описать отдельные элементы, входящие в состав изучаемого блока топливоподачи.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Системы ЦВТ представляют собой промежуточное техническое решение при переходе от карбюратора к РВТ. Схемы построения систем ЦВТ достаточно отработаны и, несмотря на то, что различные фирмы реализуют разные подходы при создании систем ЦВТ, можно дать их обобщенную схему (рис.10). Типичная система ЦВТ содержит блок топливоподачи 1 с дроссельным узлом, установленный на фланце впускного трубопровода двигателя 3. Блок топливоподачи в свою очередь включает электромагнитную форсунку 2 и регулятор 12 холостого хода. В систему вхо-

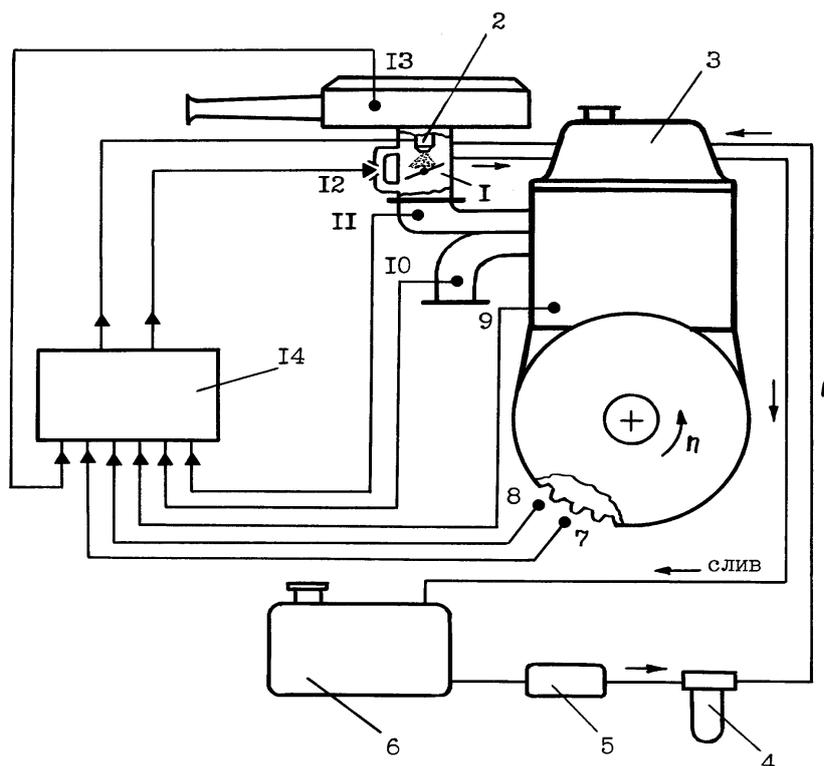


Рис. 10. Типичная схема системы ЦВТ: 1- блок топливоподачи; 2 – электромагнитная форсунка; 3 – двигатель; 4 – фильтр тонкой очистки топлива; 5 – электробензонасос; 6 – топливный бак автомобиля; 7 и 8 – частоты вращения вала двигателя и начала отсчета (ВМТ); 9 - датчик температуры охлаждающей жидкости; 10 - содержания кислорода в ОГ (λ -зонд); 11 – датчики нагрузки двигателя (абсолютного давления во впускном трубопроводе или расхода воздуха на впуске или положения дроссельной заслонки); 12 – регулятор холостого хода; 13 – датчики температуры воздуха на впуске; 14 – электронный блок управления

дит ряд датчиков: 11 – нагрузки двигателя (абсолютного давления во впускном трубопроводе или расхода воздуха на впуске или положения дроссельной заслонки); 13 – температуры воздуха на впуске; 9 – температуры охлаждающей жидкости; 8 и 7 – частоты вращения вала двигателя и начала отсчета (ВМТ); 10 – содержания кислорода в ОГ (λ -зонд). Электронный блок управления 14 осуществляет сбор информации от этих датчиков и формирует сигналы управления электромагнитной форсункой и регулятора холостого хода.

Гидравлический тракт системы включает топливный бак 6, электрический бензонасос 5, фильтр тонкой очистки топлива 4 и стабилизатор давления топлива (на рис.7 не показан).

Наличие λ -зонда и контура обратной связи позволяет поддерживать состав топливовоздушной смеси близкий к стехиометрическому и, тем са-

мым, обеспечивать эффективную работу трехкомпонентного каталитического нейтрализатора ОГ.

Многие системы ЦВТ включают также подсистемы рециркуляции ОГ, устройства подогрева топливовоздушной смеси, антидетонационные контуры с датчиком детонации и др. Очень часто системы ЦВТ и зажигания имеют единый электронный блок управления и взаимосвязанные характеристики регулирования топливоподачи и угла опережения зажигания.

Применение систем ЦВТ на автомобильных двигателях позволяет повысить их топливную экономичность на 5...8% при одновременном существенном снижении токсичности ОГ за счет применения каталитического нейтрализатора, а также улучшить пусковые и динамические качества двигателей.

Анализируя системы ЦВТ зарубежного и отечественного производства, можно выделить некоторые характерные особенности их построения, во многом определяющие показатели работы систем.

Определение нагрузки двигателя для управления топливоподачей и зажиганием осуществляется по цикловому наполнению цилиндра воздухом. Этот параметр может определяться различными путями:

- по положению дроссельной заслонки и частоте вращения вала двигателя;
- по давлению (абсолютному или относительному) во впускном трубопроводе двигателя;
- по массовому количеству воздуха, потребляемого двигателем и частоте вращения вала.

Выбор какого-либо из этих путей для системы ЦВТ предопределяет не только применение соответствующих датчиков и схемы обработки их сигналов, но и технико-экономические показатели системы в целом. Наиболее часто в системах ЦВТ применяется управление топливоподачей по абсолютному давлению во впускном трубопроводе. Это объясняется в первую очередь экономическими соображениями (датчик давления примерно на порядок дешевле расходомера воздуха). При этом система получается проще и блок топливоподачи легче компоуется в подкапотном пространстве автомобиля без существенных изменений двигателя.

Положение дроссельной заслонки используется в системах ЦВТ чаще всего как вспомогательный параметр для идентификации режимов холостого хода (х.х.), максимальной нагрузки, ускорения и др. Однако в системах некоторых фирм этот параметр применяется и в качестве главного командного параметра для управления топливоподачей и зажиганием (*R.Bosch, Lucas, Magnetti Marelli*).

Расходомеры воздуха в системах ЦВТ применяются редко (в основном из-за высокой стоимости). Известна система фирмы *Hitachi* с датчиком расхода воздуха, установленным в байпасном канале блока топливоподачи. Кроме этого в системе *Mono-Motronic* фирмы *R.Bosch*, применяется

расходомер воздуха, установленный между воздушным фильтром и блоком топливоподачи.

Количество и расположение форсунок определяется в основном рабочим объемом двигателя (цикловой подачей топлива). Возможны различные варианты установки форсунок в блоке топливоподачи (рис.11):

- с одной форсункой, размещенной над дроссельной заслонкой в смесительной камере;
- с двумя форсунками, работающими синхронно и расположенными над дроссельными заслонками двух смесительных камер;
- с двумя форсунками различной производительности, управляемых асинхронно и размещенных над дроссельной заслонкой одной смесительной камеры;
- с двумя форсунками (основной и вспомогательной) различной производительности, расположенными над и под дроссельной заслонкой одной смесительной камеры.

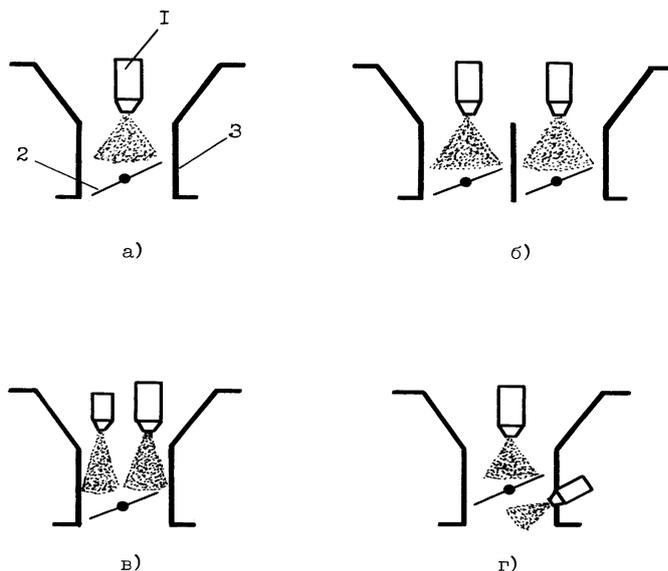


Рис. 11. Различные варианты размещения форсунок в блоках топливоподачи систем ЦВТ: а – с одной форсункой над заслонкой смесительной камеры; б – с двумя форсунками, установленными над дроссельными заслонками двух смесительных камер; в – с двумя форсунками различной производительности, расположенными над дроссельной заслонкой одной смесительной камеры; г – с двумя форсунками в смесительной камере, одна из которых (основная) размещена над дроссельной заслонкой, а вторая (вспомогательная) – под ней

Две форсунки используются, как правило, в системах для двигателей с рабочим объемом более 2,5 л. При этом каждая из форсунок размещается в своей смесительной камере. Примером таких конструкций могут служить системы американских фирм *Chrysler* и *Delphi (AC Rochester)* (рис.12).

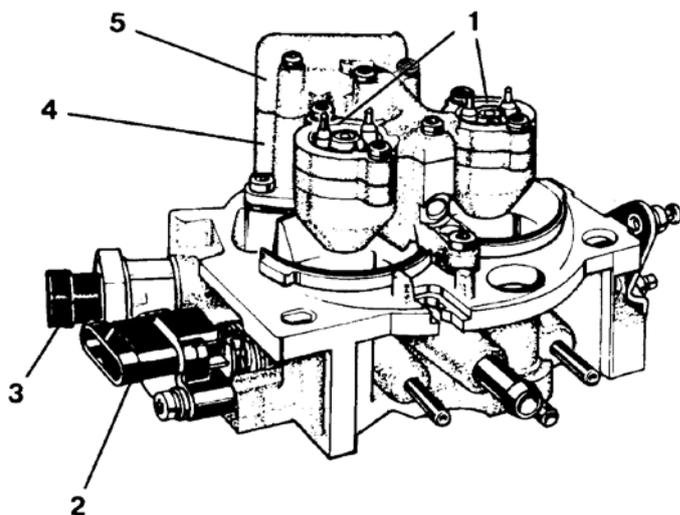


Рис. 12. Блок топливоподачи системы ЦВТ (модель TBI 220) фирмы Delphi (США): 1 – форсунки; 2 – датчик положения дроссельной заслонки; 3 – регулятор х.х.; 4 – узел подвода топлива к форсункам; 5 – стабилизатор давления топлива

Иногда эти две форсунки имеют разную производительность и управляются асинхронно (различными по длительности управляющими импульсами). Такое решение использовано фирмой Ford. Оно позволяет при относительно высоком давлении топлива в системе (270 кПа) обеспечить хорошее его распыливание и необходимое дозирование на всех режимах работы двигателя – от холостого хода до максимальной нагрузки. При этом

длительности управляющих импульсов находятся в необходимых пределах.

В системе ЦВТ, созданной совместно фирмами Chrysler и Mitsubishi для двигателей с рабочим объемом 1,6 и 2,6 л с турбонаддувом, две форсунки устанавливаются в одной смесительной камере, что позволяет обеспечить повышенные подачи топлива при включении второй форсунки в работу одновременно с включением турбонаддува.

Абсолютное количество систем ЦВТ содержит форсунки, установленные над дроссельной заслонкой. Это определяется простотой данной конструкции, равномерным распределением топлива по сечению смесительной камеры, дополнительным дроблением топлива в щели между дроссельной заслонкой и стенкой смесительной камеры.

Однако из этого правила есть и исключения. Так, в системе фирмы Honda, используемой на двигателе автомобиля Honda Civic, установлено две форсунки в одной смесительной камере, причем одна из форсунок (основная) – над дроссельной заслонкой, а вторая (вспомогательная) – под ней. При холодном пуске двигателя работает только вспомогательная форсунка, обеспечивая повышенную испаряемость топлива при его впрыске в задрроссельное пространство. На остальных режимах работы включается основная форсунка, размещенная над дроссельной заслонкой.

Количество смесительных камер в блоке топливоподачи определяется в основном рабочим объемом двигателя. До $iV_h \leq 2,5$ л, как правило, используется одна смесительная камера. При рабочем объеме двигателя более 2,5 л применяется двухкамерная конструкция блока топливоподачи.

Регулирование холостого хода в системах ЦВТ может осуществляться изменением количества воздуха, поступающего в двигатель, двумя путями:

- дросселированием сечения байпасного канала х.х. (в обход дроссельной заслонки);
- управлением перемещением самой дроссельной заслонки.

В первом случае используется пропорциональный клапан, управляемый электронным блоком управления по сигналам датчика частоты вращения вала двигателя. При этом дросселирующий элемент такого клапана может иметь поступательное или поворотное перемещение.

Для регулирования расхода воздуха на холостом ходу путем перемещения самой дроссельной заслонки используются так называемые

модуляторы – малогабаритные двигатели постоянного тока с встроенным редуктором, связанным со специальным толкателем, который в свою очередь воздействует на подпружиненный рычаг заслонки. Такие устройства имеют большие габариты, чем конструкции с пропорциональным клапаном.

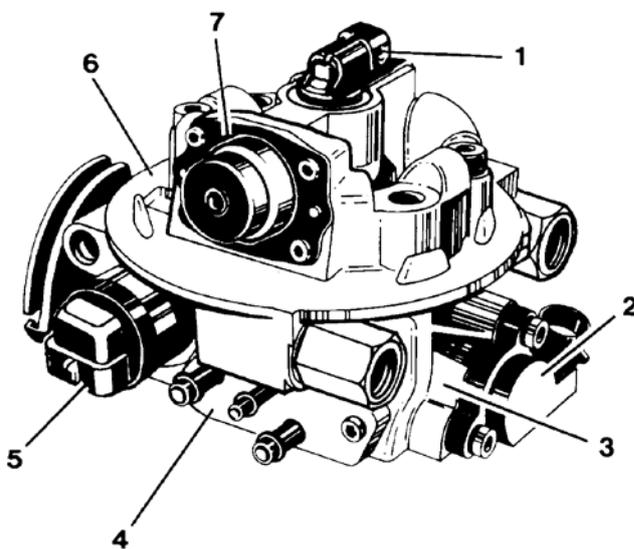


Рис.13. Блок топливоподачи системы ЦВТ (модель TBI 700) фирмы Delphi (США): 1 – форсунка; 2 – датчики положения дроссельной заслонки; 3 и 6 – соответственно нижняя и верхняя части корпуса; 4 – пластмассовая плата со штуцерами; 5 – регулятор холостого хода (с шаговым двигателем); 7 – стабилизатор давления топлива

автокомпонентов традиционно использовали модуляторы дроссельной заслонки в своих системах ЦВТ (рис.13).

Давление топлива в системах ЦВТ определяется исходя из компромиссных соображений. При низких давлениях (менее 120 кПа) снижается нагрузка на бензонасос, уменьшается вероятность нарушения герметичности гидравлического тракта системы. Однако при этом ухудшается дисперсность распыливания топлива.

При сравнительно высоких давлениях впрыска (более 200 кПа) улучшается дисперсность дробления топлива, но при этом одновременно возрастает нагрузка на бензонасос.

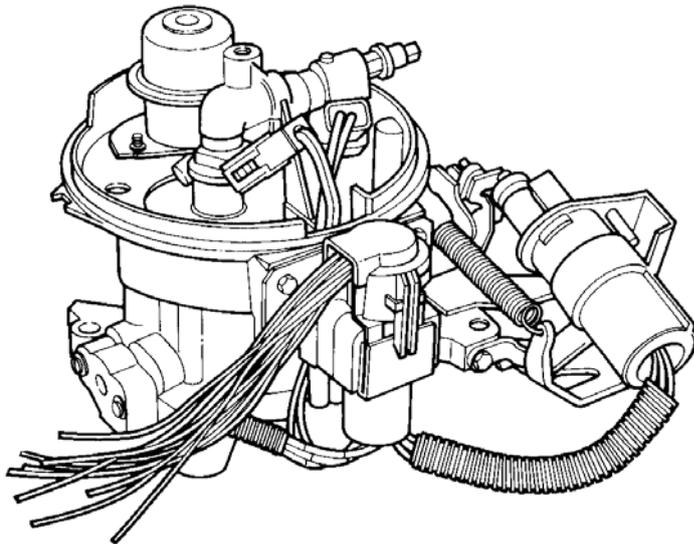


Рис. 14. Блок топливоподачи системы ЦВТ фирмы Ford : 1 – форсунка; 2 – стабилизатор давления топлива; 3 – датчик положения дроссельной заслонки; 4 – корпус блока; 5 – модулятор дроссельной заслонки

она предназначена.

Подогрев топливовоздушной смеси используется в различных вариантах практически во всех системах ЦВТ. В одном случае устанавливаются специальные подогреватели смеси, в другом – за счет тепла ОЖ обогреваются отдельные участки блока топливоподачи для улучшения смесеобразования.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. По указанию преподавателя выбрать для анализа одну из систем ЦВТ.
2. Изучить и описать выбранную систему ЦВТ по следующему плану:
 - а) дать общие сведения о системе ЦВТ, в состав которой входит анализируемый блок топливоподачи;
 - б) описать блок топливоподачи в целом (массогабаритные показатели, присоединительные размеры, состав блока и др.);
 - в) проанализировать компоновку блока топливоподачи (схема блока, число и расположение форсунок, размеры дроссельной заслонки и ее расположение в смесительной камере, место установки стабилизатора давления топлива и др.);
 - г) изучить схему гидравлических каналов блока;

- д) привести схему пневматических каналов блока, включая описание смесительной камеры и каналов холостого хода.;
 - е) дать описание стабилизатора давления топлива;
 - ж) привести описание регулятора холостого хода;
 - з) описать датчики, входящие в состав блока топливоподачи.
3. Сформулировать основные выводы по проделанной работе. Оформить отчет.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите структуру типичной системы ЦВТ.
2. Как в системах ЦВТ определяется нагрузка двигателя?
3. Какие варианты расположения форсунок применяются в системах ЦВТ?
4. Опишите гидравлический тракт типичной системы ЦВТ и укажите функции всех его элементов.
5. Опишите применяемые схемы регулирования холостого хода в системах ЦВТ.
6. Проанализируйте достоинства и недостатки систем ЦВТ.

Лабораторная работа № 5

ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить принцип действия и конструкцию зарубежных и отечественных систем РВТ.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Ознакомиться с принципом действия типичной системы РВТ.
2. Проанализировать особенности систем различных фирм.
3. Детально изучить и описать отдельные элементы, входящие в состав конкретной системы РВТ (по указанию преподавателя).
4. Исследовать в условиях моторного стенда работу автомобильного двигателя с системой РВТ.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В настоящее время системы РВТ занимают доминирующее положение в области систем топливоподачи автомобильных бензиновых двигателей. Основными преимуществами, определяющими широкое распространение РВТ, являются высокие возможности повышения энергетических и экологических показателей двигателей, улучшенная топливная экономичность, высокие динамические характеристики и обеспечение хороших антидетонационных качеств двигателей. Системы РВТ в настоящее время развиваются как в структурном направлении, так и в направлении

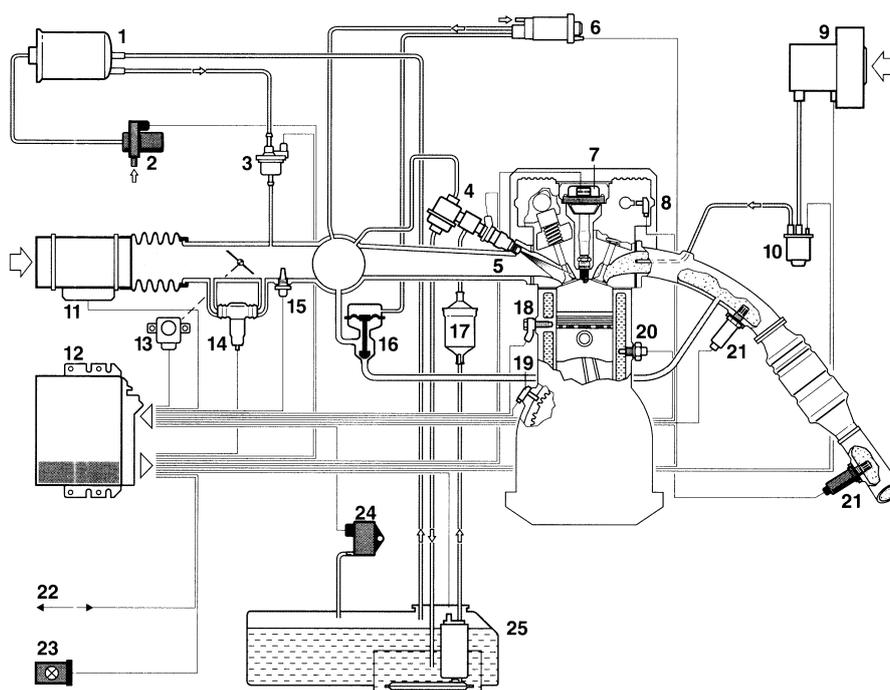


Рис. 15. Схема системы *Motronic M5* фирмы *R.Bosch*: 1 – адсорбер; 2 – запорный клапан адсорбера; 3 – клапан продувки адсорбера; 4 – регулятор перепада давления топлива; 5 – электромагнитная форсунка; 6 – воздушный клапан управления клапаном рециркуляции ОГ; 7 – катушка зажигания на свече; 8 – датчик фазы; 9 – насос добавочного воздуха; 10 – клапан добавочного воздуха; 11 – термоанемометрический расходомер воздуха; 12 – микропроцессорный блок управления; 13 – датчик положения дроссельной заслонки; 14 – регулятор холостого хода; 15 – датчик температуры воздуха на впуске; 16 – клапан рециркуляции ОГ; 17 – топливный фильтр; 18 – датчик детонации; 19 – датчик частоты вращения вала; 20 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 21 – λ -зонд; 22 – диагностический разъем; 23 – лампа диагностики; 24 – дифференциальный датчик давления; 25 – погружной электробензонасос

совершенствования конструкции отдельных компонентов. Их развитие в последние годы шло по пути повышения надежности, наращивания числа функций, введения самодиагностики, элементов адаптации и т.п.

В настоящее время системы РВТ в качестве подсистемы входят в структуру комплексных систем управления двигателем.

На рис. 15 в качестве примера показана схема типичной комплексной системы управления двигателем фирмы *R.Bosch* типа *Motronic M5* с бортовой диагностикой *OBD II (On Board Diagnose)*. Основной задачей этой системы является взаимосвязанное управление топливоподачей и зажиганием, а также реализация ряда дополнительных функций, таких, как:

- антидетонационное регулирование угла опережения зажигания по сигналу датчика детонации;
- поддержание стехиометрического состава смеси на большинстве рабочих режимов двигателя по сигналу λ -зонда;
- регулирование частоты вращения вала на холостом ходу;
- управление подсистемой удаления топливных паров из бензобака; регулирование рециркуляции ОГ для снижения эмиссии NO_x ;
- регулирование подачи вторичного воздуха в выпускной трубопровод для снижения эмиссии CH ;
- управление давлением наддува при установке турбокомпрессора на двигатель;
- регулирование длины (настройки) впускного трубопровода в зависимости от скоростного режима работы двигателя;
- регулирование фаз газораспределения на различных режимах работы двигателя для повышения мощности и снижения токсичных выбросов.

Последние три функции реализуются в тех случаях, когда на конкретной модели двигателя предусмотрены установка и использование соответствующее выполнение норм Евро-II и Евро-III по токсичным выбросам двигателя и современных требований по бортовой диагностике. Кроме этого она взаимосвязана с другими электронными системами автомобиля (антиблокировочной, противобуксочной и др.), что повышает надежность и безопасность его эксплуатации.

Кратко рассмотрим основные элементы и узлы комплексной системы управления *Motronic M5*.

Электробензонасос погружного типа (расположен в топливном баке) подает топливо под давлением 400...600 кПа к форсункам. Высокая производительность насоса (120...140 л/ч) позволяет эффективно охлаждать сам насос и электромагнитные форсунки и предотвращать появление паровых пробок в гидравлическом тракте системы.

В системе *Motronic M5* электробензонасос входит в качестве отдельного узла в топливный модуль, устанавливаемый в топливном баке автомобиля. Такой модуль (рис. 16) включает, кроме самого насоса, датчик уровня топлива в баке и фильтр грубой очистки топлива. Последний выполнен из мелкой полимерной сетки (рис. 17 а) и позволяет задерживать частицы размером более 80 мкм.

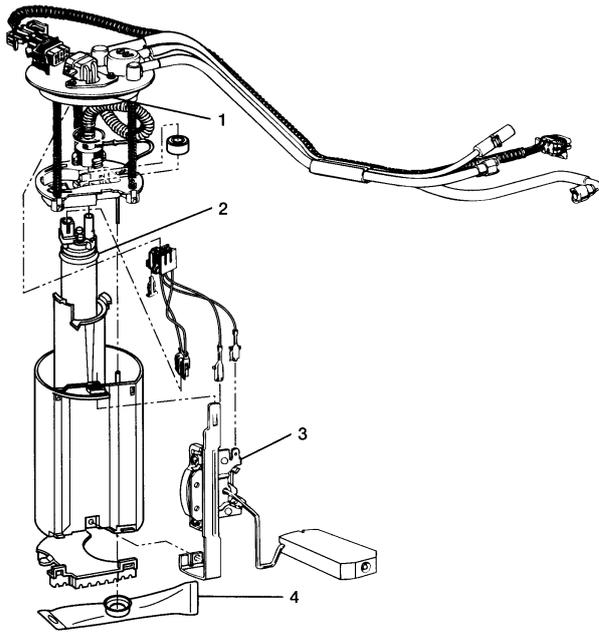


Рис. 16. Типичный топливный модуль системы впрыскивания бензина: 1 – уплотнительное резиновое кольцо; 2 – электробензонасос; 3 – датчик уровня топлива в баке; 4 – фильтр грубой очистки топлива

в корпусе из тонколистовой стали. Фильтр задерживает все загрязнения с размерами частиц более 10 мкм.

Стабилизатор давления топлива представляет собой редукционный клапан, поддерживающий постоянный перепад давления (250...350 кПа) топлива между местом впрыскивания и топливной магистралью. Излишки

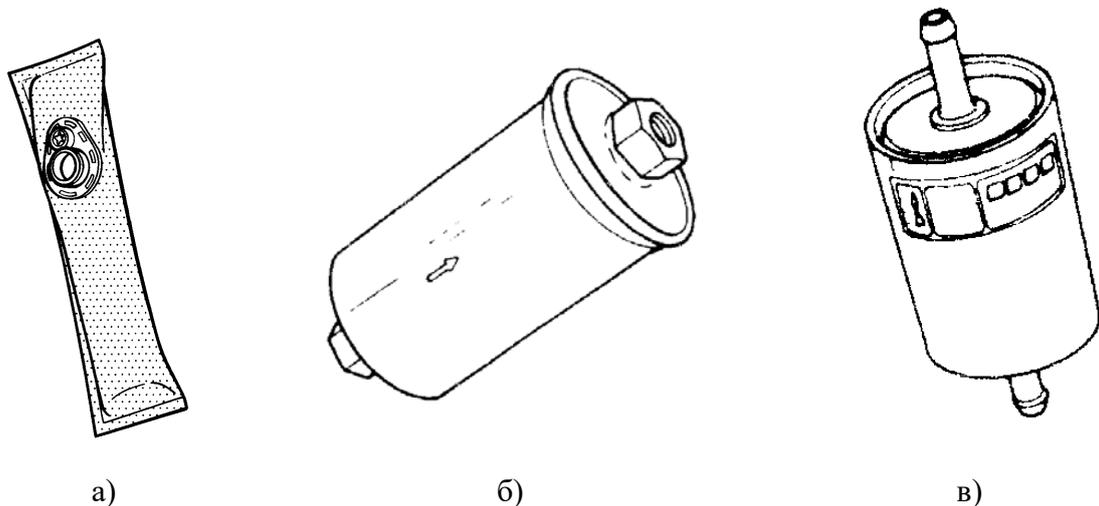


Рис. 17. Типичный вид фильтров грубой (а) и тонкой (б, в) очистки топлива

топлива по сливной магистрали направляются обратно в бак. Стабилизатор монтируется к топливной рампе, как показано на рис. 18.

В современных системах впрыскивания топлива началось использование так называемой бессливной схемы подачи топлива к форсункам, при которой

стабилизатор давления топлива размещается в топливном модуле внутри бензобака автомобиля. Таким образом, достигается более высокая надежность системы, несколько снижается нагрузка на бензонасос и отпадает необходимость использования сливной топливной магистрали.

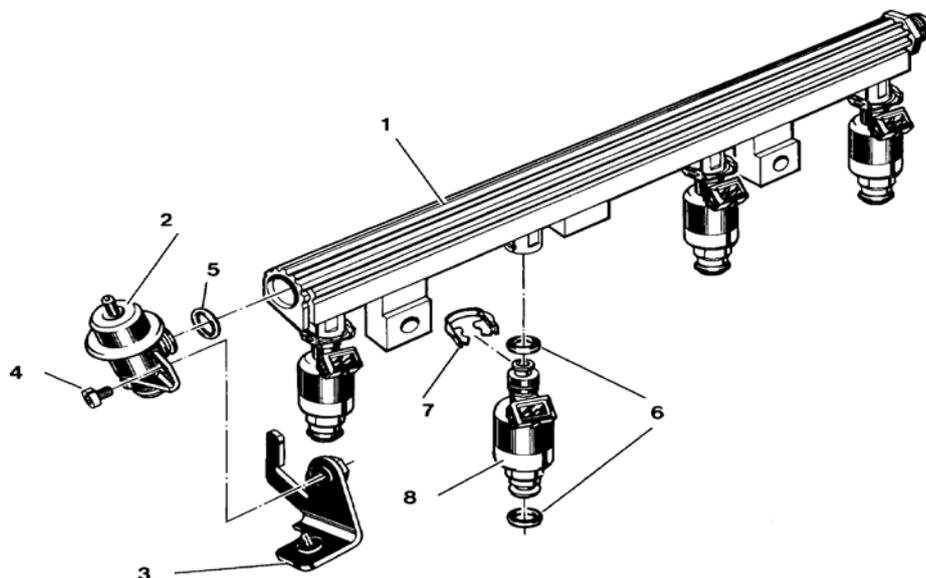


Рис. 18. Топливная рампа системы РВТ в сборе с форсунками и стабилизатором давления топлива: 1- рампа; 2 – стабилизатор давления топлива; 3 – кронштейн; 4 – болт; 5, 6 – резиновые уплотнительные кольца; 7 – фиксатор форсунки; 8 - форсунка

Расходомер воздуха (термоанемометрического типа) позволяет определить массовое количество воздуха, потребляемое двигателем. На основе этой информации и данных о частоте вращения вала микропроцессор рассчитывает величину циклового массового наполнения цилиндров, которая является главным командным параметром для управления двигателем (топливоподачей, зажиганием, рециркуляцией ОГ и др.).

Датчик положения дроссельной заслонки (потенциометрического типа) позволяет определить режимы пуска, прогрева и полной нагрузки двигателя. Сигнал этого датчика используется также при резком открытии дросселя на режимах разгона для улучшения динамики автомобиля.

Датчик частоты вращения вала двигателя обеспечивает синхронизацию работу системы управления и двигателя. Он также определяет метку начала отсчета (до ВМТ первого цилиндра) для управления зажиганием.

Датчик содержания кислорода в ОГ (λ -зонд) позволяет определить состав топливовоздушной смеси по наличию кислорода на выпуске. Используя сигнал этого датчика, микропроцессор поддерживает на большинстве режимов работы двигателя стехиометрический состав смеси, который необходим для достижения максимальной эффективности работы трехкомпонентного каталитического нейтрализатора. По принципу действия

λ -зонд относится к электрохимическим датчикам и быстро выходит из строя при работе на этилированном бензине, а также при перегревах выше 900°С.

В рассматриваемой системе используется два λ -зонда, что позволяет определить работоспособность нейтрализатора (по сигналам датчиков до и после нейтрализатора).

Датчик детонации входит в адаптивный антидетонационный контур, который позволяет оптимизировать управление углом опережения зажигания без опасности возникновения детонации. Такой датчик (рис. 19) уста-

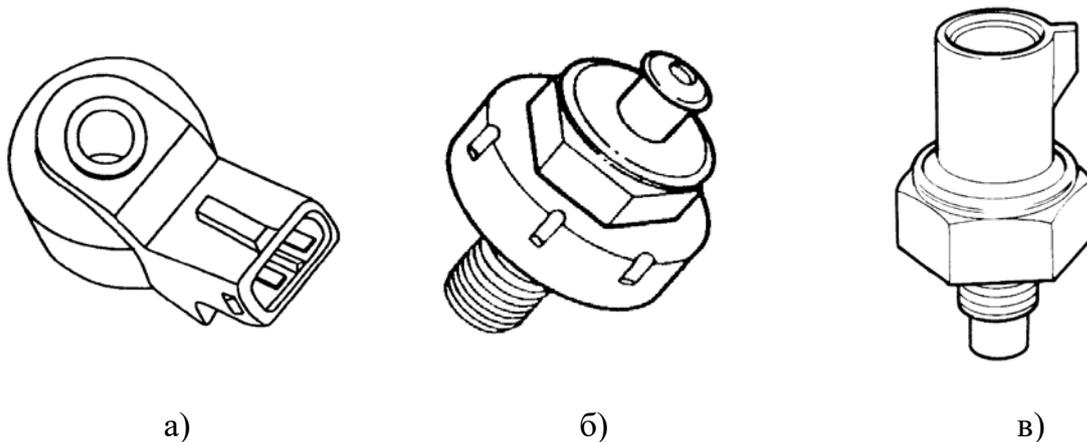


Рис.19. Внешний вид типичных датчиков детонации различных фирм: а – *R.Bosch*; б – *Chrysler*; в - *Ford*

навливается обычно на боковую поверхность блока цилиндров. Электронный блок управления периодически (в зависимости от текущего угла поворота коленчатого вала) получает сигнал от датчика и обрабатывает его по специальному алгоритму для выявления признаков детонации. При обнаружении детонации угол опережения зажигания изменяется по определенному закону до ее исчезновения.

Регулятор холостого хода двигателя представляет собой пропорциональный клапан, управляющий по сигналам контроллера перепуском определенного количества воздуха по байпасному каналу в обход дроссельной заслонки. Таким образом, он обеспечивает поддержание заданной частоты вращения вала двигателя при прогреве, включении кондиционера, вентилятора системы охлаждения и т.п.

Электромагнитная форсунка является быстродействующим электромагнитным клапаном дискретного действия. Ее открытием управляет контроллер, подавая на обмотку электромагнитного привода клапана прямоугольные импульсы напряжения длительностью 2...8 мс. Длительность импульса рассчитывается контроллером по определенному алгоритму на основе информации датчиков о параметрах работы двигателя. Цикловая подача топлива прямо пропорциональна времени открытия форсунки (длительности управляющего импульса). Форсунка устанавливается на двигатель в сборе с топливной рампой (рис. 18).

Микропроцессорный блок управления включает контроллер (управляющий микропроцессор), усилители и схемы сопряжения с различными датчиками, силовые ключи для управления исполнительными элементами. Он имеет защиту от перенапряжений и коротких замыканий в цепях питания, а также встроенную диагностику, которая позволяет оперативно определять неисправности в процессе эксплуатации или технического обслуживания двигателя.

Системы управления, аналогичные *Motronic M5*, применяются и на отечественных автомобильных двигателях (приложение II). Отличие их обычно заключается в менее развитой структуре и, соответственно, - меньшем числе функций. В частности, они не управляют подачей вторичного воздуха в выпускную систему, не регулируют длину впускного трубопровода, не изменяют давление наддува и т.п.

В ближайшем будущем подсистемы РВТ в составе комплексных систем управления двигателем получат дальнейшее развитие. При этом возможно использование регулируемого вихреобразования на впуске, пневматического распыливания топлива и других способов повышения топливной экономичности и снижения токсичности ОГ. Совершенствование конструкции узлов и компонентов РВТ вероятнее всего будет идти в направлении расширения использования модульных элементов при одновременном снижении стоимости и повышении надежности систем в целом. Будет продолжаться расширение применения пластиков для изготовления топливных рампы и впускных систем двигателей. Появятся электромагнитные форсунки следующих поколений, отличающиеся малыми габаритами и массой (последнее обеспечивается за счет применения специальных пластиков), обладающие высокими быстродействием и надежностью.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. По указанию преподавателя выбрать для анализа одну из систем РВТ отечественного или зарубежного производства.

2. Изучить и описать выбранную систему РВТ по следующему плану:

- а). дать общие сведения о системе РВТ, описать ее структуру;
- б). описать конструкцию и проанализировать компоновку впускной системы двигателя со всеми датчиками и исполнительными элементами (тип расходомера воздуха, конструкцию регулятора холостого хода, расположение форсунок, установку стабилизатора давления топлива и др.);
- в). изучить гидравлическую схему рассматриваемой системы РВТ;
- г). дать описание стабилизатора давления топлива;
- д). привести описание регулятора холостого хода;
- е). описать датчики, входящие в состав системы.

3. Изучить двигатель с системой РВТ на моторном стенде или в составе автомобиля.

4. По указанию преподавателя снять нагрузочную или скоростную характеристику двигателя с системой РВТ на моторном стенде, используя при этом диагностическую аппаратуру типа МОТОР-ТЕСТ или АВТОАС - СКАН. Детально ознакомиться с работой диагностической аппаратуры в условиях проведения моторных испытаний.

5. Сформулировать основные выводы по проделанной работе. Построить характеристику двигателя и оформить отчет.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите структуру и основные функции типичной подсистемы РВТ, входящей в комплексную систему управления двигателем.

2. Как в системах РВТ определяется нагрузка двигателя (т.е. что является главным командным параметром для управления двигателем)?

3. Какие дополнительные функции реализуются в современных комплексных системах управления двигателями?

4. Каким образом располагаются форсунки на двигателе в составе системы РВТ?

5. Опишите гидравлический тракт типичной системы РВТ и укажите функции всех его элементов.

6. Дайте анализ достоинств и недостатков систем РВТ.

7. Проанализируйте перспективные направления развития подсистем РВТ и комплексных систем управления двигателем в целом.

Лабораторная работа № 6

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБИЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить и проанализировать конструкцию и основные характеристики серийно выпускаемых и перспективных датчиков температуры.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Изучить принципы создания и конструктивное исполнение серийно выпускаемых и перспективных датчиков температуры, применяемых в электронных системах управления автомобильными двигателями.

2. Определить градуировочные характеристики нескольких образцов датчиков различных фирм в интервале температур + 20...+ 120 °С.

3. Установить чувствительность каждого датчика по его градуировочной характеристике.

4. Определить динамические показатели одного из датчиков температуры (по указанию преподавателя).

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В автомобильной технике до последнего времени измерение температуры считалось решенной задачей, не требующей новых подходов. Невысокая точность автомобильными датчиков температуры, сравнительно низкая их стоимость и довольно высокая надежность считались вполне достаточными.

С появлением и интенсивным развитием электронных систем управления двигателями возросли требования к точности, надежности, снижению стоимости автомобильными датчиков, в том числе и датчиков температуры. С появлением новых требований к датчикам возникли и новые подходы к выполнению средств измерения температуры.

Для управления двигателем обычно используется информация о температуре охлаждающей жидкости, масла в системе смазки и воздуха на впуске.

К автомобильным датчикам температуры предъявляется целый ряд довольно жестких требований, обусловленных тяжелыми условиями их эксплуатации. Кратко эти требования можно сформулировать так.

1. Диапазон измеряемых температур должен составлять $-30...+130$ °С.
2. Температурный диапазон работоспособности датчика должен составлять $-40...+160$ °С.
3. Основная погрешность:
 - для датчиков температуры воздуха – не хуже ± 3 °С в диапазоне $+15...+100$ °С;
 - для датчиков температуры охлаждающей жидкости и не хуже $\pm 1,5$ °С в диапазоне $+15...+130$ °С.
4. Разрешающая способность – не хуже $\pm 0,5$ °С.
5. Постоянная времени датчика – до 60 с при измерении температуры охлаждающей жидкости и масла и до 30 с при измерении температуры воздуха на впуске.
6. Долговечность – 4000 ч при вероятности безотказной работы 0,999.
7. Датчик должен выдерживать вибрации до 15g при частотах 50...200 Гц по трем осям без резонансов, а также удары до 100g по трем осям в течении 10 мс (падение на бетон с высоты 1 м).
8. Датчик должен сохранять работоспособность при воздействии солевых растворов, масляных загрязнений, колебаний относительной влажности воздуха от 10 до 100%.
9. Датчик должен выдерживать до 50 термоударов с амплитудой 180 °С ($-30...+150$ °С).
10. Датчик должен иметь высокую стабильность, технологичность и низкую стоимость производства.

До появления электронных систем управления двигателями в автомобильной технике для контроля в качестве датчиков температуры

традиционно использовались либо полупроводниковые терморезисторы (термисторы), либо термометры сопротивления, выполненные обычно в виде катушки с намотанным на нее проводом.

Термочувствительные элементы подобных датчиков размещаются в металлической капсуле (с наполнителем или без него), снабженной штекерами для включения датчика в измерительную цепь (рис.20).

Преимуществами терморезисторов, изготовленных из различных полупроводниковых материалов (спеченные окислы Ni, Co, Si), является высокое значение их температурного коэффициента сопротивления (ТКС), достигающее до $0,03 \text{ град.}^{-1}$, что позволяет повысить чувствительность датчиков. При этом ТКС может иметь как положительное, так и отрицательное значение, что и определяет вид градуировочной кривой датчика.

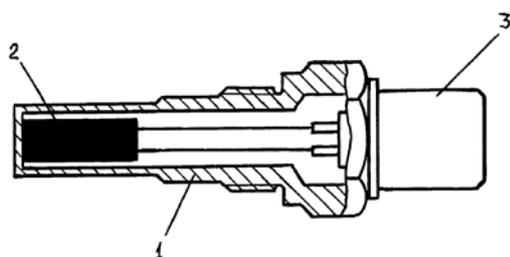


Рис. 20. Конструктивная схема датчика температуры охлаждающей жидкости: 1 – корпус; 2 – термочувствительный элемент; 3 – электрический разъем датчика

Однако в то же время термисторы часто имеют нестабильные и нелинейные характеристики и подвержены старению. Особенности технологии изготовления полупроводниковых терморезисторов обуславливают, как правило, значительный разброс их номинального значения от образца к образцу (обычно $\pm 10\%$, в особых вариантах исполнения – не менее $\pm 5\%$).

Несмотря на указанные особенности полупроводниковых датчиков температуры, на сегодняшний день они нашли широкое применение в автомобильных системах управления. Типичные датчики температуры охлаждающей жидкости двигателя и воздуха на впуске показаны на рис. 21.

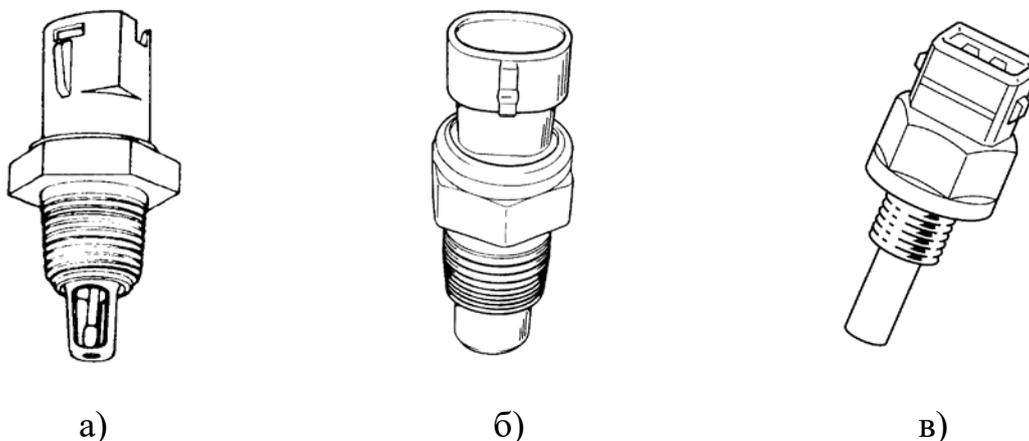


Рис. 21. Вид типичных датчиков температуры воздуха на впуске (а) и охлаждающей жидкости (б, в), используемых в системах управления двигателем (конструкции 80-х ...90-х годов прошлого века)

Как видно, датчик температуры воздуха имеет малогабаритный чувствительный элемент, более открытый для восприятия теплоты от окружающей среды.

В отличие от полупроводников такие металлы, как платина, вольфрам, никель, медь обладают очень высокой стабильностью. По имеющимся данным, нестабильность негерметизированных металлических терморезисторов за 25 000 ч работы не превышает $\pm 5\%$.

Для выполнения термочувствительных элементов автомобильных датчиков температуры, используемых в автомобильных системах контроля, ранее, как правило, использовали медную проволоку. Недостатками этого технического решения являются низкая чувствительность меди к изменению температуры (ТКС меди $0,0039 \text{ град.}^{-1}$), а также невысокая технологичность конструкции. Для систем управления двигателем такие датчики не применяются.

Хорошо известные термоэлектрические датчики (термопары) имеют низкую технологичность, сложную вторичную аппаратуру и, следовательно, - высокую стоимость. Для автомобильных систем контроля и управления подобные датчики, по-видимому, малоперспективны.

Термочувствительные ферриты и конденсаторы, в которых используется зависимость соответственно магнитной и диэлектрической проницаемости от температуры, нетехнологичны и сложны для массового производства. Их применение в автомобильных системах управления возможно при резком снижении стоимости производства.

Датчики температуры на основе кварцевых резонаторов сложны, имеют высокую стоимость. Вследствие этого они не применяются и, видимо, не будут применяться в автомобильных системах управления и контроля.

Особо следует остановиться на датчиках, в основу которых положены термочувствительные металлополимерные элементы (МПЧЭ), обладающие значительными перспективами благодаря своим преимуществам: высокой технологичности, стабильности, малой инерционности, простоте конструкции.

Конструктивно МПЧЭ представляют собой терморезистор из металлической (никелевой) фольги толщиной несколько десятков мкм, защищенный снаружи слоем полиимидного лака. Толщина полиимидной изоляции имеет тот же порядок, что и толщина фольги. Сам терморезистор выполнен в виде решетки, которая травится из фольги по микроэлектронной технологии (методом фотолитографии). Групповая технология изготовления таких терморезисторов обеспечивает низкую стоимость изделий, массовость производства, идентичность характеристик элементов. Физико-механические свойства полиимидного лака обеспечивают надежную работу элементов в диапазоне температур $-195 \dots +300 \text{ }^\circ\text{C}$ (кратковременно до

+500 °С). Эти МПЧЭ обладают достаточной механической прочностью (функции измерительного и силового элементов конструкции разделены), гибкостью, стойкостью к агрессивным средам (маслам, бензинам, различным растворителям, кислотам, щелочам и др.). Они не требуют применения редких и дорогостоящих материалов и не подвержены старению.

Разработка и использование МПЧЭ в различных датчиках (для измерения температуры, уровня, расхода и др.) является перспективным направлением в конструировании датчиков.

Перспективными также являются интегральные датчики температуры, представляющие собой термочувствительные элементы на одном кристалле с периферийными схемами (усилители и др.). Такие датчики находят применение в автомобильной технике, что обусловлено достижением требуемой стабильности и снижением стоимости при повышении технологичности производства.

Интегральные датчики температуры удобны тем, что обеспечивают выходной сигнал в виде напряжения (рис.22), не требуя при этом вспомогательных схем преобразования сигнала. В связи с особенностями этих датчиков, их невозможно проверить просто с помощью омметра – необходимо включать их в цепь, показанную на рис. 22а.

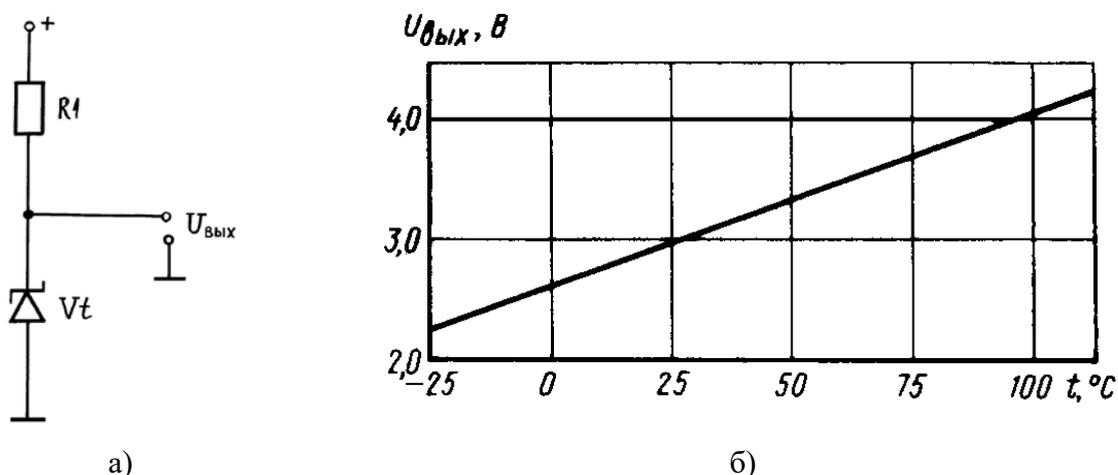


Рис. 22. Схема включения (а) и градуировочная характеристика (б) интегрального датчика температуры: R1 – токоограничивающий резистор; Vt – интегральный датчик

Для датчиков температуры любой конструкции и принципа действия важнейшими характеристиками является стабильность, чувствительность, быстродействие.

Стабильность определяется воспроизводимостью первоначальной градуировочной характеристики через определенное время эксплуатации.

Чувствительность предопределяет разрешающую способность датчика и является важнейшим показателем пригодности датчика для конкретной системы управления.

Быстродействие датчиков обуславливается температурной инерционностью конструкции и условиями теплообмена датчика и среды.

Корпус датчика выполняет функцию передачи измеряемой температуры от потока к чувствительному элементу, от которого далее электрический сигнал передается уже к измерительному прибору. Если существует точное равенство между температурой чувствительного элемента и средой, то датчик имеет идеальные динамические характеристики. В реальных конструкциях идеал не достигается, так как материал корпуса датчика всегда имеет конечную теплоемкость и всегда будет существовать разность температур между чувствительным элементом и средой. Одной из основных задач конструирования датчиков температуры является уменьшение влияния температурных градиентов. Отклонения реальной характеристики датчика от идеальной учитывается соответствующими статической и динамической характеристиками.

Постоянная времени датчика является функцией нескольких величин:

$$\tau = \frac{\rho_d \cdot v_d \cdot C_d}{\lambda \cdot S + \alpha_d \cdot S + \lambda_k \cdot S_k},$$

где : τ - постоянная времени датчика температуры; ρ_d - средняя плотность датчика; v_d - объем датчика; C_d - средняя теплоемкость датчика; λ - коэффициент теплопроводности стенки корпуса датчика; S - площадь теплоприемника; α_d - эквивалентный коэффициент радиационного теплового потока датчика; λ_k - коэффициент теплопроводности элементов крепления датчика; S_k - площадь элементов крепления датчика.

Приведенная формула показывает пути уменьшения постоянной времени датчиков температуры. В первую очередь этого можно достичь выбором рациональных размеров датчика, его тепловоспринимающей поверхности, а также подбором материала корпуса датчика с необходимыми физическими свойствами.

В последнее время начали получать распространение датчики температуры, имеющие корпус из полимерных материалов. Такие датчики имеют малые массу и габариты, низкую стоимость, высокую долговечность, обладают стойкостью к коррозии и устойчивостью к различным агрессивным средам.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

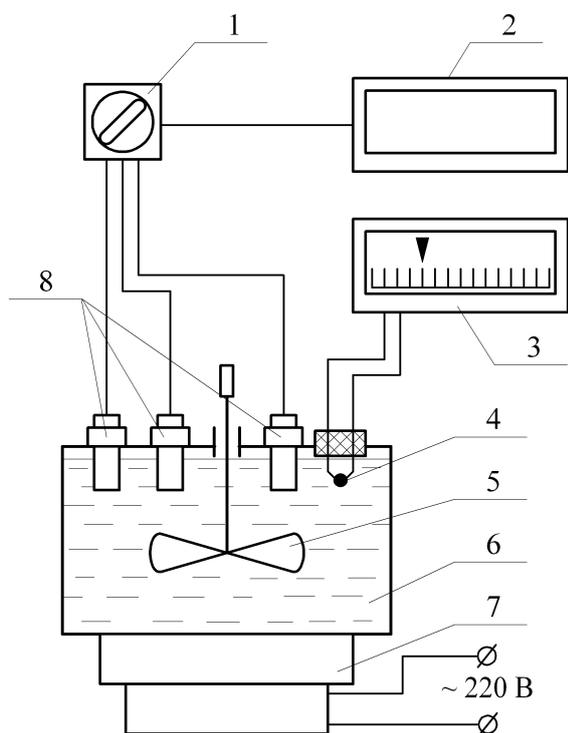


Рис.23. Схема лабораторной установки: 1 - переключатель; 2 - омметр; 3 - измеритель температуры; 4 - эталонная микротермопара; 5 - лопастная мешалка; 6 - камера; 7 - нагревательный элемент; 8 - исследуемые датчики

температуры 3, поочередно подключают датчики 8 к омметру 2. Обычно в качестве начальной принимается комнатная температура (18...25 °С).

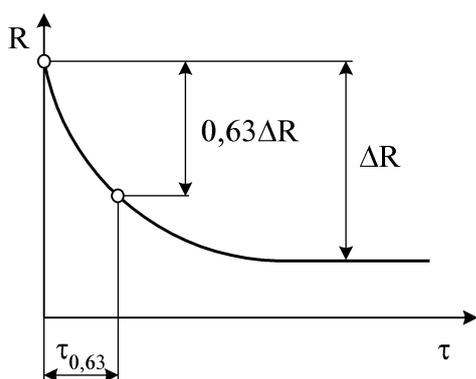


Рис. 24. Графическое определение постоянной времени датчика $\tau_{0,63}$ по динамической кривой изменения его сигнала датчика с отрицательным ТКС

Лабораторная установка для исследования датчиков температуры (рис. 23) включает в себя камеру 6, заполненную моторным маслом. В крышке камеры в резьбовых гнездах установлены исследуемые датчики 8, подключаемые поочередно с помощью переключателя 1 к омметру 2. В крышке также установлена эталонная микротермопара 4, соединенная с измерителем температуры 3. Вся камера 6 подогревается с помощью плоского нагревательного элемента 7. Для уменьшения градиентов температуры по объему камеры предусмотрена специальная вращающаяся лопастная мешалка 5.

В процессе проведения экспериментов постепенно нагревают масло в камере 6 и при его определенных температурах, фиксируемых с помощью эталонной микротермопары 4 и измерителя температуры 3, поочередно подключают датчики 8 к омметру 2. Обычно в качестве начальной принимается комнатная температура (18...25 °С). К концу опытов температуру масла доводят до 100...120 °С. Таким образом, для каждого датчика определяют зависимость его сопротивления R от температуры среды t , в которой он находится.

Установка позволяет получить также динамическую кривую изменения сигнала датчика температуры (рис.24). Для этого выбранный датчик, охлажденный до комнатной температуры, быстро погружают в нагретое

масло (100...120 °С) через специальное увеличенное отверстие в крышке камеры 6. При этом через равные промежутки времени (обычно это 5...10 с)

фиксируют показания омметра 2 до тех пор, пока они не будут иметь установившегося значения (различия в показаниях омметра не должны превышать 5 % на протяжении 30 с). По полученным данным строят динамическую кривую $R = f(\tau)$ и определяют графически путем постоянную времени датчика $\tau_{0,63}$ (рис. 21).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить конструктивные особенности автомобильных датчиков температуры, отобранных по указанию преподавателя. Кратко описать особенности датчиков.

2. Ознакомиться с конструкцией и возможностями лабораторной установки для исследования датчиков.

3. Для каждого из датчиков определить зависимость его сопротивления R от температуры среды t , в которой он находится. Данные эксперимента занести в таблицу 3.

Таблица 3 Зависимость сопротивления датчиков от температуры

Температура среды в камере, °С	Сопротивление датчиков, кОм (МОм)			
	Датчик 1	Датчик 2	Датчик 3	Датчик 4
20				
30				
и т. д.				

4. По полученным в эксперименте данным построить зависимости $R = f(t)$ для каждого из датчиков. Далее по ним определить чувствительность датчиков $\delta = \Delta R / \Delta t$, кОм/°С в начале и в конце диапазона измерения температуры.

5. У одного из датчиков (по указанию преподавателя) определить постоянную времени $\tau_{0,63}$. Для этого необходимо получить динамическую кривую изменения сигнала датчика температуры. По результатам этого опыта построить кривую $R = f(\tau)$ и графически определить постоянную времени $\tau_{0,63}$.

6. По результатам работы сделать вывод и оформить отчет.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные требования, предъявляемые к автомобильным датчикам температуры.
2. Проанализируйте особенности, преимущества и недостатки датчиков температуры различных принципов действия. Опишите конструкцию типичных автомобильных датчиков температуры.
3. Дайте характеристику различным материалам для изготовления резистивных чувствительных элементов датчиков температуры.
4. Опишите лабораторную установку для исследования датчиков.
5. Проанализируйте, от каких факторов зависит быстродействие датчиков температуры.
6. Проведите анализ полученных в работе зависимостей $R = f(t)$, $\delta = \Delta R / \Delta t$, $R = f(\tau)$.
7. Назовите и охарактеризуйте важнейшие показатели работы датчиков температуры.

Лабораторная работа № 7

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНДУКТИВНЫХ ДАТЧИКОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить принцип действия и конструкцию индуктивных датчиков перемещения, а также определить их основные характеристики.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Изучить принцип действия индуктивных датчиков.
2. Ознакомиться с конструкцией отечественных и зарубежных индуктивных датчиков перемещения.
3. Экспериментально определить влияние зазора между датчиком и вращающимся объектом на выходной сигнал датчика.
4. Экспериментально определить влияние частоты вращения объекта на выходной сигнал датчика (при постоянном зазоре между датчиком и объектом).

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для определения углового положения и частоты вращения коленчатого вала двигателя в системах электронного управления могут быть использованы датчики, построенные на различных физических принципах действия. В общем случае для создания таких датчиков можно использовать:

- эффект Холла;

- эффект Виганда;
- эффект электромагнитной индукции;
- оптические эффекты.

На практике наиболее часто применяются датчики, построенные на основе эффекта электромагнитной индукции. Такой индуктивный датчик

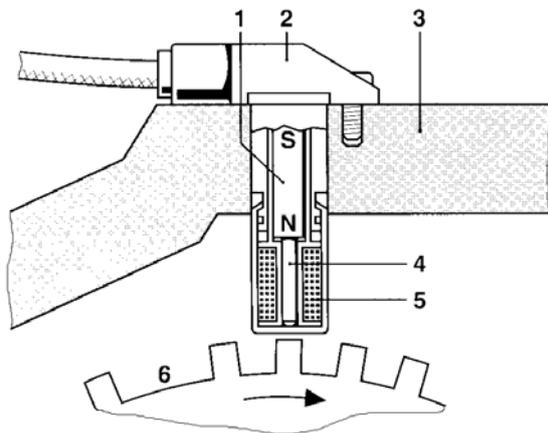


Рис. 25. Схема размещения индуктивного датчика вблизи спецдиска: 1 – постоянный магнит; 2 – корпус индуктивного датчика; 3 – элемент крепления датчика; 4 – сердечник; 5 – катушка; 6 - спецдиск

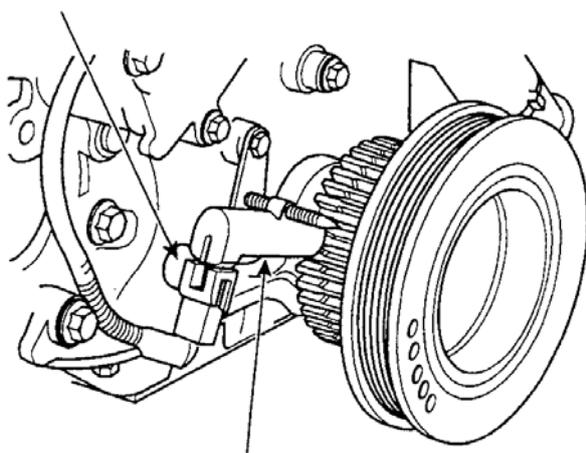


Рис.26. Установка индуктивного датчика на двигателе: 1- кронштейн датчика; 2 – индуктивный датчик

(рис. 25) состоит из катушки, связанного с ней сердечника и постоянного магнита. На двигателе такой датчик обычно устанавливается с некоторым зазором вблизи зубьев венца маховика двигателя или вблизи специального диска с прямоугольными зубьями (рис.25,26). Диск имеет, как правило, число зубьев $z = (60-2)$, т.е. два зуба у него вырезаны. Это позволяет определять не только частоту вращения вала, но и положение ВМТ первого цилиндра.

Датчик может рассматриваться как замкнутая магнитная цепь при установке его на

двигатель (корпус – постоянный магнит – зубья шестерни – корпус). Постоянный магнит создает магнитный поток в указанной цепи. Величина этого потока зависит от напряженности поля магнита и магнитного сопротивления цепи. При приближении зуба шестерни, создающего импульсы потока, магнитное сопротивление уменьшается и магнитный поток увеличивается (рис. 24). При этом в катушке датчика индуцируется напряжение

$$U = N \frac{d\Phi}{dt},$$

где N – некоторый постоянный коэффициент, зависящий от конструктивных особенностей датчика; $\frac{d\Phi}{dt}$ - градиент магнитного сопротивления Φ по времени t .

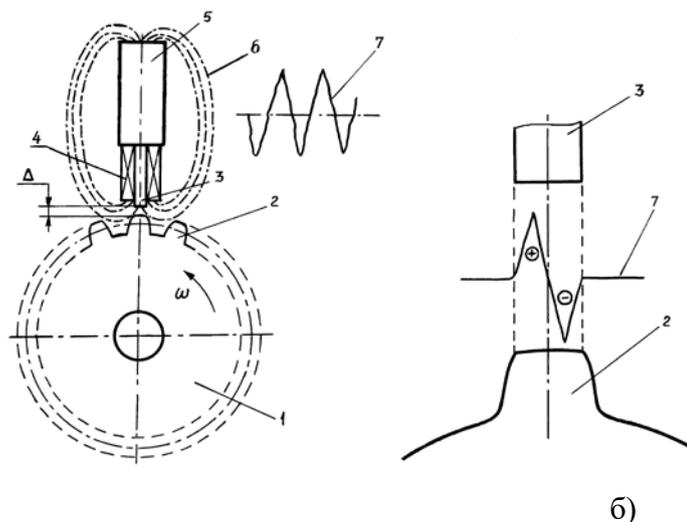


Рис.27. Схема формирования сигнала индуктивного датчика (а) при его взаимодействии с зубьями шестерни (спецдиска) и связь формы сигнала с геометрией зуба (б): 1 – зубчатая шестерня (спецдиск); 2 – зуб; 3 – сердечник датчика; 4 – катушка; 5 – постоянный магнит; 6 – магнитные потоки; 7 – выходной сигнал датчика; ω - угловая скорость вращения шестерни; Δ - зазор между сердечником и зубом шестерни

Полярность выходного напряжения датчика зависит от направления скорости изменения магнитного поля, которое определяется полярностью постоянного магнита, направлением намотки проводника в катушке и тем, уменьшается или увеличивается магнитное сопротивление при вращении объекта.

Направление вращения зубчатой шестерни, создающей импульсы напряжения, не оказывает влияние на полярность выходного сигнала. Напряжение на выходе датчика пропорционально количеству витков катушки и скорости изменения магнитного потока. Следовательно, выходное напряжение датчика пропорционально окружной скорости зубчатой шестерни и скорости изменения магнитного сопротивления.

Выходной сигнал датчика представляет собой пикообразный двухполярный импульс, симметричный относительно горизонтальной оси (рис.27). Абсолютные значения ширины импульса и высоты пика изменяются в зависимости от частоты вращения зубчатой шестерни и различны для разных датчиков. Однако точка, в которой пикообразный импульс пересекает горизонтальную ось, может быть определена с большой точностью, если использовать детектор пересечения нулевой точки. При этом также и положение вертикальной оси зуба шестерни (или спецдиска) определяется очень точно.

Использование современных материалов для постоянных магнитов позволяет выполнить датчик очень надежным, компактным и нечувствительным к вибрациям.

На рис. 28 представлена конструкция типичного индуктивного датчика, используемого в системах электронного управления двигателем.

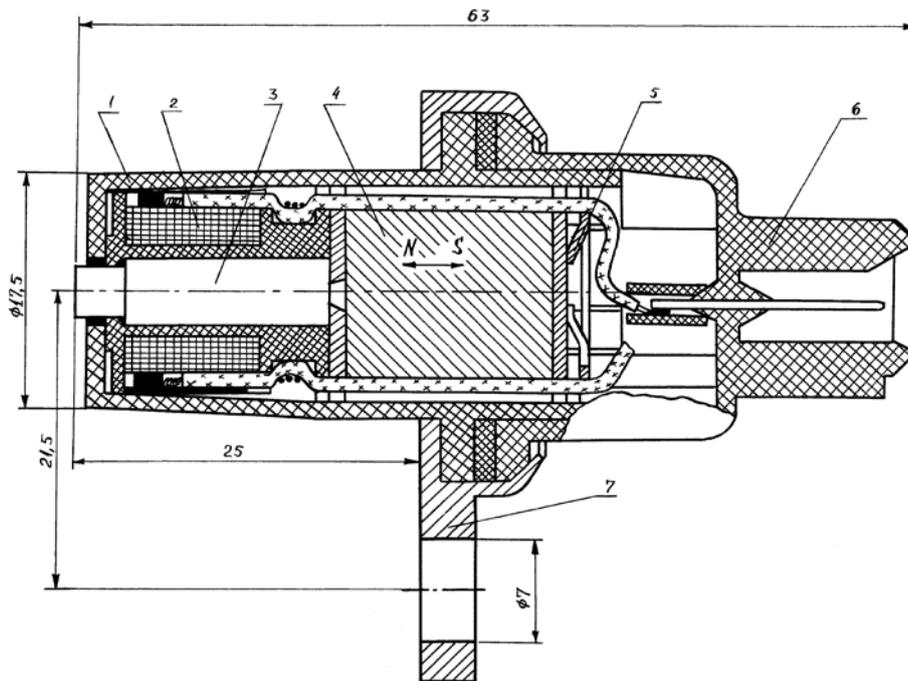


Рис. 28. Конструкция типичного индуктивного датчика перемещения: 1 – корпус; 2 – катушка; 3 – сердечник; 4 – постоянный магнит из феррита бария; 5 – кольцо пружинное; 6 – разъем датчика со штекерами; 7 – фланец крепления датчика

Индуктивные датчики перемещения нашли широкое применение в автомобильной электронике благодаря ряду положительных особенностей. К ним можно отнести:

- простоту установки датчика на двигателе;
- прочность и надежность конструкции датчика;
- возможность применения датчика без усилителя и блока питания;
- широкий температурный диапазон работы: $-40 \dots +150 \text{ }^\circ\text{C}$.

Внешний вид типичных индуктивных датчиков, применяемых в системах электронного управления автомобильными двигателями, представлен на рис. 29.

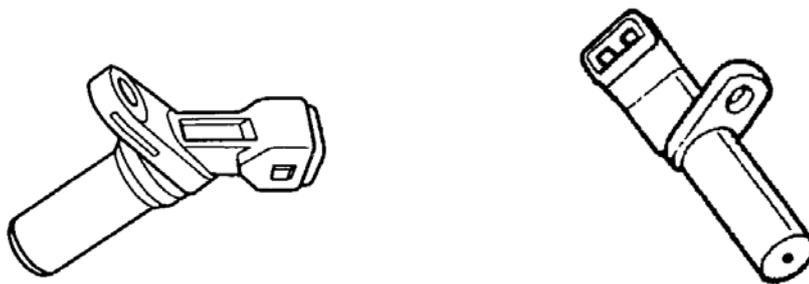


Рис. 29. Внешний вид типичных индуктивных датчиков, используемых в системах электронного управления автомобильными двигателями

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Схема лабораторной установки представлена на рис.30. Зубчатая шестерня 9 приводится во вращение электродвигателем 10, частота вращения которого может плавно изменяться в диапазоне $600 \dots 6000 \text{ мин}^{-1}$ с помощью лабораторного автотрансформатора (ЛАТР) 1.

Исследуемый индуктивный датчик 6 устанавливается на подвижной платформе 4, которая может плавно перемещаться по горизонтали с помощью винта 3 с мелким шагом резьбы. При перемещении платформы 4 изменяется зазор Δ между датчиком и зубьями шестерни. Зазор Δ может точно задаваться и контролироваться с помощью набора автомобильных пластинчатых щупов. Частота вращения шестерни 9 измеряется при помощи второго индуктивного датчика 7, установленного с постоянным зазором вблизи специального маркерного штифта 8 шестерни 9. Выходной сигнал этого второго датчика подается на вход электронного частотомера 5. Сигнал исследуемого датчика выводится на электронный осциллограф 2.

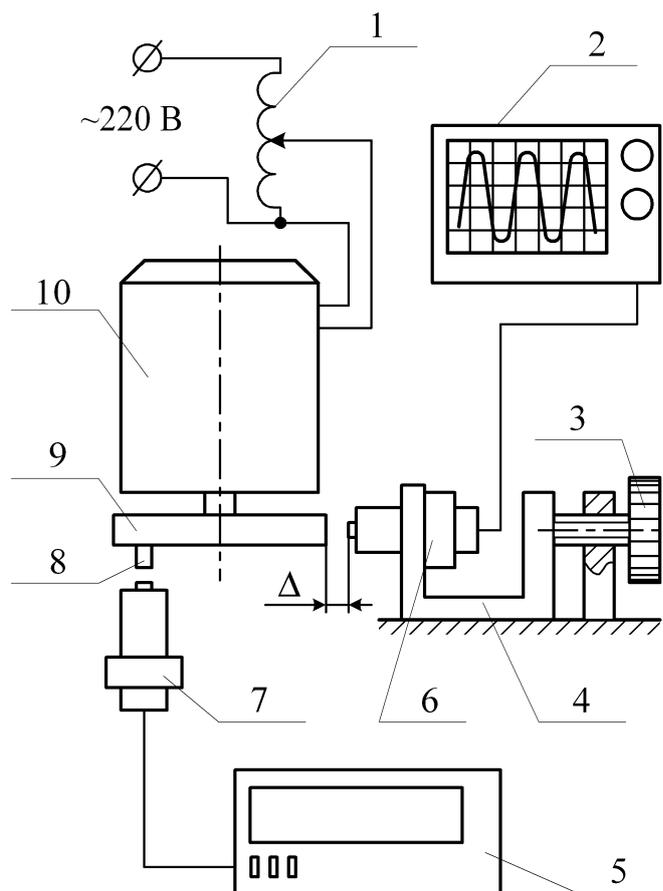


Рис. 30. Схема лабораторной установки для исследования индуктивных датчиков: 1- ЛАТР; 2- осциллограф; 3 – регулировочный винт; 4 – подвижная платформа; 5 – электронный частотомер; 6,7 – индуктивные датчики; 8 – штифт; 9 – зубчатая шестерня; 10 – электродвигатель

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с принципом действия и конструкцией индуктивных датчиков перемещения.

2. Изучить лабораторную установку.

3. По указанию преподавателя взять конкретный индуктивный и закрепить его на лабораторной установке.

4. Выставить определенный зазор Δ между датчиком и зубьями шестерни и определить зависимость амплитуды выходного сигнала от частоты вращения шестерни (1000...4000 мин⁻¹). Провести аналогичные измерения с несколькими другими зазорами Δ .

5. Построить графики следующих зависимостей:

$$- U_{\text{вых}} = f(\Delta) \text{ при } n =$$

const для различных частот вращения n ;

$$- U_{\text{вых}} = f(n) \text{ при } \Delta = \text{const для различных значений } \Delta .$$

6. Проанализировать полученные зависимости, рассмотреть результаты испытаний в связи с принципом работы датчика. Сделать выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите принцип действия индуктивных датчиков перемещения.
2. Рассмотрите особенности конструкции индуктивных датчиков перемещения.
3. Для каких целей используются индуктивные датчики в системах управления автомобильными двигателями?
4. Опишите лабораторную установку для исследования индуктивных датчиков.
5. Расскажите об особенностях работы индуктивных датчиков.

6. Проанализируйте полученные экспериментальные зависимости работы индуктивного датчика и свяжите их с принципом его действия.

7. Каковы преимущества и недостатки индуктивных датчиков?

Лабораторная работа № 8

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФОРСУНОК ДЛЯ ВПРЫСКИВАНИЯ БЕНЗИНА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить конструкцию электромагнитных форсунок различных типов и определить их рабочие характеристики.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Изучить принцип действия и конструкцию существующих типов электромагнитных форсунок для впрыскивания бензина, производимых различными фирмами мира.

2. На лабораторном стенде снять рабочую характеристику конкретного образца электромагнитной форсунки.

3. Определить статическую производительность форсунки.

4. Экспериментальным путем выявить неравномерность дозирования топлива при использовании комплекта форсунок (4 шт.).

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Электромагнитная форсунка для впрыскивания бензина представляет собой быстродействующий гидравлический дозирующий клапан с электромагнитным приводом запирающего элемента (рис.31). В системах топливоподачи с электронным управлением форсунки выполняют две функции:

- дозируют топливо в соответствии с длительностью электрических управляющих импульсов, формируемых электронным блоком управления по определенному алгоритму в зависимости от режимных параметров работы двигателя;

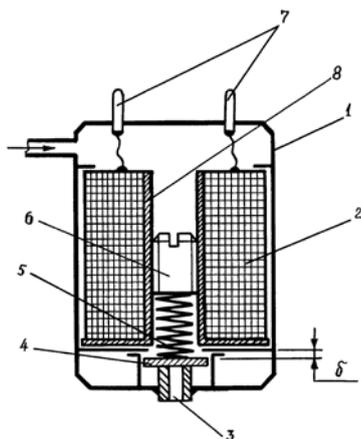


Рис. 31. Упрощенная принципиальная схема электромагнитной форсунки для впрыскивания бензина: 1 – корпус форсунки; 2 – обмотка электромагнита; 3 – канал распылителя; 4 – запирающий элемент клапана; 5 – возвратная пружина; 6 – регулировочный винт; 7 – выходные контакты; 8 – магнитопровод; δ - рабочий зазор в клапанном узле

- распыливают топливо до частиц требуемых размеров для достижения необходимой гомогенизации топливовоздушной смеси.

В отличие от карбюраторных систем подачи топлива, в системах впрыскивания бензина применение электромагнитных форсунок позволяет разделить эти две основные функции органов топливоподачи и совершенствовать их независимо друг от друга.

Принцип действия всех электромагнитных форсунок, независимо от их конструкции, одинаков и заключается в следующем (рис.31). При подаче на обмотку электромагнита прямоугольного электрического импульса определенной длительности τ , запирающий элемент клапана, преодолевая усилие возвратной пружины, перемещается вверх и открывает проточный канал распылителя, через который топливо поступает в двигатель. После прекращения действия импульса τ запирающий элемент под действием усилия возвратной пружины запирает клапан форсунки и подача топлива прекращается. При постоянном давлении топлива перед форсункой, впрыскиваемое его количество будет определяться длительностью открытия клапана форсунки (рис.32). Таким образом, электромагнитные форсунки работают в импульсном режиме.

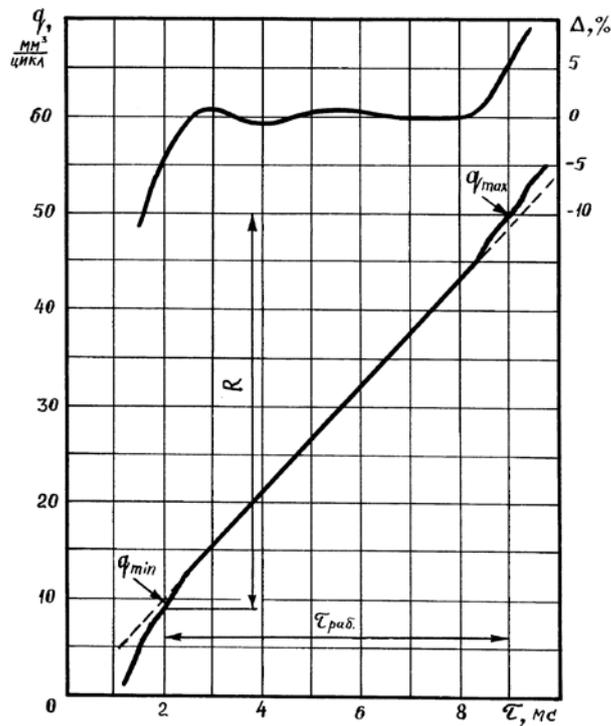


Рис. 32. Рабочая характеристика форсунки: R – динамический диапазон работы форсунки (кратность цикловых подач); Δ – погрешность дозирования топлива, %; $\tau_{раб}$ – рабочий диапазон длительностей управляющих электрических импульсов

В идеальном случае время открытия форсунки должно быть равно длительности управляющего электрического импульса τ . Однако в реальной форсунке время открытого состояния клапана не совпадает с длительностью управляющего импульса из-за механической и электромагнитной инерционности конструкции, а также из-за влияния гидравлических явлений на процессы открытия форсунки и впрыскивания топлива.

Для оценки основных рабочих параметров форсунки используется ее характеристика - зависимость величины цикловой подачи топлива g_{τ} от длительности τ управляющего электрического импульса (рис. 32):

$$g_{\tau} = f(\tau).$$

По назначению форсунки подразделяются на конструкции, предназначенные для систем центрального или распределенного впрыскивания топлива.

Форсунки первого типа выполняют, как правило, с нижним (боковым) подводом топлива (рис.33а), причем их габаритные размеры по вертикали стараются уменьшить до минимально возможных значений для удобства размещения блока ЦВТ в подкапотном пространстве автомобиля.

Для распределенного впрыскивания бензина обычно применяют форсунки с верхним подводом топлива (рис. 33б), хотя известно

использование для этих систем и модификаций форсунок с нижним подводом.

По величине сопротивления обмотки электромагнита форсунки можно подразделить на низкоомные (сопротивление 1,3...3,0 Ома) и высокоомные (12...16 Ом). При испытаниях форсунок первого вида на их обмотку нельзя подавать напряжение более 5 В во избежание сгорания обмотки. На высокоомные форсунки можно подавать напряжение до 12 В. Это не относится к импульсным режимам управления форсункой. Так, при использовании форсирующего импульса для более быстрого открытия форсунки токи в течение 1,0...1,5 мс могут значительно превышать те, которые допустимы для данной форсунки при ее статическом открытии.

По величине рабочего давления топлива форсунки также можно разделить на два типа. Первый тип форсунок рассчитан на давление топлива 70...200 кПа. Такие форсунки применяют для систем ЦВТ. Второй тип форсунок предназначен для систем РВТ и работает при давлениях топлива 250...350 кПа.

Назначение форсунки определяет и угол конуса распыливания топлива – для ЦВТ он составляет 50...55°, для РВТ – 20...25°.

В последние годы при общем многообразии конструкций форсунок для впрыскивания бензина наметилось использование трех видов запирающих элементов клапана:

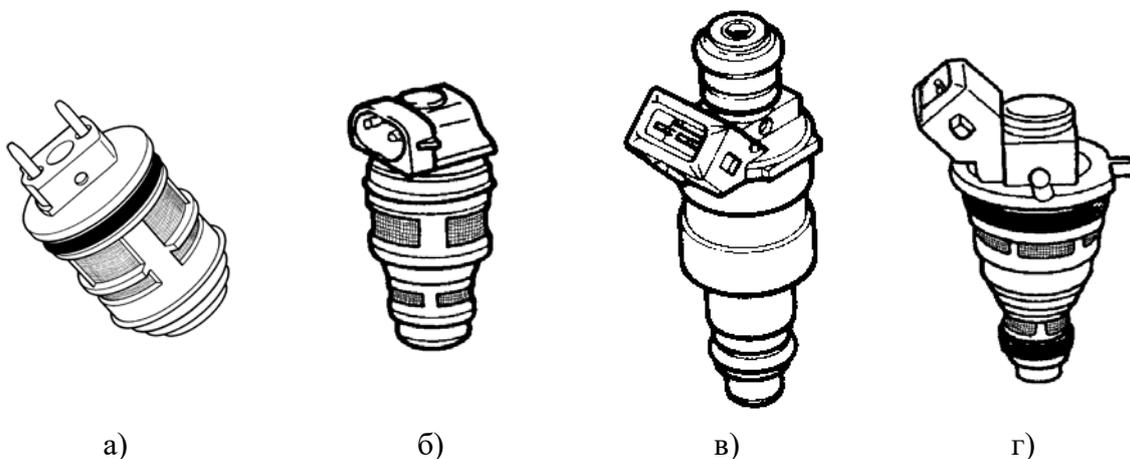


Рис.33. Внешний вид электромагнитных форсунок: а, б – с нижним подводом топлива для систем ЦВТ; в – с верхним подводом топлива для систем РВТ; г - с нижним подводом топлива для систем РВТ

- плоского (дискового);
- конусного;
- сферического.

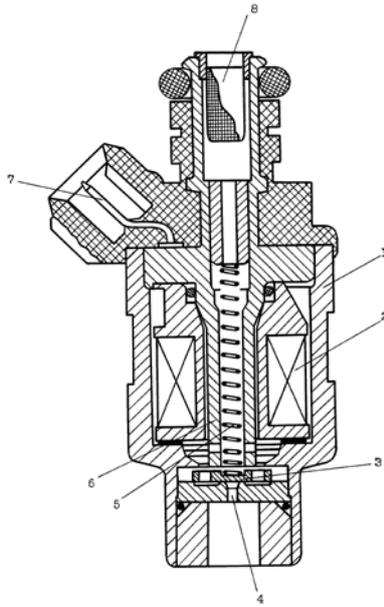


Рис. 34. Конструкция форсунки с плоским запирающим элементом: 1 – корпус; 2 – обмотка электромагнита; 3 – запирающий элемент; 4 - канал распылителя; 5 – пружина; 6 – сердечник электромагнита; 7 – электрические контакты; 8 - топливный фильтр (сетка)

У форсунок с плоским запирающим элементом калиброванное отверстие клапана закрывается подпружиненным плоским элементом (якорем $\varnothing 9...12$ мм из магнитомягкой стали), который для снижения его массы выполняется с проточками в центре и отверстиями на периферии. Масса запирающего элемента такой конструкции может составлять $0,5...1,0$ г, что позволяет существенно повысить быстродействие форсунки.

Форсунки с плоским запирающим элементом традиционно выпускаются фирмой *Lucas* (Великобритания), а также рядом японских и американских фирм (рис.34).

При использовании конусных запирающих элементов клапан запирается конусом. При этом возможны два варианта исполнения запирающего элемента – со штифтом (рис.35) и без него (рис.36).

В первой модификации форсунок конусный запирающий элемент имеет в нижней части фасонный штифт, выполненный по аналогии со штифтом дизельной форсунки. Отверстие клапана в этом случае представляет собой кольцевую щель шириной $0,085$ мм, образованную штифтом и распылителем. Такая конструкция клапана обеспечивает хорошую дисперсность распыливания топлива, но требует высокой точности изготовления в массовом производстве, поскольку такой запирающий элемент должен обеспечивать стабильность работы форсунок и их взаимозаменяемость. При этом масса запирающего элемента довольно велика – $3...4$ г, что отрицательно сказывается на быстродействии форсунки.

К этому типу форсунок относятся конструкции фирмы *R.Bosch*. В настоящее время такие форсунки не устанавливаются на современные автомобильные двигатели в связи с тем, что появились более совершенные варианты конструкции запирающего элемента и клапана в целом.

Если штифт не используется, то имеется возможность снизить массу запирающего элемента и несколько повысить быстродействие форсунки (рис.33).

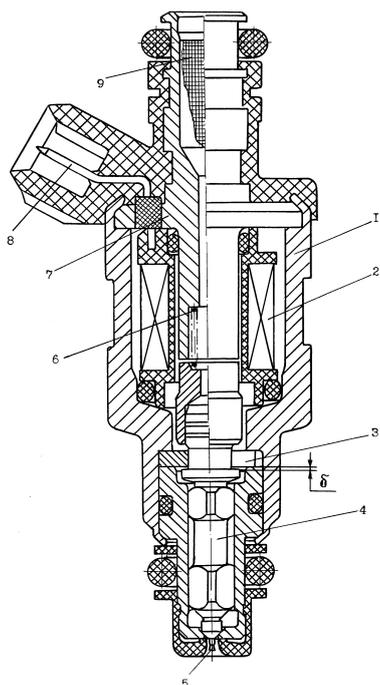


Рис. 35. Конструкция форсунки со штифтовым запирающим элементом: 1 – корпус; 2 – обмотка электромагнита; 3 – дистанционное кольцо; 4 – запирающий элемент; 5 – штифт; 6 – пружина; 7 – сердечник электромагнита; 8 – электрические контакты; 9 – топливный фильтр (сетка)

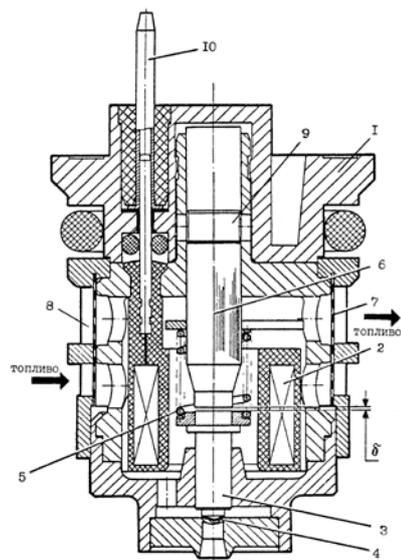


Рис. 36. Конструкция форсунки с конусным запирающим элементом: 1 – корпус; 2 – обмотка электромагнита; 3 – запирающий элемент; 4 – канал распылителя; 5 – пружина; 6 – сердечник электромагнита; 7 – топливный фильтр (сетка); 8 – топливные каналы; 9 – регулировочный винт; 10 – электрические контакты

В целом можно отметить, что использование конусного запирающего элемента (со штифтом или без него) требует достаточно длинной направляющей части для обеспечения надежного сопряжения конусной запирающей поверхности с седлом клапана и достижения требуемой герметичности форсунки. Это в свою очередь приводит к повышенной массе подвижных частей форсунки и снижению ее быстродействия при одновременном повышении энергопотребления.

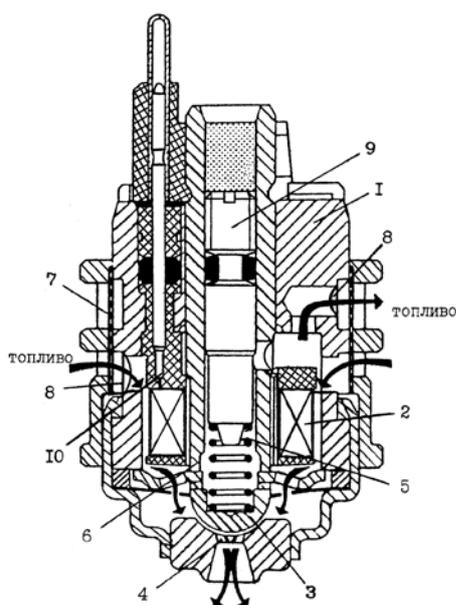


Рис.37. Типичная конструкция форсунки со сферическим запирающим элементом: 1 – корпус; 2 – обмотка электромагнита; 3 – запирающий элемент; 4 – канал распылителя; 5 – пружина; 6 – сердечник электромагнита; 7 – топливный фильтр (сетка); 8 – распыливающих отверстий; 9 – топливные каналы; 9 – регулировочный винт; 10 – электрические контакты

Использование сферических запирающих элементов позволяет упростить технологию изготовления форсунки, поскольку сферические элементы обладают способностью к самоцентрированию в седле клапана и при этом обеспечивают хорошие герметизирующие свойства клапана. Технология изготовления сферических и полусферических тел вращения хорошо отработана в промышленности и не представляет затруднений. Масса такого элемента может составлять 1,5...2,0 г, что позволяет создать форсунку с достаточно высоким быстродействием. Форсунки со сферическими запирающими элементами производят фирмы *R.Bosch, Delphi, Aisan* (рис.37).

Для повышения дисперсности дробления топлива форсункой канал распылителя часто выполняется многосопловым, с тангенциальным расположением нескольких распыливающих отверстий.

Развитие электромагнитных форсунок всегда шло по пути повышения быстродействия, точности дозирования,

улучшения распыливания топлива при одновременном возрастании надежности, снижении массы, габаритных размеров и стоимости. В последние годы появились малогабаритные форсунки, в конструкции которых широко использованы специальные пластики и современные технологии изготовления обмоток электромагнита.

Для оценки рабочих свойств электромагнитных форсунок используют различные виды их испытаний. Наиболее распространены:

- *статическая проливка форсунок* (при полном постоянном открытии клапана);
- *калибровка форсунок* (определение цикловых подач на различных режимах работы форсунки, задаваемых оператором).
- При первом виде испытания определяется статическая производительность $q_{cти}$:

$$q_{ст\ i} = \frac{\Delta Q_i}{\tau}, \quad (1)$$

где ΔQ_i - количество топлива, определенное за время замера объемным способом (для i -ой форсунки), см³; τ - время замера, с.

Во втором виде испытаний определяется цикловая подача форсунки $q_{ци}$ при определенных значениях частоты f и длительности τ_{ϑ} управляющих электрических импульсов):

$$q_{ци\ i} = \frac{\Delta Q_i}{z}. \quad (2)$$

Здесь z – число циклов срабатываний форсунки за время замера τ .

Серия измерений $q_{ци}$ при различных величинах f и τ_{ϑ} дает возможность построить характеристику форсунки, т.е. зависимость $q_{ци} = \varphi(\tau_{\vartheta})$.

Кроме этого может определяться неравномерность подачи топлива δ_i различными форсунками, входящими в комплект:

$$\delta_i = \frac{q_{ци\ i} - \bar{q}_{ци}}{\bar{q}_{ци}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где $\bar{q}_{ци}$ - средняя цикловая подача топлива форсунками в данном комплекте, вычисляемая по формуле

$$\bar{q}_{ци} = \frac{1}{i} \sum_{i=1}^i q_{ци\ i}. \quad (4)$$

Герметичность форсунок проверяется под давлением топлива. У неработающей форсунки, находящейся под давлением, не должно образовываться на носике распылителя и отрываться с него более одной капли (примерно 3 мм³) в минуту. Для последних поколений форсунок этот показатель не должен превышать 1 капли в 2 минуты (т.е. менее 1,5 мм³/мин).

В процессе эксплуатации электромагнитных форсунок в составе систем впрыскивания бензина может наблюдаться их загрязнение, вызываемое рядом причин – низким качеством бензина, нагревом распылителей форсунок, повышенным количеством картерных газов и др. Загрязнение форсунок приводит к снижению мощности двигателя, затрудненному пуску, ухудшению разгона автомобиля и др. Современный рынок автохимии предлагает целую гамму специальных моющих жидкостей и очищающих присадок к топливу, которые по принципу действия можно разделить на две большие группы – препараты «ударного» и «мягкого» действия.

Компоненты препаратов первой группы подобраны таким образом, что они быстро и эффективно очищают форсунки от углеродистых и смоляных отложений, удаляют воду, защищают детали топливной системы от коррозии. Эти препараты предназначены для профессионального использования, так как требуют применения специального оборудования, позволяющего быстро

проводить очистку (за 30...40 минут) без разборки топливной системы. При этом двигатель работает на холостом ходу не на бензине, а на моющей жидкости.

Препараты второй группы («мягкого» действия) рассчитаны на более широкое использование, так как предназначены для добавки прямо в топливный бак автомобиля. Они содержат сбалансированный набор компонентов, обладающих моющим и антикоррозийным действием. Регулярное применение этих присадок является эффективной профилактикой загрязнения форсунок и топливной системы в целом.

Практика показывает, что профилактическая очистка топливной системы с помощью моющих жидкостей или специальных присадок в конечном счете обходится дешевле, чем замена дорогостоящих форсунок.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Схема лабораторной установки для испытания электромагнитных форсунок для впрыскивания бензина представлена на рис. 38. Топливо из бака 9 поступает в электробензонасос 10 и далее через фильтр 13 тонкой очистки направляется под давлением в магистраль, откуда подается к регулятору давления 11 и далее к форсункам 8 и 16. Давление топлива в магистрали контролируется по манометру 14. Температура топлива контролируется с помощью полупроводникового датчика температуры, установленной в топливопроводе (на рис. 35 не показан). Установка включает несколько мерных емкостей 6 и 7 для определения производительности форсунок. Четыре одинаковых мерных цилиндра 6, объемом 100 см^3 каждый, предназначены для измерения производительности форсунок и оценки неравномерности дозирования топлива форсунками 16, предназначенными для систем РВТ. Мерный цилиндр 7 емкостью 250 см^3 используется для исследования работы форсунки 8, применяемой в системе ЦВТ.

Персональный компьютер выполняет функции контроллера при управлении всей лабораторной установкой. Время проведения замера при впрыскивании топлива определяется с помощью электронного таймера, входящего в состав персонального компьютера 1. Погрешность измерения

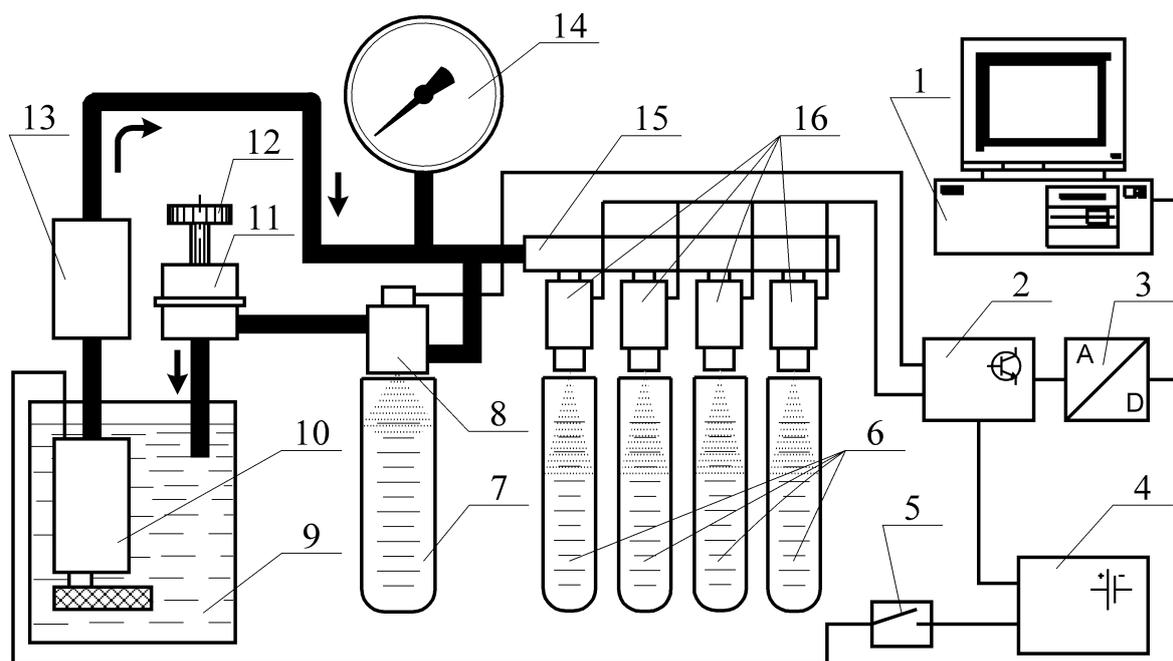


Рис. 38. Схема лабораторной установки для испытания электромагнитных форсунок для впрыскивания бензина: 1 – персональный компьютер; 2 – электронная схема преобразования сигналов; 3 – усилитель мощности; 4 – аккумуляторная батарея; 5 – электромагнитное реле; 6,7 – мерные емкости; 8,16 – электромагнитные форсунки; 9 – топливный бак; 10 – электробензонасос с фильтром грубой очистки топлива; 11 – регулятор давления топлива; 12 – винт регулировки давления топлива; 13 – фильтр тонкой очистки топлива; 14 – манометр; 15 – топливная рампа

времени составляет $\pm 0,05$ с. Включение таймера синхронизировано с подачей на форсунки управляющих импульсов, что обеспечивает удобство и высокую точность измерения расхода (не хуже $\pm 0,5$ % по объему). Одновременно с этим для определения основных характеристик форсунок измеряется частота, длительность и количество управляющих электрических импульсов, поступающих на форсунки. Эти измерения проводятся с помощью специальной компьютерной программы.

Персональный компьютер имеет также программу для управления форсунками и позволяет варьировать независимо друг от друга длительность и частоту электрических управляющих импульсов в пределах 1,5...10 мс и 10...100 Гц.

Для возможности исследования топлива форсунками установка имеет прозрачный стеклянный цилиндр диаметром 180 мм с постоянно открытым сливным каналом (на рис. 35 не показан). Путем стробоскопирования распыливаемого топлива можно визуально приблизительно оценить дисперсность топливного факела.

Описанная лабораторная установка позволяет:

- определять характеристики форсунок при различных давлениях топлива и различных параметрах управляющих электрических импульсов;
- визуально изучать процесс распыливания топлива форсунками;
- проверять работу электробензонасосов, стабилизаторов давления топлива и других гидравлических узлов систем впрыскивания топлива;
- производить отладку программы дозирования топлива.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить по конкретным экземплярам конструкцию форсунок различных типов.
2. По согласованию с преподавателем отобрать для испытаний одну форсунку, а также комплект форсунок, и смонтировать их на лабораторной установке.
3. Визуально (с использованием стробоскопа) изучить процесс распыливания топлива форсунками при различных длительностях и частотах следования управляющих электрических импульсов.
4. Снять характеристику одной форсунки, изменяя длительность управляющих импульсов в пределах 2...8 мс и частоту их подачи на форсунку от 10 до 100 Гц. Построить зависимости $g_T = f(\tau)$ по результатам экспериментов.
5. Для комплекта форсунок определить неравномерность дозирования топлива при изменении длительности и частоты следования управляющих электрических импульсов в указанных пределах.
6. Проанализировать результаты экспериментов и сделать выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите принцип действия электромагнитных форсунок.
2. Что понимается под характеристикой форсунки?
3. Как классифицируются форсунки по типу клапанного узла?
4. Опишите лабораторную установку и ее возможности.
5. Проанализируйте полученную характеристику конкретной форсунки.
6. Дайте сравнительный анализ конструкций форсунок различных типов.
7. Чем отличаются форсунки, предназначенные для систем ЦВТ и РВТ?