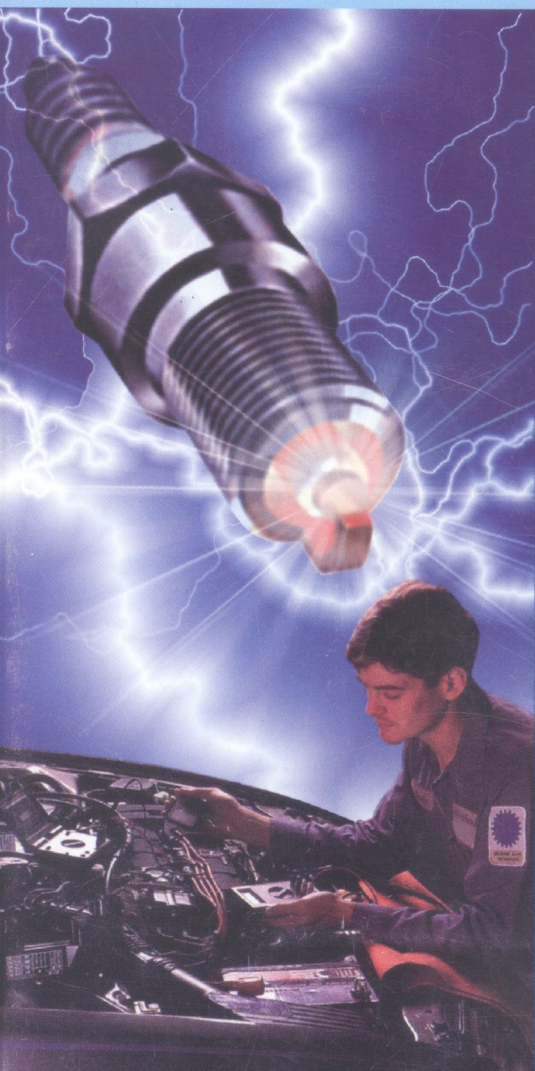


6214
Д 18

Б.А.Данов

УПРАВЛЕНИЯ

СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЕМ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ



... описано устройство и функционирование современных систем зажигания автомобилей отечественного и импортного производства, даны практические рекомендации по их диагностированию и ремонту

Горячая линия - Телеком



Б.А.Данов

**СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ЗАЖИГАНИЕМ
АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ**

**Москва
Горячая линия – Телеком
2005**

УДК 629.113

Д 12

ББК 39.35

Данов Б. А.

Д 12 Системы управления зажиганием автомобильных двигателей.— М.: Горячая линия – Телеком, 2005 г. – 184 с: ил.

ISBN 5-93517-106-6

Книга содержит описание устройств и функционирования систем зажигания автомобилей отечественного и иностранного производств, методические рекомендации по их диагностированию и ремонту.

Предназначена для водителей – владельцев автомобилей, специалистов автоцентров по подготовке водителей, работников СТОА.

ББК 39.35

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU
e-mail: radios_hl@mtu-net.ru

Производственно-техническое издание

Данов Борис Александрович

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАЖИГАНИЕМ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Редактор Петкина А. Н.

Компьютерная верстка Ю. Н. Рысева

Обложка художника В. Г. Ситникова

ЛР №071825 от 16 марта 1999 г.

Подписано в печать 16.11.04. Формат 60x88/16. Гарнитура Arial.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 11,5. Уч. изд. л. 13,8. Тираж 2000 экз. Изд. № 106

ISBN 5-93517-106-6

© Данов Б. А. 2003, 2005

© Оформление издательства

«Горячая линия – Телеком», 2003, 2005

Введение

Система зажигания предназначена для воспламенения топливно-воздушной смеси в точно установленный момент времени. В двигателях с искровым зажиганием это достигается за счет электрической искры, т.е. электроискрового разряда, создаваемого между электродами свечи зажигания. Воспламенение искрой небольшого облака мелкодисперсионной смеси может быть достаточным для инициирования всего процесса воспламенения.

После воспламенения этого небольшого объема смеси пламя распространяется по оставшемуся объему рабочей смеси в цилиндре, обеспечивая начало горения топлива. Способность к воспламенению топлива повышается благодаря его эффективному распылению и хорошему доступу смеси к электродам свечи, а также увеличению продолжительности искрового разряда и длины самой искры (увеличенный зазор между электродами свечи).

Свеча зажигания определяет длину искры; продолжительность искрового разряда зависит от типа и конструкции системы зажигания, а также от условий, при которых происходит зажигание.

Для возникновения искры напряжение между электродами свечи должно резко возрасти от нуля до напряжения, необходимого для образования дуги. После возникновения искрового разряда напряжение падает до уровня, необходимого для распространения искры. Топливо-воздушная смесь может воспламениться в любой момент этой фазы. Затем искра исчезает и напряжение падает до нуля.

Хотя интенсивное завихрение рабочей смеси является желательным явлением с точки зрения ее сгорания, но оно может погасить искру, приводя к неполному сгоранию смеси. Поэтому энергия должна быть достаточной для воспламенения рабочей смеси в условиях смесеобразования.

Между начальным моментом зажигания смеси и ее полным сгоранием проходит приблизительно 2 мс. Поэтому образование искры должно происходить несколько раньше, чем поршень достигнет верхней мертвой точки (ВМТ), что позволит получить оптимальное сгорание при всех условиях работы двигателя.

Глава 1

СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

1.1. Факторы, влияющие на сгорание смеси

Полное сгорание рабочей смеси происходит при соотношении воздуха и топлива 14,7:1. При этом соотношении коэффициент избытка воздуха в смеси $\alpha = 1,0$. Смесь с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 0,9$, т.е. фактически с недостатком воздуха 10% (богатая смесь), позволяет получить наибольшую мощность двигателя. Горение такой смеси происходит с наибольшей скоростью, но, к сожалению, в результате сгорания образуются выхлопные газы с нежелательным содержанием окиси углерода (СО) и несгоревших углеводородов. При обеднении смеси, т.е. добавке в состав смеси избыточного воздуха, скорость ее горения снижается и мощность двигателя падает. Оптимальное соотношение воздуха и топлива, позволяющее получить наиболее чистый выхлоп, составляет $\alpha = 1,1$.

Борьба за чистоту атмосферы представляет глобальный интерес, и законодательства многих стран устанавливают жесткие требования по составу отработавших газов. Этой проблемы в разных аспектах будем касаться и мы.

Мощность и топливная экономичность двигателя тесно связаны со скоростью сгорания рабочей смеси после ее воспламенения. Скорость распространения пламени, в свою очередь, зависит от многих факторов, рассмотренных ниже.

Конструкция цилиндра. При высокой степени сжатия скорость распространения пламени возрастает в связи с большей плотностью сжатого заряда. Конструкция цилиндра определяет также место расположения свечи зажигания. В общем случае чем более открыты электроды свечи обтеканию топливно-воздушной смесью, тем лучше протекает процесс горения.

Установка момента зажигания. Установка зажигания имеет важнейшее значение для правильного протекания рабочего процесса (рис. 1). Момент зажигания должен быть выбран так, чтобы

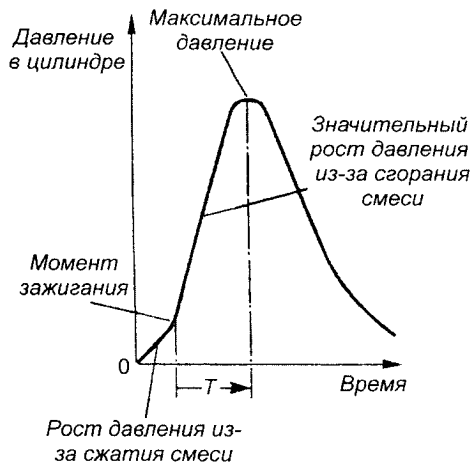


Рис. 1. Изменение давления в цилиндре

давление в цилиндре достигло максимума примерно через 12° поворота коленчатого вала после ВМТ. Если смесь поджечь раньше (раннее зажигание), то скорость ее сгорания станет слишком высокой — смесь практически взорвется (это явление носит название детонации — см. ниже). Такой режим сгорания вреден для двигателя и его нельзя допускать.

Наоборот, если смесь поджечь слишком поздно (позднее зажигание), скорость горения будет низкой и давление в цилиндре достигнет максимума слишком поздно. В результате мы получим низкую мощность при большом расходе топлива (рис. 2).

Турбулентность заряда. Практически в момент воспламенения рабочая смесь в цилиндре не покоится на месте, а движется в форме вихревых потоков. Эти вихри способствуют распространению пламени, поэтому камеры сгорания специально конструируются таким образом, чтобы повысить турбулентность газовых вихрей.

Наличие остаточных отработавших газов. Часть от газов после их выпуска остается в цилиндре. Смешиваясь со свежим зарядом, остаточные газы снижают скорость распространения пламени и, как результат, понижают температуру газов в камере сгорания. С точки зрения охраны окружающей среды этот факт можно считать положительным, поскольку с ростом температуры сгорания резко увеличивается содержание в выхлопных газах окислов азота.

В некоторых двигателях даже имеется специальная система, направляющая часть отработавших газов снова во впускной коллектор,

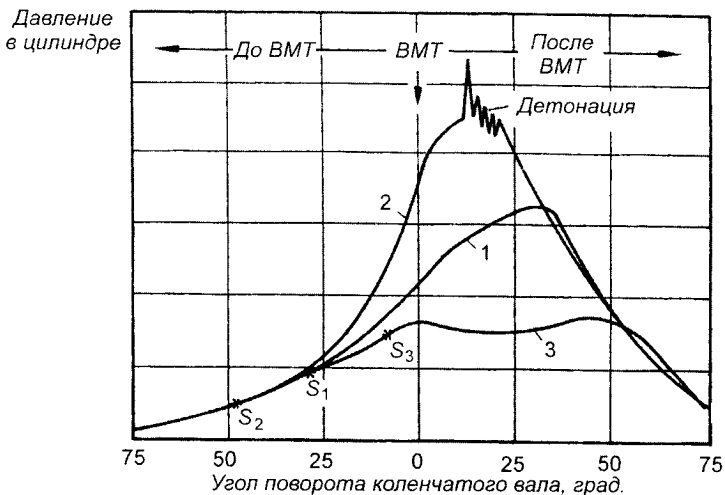


Рис. 2. Влияние момента зажигания на давление в цилиндре:
 1 — правильная установка зажигания в точке S_1 ; 2 — раннее зажигание в точке S_2 ; 3 — позднее зажигание в точке S_3

и называемая системой рециркуляции выхлопных газов. Есть, однако, предельное значение количества газов, которое можно направить на повторное сжигание, после которого резко начинает расти расход топлива.

Детонация. Известно, что для достижения наивысшей мощности двигателя следует повышать скорость распространения фронта пламени после воспламенения горючей смеси. Однако эта скорость не должна превышать скорость звука, поскольку в этом случае характер горения приобретает взрывные свойства. Это явление, известное под названием детонация, может стать причиной серьезных повреждений двигателя. Детонация возникает обычно в случае, когда октановое число топлива не соответствует степени сжатия двигателя.

Взрывное горение. До момента возникновения детонации может произойти еще один сбой в процессе горения. При движении поршня к ВМТ газы, удаленные от точки воспламенения, т.е. от искры, нагреваются движущимся на них фронтом пламени. Сочетание увеличивающегося давления, встречного движения газов и фронта пламени с нагревом газов может привести к объемному самовоспламенению остальной части рабочей смеси, что вызовет резкий скачок давления. Это явление по своим симптомам практически не отличается от детонации, однако, следует понимать, что оно имеет совершенно иную физическую природу.

Сочетание взрывного горения с детонацией. Указанные выше явления сопровождаются характерным дребезжащим шумом. Они возникают прежде всего при полной нагрузке двигателя. Поскольку часть энергии бесполезно расходуется на создание шума и повышение температуры, мощность двигателя падает.

В серьезных случаях, особенно если эти эффекты продолжают длительное время, они могут привести к прогару днища поршня, что сразу будет заметно по резкому снижению мощности двигателя и синему дыму из выхлопной трубы.

На возникновение детонации и взрывного горения оказывают влияние следующие факторы:

а) неудачная конструкция камеры сгорания. Конструкция камеры сгорания должна обеспечивать эффективное ее охлаждение, особенно мест, удаленных от свечи. Кроме того, она должна обеспечивать интенсивное завихрение рабочей смеси в процессе такта сжатия;

б) состав рабочей смеси. Бедная смесь более склонна к детонации;

в) октановое число топлива. Степень сжатия двигателя тесно связана с требованиями к качеству топлива – двигатель с меньшей степенью сжатия может использовать бензин с меньшим октановым числом;

г) установка момента зажигания. Раннее зажигание может вызвать детонацию.

Контроль за детонацией. Для получения от двигателя наибольшей эффективности зажигание должно происходить на самой границе возникновения детонации. С этой целью все большее число современных автомобилей оснащается системой управления детонацией.

При возникновении детонации или взрывного горения в зоне камеры сгорания возникает сильная вибрация, которая улавливается специальным датчиком. Поскольку при работе двигателя наблюдается широкий спектр различных ударов и вибраций, датчик должен быть способен выделить из этого спектра только сигнал, характерный для детонации. При начале детонации сигнал датчика поступает на блок электронного управления, который уменьшает опережение зажигания. Такая система обычно является лишь частью общей системы управления двигателем.

Самовоспламенение. Рабочая смесь может воспламениться сама от контакта с горячими стенками камеры сгорания. Самовоспламенение так же, как и детонация, сопровождается дребезжащим звуком и заметным падением мощности.

Причиной самовоспламенения чаще всего служит нагар на стенках камеры сгорания, который, обладая плохой теплопроводно-

стью, сильно разогревается и в какой-то момент оказывается способным поджечь топливно-воздушную смесь до того, как это делает свеча. Двигатели старых конструкций требовали частой чистки камер сгорания, однако в современных двигателях эта необходимость значительно снизилась.

Побочный эффект нагарообразования состоит еще и в том, что после выключения зажигания двигатель может продолжать работать, поскольку разогретый нагар продолжает поджигать топливо даже и при неработающей свече.

Ужесточение современных требований к составу выхлопных газов привело к созданию двигателей, работающих на обедненной смеси, которые дают меньше нагара. Кроме того, для предотвращения самопроизвольной работы двигателя с выключенным зажиганием предусматриваются устройства, отсекающие при выключении зажигания подачу воздуха или подачу топлива в карбюратор.

Процесс сгорания и вредные выбросы. Рабочая смесь, образованная из воздуха и паров бензина, после воспламенения с помощью свечи создает мощность, которая далее передается на колеса автомобиля. Но кроме этого сгорающая рабочая смесь создает и отработавшие газы, которые выбрасываются в атмосферу.

Если соотношение воздуха и топлива в смеси около 14,7:1 (стехиометрическое число), теоретически должно произойти полное сгорание топлива, в результате чего должны образоваться безвредные продукты – вода и углекислый газ. Однако практически из-за неидеального смесеобразования не весь углерод топлива успевает полностью окислиться и в выхлопных газах остаются окись углерода (CO – угарный газ) и чистый кислород.

Полного сгорания топлива достичь никогда не удастся и оставшиеся в выхлопных газах вредные продукты неполного сгорания загрязняют атмосферу. Вредные примеси составляют примерно 1 % отработавших газов и включают в себя окись углерода (CO), окислы азота (NO_x) и углеводород (HC). Содержание всех трех составляющих зависит от состава смеси, но проблема состоит в том, что их невозможно снизить все одновременно: так, при уменьшении содержания CO и HC повышается NO_x и наоборот.

Окислы азота (NO_x) не имеют запаха и вкуса, но при взаимодействии с кислородом воздуха образуют двуокись азота NO_2 – газ красно-коричневого цвета, который при вдыхании вызывает раздражение легких. Соединяясь с водой, окислы азота образуют азотную кислоту, выпадающую на землю в виде «кислотного дождя».

Углеводороды (HC) всегда присутствуют в выхлопных газах и

представляют угрозу здоровью. Они являются остатками нефтепродуктов – топлива и масла, которые попадают в атмосферу из-за неполного сгорания в цилиндре. Они могут также просачиваться в картер из цилиндра и наоборот – из картера в цилиндр. Кроме того, углеводороды могут попадать в атмосферу в виде паров топлива из негерметичных частей топливной системы, в частности из бака и карбюратора.

Оксид углерода (СО) – очень коварный газ. Не имея ни цвета, ни запаха он блокирует эритроциты крови и не дает им переносить кислород. Известно, что даже содержание в воздухе 0,3% СО может привести к смерти человека за 30 мин.

Соединения свинца, попавшие в организм вместе с воздухом, могут вызывать поражение клеток крови, костного мозга и нервной системы. Свинец не является исходным компонентом топлива, но может присутствовать в нем в виде добавок, служащих для повышения стойкости к детонации. Около 75% свинца, добавленного к топливу, выбрасывается из двигателя с отработавшими газами, а остальная его часть поглощается моторным маслом.

В Великобритании подсчитали, что только в этой стране за год выхлопные трубы автомобилей выбрасывают в атмосферу около 3000 тонн свинца.

Каталитический преобразователь. Существенно снизить содержание вредных выбросов в отработавших газах позволяет каталитический преобразователь (нейтрализатор).

Существует несколько конструкций такого устройства, но наиболее распространенным в настоящее время является преобразователь тройного действия (рис. 3), поскольку он рассчитан на снижение содержания всех трех вредных компонентов отработавших газов – СО, НС и NO_x.

Преобразователь выполняет две основные функции:

преобразует СО и НС в безвредный углекислый газ (СО₂) и воду (Н₂О);

преобразует окислы азота NO_x в безвредный азот.

Электролитический преобразователь нейтрализует около 90% всех вредных примесей, но требует выполнения двух условий:

а) для питания двигателя не должен использоваться бензин с содержанием свинца, который может ухудшить или вообще свести к нулю нейтрализующие свойства активных элементов преобразователя, изготовленных из благородных металлов;

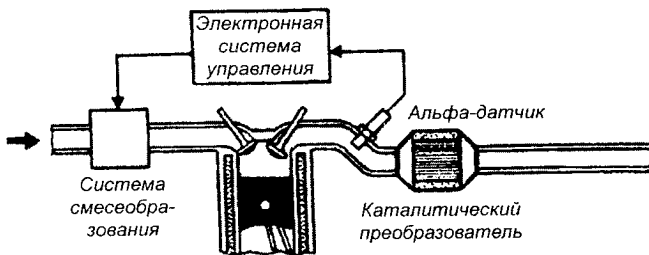


Рис. 3. Каталитический преобразователь тройного действия

б) необходимо строго выдерживать соотношение воздуха и топлива на стехиометрическом уровне $14,7:1$ ($\alpha = 1$), что требует использования специальной системы управления составом смеси по параметру α .

На рис. 3 преобразователь расположен в одном корпусе. Ранние конструкции состояли из нескольких корпусов.

Возможно использование каталитического преобразователя и без системы управления составом смеси, но в этом случае его эффективность в лучшем случае составит 50%.

Преобразователь должен быть расположен в таком месте выхлопной системы, где температура составляет от 400 до 800°C (рис. 4). Преобразование начинается в нем лишь при температуре свыше 250°C . При температуре свыше 800°C начинается термическое старение активной массы преобразователя и ее покрытия из благородных металлов.

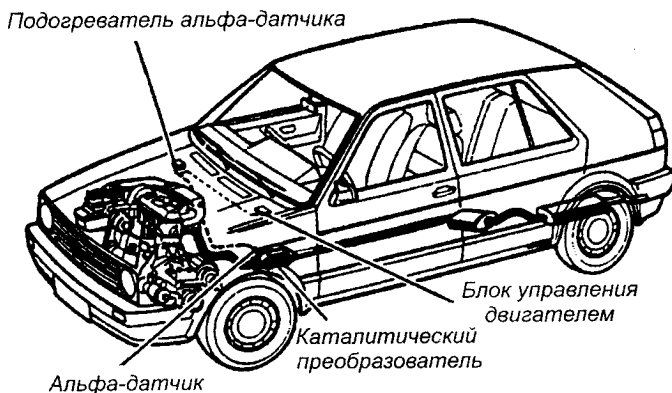


Рис. 4. Расположение преобразователя на автомобиле

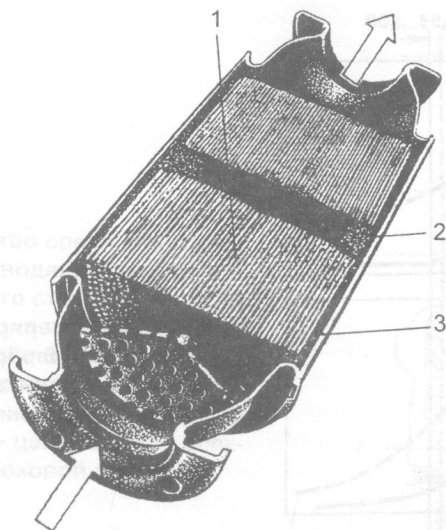


Рис. 5. Каталитический преобразователь:

1 – керамика, покрытая каталитически активными материалами; 2 – набивка из стальных волокон; 3 – кожух преобразователя

При движении газов через преобразователь в контакте с платиной и родием происходят химические преобразования вредных составляющих в безвредные. Платина способствует окислению CO и HC , а родий – разложению окислов азота на азот и кислород. Общая масса благородных металлов в преобразователе составляет около 3 г.

Результат работы преобразователя показан на рис. 6, из которого следует жизненная необходимость поддержания состава смеси при $\alpha = 1$. Даже небольшой сдвиг α в сторону увеличения, т.е. в сторону обеднения смеси, приводит к резкому увеличению количества окислов азота в составе выхлопных газов, а при сдвиге вправо – резко увеличивает содержание NO_x .

1.2. Свечи зажигания

Назначение свечи зажигания и условия работы

Свеча зажигания представляет собой устройство, состоящее из двух электродов, расположенных внутри цилиндра двигателя. Высокое напряжение, обеспечиваемое системой зажигания, приводит к возникновению искры между электродами, которая воспламеняет топливно-воздушную смесь.

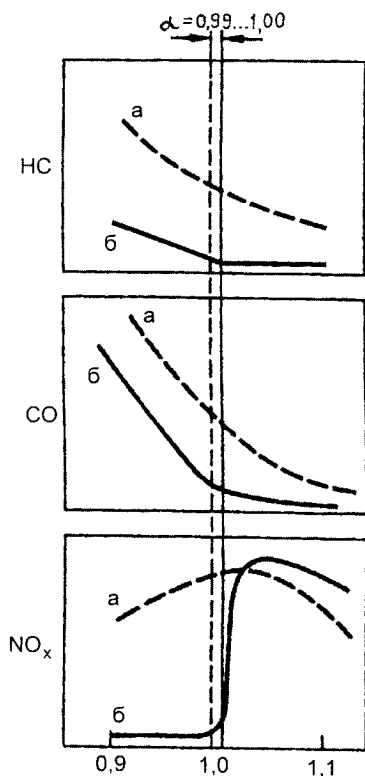


Рис. 6. Характеристики каталитического преобразователя:
а – без нейтрализации; б – после нейтрализации

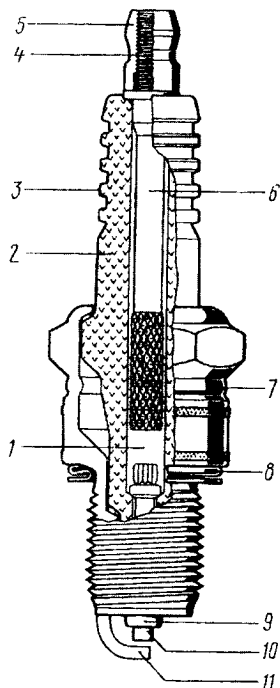
Свеча зажигания была изобретена Джоном Ленуаром в 1860 г. и не претерпела значительных внешних изменений, хотя современная свеча зажигания является результатом многочисленных исследований и экспериментов.

Свеча зажигания работает внутри камеры сгорания в очень неблагоприятных условиях. Например, температура в камере сгорания может достигать 2500°C, а давление – 50 атм. Кроме того, при работе двигателя свеча зажигания подвержена резким изменениям температуры и давления от температуры сгорания рабочей смеси до относительно низкой температуры, которую имеет свежая рабочая смесь. Таким образом, свеча зажигания должна функционировать при высоких нагрузках, вибрации, а также в агрессивной среде.

Устройство свечи зажигания

Свеча зажигания состоит из трех основных компонентов – корпуса, электродов и изолятора (рис. 7).

Рис. 7. Устройство свечи зажигания:
 1 – электропроводящая перемычка из специального стекла; 2 – изолятор; 3 – барьер утечки тока; 4 – резьбовое соединение; 5 – гайка клеммы; 6 – клеммный стержень; 7 – корпус; 8 – уплотнительное кольцо; 9 – изолятор электрода; 10 – центральный электрод; 11 – боковой электрод



Изолятор. Изолятор препятствует утечке тока высокого напряжения в пределах корпуса свечи. Кроме того, изолятор способствует рассеиванию тепла и частично определяет тепловой диапазон свечи зажигания.

Изолятор изготавливают из оксида алюминия Al_2O_3 со специальным наполнителем. В процессе обработки изолятор проходит обжиг при высокой температуре, при котором происходит усадка изолятора (примерно на 20%) (рис. 8). Наружная часть изолятора покрывается специальной глазурью для предотвращения налипания грязи, которая способствовала бы утечке тока. Эффективная длина изолятора увеличивается за счет применения пяти ребер, дополнительно препятствующих утечке тока. В изоляторе размещен центральный электрод и клеммный стержень.

Изолятор должен обладать следующими свойствами: механической прочностью; высоким сопротивлением; хорошей теплопроводностью.

Корпус. Корпус свечи изготавливается из стали и имеет резьбу для ввинчивания свечи в головку цилиндров и шестигранник для специального ключа.

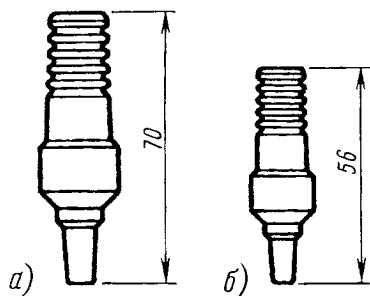


Рис. 8. Изолятор свечи:
а – необожженная заготовка; б – после обжига

Поверхность обоймы никелируют, во-первых, для предотвращения коррозии и, во-вторых, для предотвращения «присыхания» резьбы, что имеет особенно важное значение, поскольку головки цилиндров изготавливают из мягкого сплава.

Изолятор запрессовывают в обойму, предварительно нагретую до высокой температуры, с большим натягом.

Электроды. Выбор материала, из которого изготавливают электроды, имеет большое значение для обеспечения хорошей работы свечи. Они должны обеспечивать возникновение искры, быть стойкими к высокой температуре и воздействию агрессивной среды. Крепление центрального электрода может осуществляться многими способами. Фирма Bosch для этого применяет специальное электропроводящее стекло, а фирмы NGK Champion – порошковое уплотнение, которое заполняет зазоры между электродом и изолятором и между изолятором и стальным корпусом.

Наиболее подходящим материалом для электродов считается никель, хотя некоторые свечи имеют медные электроды, покрытые никелем, что улучшает теплоотвод благодаря хорошей теплопроводности меди. Боковой электрод приварен к обойме и обычно имеет прямоугольное сечение. Фирма Champion применяет медные электроды, причем боковой электрод имеет трапециевидное сечение для увеличения площадки, на которой проскакивает искра.

Эта мера уменьшает температуру электродов приблизительно на 100°C по сравнению со свечами, имеющими никелевые электроды. Кроме того, за счет уменьшения сопротивления электродов имеется возможность для увеличения зазора между электродами на 0,15 мм по сравнению с обычными свечами. В настоящее время считается доказанным, что увеличение зазора между электродами облегчает пуск двигателя, а также увеличивает эффективность сгорания, особенно при работе двигателя на бедной рабочей смеси.

Системы зажигания сконструированы так, чтобы центральный, изолированный электрод свечи был отрицательным, а электрод, связанный с массой – положительным. Электроны, образующие

искру, вылетают из отрицательного электрода и перескакивают на положительный. Разные металлы по-разному расстанутся со своими электронами – одни легче, другие тяжелее. Кроме того, эмиссия электронов увеличивается с ростом температуры.

Со временем электрод, который покидают электроны, изнашивается, поскольку с каждой искрой электрод теряет небольшую порцию металла. Предпочтительнее, чтобы износу подвергался внутренний электрод, а не наружный. Кроме того, перемена полярности электродов требует для устойчивой искры напряжения примерно на 40% большего, в противном случае могут начаться перебои в зажигании.

Интересное решение использовано впервые в двухцилиндровом двигателе Citroen 2CV, где вторичная обмотка катушки зажигания подключена своими концами сразу к обеим свечам. При появлении высокого напряжения во вторичной обмотке искра возникнет в обеих свечах, но одна из них окажется лишней, поскольку готовая к воспламенению рабочая смесь имеется только в одном из цилиндров.

Из двух одновременно работающих свечей только одна имеет предпочтительную полярность, поэтому приходится следить за их состоянием (рис. 9), особенно за той, которая имеет обратную полярность. Достоинством же такой системы является то, что для данного двигателя отпадает необходимость распределителя зажигания. Эта идея в дальнейшем была использована для создания систем зажигания без распределителя и для большего числа цилиндров.

Для проверки полярности катушки зажигания существует простой тест. Поместите между концом высоковольтного провода и наконечником свечи кончик свинцового карандаша. Если катушка имеет правильную полярность, в момент проскакивания искры между кончиком карандаша и свечой возникает рассеянное свечение. Если полярность катушки обратная, то свечение возникнет между кончиком карандаша и высоковольтным проводом. Для изменения полярности подводимого к свече напряжения достаточно поменять местами провода низкого напряжения на катушке зажигания.

При работе двигателя температура на электродах свечи составляет 400 – 800°C. При температуре ниже 400°C на электродах остаются продукты неполного сгорания, а при температуре выше 800°C происходит окисление и сгорание электродов. При температуре выше 950°C электроды свечи раскаляются и наступает калильное зажигание, при котором происходит преждевременное воспламенение рабочей смеси. Это вызывает поломку свечи и прогар днища поршня (рис. 10, 11, 12).

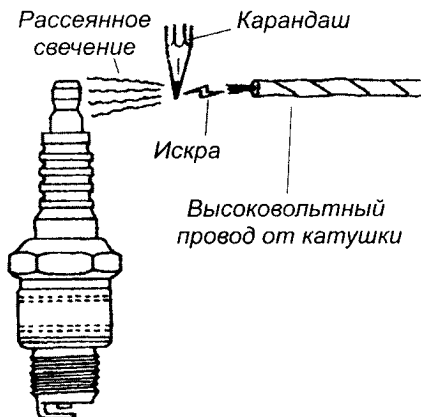


Рис. 9. Проверка полярности напряжения на свече зажигания

Температурный диапазон

Проведенные измерения теплоотвода от свечи показали, что приблизительно 91% тепла отводится за счет теплопроводности к корпусу головки цилиндров, а 9% отводится за счет излучения и конвекции с наконечника свечи (рис. 10).

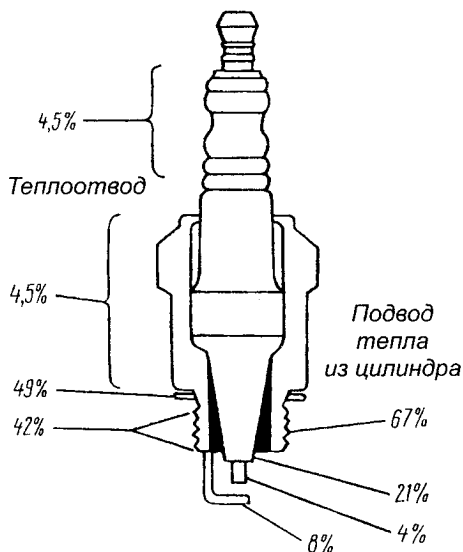


Рис. 10. Теплоотвод со свечи зажигания

На приведенной схеме не учитывается теплоотвод за счет подачи свежей рабочей смеси. Здесь представлена лишь общая картина распределения теплоотвода. Из анализа этой схемы видно, какие элементы в большей или меньшей степени ответственны за отвод тепла. Например, через уплотнительную прокладку свечи отводится до 49% тепла, таким образом правильная затяжка свечи в головке цилиндров способствует увеличению срока службы последней.

Очевидно, что одна и та же свеча не пригодна для всех условий эксплуатации автомобиля. Некоторые производители различают свечи для езды по внутригородскому циклу и для загородных поездок.

Для количественной оценки тепловой характеристики свечи пользуются термином калильное число. Каждый производитель использует свою систему обозначения калильных чисел, однако это не меняет физического смысла данного понятия – калильное число отражает положение кривой теплового диапазона свечи на диаграмме, показанной на рис. 11.

Горячие свечи зажигания работают при более высокой температуре конуса изолятора, поэтому более подходят для работы в условиях городского транспорта, особенно при коротких поездках или в зимнее время. Холодные свечи имеют более низкую температуру конуса, поэтому обеспечивают надежную защиту от возникновения калильного зажигания при движении с высокими скоростями и нагрузками.

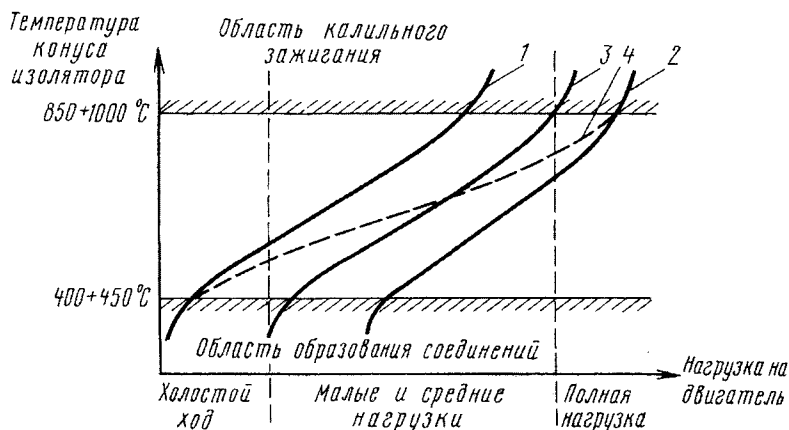


Рис. 11. Тепловая диаграмма работы свечей на двигателе:
 1 – горячая свеча; 2 – холодная свеча; 3 – нормальная свеча; 4 – нормальная свеча типа термоэластик

При необходимости замены свечей зажигания необходимо также

учитывать тот факт, что температурный диапазон работы свечей на современных высокофорсированных двигателях значительно шире, чем на двигателях разработки 15—20-летней давности. Это означает, что зачастую недостаточно правильно подобрать свечи по калильному числу, необходимо также, чтобы устанавливаемые свечи обладали возможностью безотказной работы в более широком диапазоне температур. Таким условиям отвечают свечи типа термоэластик или супертермоэластик, которые обеспечивают, с одной стороны, хороший отвод тепла при высоких температурах благодаря изготовлению центрального (а в последнее время и бокового) электрода из меди, а с другой – надежную очистку при работе в низкотемпературном диапазоне вследствие оптимизации размеров и формы изолятора.

Для увеличения срока службы и удлинения интервалов замены свечей центральный и боковой электроды покрывают благородными металлами, в частности платиной, обладающей высокой стойкостью к электрохимической эрозии. Искровой промежуток у таких свечей остается стабильным на протяжении 25–30 тыс. км и более. В последнее время все больше производителей применяют платиновые свечи непосредственно при сборке на конвейере. Это диктуется стремлением к увеличению интервалов между техническим обслуживанием.

Этой же цели (увеличению срока службы) служат многоэлектродные свечи. Однако из-за маскировки фронта пламени и повышенной теплоотдачи такие свечи имеют худшие по сравнению с одноэлектродными показатели по токсичности, экономичности и стабильности работы на низкотемпературных режимах.

На цилиндрической части корпуса отечественных свечей наносится маркировка. Условное обозначение свечи содержит: обозначение резьбы на корпусе (А – резьба метрическая 14х1,25 или М – резьба метрическая 18х1,5); калильное число – 8, 11, 14, 17, 20, 23 или 26; обозначение длины резьбовой части корпуса (Н – 1 мм, Д – 19 мм); обозначение выступания теплового конуса изолятора за торец корпуса – В; обозначение герметизации по соединению изолятор – центральный электрод термоцементом – Т.

Длину резьбовой части корпуса (12 мм), отсутствие выступания теплового конуса изолятора за торец корпуса и герметизацию по соединению изолятор – центральный электрод иным герметиком, кроме термоцемента, не обозначают.

П р и м е р. Условное обозначение свечи А17ДВ: резьба 14х1,25, калильное число – 17, длина резьбы – 19 мм, герметизация центрального электрода стеклогерметиком, нижний конус изолятора выступает за корпус свечи.

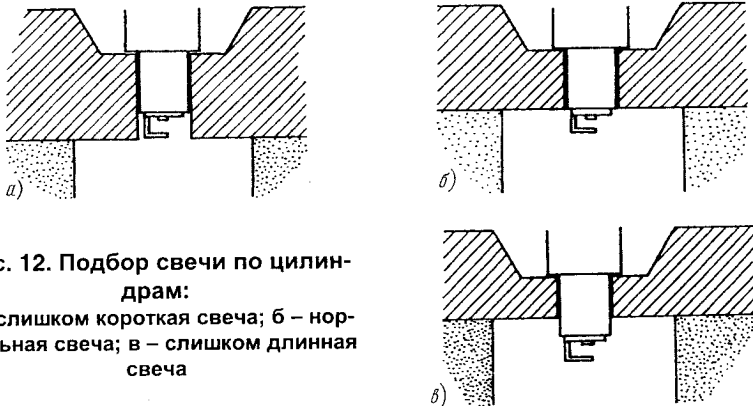


Рис. 12. Подбор свечи по цилиндрам:
 а – слишком короткая свеча; б – нормальная свеча; в – слишком длинная свеча

Перед установкой новой свечи всегда необходимо убедиться, что эти характеристики корректны. Это существенно для правильного расположения электродов свечи внутри цилиндра (рис. 12).

Если свеча слишком коротка, рабочая смесь будет воспламеняться в менее благоприятных условиях, что приведет к сбоям в работе двигателя и увеличению продуктов неполного сгорания; при достаточно долгой работе двигателя может наступить перегрев электродов и резьбового соединения.

Тепло с центрального электрода в основном рассеивается через изолятор и далее через корпус в головку цилиндров. Через сам электрод (длинный и тонкий) тепла рассеивается меньше (рис. 13).

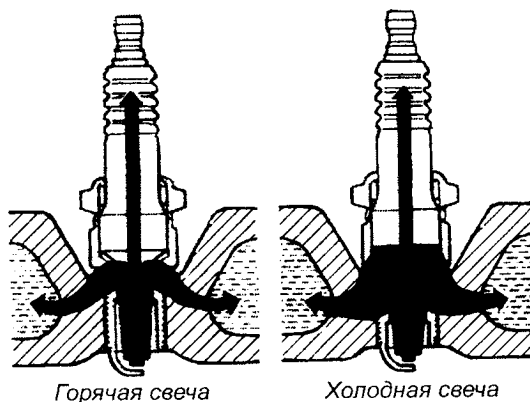


Рис. 13. Теплоотвод от горячей и холодной свечи

В двигателе с высокой степенью сжатия температурный режим работы более напряженный, поэтому для такого двигателя требуются свечи с высокой способностью к отводу тепла. Наоборот, для двигателя с низкой степенью сжатия, где температура в камере сгорания ниже, требуются более горячие свечи для того, чтобы предотвратить образование масляных отложений. Существует простое правило: для горячего двигателя нужны холодные свечи, для холодного двигателя нужны горячие свечи. Иногда горячие свечи называют «мягкими», а холодные – «жесткими».

На рабочую температуру свечи влияют четыре фактора:

1) материал из которого изготовлены электроды свечи. Электроды с медным сердечником обладают более высокой способностью к теплоотводу;

2) длина изолятора центрального электрода. Длиной изолятора считается расстояние от конца изолятора до места, где он соединяется с теплоотводящей поверхностью;

3) длина, на которую изолятор выступает внутрь камеры сгорания. Она связана с эффектом дополнительного охлаждения свежей рабочей смесью. Однако при этом необходимо применение дополнительных мер от загрязнения изолятора;

4) расстояние от изолятора центрального электрода до обоймы является очень важным, так как оно определяет объем, в котором циркулируют газы. Именно в этом месте происходит основной теплообмен между горячими газами и поверхностью изолятора. Увеличение этого объема препятствует загрязнению свечи продуктами неполного сгорания (при низкой температуре).

Увеличение зазора между электродами увеличивает срок службы свечи, так как при этом между электродами может накопиться больше отложений прежде, чем свеча выйдет из строя.

Установка угла опережения зажигания

Неправильная установка угла опережения оказывает значительное влияние на температуру свечи. При увеличении угла опережения сверх пределов, указанных в спецификации, может наблюдаться некоторое увеличение мощности двигателя, однако, это приводит к непропорциональному повышению температуры свечи. При увеличении нагрузки на двигатель это приведет к возникновению дополнительных проблем (рис. 14).

Типы свечей зажигания

Посадочная поверхность свечи может быть либо плоской (с шайбой), либо конической (рис. 15).

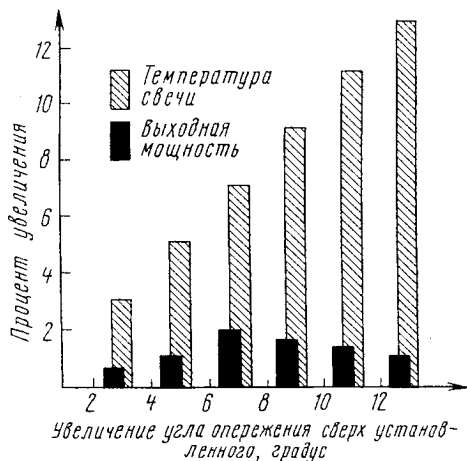


Рис. 14. Влияние угла опережения на мощность двигателя и температуру свечи

Свечи с плоской посадочной поверхностью устанавливаются с шайбой, которая необходима для обеспечения надежного уплотнения обоймы свечи в корпусе двигателя. Слишком слабая затяжка свечи приводит к перегреву свечи и возникновению калильного зажигания, поскольку ухудшается теплоотвод от свечи. Слишком сильная затяжка может вызвать поломку резьбового соединения свечи с головкой цилиндров.

Свечи с конической посадочной поверхностью не требуют применения шайбы и имеют меньшие размеры обоймы. В последнее время эти свечи становятся все более популярными. При их затяжке следует проявить большую осторожность (см. подраздел «Обслуживание свечей зажигания»).

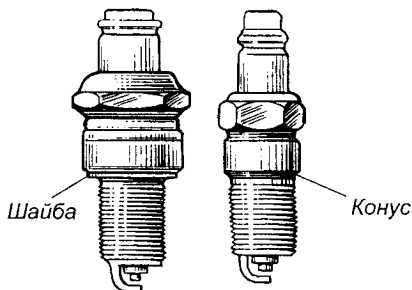


Рис. 15. Плоская поверхность с шайбой (слева) и конической поверхностью без шайбы (справа)

Стандартная свеча. Свеча имеет центральный электрод, конец которого находится в одной плоскости с торцом корпуса (рис. 16,а). Стандартный изолятор центрального электрода характерен для устаревших моделей.

Свеча с выступающим изолятором центрального электрода (рис. 16,б). Использование этих свечей требует защиты от загрязнения при низкой температуре сгорания и мер по предотвращению перегрева свечи, так как температура свечи после пуска холодного двигателя поднимается значительно быстрее, чем у стандартной. Преимущество такой свечи заключается в том, что у нее быстрее достигается температура самоочистения от продуктов неполного сгорания. При высокой частоте вращения вала двигателя свеча охлаждается свежей рабочей смесью. Этот тип свечей характерен для современных автомобильных двигателей.

Свеча с резистором. Свеча такого типа снабжена дополнительным угольным резистором порядка 5 кОм между центральным электродом и наконечником свечи. Применение резистора способствует уменьшению радиопомех при работе двигателя. Это решение продиктовано тем, что наибольший эффект подавления помех достигается благодаря установке резистора как можно ближе к источнику помех – свече зажигания (рис. 16,в). Этот тип свечей в течение нескольких лет является основным на моделях автомобилей фирм General Motors и Ford.

Свеча с двумя боковыми электродами. В основном такая свеча используется в роторных двигателях, имеющих более интенсивный тепловой режим, чем в поршневых двигателях. Свечи с двумя боковыми электродами имеют меньший зазор, что приводит к уменьшению концентрации окиси углерода в отработавших газах (рис. 16,г).

Свечи с поверхностным разрядом. Они разработаны для систем зажигания с разрядом конденсатора и хорошо зарекомендовали себя устойчиво работая даже при сильном загрязнении (рис. 16,д).

Коронный разряд и пробой свечи

Если наконечник свечи влажный или сильно загрязнен, то при работе двигателя в темноте можно заметить голубое свечение вокруг высоковольтного наконечника свечи. Это происходит вследствие ионизации воздуха, который расщепляется на положительно заряженные ионы и электроны под действием высокого напряжения. Это явление известно как коронный разряд.

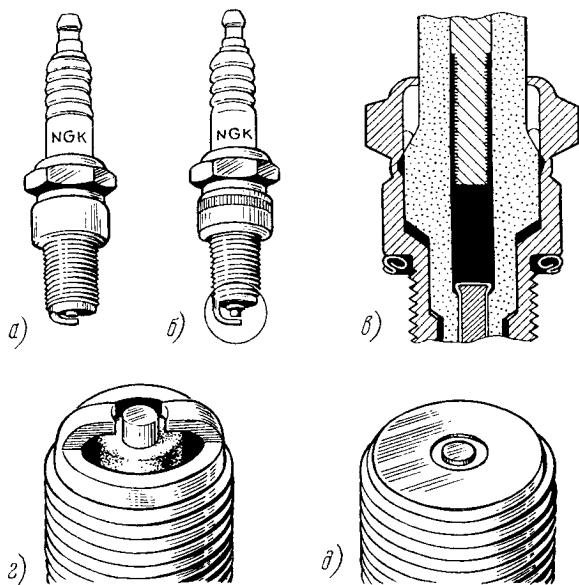


Рис. 16. Типы свечей зажигания:

а – стандартная свеча; б – свеча с выступающим изолятором центрального электрода; в – свеча с резистором; г – свеча с двумя боковыми электродами; д – свеча с поверхностным разрядом

Если коронный разряд достигает корпуса двигателя, возникновение искры становится невозможным, что приводит к перебоям в работе двигателя.

Иногда на изоляторе свечи появляется пятно, похожее на утечку продуктов сгорания. Это пятно появляется как следствие коронного разряда, а окраска изолятора связана с притяжением частиц масла. Это пятно не ухудшает изоляционные качества свечи, так как масло имеет плохую электропроводность.

Обслуживание свечей зажигания

Внимательный осмотр свечей зажигания может помочь оценить состояние двигателя и правильность его регулировки.

Свечи необходимо осматривать не реже, чем через каждые 5000 км и очищать их. Следует иметь в виду, что даже свечи, которые эксплуатируются надлежащим образом, периодически приходится заменять. В зависимости от условий эксплуатации автомобиля средний срок службы свечей зажигания оставляет от 10000 до 16000 км.

Свечи можно чистить вручную, хотя твердые отложения удаля-

ются лучше при помощи пескоструйного аппарата. После этого свечу необходимо продуть сжатым воздухом. Для чистки вручную лучше всего подходит мягкая проволочная щетка, при помощи которой очищаются электроды и изолятор центрального электрода. Жесткая проволочная щетка не годится, так как ею легко повредить электроды свечи. После очистки необходимо убедиться, что на свече не остались куски проволоки. После этого протрите свечу тампоном, смоченным метиловым спиртом для удаления всех инородных частиц.

При снятии свечи отверните ее на несколько оборотов, затем удалите все следы грязи и ржавчины вокруг. Эти меры необходимы для предотвращения попадания инородных частиц внутрь двигателя.

При установке свечи на двигатель следует проявить осторожность, чтобы не повредить резьбу в головке цилиндров. Очистите резьбу на свече при помощи щетки из латунной проволоки, затем смажьте резьбу и осторожно вверните свечу. Если при заворачивании свечи вы почувствуете повышенное сопротивление, немедленно выверните свечу и попробуйте снова. Только одна фирма-производитель свечей зажигания (Bosch) гарантирует, что ее новые свечи уже имеют смазку на резьбе. Поэтому при установке новой свечи всегда смазывайте резьбу на свече.

Свечи зажигания следует заворачивать определенным крутящим моментом, хотя на практике это требование почти никогда не выполняется. Если у вас нет динамометрического ключа, выполняйте следующие правила при затяжке свечей зажигания.

Свечи с плоской посадочной поверхностью заверните вручную, насколько это возможно. Заворачивайте свечу при помощи ключа до тех пор, пока не почувствуете сопротивление. После этого поверните ключ еще на 90° для новой свечи или на 30° для свечи, бывшей в употреблении.

Свечи с конической поверхностью следует повернуть на угол 15° после того, как вы почувствуете первое сопротивление. Это правило одинаково для новых и бывших в употреблении свечей.

Регулировка зазора между электродами должна выполняться специальным набором инструментов (рис. 17), включающем в себя приспособления для измерения и регулировки зазора. Плоские щупы для измерения зазора – не самый подходящий инструмент в случае неравномерного износа электродов. В набор входит специальный тонкий провод, который вставляется в центральный электрод платиновой свечи. Если провод входит на всю длину, до упора в пластиковый ограничитель, значит свечу пора менять.

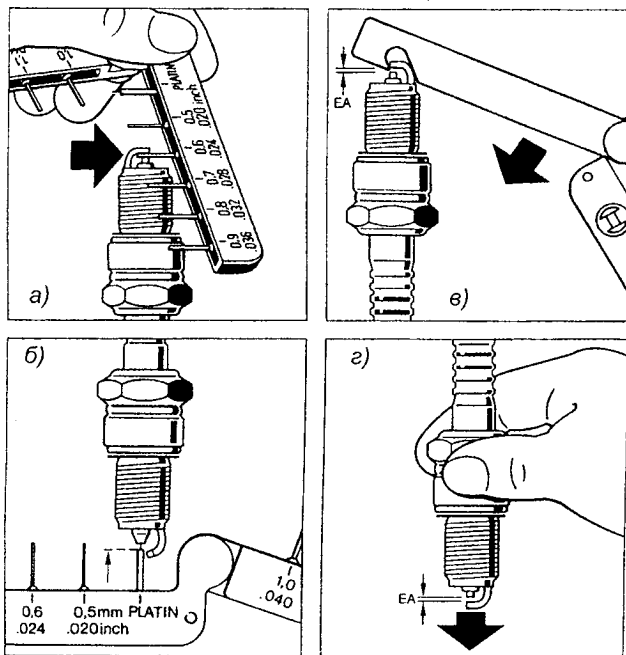


Рис. 17. Инструменты для контроля и регулировки свечей

На рис. 17 показаны инструменты в работе:

а) измерение зазора между электродами. Калибр подходящего диаметра должен проходить между электродами свечи с некоторым сопротивлением;

б) проверка при помощи проволоки. Отогните боковой электрод платиновой свечи и вставьте тонкую проволоку в центральный электрод свечи. Если провод входит до упора пластмассового ограничителя в электрод, такая свеча нуждается в замене;

в) увеличение зазора между электродами специальным приспособлением;

г) для уменьшения зазора установите свечу, как показано на рисунке на твердой гладкой поверхности и надавливайте на нее, пока зазор не уменьшится до необходимого размера.

Запальные свечи для дизельного двигателя

Дизельный двигатель не нуждается в свечах для воспламенения рабочей смеси. Требуемая температура для воспламенения топлива достигается за счет сжатия воздуха в цилиндре, а топливо впрыскивается в цилиндр в конце такта сжатия. В связи с этим запальные свечи

применяются для облегчения пуска холодного двигателя за счет предварительного подогрева воздуха или топливно-воздушной смеси в камере сгорания. В связи с этим запальные свечи применяются для облегчения пуска холодного двигателя за счет предварительного подогрева воздуха или топливно-воздушной смеси в камере сгорания.

Запальная свеча (рис. 18) состоит из проволочной спирали, к которой подводится напряжение от аккумулятора. После пуска двигателя цепь питания запальных свечей автоматически прерывается.

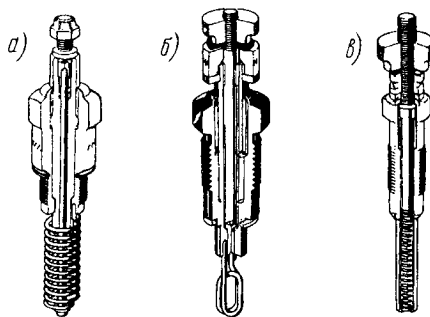


Рис. 18. Запальные свечи для дизельного двигателя:
а – AG2, CH2; б – AG4, CH4; в – AG60, CH60

Запальные свечи типа AG2 и CH2 предназначены для подогрева воздуха во впускном коллекторе. Они сконструированы таким образом, чтобы обеспечить максимально быстрый подогрев большого количества воздуха.

Свечи типа AG4 и CH4 предназначены для подогрева рабочей смеси в камере сгорания. Нагревательный элемент в этих свечах имеет низкое сопротивление и работает при напряжении 1 или 2 В. Поэтому свечи такого типа соединены последовательно между собой, а также с добавочным резистором.

Свечи типа AG60 и CH60 имеют защитный кожух. Сопротивление этих свечей выше, поэтому они имеют параллельное подключение к электросети автомобиля.

1.3. Получение высокого напряжения для свечей зажигания

В первые 20 лет нынешнего века двигатели автомобилей для целей зажигания обычно оснащались магнето. Это генератор высокого напряжения, который приводится от двигателя и не требует аккумулятора. Однако для работы световых приборов автомобиля аккумулятор все равно, требовался, поэтому старая система зажигания бы-

ла постепенно вытеснена более прогрессивной – катушечной. Такая система была впервые запатентована в 1908 г. К. Ф. Кеттерингом из Dayton Engineering Laboratories Company (DELCO) и не претерпела существенных изменений за прошедшие 90 лет.

Развитие электроники положило конец монополии Кеттеринга и за последние 20 лет в конструкцию систем зажигания было внесено изменений больше, чем за все предыдущие годы. Батарейно-катушечная система зажигания все еще применяется на многих автомобилях и понимание принципов ее работы имеет важное значение, хотя теперь она является лишь частью большой группы разнообразных систем.

По способу накопления энергии различаются системы с накоплением энергии в индуктивности и в емкости (рис. 19). В обоих случаях для получения импульса высокого напряжения используется катушка зажигания, представляющая собой высоковольтный трансформатор, содержащий две обмотки: первичную с малым числом витков и омическим сопротивлением в доли и единицы ома и вторичную с большим числом витков и омическим сопротивлением в единицы и десятки килоом. Коэффициент трансформации катушки лежит в пределах 50–150. Значительное количество энергии, которое требуется для воспламенения рабочей смеси, накопить в конденсаторе приемлемых размеров при достаточно низком напряжении бортовой сети невозможно.

Поэтому система, представленная на рис. 19,б, оборудована высоковольтным преобразователем напряжения. Такое усложнение не дает существенных преимуществ, поэтому системы с накоплением энергии в емкости на автомобилях практически не применяются.

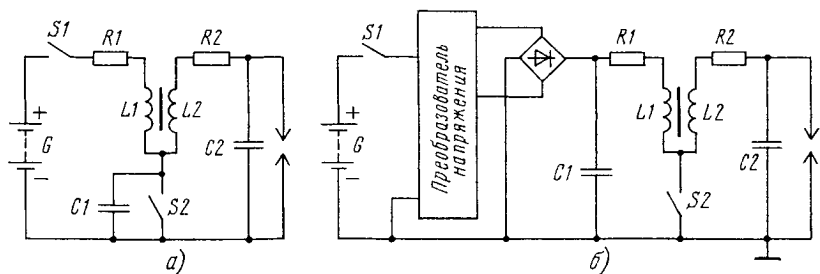


Рис. 19. Система зажигания:
 а – с накоплением энергии в индуктивности;
 б – с накоплением энергии в емкости

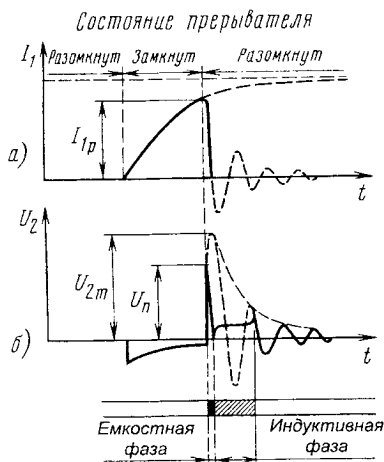


Рис. 20. Эпюры тока в первичной цепи (а) и вторичного напряжения (б) системы зажигания

Принцип работы схемы, изображенной на рис. 19,а, характерен для всех систем зажигания, устанавливаемых на автомобилях. Выключатель зажигания S1 включает систему в сеть питания. При вращении вала двигателя происходит замыкание контактов прерывательного механизма S2, и ток начинает нарастать в первичной цепи катушки зажигания по экспоненте (рис. 20,а).

В момент, необходимый для подачи искрового импульса на зажигание, прерыватель S2 разрывает свои контакты, после чего возникает колебательный процесс, связанный с обменом энергией между магнитным полем катушки и электрическим полем между электродами свечи U₂, убывает по экспоненте (штриховая линия на рис. 20,б). Однако интерес представляет лишь первая полуволна напряжения, так как если ее максимальное значение U_{2m} превышает напряжение пробоя искрового промежутка U_n, возникает необходимая для зажигания искра. Величина U_{2m} зависит от коэффициента трансформации катушки зажигания K_т = W₂/W₁ (W₁ и W₂ соответственно число витков первичной и вторичной обмоток катушки), тока первичной обмотки в момент разрыва I_{1p}, а также индуктивности L1 и емкости C1 первичной и C2 вторичной цепей

$$U_{2m} \approx I_{1p} \sqrt{\frac{L1}{C1 \left(\frac{W1}{W2}\right)^2 + C2}} K_n.$$

Коэффициент K_n учитывает потерю энергии в активных сопро-

тивлениях первичной R1 и вторичной R2 цепей, в сопротивлении нагара $R_{ш}$, шунтирующего искровой промежуток, а также в сердечнике катушки при его перемагничивании. Обычно K_p лежит в пределах 0,7 – 0,8. Влияние нагара на свечах на искрообразование значительно снижается с увеличением скорости нарастания вторичного напряжения. В современных системах эта скорость лежит в пределах 200 – 700 В/мкс.

После пробоя искрового промежутка вторичное напряжение резко уменьшается (рис. 20,б). При этом в искровом промежутке сначала искра имеет емкостную фазу, связанную с разрядом емкостей на промежутке, а затем индуктивную, во время которой в искре выделяется энергия, накопленная в магнитном поле катушки. Емкостная составляющая искры обычно кратковременна, очень ярка, имеет голубоватое свечение. Сила тока в искре велика даже при малом количестве протекающего в ней электричества. Индуктивная составляющая отличается значительной продолжительностью, небольшой силой тока, большим количеством электричества и неярко красноватым свечением. Осциллограмма вторичного напряжения, соответствующая рис. 20,б является признаком нормальной работы системы зажигания. О нормальной работе свидетельствует и вид искры между электродами свечи. В исправной системе она имеет яркое ядро, окруженное пламенем красноватого цвета.

Распределение зажигания по цилиндрам может производиться как на высоковольтной, так и на низковольтной стороне.

При низковольтном распределении каждая катушка зажигания обслуживает два либо четыре цилиндра. В первом случае катушка имеет два высоковольтных вывода (двухвыводная катушка), во втором четыре (четырёхвыводная). Импульсы напряжения на обоих выводах двухвыводной катушки появляются одновременно, но один из них подается в цилиндр в такте сжатия и производит воспламенение рабочей смеси, в другом цилиндре в это время избыточное давление отсутствует и выделенная в искре энергия расходуется вхолостую. Четырёхвыводная катушка снабжена первичной обмоткой, состоящей из двух секций, работающих попеременно. Высоковольтные диоды обеспечивают разделение цепей, так как высоковольтные импульсы такой системы разнополярны. Это является недостатком системы с четырёхвыводной катушкой, поскольку в зависимости от полярности импульса, напряжение пробоя на свече может отличаться на 1,5 – 2 кВ. Катушка может обслуживать и один цилиндр, в этом случае она обычно располагается на свече.

В настоящее время наиболее распространено высоковольтное распределение зажигания, однако, развитие электроники позволяет перейти, вернее, вернуться к низковольтному распределению,

как, например, на первых автомобилях фирмы «Форд», где имелись 4 прерывателя и 4 катушки зажигания.

1.4. Схемы систем зажигания

При одинаковом принципе работы системы зажигания по своим конструктивным и схемным выполнениям делятся на контактную систему (иначе ее называют классической), контактно-транзисторную и бесконтактную электронные системы зажигания.

Контактная система зажигания

В контактной системе зажигания (рис. 21) коммутация в первичной цепи зажигания осуществляется механическим кулачковым прерывательным механизмом.

Кулачок прерывателя (рис. 22) связан с коленчатым валом двигателя через зубчатую или зубчато-ременную передачу, причем частота вращения вала кулачка вдвое меньше частоты вращения вала двигателя.

Угол опережения зажигания устанавливается изменением положения кулачка относительно приводного вала или углового по-

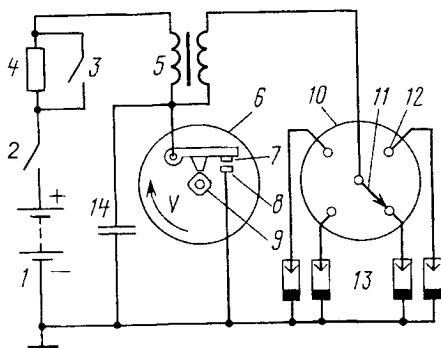
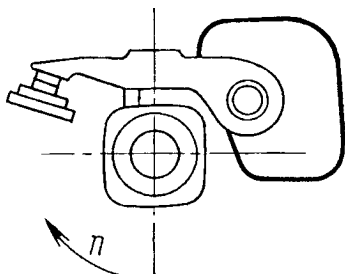


Рис. 21. Принципиальная схема классической контактной системы зажигания:

- 1 – аккумуляторная батарея; 2, 3 – контакты выключателя зажигания; 4 – добавочный резистор; 5 – катушка зажигания; 6 – прерыватель; 7, 8 – подвижный и неподвижный контакты прерывателя; 9 – кулачок; 10 – распределитель; 11 – ротор; 12 – неподвижный электрод; 13 – свечи зажигания; 14 – конденсатор

Рис. 22. Кулачково-прерывательный механизм контактной системы зажигания



ложения пластины прерывателя, на которой закреплена ось его подвижного рычажка. Время замкнутого и разомкнутого состояния контактов определяется конфигурацией кулачка, частотой вращения n и зазором между контактами.

Добавочный резистор 4 (см. рис. 21) устраняет влияние снижения напряжения в бортовой сети при включении системы зажигания. Для этого он при пуске закорачивается, при нормальной работе на нем падает часть напряжения так, что к катушке зажигания подходит напряжение 7–8 В, на которое она рассчитана. Добавочный резистор выполняется из никелевой или константановой проволоки, имеет сопротивление 1–1,9 Ом и располагается либо на катушке зажигания, либо вне ее.

Изготовление добавочного резистора из никелевой проволоки позволяет ему выполнять дополнительную функцию – защиту первичной цепи от перегрузки, возможной на малой частоте вращения коленчатого вала. Сопротивление никелевого резистора с ростом силы тока возрастает. Там, где напряжение при пуске понижается мало, добавочный резистор не применяется. Распределительный механизм, который объединен в один узел «прерыватель-распределитель» с прерывателем, подводит вывод вторичной обмотки катушки зажигания через контактный уголек к вращающемуся электроду (ротору), установленному на одном валу с кулачком прерывателя. При вращении ротора высокое напряжение последовательно через воздушный промежуток приблизительно в 0,5 мм, электроды распределителя и высоковольтные провода подается на свечи. Момент прохождения ротора мимо каждого электрода распределителя синхронизирован с размыканием контактов прерывателя.

На рис. 23,а представлен пример зависимости вторичного напряжения U_{2m} от частоты вращения n коленчатого вала двигателя.

Время t замкнутого состояния контактов прерывателя определяется выражением:

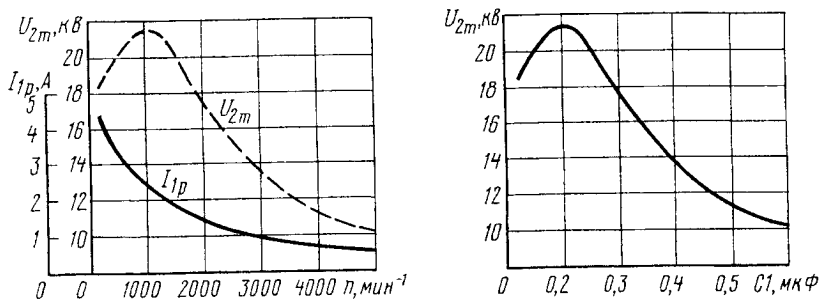


Рис. 23. Зависимость силы тока в момент разрыва первичной цепи I_{1p} и вторичного напряжения U_{2m} контактной системы зажигания от частоты вращения коленчатого вала двигателя (а) и вторичного напряжения U_{2m} от емкости первичной цепи $C1$ (б)

$$t = \frac{120k}{nz},$$

где z – число цилиндров двигателя; k – коэффициент, зависящий от профиля кулачка.

При росте частоты вращения время замкнутого состояния контактов уменьшается, а, значит, уменьшается сила тока в момент разрыва контактов I_{1p} и, как следствие, снижается вторичное напряжение. Снижение U_{2m} при малой частоте вращения объясняется искрением контактов при медленном их расхождении. На рис. 23,б приведена зависимость вторичного напряжения от емкости $C1$, включаемой параллельно контактам прерывателя для снижения их искрения. Эта зависимость соответствует формуле.

При малой емкости $C1$ искрение все же возникает и напряжение снижается. Однако и увеличение емкости $C1$ также снижает вторичное напряжение, поэтому конденсатор подбирается к каждой системе индивидуально. Обычно емкость конденсатора $C1$ лежит в пределах 0,17-0,35 мкФ. Амплитуда вторичного напряжения снижается и с ростом емкости вторичной цепи $C2$. Это создает проблему в случае применения экранированной системы зажигания, так как экранирование вызывает повышение вторичной емкости. Экранирование системы применяется для снижения уровня радиопомех, создаваемых системой зажигания.

Контактно-транзисторная система зажигания

Контактно-транзисторная система зажигания явилась переходным этапом от контактной к бесконтактным электронным системам.

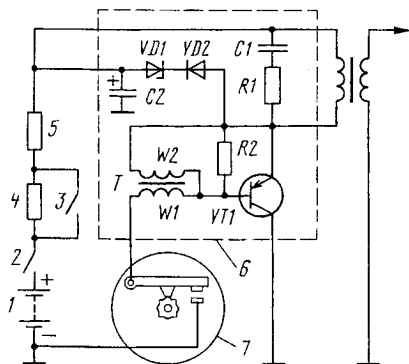


Рис. 24. Схема контактно-транзисторной системы зажигания с коммутатором ТК102:

- 1 – аккумуляторная батарея; 2, 3 – контакты выключателя зажигания;
4, 5 – добавочные резисторы; 6 – коммутатор; 7 – прерыватель

В ней устраняется недостаток контактной системы – подгорание и износ контактов прерывателя, коммутирующих цепь с индуктивностью и значительной силой тока. В контактно-транзисторной системе первичную цепь обмотки возбуждения коммутирует транзистор, управляемый контактами прерывателя. С применением контактно-транзисторной системы на автомобиле появился новый блок – электронный коммутатор, объединяющий в себе силовой коммутирующий транзистор и элементы схемы его управления и защиты.

На рис. 24 представлена схема контактно-транзисторного зажигания с коммутатором ТК102, которая обеспечивает зажигание восьмицилиндровых двигателей автомобилей ЗИЛ и ГАЗ.

При замыкании контактов прерывателя через них начинает протекать базовый ток транзистора VT, который открывается и включает первичную цепь обмотки возбуждения в питающую сеть. При размыкании контактов прерывателя транзистор VT закрывается, ток в первичной цепи резко прерывается и на свечах появляется всплеск высокого напряжения, как это было и в контактной системе. Характеристики контактно-транзисторной системы аналогичны контактной, за исключением того, что снижения вторичного напряжения на низких частотах вращения кулачка не происходит. Импульсный трансформатор Т в схеме ускоряет запирающие транзистора, цепь VD1, VD2 защищает транзистор от перенапряжений, а конденсатор C2 – от случайных импульсов напряжения по цепи питания. Конденсатор C1 способствует уменьшению коммутационных потерь в транзисторе. Добавочный резистор 4 закорачивается при пуске.

Срок службы контактов прерывателя в контактно-транзисторной

системе больше, чем в контактной, так как базовый ток, коммутируемый ими, невелик. Однако механический износ прерывательного механизма, влияние вибраций на работу контактов в системе не устранены. В настоящее время выпускаются различные электронные блоки, улучшающие работу контактной системы зажигания и фактически превращающие ее в контактно-транзисторную (ТАНДЕМ-2, БУЗ-06, ОКТАН-1, ЭРУОЗ и др.).

Электронные системы зажигания

Датчики электронных систем зажигания. В электронных системах зажигания контактный прерыватель заменен бесконтактными датчиками. В качестве датчиков используются оптоэлектронные датчики, датчики Виганда, но наиболее часто – магнитоэлектрические датчики (МЭД) и датчики Холла (ДХ).

МЭД бывают генераторного (рис. 25,а) и коммутаторного (рис. 25,б) типов. В генераторном датчике вращается постоянный магнит, помещенный внутрь клювообразного магнитопровода. При этом в катушке, надетой на свой клювообразный магнитопровод, наводится ЭДС.

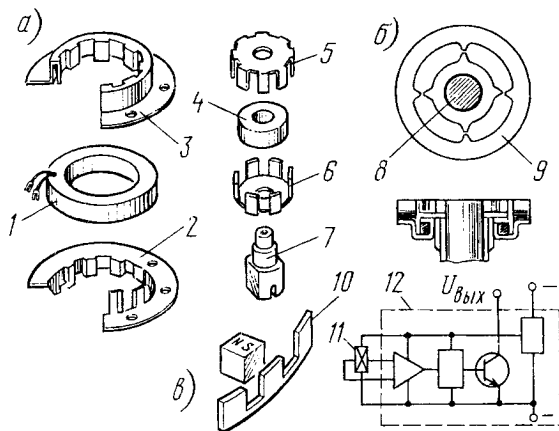


Рис. 25. Датчики бесконтактной системы зажигания:

- а – магнитоэлектрический генераторный с когтеобразным статором; б – магнитоэлектрический коммутаторного типа; в – датчик Холла; 1 – катушка; 2, 3 – клювообразные половины статора; 4 – магнит; 5, 6 – клювообразные половины ротора; 7 – приводная втулка; 8 – зубчатый ротор; 9 – зубчатый статор; 10 – экран (шторки); 11 – чувствительный элемент датчика Холла; 12 – микросхема

В МЭД коммутаторного типа вращается зубчатый ротор из магнитомягкого материала, а магнит неподвижен. ЭДС в катушке на-

водится за счет изменения величины ее магнитного потока при совпадении и расхождении выступов статора и ротора. Недостатком МЭД является зависимость выходного сигнала от частоты вращения, а также значительная индуктивность катушки, вызывающая запаздывание в прохождении сигнала.

От этих недостатков избавлен датчик Холла (рис. 25,в). Особенность его состоит в том, что ЭДС, снимаемая с двух граней его чувствительного элемента, пропорциональна произведению силы тока, подводимого к двум другим граням, на индукцию магнитного поля, пронизывающего датчик. В реальных системах магнитное поле создается неподвижным магнитом, который отделен от датчика магнитомягким экраном с прорезями. Если между магнитом и чувствительным элементом попадает стальной выступ, магнитный поток им шунтируется и на датчик не попадает, ЭДС на выходе чувствительного элемента отсутствует. Прорезь беспрепятственно пропускает магнитный поток, и на выходе элемента появляется ЭДС. Обычно датчик Холла совмещают с микросхемой, стабилизирующей ток его питания и усиливающей выходной сигнал. В реальном датчике эта схема инвертирует сигнал, т.е. напряжение на его выходе появляется, когда выступ экрана проходит мимо чувствительного элемента.

Наиболее простой в схемном и функциональном исполнении является бесконтактная система зажигания с нерегулируемым временем накопления энергии.

Бесконтактные системы зажигания с нерегулируемым временем накопления энергии. Такая система зажигания принципиально отличается от контактно-транзисторной только тем, что в ней контактный прерыватель заменен бесконтактным датчиком. На рис. 26 приведена схема системы с коммутатором 13.3734-01 автомобилей «Волга».

Сигнал с обмотки L магнитоэлектрического датчика через диод VD2, пропускающий только положительную полуволну напряжения, и резисторы R2, R3 поступает на базу транзистора VT1. Транзистор открывается, шунтирует переход база-эмиттер транзистора VT2, который закрывается. Закрывается и транзистор VT3, ток в первичной обмотке катушки зажигания прерывается и на выходе вторичной обмотки возникает высокое напряжение. В отрицательную полуволну напряжения транзистор VT1 закрыт, открыты VT2 и VT3, и ток начинает протекать через первичную обмотку катушки зажигания. Очевидно, что число пар полюсов датчика должно соответствовать числу цилиндров двигателя.

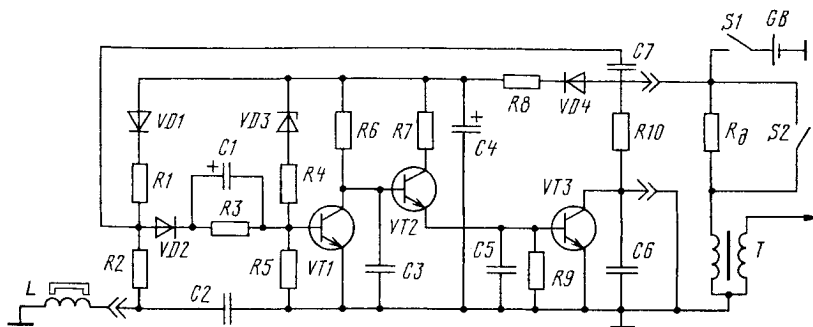


Рис. 26. Принципиальная электрическая схема бесконтактной системы зажигания с коммутатором 13.3734-01

Цепь R3-C1 осуществляет фазосдвигающие функции, компенсирующие фазовое запаздывание протекания тока в базе транзистора VT1 из-за значительной индуктивности обмотки датчика L, что снижает погрешность момента искрообразования.

Стабилитрон VD3 и резистор R4 защищают схему коммутатора от повышенного напряжения в аварийных режимах, так как, если напряжение в бортовой цепи превышает 18 В, цепочка начинает пропускать ток, транзистор VT1 открывается и закрывается выходной транзистор VT3. Цепям защиты от опасных импульсов напряжения служат конденсаторы C3, C4, C5, C6; диод VD4 защищает схему от изменений полярности бортовой сети. Форма и величина входного напряжения магнитоэлектрического датчика изменяются с частотой вращения, что влияет на момент искрообразования.

В системе, кроме того, не устранен существенный недостаток контактного зажигания – уменьшение вторичного напряжения при росте частоты вращения коленчатого вала. Поэтому более перспективна система с регулированием времени накопления энергии.

Система зажигания с регулированием времени накопления энергии. Регулируя время накопления энергии, т.е. время, когда первичная цепь катушки зажигания подключена к сети питания, можно сделать ток разрыва этой цепи независимым или мало зависимым от частоты вращения коленчатого вала двигателя, а значит, и избавиться от недостатка контактной системы зажигания – снижения вторичного напряжения с ростом частоты вращения. Принцип такого регулирования состоит в том, чтобы с ростом частоты вращения увеличить относительное время включения катушки зажигания в сеть так, чтобы абсолютное время включения осталось неизменным. На рис. 27 представлена система зажигания ав-

томобиля ВАЗ-2108 с электронным коммутатором 36.3734-20 и датчиком Холла.

В коммутаторе применена микросхема L497В. Стабилизация вторичного напряжения достигается в схеме двумя путями – во-первых, регулированием времени нахождения транзистора VT1 в открытом состоянии, т.е. времени включения первичной цепи катушки зажигания в сеть; во-вторых, ограничением силы тока в первичной цепи значением около 8 А. Последнее, кроме того, предотвращает перегрев катушки.

Схема работает следующим образом. С датчика Холла на вход коммутатора приходит сигнал прямоугольной формы, который приблизительно на 3 В меньше напряжения питания, с длительностью соответствующей прохождению выступов экрана мимо чувствительного элемента датчика. Нижний уровень сигнала 0,4 В соответствует прохождению прорези.

В момент перехода от высокого уровня к низкому происходит искрообразование. В микросхеме коммутатора сигнал в блоке формирования периода накопления энергии сначала инвертируется, затем интегрируется. На выходе интегратора образуется пилообразное напряжение, которое тем больше, чем меньше частота вращения двигателя. Это напряжение поступает на вход коммутатора, на другой вход которого подано опорное напряжение. Компаратор преобразует напряжение во время. Сигнал на входе компаратора имеет место тогда, когда значение пилообразного напряжения достигает опорного и превышает его.

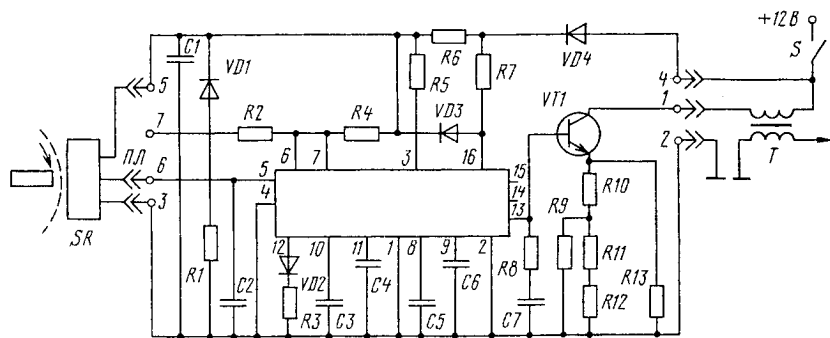


Рис. 27. Принципиальная электрическая схема системы зажигания 36.3734-20

При большой частоте вращения пилообразное напряжение мало, соответственно и мала длительность сигнала на выходе компаратора.

ратора. С исчезновением выходного сигнала компаратора через схему управления открывается транзистор VT1 и первичная цепь зажигания включается в сеть. Следовательно, время накопления энергии в катушке соответствует времени отсутствия сигнала на выходе компаратора. Уменьшение длительности сигнала компаратора позволяет увеличить относительную величину времени накопления энергии и тем самым стабилизировать ее абсолютное значение.

Блок ограничения силы выходного тока срабатывает по сигналу, снимаемому с резисторов, включенных последовательно в первичную цепь зажигания. Если этот сигнал достигает уровня, соответствующего силе тока 8 А, блок переводит выходной транзистор в активное состояние с фиксированием этого значения тока.

Блок безыскровой отсечки отключает катушку зажигания в случае, если включено электропитание, но вал двигателя неподвижен. При этом, если при остановленном двигателе отключение происходит сразу, то в противном случае – через 2–5 с.

Схема насыщена элементами защиты от всплесков напряжения и включения обратной полярности питания. Регулировка угла опережения зажигания осуществляется традиционными способами, т.е. центробежным и вакуумным регуляторами.

Микросхема L497В применяется в двухканальном коммутаторе 64.3734-20 для систем с низковольтным распределителем энергии. В коммутаторе 6420.3734 применен выходной транзистор ВУ 931 ZPF1 с внутренней защитой от перенапряжений, что в значительной мере повысило надежность работы коммутатора.

Микропроцессорные системы зажигания. В микропроцессорной системе зажигания применяется электронное управление углом опережения зажигания. Как правило, микропроцессорная система одновременно управляет и системой топливоподачи либо полностью (система Motronic фирмы Bosch), либо каким-либо ее элементом, чаще всего, экономайзером принудительного холостого хода (автомобиль ВАЗ-21083, ГАЗ-302 «Газель» и др.).

Центральной частью микропроцессорной системы является контроллер (микро-ЭВМ, микропроцессор). На рис. 28 представлена структурная схема контроллера МС2713 «Электроника», применяющаяся на некоторых модификациях автомобилей «Волга», «Газель», ЗИЛ-4314, ВАЗ-21083. В задачу контроллера входит обработать информацию, поступающую от датчиков, и в соответствии с ней, установив оптимальный для данного режима угол опережения зажигания, дать команду через коммутатор на образование искры зажигания. В режиме принудительного холостого хода контроллером выдается команда на прекращение топливоподачи. Контроллер получает информацию от индукционных датчиков: начала от-

счета НО, установленного на картере сцепления так, что он генерирует импульс напряжения в момент прохождения в его магнитном поле стального штифта, укрепленного на маховике, при положении в верхней мертвой точке поршней 1-го и 4-го цилиндров; датчика угловых импульсов УИ, реагирующего на прохождение зубьев шестерни венца маховика и снабжающего контроллер информацией о частоте вращения и угле поворота коленчатого вала двигателя; полупроводникового датчика температуры охлаждающей жидкости t порогового типа, информирующего о достижении температуры заданного уровня; датчика разряжения во впускном коллекторе P тензометрического типа, информирующего о нагрузке двигателя.

Для управления экономайзером принудительного холостого хода (ЭПХХ) сигнал поступает с концевого выключателя КВ от дроссельной заслонки.

Сигналы с датчиков НО и УИ преобразуются преобразователем сигналов в прямоугольные импульсы с логическими уровнями

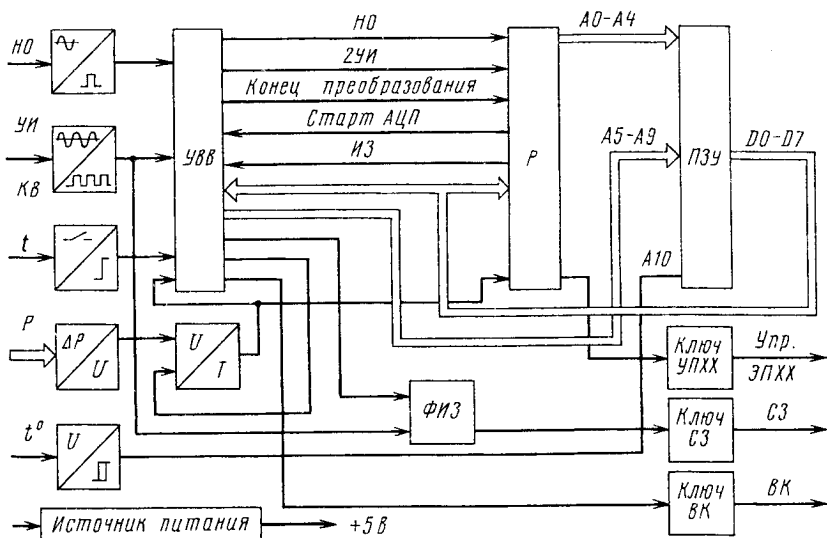


Рис. 28. Структурная схема микропроцессорной системы зажигания с контролером МС-2713

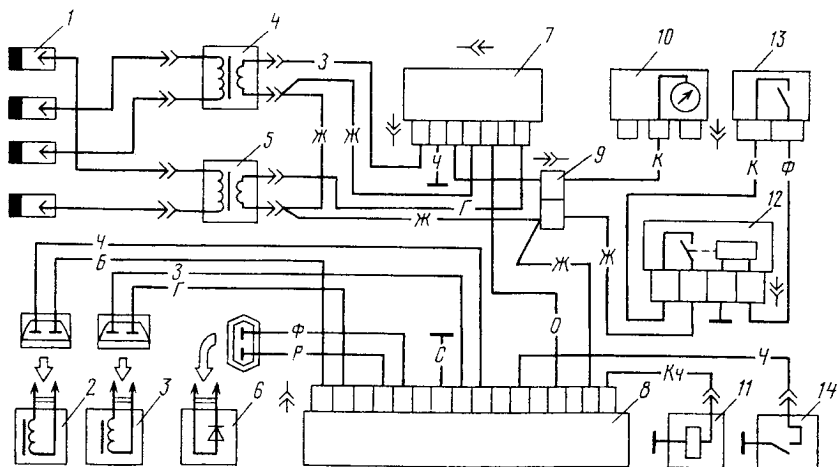


Рис. 29. Схема микропроцессорной системы зажигания ГАЗ-3302 с контролером МС-2713-01 и коммутатором 6420.3734:

- 1 – свеча зажигания; 2 – датчик начала отсчета; 3 – датчик угловых импульсов; 4, 5 – катушки зажигания; 6 – датчик температуры; 7 – коммутатор; 8 – контролер; 9 – штекерная колодка; 10 – комбинация приборов; 11 – электромагнитный клапан экономайзера принудительного холостого хода; 12 – реле разгрузки выключателя зажигания; 13 – выключатель зажигания; 14 – микровыключатель

интегральных микросхем; сигнал с датчика разряжения, который по напряжению пропорционален разряжению, также преобразуется во временные импульсы.

Система работает следующим образом: в постоянном запоминающем устройстве ПЗУ контроллера записана информация об оптимальном угле опережения зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя. Информация записана в двух вариантах – характеристиках для холодного (температура охлаждающей жидкости ниже 65°C) и прогретого двигателя. Нужная характеристика выбирается по сигналу с датчика температуры, поступающего на 10-й разряд адреса ПЗУ А10. Процессор Р, выполненный на микросхеме КМ1823ВУ1, формирует сигнал «Старт АЦП», по которому устройство ввода-вывода УВВ запускает преобразователь «напряжение-время» и начинает преобразовывать изменение напряжения датчика загрузки двигателя в цифровой код. По сигналу «Конец преобразования» устанавливается в сети адрес ПЗУ в разрядах А5-А9 с допуском к необходимой информации. Начало измерения загрузки двигателя и вычисления угла опережения зажигания реализуется процессо-

ром по жесткому алгоритму. Когда вычисленный угол совпадает с углом поворота коленчатого вала, по сигналу процессора через УВВ включается формирователь импульсов зажигания ФИЗ на микросхеме КМ 1823АГ1, вырабатывающей импульсы зажигания постоянной скважности, подаваемые через ключ СЗ на выход блока управления.

Каналы управления многоканального коммутатора выбираются по сигналу ИЗ, через ключ выбора канала ВИ.

На рис. 29 представлена схема соединений микропроцессорной системы автомобиля ГАЗ-3302 «Газель».

Глава 2

СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ МОМЕНТОМ ЗАЖИГАНИЯ

2.1. Механические средства управления моментом зажигания

Устройство и действие контактного прерывателя

К механическим средствам управления моментом зажигания относятся центробежный и вакуумный автоматы опережения зажигания и октан-корректор. Они применяются в контактных и электронных системах зажигания (контактно-транзисторных и бесконтактных). Если в контактных системах применяются только механические средства, то в электронных системах могут применяться как механические, так и электронные автоматы. Для оптимального процесса регулирования момента зажигания рассмотрим подробнее устройство и действие контактного прерывателя. Контакты прерывателя размыкаются кулачком, расположенным на валу распределителя зажигания. Кулачок вращается со скоростью, равной половине скорости коленчатого вала (в случае четырехтактного двигателя). Конструкция блока прерывателя предусматривает установку конденсатора, а также возможность регулировки зазора между контактами – жизненно важный фактор для нормальной работы двигателя (рис. 30).

Очень важно в процессе эксплуатации двигателя правильно регулировать зазор контактов прерывателя. Правильно отрегулированный зазор должен обеспечивать достаточное время для того, чтобы в первичной катушке зажигания после замыкания контактов успевал установиться расчетный ток. Дело в том, что катушка зажигания обладает индуктивностью, которая замедляет нарастание тока, подобно тому, как инерция препятствует раскручиванию маховика из состояния покоя до заданной скорости.

По этой причине важно, чтобы контакты не оставались разомкнутыми слишком долго, иначе время замкнутого состояния может

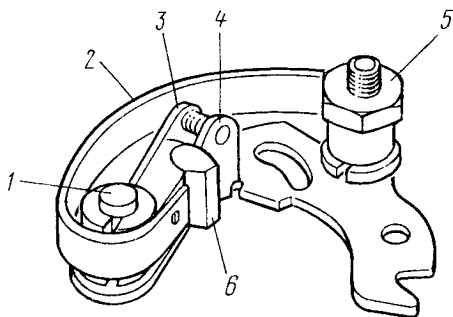


Рис. 30. Блок контактов прерывателя;

1 – ось контакта; 2 – пружина; 3 – подвижный контакт катушки; 4 – неподвижный контакт; 5 – клемма; 6 – толкатель подвижного контакта

оказаться недостаточным. Мерой времени замкнутого состояния контактов является угол поворота кулачка прерывателя, а способ регулировки этого угла сводится к регулировке зазора контактов в разомкнутом состоянии. Установка зазора с помощью щупов является устаревшим способом, поскольку установка производится на остановленном двигателе, тогда как при его вращении угол замкнутого состояния может измениться из-за действия сил инерции.

Механические нагрузки рычажка прерывателя очень велики из-за частых ударов упора рычага в момент соприкосновения его с кулачком. В прерывателе зажигания шестицилиндрового двигателя при частоте вращения коленчатого вала 2400 мин^{-1} рычажок поднимается 14400 раз в минуту. При движении автомобиля в течение 2 ч, т.е. на участке примерно в 200 км, контакты размыкаются около 1,7 млн. раз. Долговечность прерывателя считается равной 1000 ч работы. Аналогичные нагрузки испытывает и пружина прерывателя. Ее размеры определяются не только механическими нагрузками. В качестве проводника тока от контакта к контакту она должна иметь сечение, соответствующее току замыкания катушки, чтобы в случае надобности выдержать эту нагрузку, не изменяя своей прочности. Лучше всего работает прерыватель, у которого усилие, возникающее от соприкосновения рычажка с кулачком, и давление контактов, вызванное действием пружины, проходят через центр удара (рис. 31).

Угол β между точкой набегания и сбегания кулачка оказывает влияние на работу прерывателя. Если кривая сбегания очень крута, то рычажок прерывателя в процессе замыкания контактов склонен к вибрации.

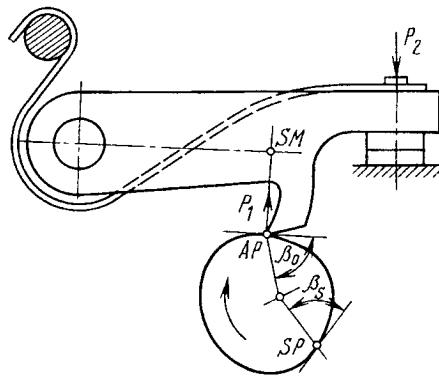


Рис. 31. Схема взаимодействия рычажка прерывателя и кулачка:
 P_1 – сила соприкосновения; P_2 – сила контакта; SM – центр; β_0 – кривая сбегания; β_s – кривая набегания

В результате после замыкания контакты несколько раз вибрируют, и цепь размыкается. На время вибрации уменьшается время замыкания контактов, что влечет за собой уменьшение длины искры. На рис. 32 показана осциллограмма первичного тока зажигания, при вибрации прерывателя (при активной нагрузке).

У кулачков с несколькими рабочими участками нельзя произвольно определять подъем кривых набегания и сбегания, иначе угол размыкания будет очень велик, а угол замыкания будет слишком мал. На рис. 33 показано, что малый угол размыкания α_1 может быть получен в случае прямоугольной формы кулачка, что вызывает у последнего большое ускорение, приводящее к вибрации. Изображенный на рис. 33 кулачок хотя и рассчитан на меньший угол замыкания, но не создает больших ускорений. Выбирают варианты, соответствующие требованиям, предъявляемым к прерывателю.

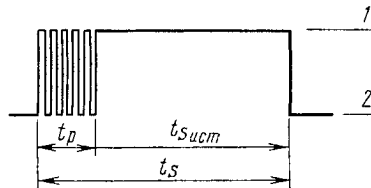
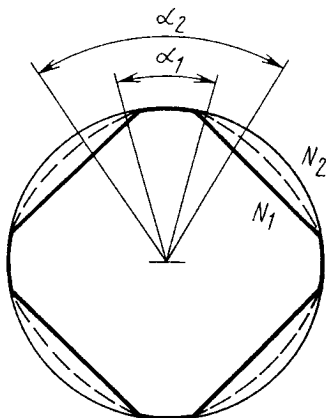


Рис. 32. Схематическое изображение первичного тока зажигания при вибрации прерывателя:

1 – контакты замкнуты; 2 – контакты разомкнуты; t_p – время вибрации; t_s – время замыкания (теоретически); $t_{s\text{ ист}}$ – истинное время замыкания

Рис. 33. Зависимость угла замыкания от формы кулачка:

N_1 – кулачок с небольшим углом размыкания при крутой форме; N_2 – кулачок с большим углом размыкания при пологой форме



Склонность рычажка прерывателя к вибрации, кроме подъема набегания и сбегания, зависит еще от давления пружины на контакты. С увеличением давления на контакты увеличивается и число разрывов в минуту, которые происходят без вибрации. Однако увеличение давления ведет к увеличенному износу контактов из-за более сильного ударного действия, что уменьшает их долговечность. Обычно контактное давление выбирают равным 500–600 гс.

Угол замкнутого состояния контактов определяется углом поворота кулачка прерывателя, в течение которого контакты остаются в замкнутом состоянии для одного цикла зажигания. Уставка этого угла имеет очень важное значение. Увеличение зазора сокращает угол. Изменение зазора приводит к тому, что толкатель подвижного контакта набегает на кулачок прерывателя раньше или позже (рис. 34).

Неправильная установка может иметь неприятные последствия, поскольку при малом значении угла замкнутого состояния контактов ток в первичной обмотке катушки зажигания не достигнет необходимого уровня и система зажигания особенно на высокой частоте вращения начнет давать сбои. Слишком большой угол замкнутого состояния контактов может привести к пригоранию контактов и перебоям в работе двигателя на малой частоте вращения.

Как зазор между контактами, так и угол замкнутого состояния контактов должны находиться в пределах, регламентированных изготовителем. Если оба требования одновременно выполнить не удастся, значит прерыватель неисправен.

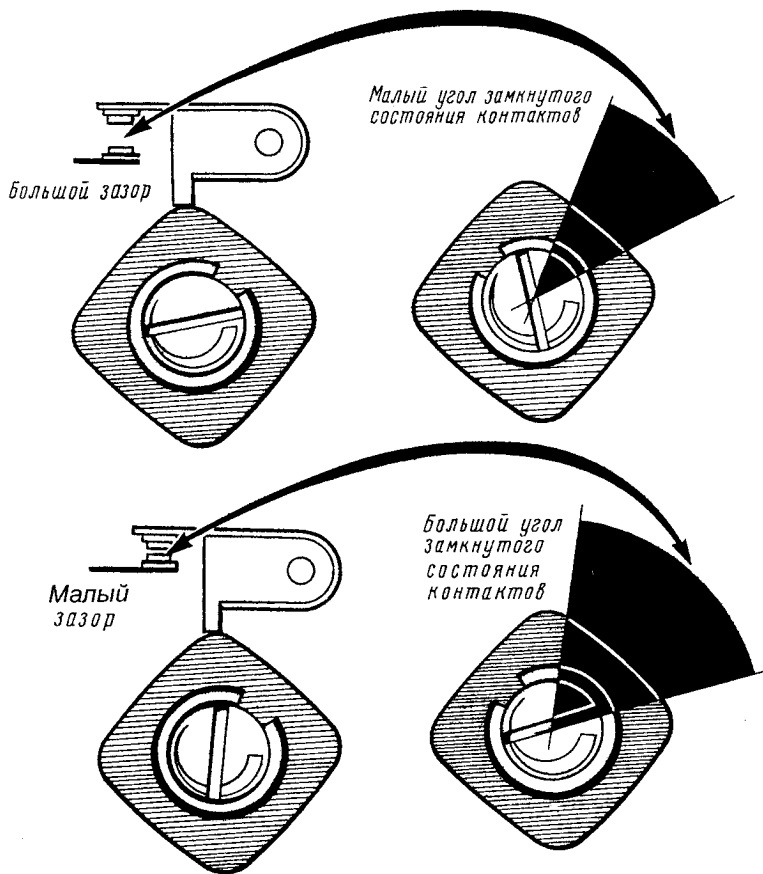


Рис. 34. Изменение угла замкнутого состояния контактов меняет угол опережения зажигания

Изменение угла замкнутого состояния контактов численно равно изменению угла опережения зажигания (рис. 35).

Если, например, угол замкнутого состояния контактов в результате регулировки изменился на 12° , значит точка размыкания контактов сдвинулась на 6° поворота кулачка. Но 6° поворота вала распределителя равносильно 12° поворота коленчатого вала.

Угол замкнутого состояния можно выразить в градусах или процентах от полного оборота вала распределителя.

Пример. Кулачок четырехцилиндрового двигателя с четырьмя выступами разделен на равные промежутки по 90° . В пределах этого

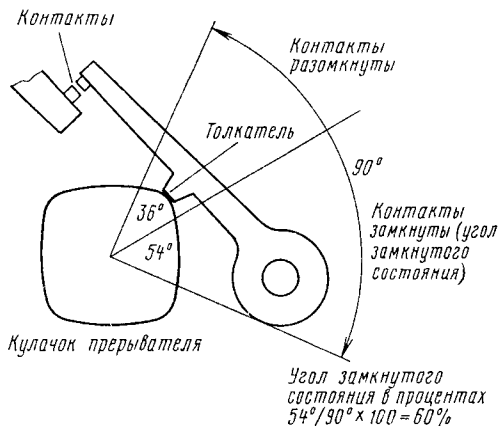


Рис. 35. Угол замкнутого состояния контактов в градусах и процентах

угла контакты должны разомкнуться и снова замкнуться. Этот процесс – часть одного периода. В примере, проиллюстрированном на рис. 35 контакты находятся в замкнутом состоянии на протяжении 54° , а в разомкнутом состоянии – остальные 36° . Угол замкнутого состояния в процентах: $54^\circ/90^\circ \times 100 = 60\%$.

Можно вновь вернуться к угловым единицам: $60/100 \times 90^\circ = 54^\circ$.

Угол 54° в действительности является типичным значением угла замкнутого состояния контактов для четырехцилиндровых двигателей. Использование процентного выражения угла предпочтительнее, поскольку оно не зависит от числа цилиндров.

Существуют приборы для точного измерения угла замкнутого состояния контактов, однако надо внимательно считывать показания со шкалы прибора, поскольку одна шкала предназначена для двигателей с разным числом цилиндров. Например, если прибор показывает угол замкнутого состояния 60° , то для двигателей с разным числом цилиндров результат в угловых единицах будет совершенно различным:

для одноцилиндрового двигателя	$60/100 \times 360^\circ = 216^\circ$;
для четырехцилиндрового	$60/100 \times 90^\circ = 54^\circ$;
для шестицилиндрового	$60/100 \times 60^\circ = 36^\circ$.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. при регулировке зазора между контактами изменяется угол опережения;
2. прежде чем устанавливать угол опережения зажигания, например с помощью октан-корректора или поворотом корпуса распределителя, необходимо отрегулировать зазор между контактами, так как при

последующей регулировке зазора изменится устанавливаемый угол;

3. довольно редко, но все же имеются устройства, в которых момент зажигания изменяется регулированием зазора между контактами.

Центробежный автомат управления моментом зажигания

Устройство изменения момента зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя называется центробежным автоматом.

Максимальная нагрузка двигателя зависит от большого числа факторов, дающих при определенной частоте наиболее благоприятный момент зажигания. Поэтому каждый двигатель имеет особую характеристику, которую снимают при испытаниях на стенде.

На рис. 36 изображена характеристика зависимости мощности четырехтактного двигателя от момента зажигания. Момент зажигания выражается в угловых градусах относительно коленчатого вала до ВМТ поршня.

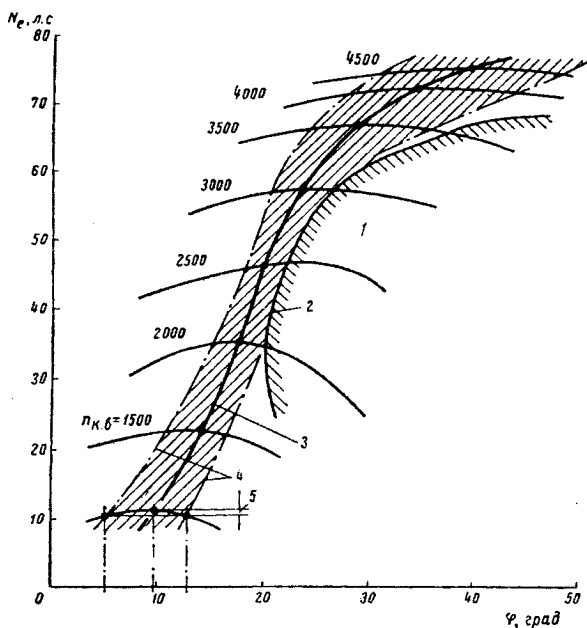


Рис. 36. Зависимость мощности двигателя от момента зажигания для четырехтактного двигателя, полученная при испытании на стенде: 1 — район детонации; 2 — граница детонации; 3 — кривая оптимальных моментов зажигания; 4 — пределы поля допусков; 5 — потери 1% мощности

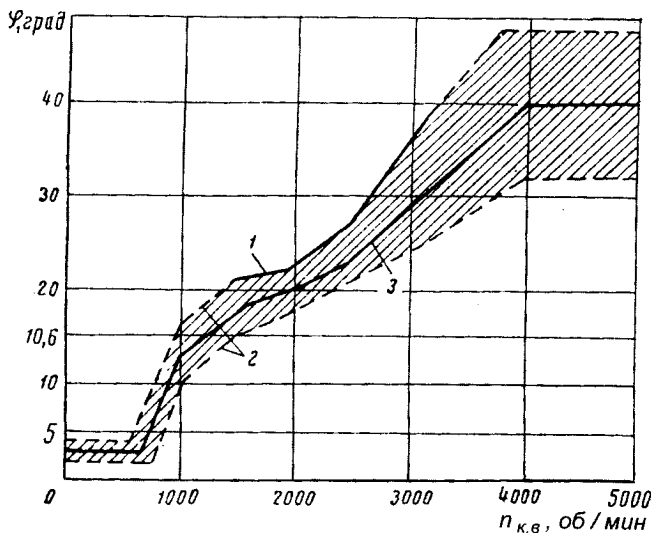


Рис. 37. Влияние изменения момента зажигания на характеристики четырехтактного двигателя при полной нагрузке:
 1 – граница детонации; 2 – граница поля допусков при 1% потери мощности;
 3 – кривая оптимальных моментов зажигания

Отдельные характеристики снимают при постоянной частоте вращения и полностью открытом дросселе, для каждого момента зажигания определяют максимальную мощность. Большое значение имеет определение точек, при которых возникает детонация или двигатель работает неравномерно. Как показано на рис. 36, максимальные значения, полученные при любой частоте вращения в диапазоне отсутствия детонации, и оптимальные значения мощности вблизи диапазона детонации соединяются кривыми.

Эти кривые представляют собой основу конструирования центробежного автомата, который является регулятором момента зажигания в диапазоне полных нагрузок двигателя для достижения максимальной мощности. Если полученные оптимальные моменты зажигания нанести в зависимости от частоты вращения вала двигателя, то получается так называемая кривая перестановки момента зажигания при полной нагрузке (рис. 37).

В качестве поля допуска берется диапазон моментов зажигания, при которых потери мощности по сравнению с максимальными или оптимальными значениями не превышают 1%. Если у двигателя характеристики мощности очень пологи (как, например, характеристика

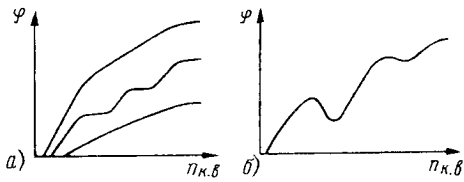


Рис. 38. Моменты зажигания для получения оптимальной мощности при полной нагрузке

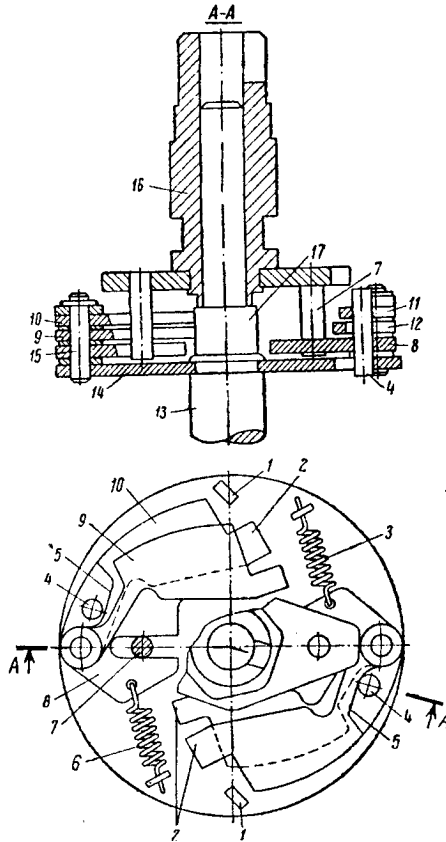


Рис. 39. Схема центробежного автомата изменения угла опережения зажигания:

- 1 – ограничитель; 2 – выступ; 3 – пружина; 4 – палец; 5 – конец грузика управления; 6 – пружина; 7 – штифт; 8 – основной грузик; 9-12 – регулировочные грузики; 13 – вал привода; 14 – пластина; 15 – палец; 16 – кулачок; 17 – шейка вала

пк.в = 4500 мин⁻¹ на рис. 36), то при изменении момента зажигания получаются большие допуски. Если у другого двигателя характеристика очень изогнута (например, пк.в = 2000 мин⁻¹ на рис. 36), то изменение момента зажигания в данном случае имеет узкие границы.

На рис. 38,а показаны несколько кривых изменения момента зажигания для получения максимальной мощности при полной нагрузке, которые можно получить при использовании современных конструкции регуляторов. Создание конструкции регулятора для получения кривой, показанной на рис. 38,б, практически затруднено, так как связано с большими затратами.

Центробежный автомат начинает работать только при определенной частоте вращения, которое в большинстве случаев больше частоты вращения вала двигателя в режиме холостого хода. Момент зажигания до достижения двигателем этой начальной частоты вращения не изменяется. Этот момент называется установочным моментом зажигания. Существует много конструкций центробежных автоматов, запатентованных в разных странах. Наиболее распространено устройство, показанное схематически на рис. 39.

На пластине 14, соединенной с валом 13 привода, имеются два пальца 15, на которых шарнирно закреплены несколько грузиков. Так называемые основные грузики 8 имеют прорези, в которые входят штифты 7 кулачка 16, который шарнирно закреплен на шейке 17 вала 13. С основным грузиком 8 жестко соединен палец 4. Регулировочные грузики 9-12 имеют различную толщину. При небольшой частоте вращения вала 13 все регулировочные грузики прилегают своим концом 5 к пальцу 4, и сумма центробежных сил всех отдельных грузиков действует через палец 4, основной грузик 8 и штифт 7 на кулачок 16, который под этой силой начинает поворачиваться относительно вала 13 в направлении вращения. С увеличением частоты вращения регулировочные грузики перемещаются ближе к краю пластинки до тех пор, пока грузик не коснется ограничителя выступом 2. Центробежная сила грузика, действующая на палец 4, после этого исчезает. При дальнейшем увеличении частоты вращения аналогично выключается следующий грузик и т.д. до тех пор, пока все регулировочные грузики не подойдут к ограничителю, а в случае необходимости на кулачок будет действовать только основной груз 8. Массы отдельных регулировочных грузиков и момент их касания ограничителя подобраны таким образом, что в каждом случае получается необходимая кривая изменения момента зажигания. Если частоту вращения уменьшают, то под действием возвратной пружины 3 грузики возвращаются в исходное положение.

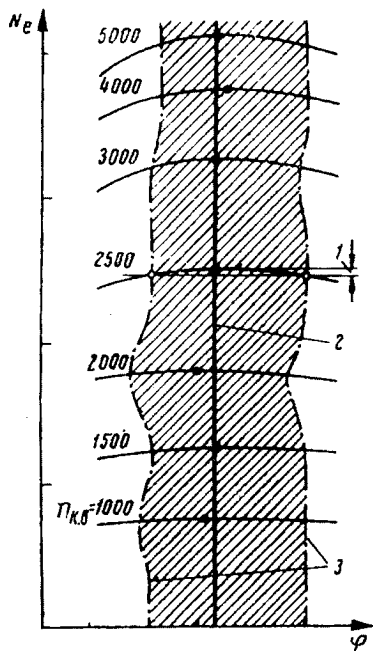


Рис. 40. Характеристика двухтактного двигателя при полной нагрузке:
 1 – потери мощности в 1%; 2 – оптимальный момент зажигания при всех частотах вращения; 3 – пределы поля допусков

Характеристика полной нагрузки двухтактного двигателя показана на рис. 40. По сравнению с четырехтактным двигателем здесь линия наиболее благоприятных моментов зажигания представляет собой почти вертикаль, так что изменение момента зажигания при полной нагрузке не нужно. Имеющиеся все же у двухтактных двигателей центробежные автоматы выполняют другую задачу: они применяются для того, чтобы момент зажигания во время пуска двигателя соответствовал положению поршня в ВМТ. Это устройство показано на рис. 41.

Выступ 2 грузика 3 помещается в выемку 1 кулачка 5 и поворачивает кулачок при определенной частоте вращения в направлении, показанном стрелкой. Пружина 4 возвращает грузик и кулачок в исходное положение, как только частота вращения станет меньше определенного значения.

Таким образом, во всех конструкциях центробежных автоматов перемещается кулачок относительно контактного узла и тем самым изменяется момент их встречи, делая зажигание раньше или позже. При этом зазор между контактами не изменяется, а контакты остаются неподвижными.

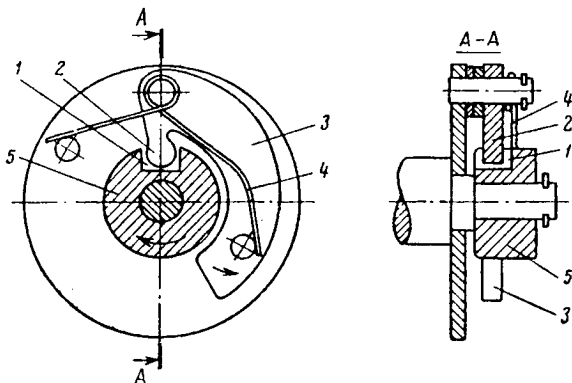


Рис. 41. Упрощенный центробежный автомат для изменения момента зажигания:

- 1 – выемка на кулачке; 2 – выступ рычага; 3 – центробежный грузик; 4 – пружина; 5 – кулачок

Вакуумный автомат управления моментом зажигания

Устройство для изменения угла опережения зажигания в зависимости от нагрузки двигателя называется вакуумным регулятором опережения. Топливная экономичность двигателя зависит от целого ряда факторов. Наиболее важным оказывается оптимальный момент зажигания. Только в этом случае получается минимум расхода топлива для определенной нагрузки и соответствующих частот вращения. Особое значение приобретает диапазон частичных нагрузок в пределах от 25 до 75% максимальной мощности, соответствующей определенной частоте вращения. На рис. 42 показана зависимость мощности двигателя от частоты вращения коленчатого вала, полученная на основании кривой оптимальных моментов зажигания.

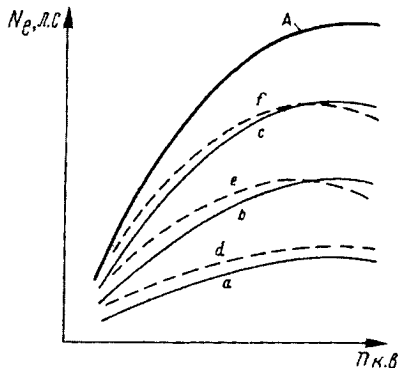


Рис. 42. Зависимость мощности четырехтактного двигателя при полной нагрузке от частоты вращения вала двигателя при оптимальном моменте зажигания:
 А – характеристика полной нагрузки; а, б, с – теоретические характеристики частичной нагрузки; д, е, ф – характеристики частичной нагрузки при постоянном положении дросселя, открытого соответственно на 1/4, 1/2, 3/4

В зависимости от указанной характеристики получены теоретические кривые мощности для нагрузок в 1/4, 1/2, 3/4 (кривые a, b, c соответственно). Далее изображены три кривые мощности, полученные при определенном постоянном положении дросселя: кривая d (дроссель открыт на 1/4), кривая e (на 1/2), кривая f (на 3/4). Положения частичного открытия дросселя везде взяты в отношении к полностью открытому дросселю. Понятию полной нагрузки соответствует постоянное положение полностью открытого дросселя, нагрузке в 3/4 – открытие дросселя на 3/4 и т.д.

На рис. 43 показаны результаты исследования, когда частота вращения вала двигателя, степень нагрузки и положение дросселя оставались без изменения, а момент зажигания изменялся.

Из рисунка видно, что увеличение мощности может быть получено путем увеличения момента зажигания сверх установленного центробежным регулятором. Однако это может быть осуществлено только с помощью устройства, которое реагирует на нагрузку и при этом не ограничивает работу центробежного регулятора. В этом и заключается действие вакуумного регулятора, использующего разрежение во впускном трубопроводе вблизи дросселя карбюратора. Это разрежение зависит от нагрузки двигателя и может изменять момент зажигания в зависимости от нагрузки.

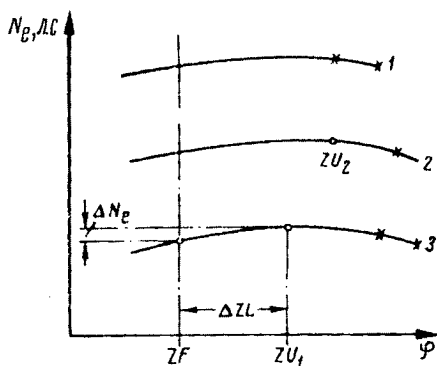


Рис. 43. Кривые мощности в области частичных нагрузок при постоянной частоте вращения (1500 об/мин) и постоянном положении дросселя (с изменением момента зажигания), полученные при испытании на стенде:

1 – дроссель открыт на 3/4; 2 – то же на 1/2; то же на 1/4; ZF – момент зажигания, установленный центробежным регулятором; ZU_1 , ZU_2 – оптимальные моменты зажигания; ΔZL – перемещение момента зажигания, зависящее от мощности

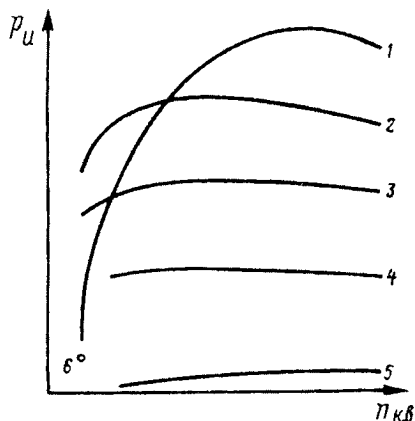


Рис. 44. Зависимость разрежения в карбюраторе от нагрузки и частоты вращения вала в четырехтактном двигателе:
 1 – без нагрузки; 2 – 1/4 нагрузки; 3 – 1/2 нагрузки; 4 – 3/4 нагрузки; 5 – полная нагрузка; 6 – холостой ход

На рис. 44 показано несколько кривых зависимости разрежения во впускном трубопроводе от нагрузки и частоты вращения. Разрежение в карбюраторе отбирают в такой точке, где при полной нагрузке, холостом ходе и пуске двигателя оно либо отсутствует, либо незначительно, потому что в этом случае оптимальные моменты зажигания устанавливаются только центробежным регулятором.

Изменение момента зажигания за счет разрежения позволяет значительно уменьшить расход топлива, особенно в области частичных нагрузок. На рис. 45 показаны кривые расхода топлива, полученные при постоянной частоте вращения вала двигателя, постоянном положении дросселя и переменном моменте зажигания.

Из рисунка следует, что в диапазоне частичных нагрузок для точно определенной частоты вращения и нагрузки можно достигать минимального расхода при оптимальных моментах зажигания ZU_1 , ZU_2 и т. д. Момент ZU_1 по сравнению с моментом зажигания, установленным центробежным регулятором ZF , меньше на довольно заметную величину Δb_c . Это уменьшение расхода достигнуто только путем перемещения момента зажигания на величину ΔZV в сторону опережения. Если минимальный расход допускает разницу в 1%, то при плоских кривых получаются достаточно большие колебания моментов зажигания (рис. 46), которые дают возможность определить окончательное зависимое от нагрузки перемещение момента зажигания зависящее от мощности и расхода.

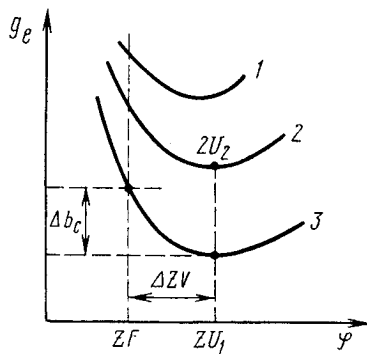


Рис. 45. Кривые удельного расхода топлива в области неполных нагрузок при постоянной частоте вращения вала двигателя (1500 мин^{-1}) и постоянном положении дросселя, полученные при испытании на стенде
 1 – дроссель открыт на $1/4$; 2 – то же на $1/2$; 3 – то же на $3/4$

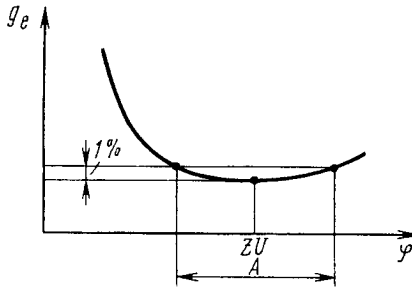


Рис. 46. Характеристика расхода топлива в области неполных нагрузок:
 А – разница моментов зажигания

Если для всех частот вращения с интервалом в 500 мин^{-1} и для всех положений дросселя, соответствующих диапазонам мощности, определены моменты зажигания, оптимальные для мощности и расхода, то можно построить кривую изменения моментов зажигания при частичных нагрузках (рис. 47).

Эта кривая является основой при проектировании вакуумного регулятора, который обеспечивает установку опережения зажигания для достижения минимального расхода в диапазоне неполных нагрузок. Оптимальные моменты зажигания, полученные во взаимодействии с центробежным регулятором, показаны на рис. 48.

Рис. 47. Кривая изменения зажигания при неполной нагрузке, полученная по характеристикам расхода, мощности и разрежения:

1 – кривая оптимальных моментов зажигания; 2 – пределы поля допусков

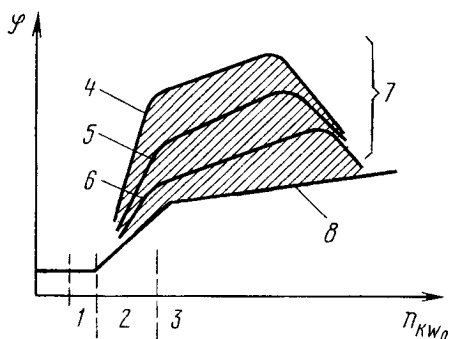
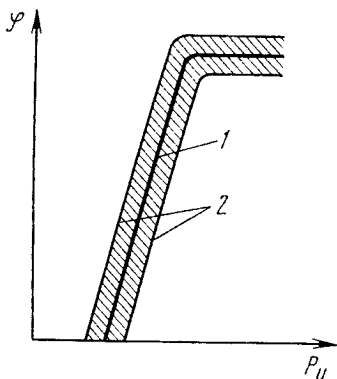


Рис. 48. Изменение момента зажигания с помощью центробежного регулятора и вакуум-корректора:

1 – область холостого хода; 2 – переходная область; 3 – рабочая область; 4 – 1/4 нагрузки; 5 – 1/2 нагрузки; 6 – 3/4 нагрузки; 7 – центробежный регулятор и вакуум-корректор совместно при начальной нагрузке; 8 – центробежный регулятор при полной нагрузке

Для каждого рабочего состояния двигателя оптимальный момент зажигания устанавливается автоматически, что обеспечивает оптимальные мощности и расход топлива.

Принцип работы вакуумного регулятора (рис. 49) следующий. В корпусе имеется мембрана 4, рычаг 5 одним концом прикреплен к центру мембраны, а другим шарнирно укреплен на вращающейся пластине прерывателя 6. Как только разрежение в карбюраторе через канал 2 будет передано в корпус 3, пластина 6 повернется в направлении, противоположном направлению вращения кулачка. При уменьшении разрежения пружина 1 возвращает пластину в исходное положение.

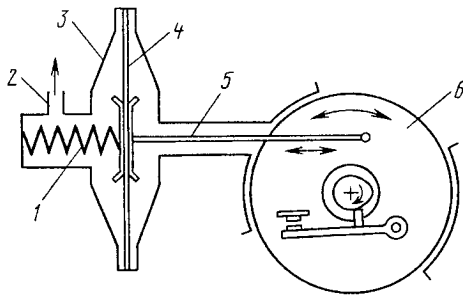


Рис. 49. Принципиальная схема вакуумного регулятора:
 1 – возвратная пружина; 2 – канал; 3 – корпус мембраны; 4 – мембрана;
 5 – рычаг; 6 – пластина прерывателя

Таким образом, вакуумный регулятор вступает в работу при следующих обстоятельствах.

1. На холостом ходу разрежение во впускном коллекторе велико, поскольку дроссельная заслонка почти закрыта. Однако вакуумный регулятор при этом отключен, поскольку дроссельная заслонка отсекает приемное отверстие вакуумного шланга.

2. При движении с постоянной скоростью по ровной дороге двигатель работает с малой нагрузкой и заслонка лишь слегка приоткрыта. Тем не менее вакуум передается в камеру регулятора и регулятор увеличивает опережение.

3. Для полной загрузки двигателя водитель нажимает до конца педаль акселератора и полностью открывает дроссельную заслонку. Разрежение во впускном коллекторе значительно понижается и пружина вакуумного регулятора возвращает контакты прерывателя в исходное положение. Опережение зажигания определяется теперь только центробежным регулятором.

Всережимный вакуумный регулятор представляет собой устройство в системе зажигания, изменяющее момент зажигания в зависимости от частоты вращения и нагрузки, причем изменение момента зажигания происходит исключительно за счет разрежения в карбюраторе.

В карбюраторе 3 (рис. 50) можно найти зоны, в которых имеется определенная зависимость разрежения от частоты вращения, соответствующая степени нагрузки двигателя. Если точки 1 и 4, соответствующие определенной зависимости, соединить в точке 5, то изменяющаяся разность разрежений в трубке уравнивается в зависимости от частоты вращения и нагрузки, создавая оптимальный момент зажигания для максимальной мощности при минимальном

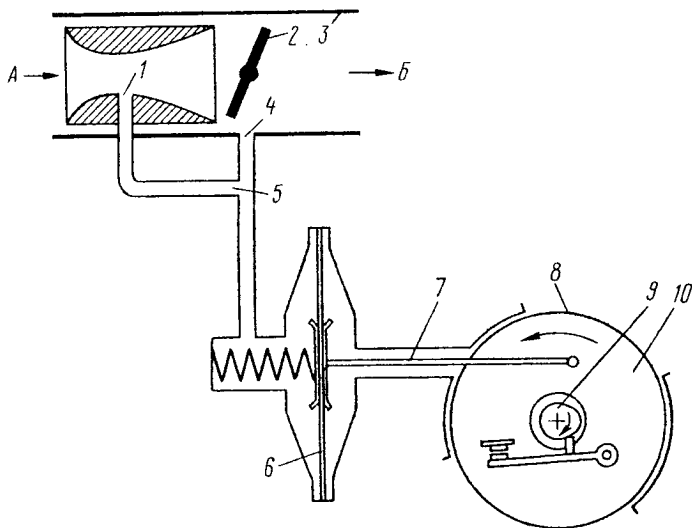


Рис. 50. Принципиальная схема всережимного вакуумного регулятора:

- 1 – точка зависимости от частоты вращения; 2 – дроссель; 3 – карбюратор;
 4 – точка зависимости от нагрузки; 5 – место присоединения; 6 – мембрана;
 7 – рычаг; 8 – распределитель зажигания; 9 – кулачок; 10 – пластина прерывателя; А – подвод воздуха; Б – отвод к двигателю

расходе. Момент зажигания устанавливается с помощью мембраны 6, рычага 7 и пластины прерывателя 10, которая поворачивается против направления вращения кулачка 9. Кулачок прочно закреплен на валу привода. Центробежный регулятор в этом устройстве не нужен.

Интересный метод вакуумного регулирования опережения зажигания применен фирмой Ducellier (рис. 51). Вакуумный привод поворачивает ось, на которой эксцентрично расположен шарнир подвижного контакта прерывателя, тем самым перемещая толкатель подвижного контакта относительно кулачка. При этом зазор между контактами при отсутствии вакуума и при его максимальном значении оказывается различным.

На рис. 52 показан вакуумный регулятор опережения с двумя диафрагмами, установленными в двух отдельных вакуумных камерах. Одна камера, называемая первичной, соединена шлангом с впускным трактом в точке, расположенной рядом с дроссельной заслонкой, как в регуляторе с одной камерой. Вторая камера соединена с впускным трактом за дроссельной заслонкой. Эта камера называется вторичной. Регулирующее усилие диафрагм направлено навстречу друг другу.

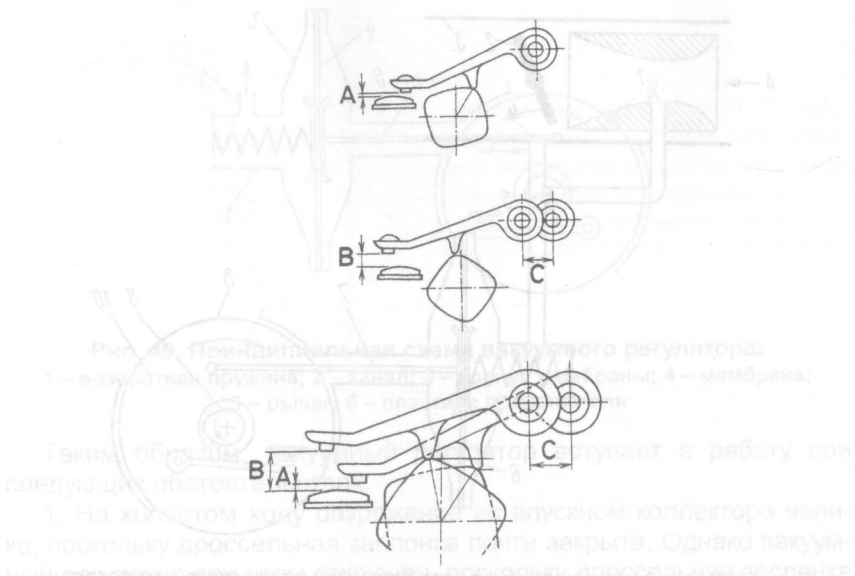


Рис. 51. Регулирование опережения смещением оси контакта

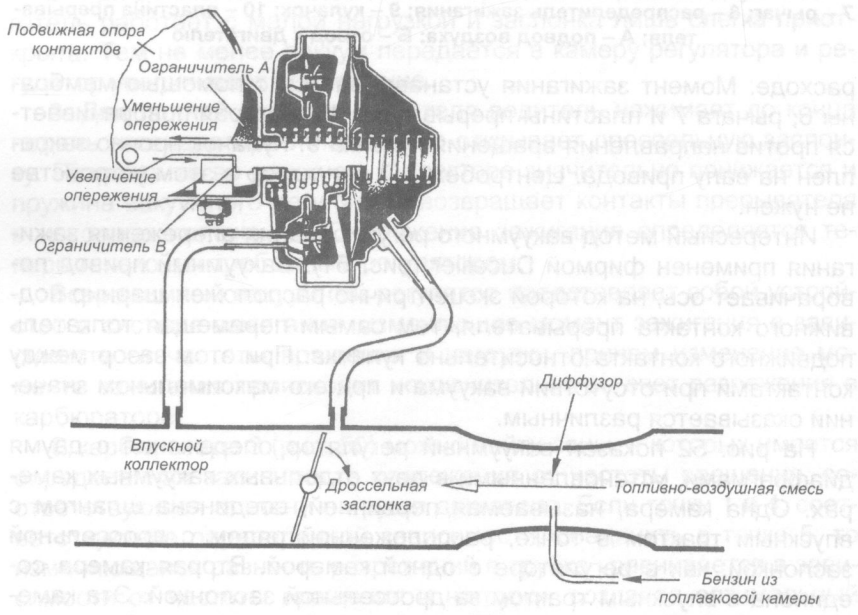


Рис. 52. Вакуумный регулятор с двумя диафрагмами

Исследования показали, что при работе двигателя на холостом ходу или при движении автомобиля на спуске при закрытой дроссельной заслонке количество вредных составляющих в выхлопных газах снижается, если уменьшить опережение зажигания.

Большое разрежение, возникающее в коллекторе на холостом ходу, передается в левую камеру и тяга регулятора поворачивает опору контактов распределителя в сторону уменьшения опережения. При частично открытой заслонке вакуум подается в обе камеры и опережение регулируется в соответствии с углом открытия заслонки.

При полном открытии заслонки разрежение в обеих камерах мало и положение тяги определяется равновесием пружин регулятора. Пружина вторичной камеры имеет большую жесткость и передвигает тягу вправо до упора в ограничитель. В этом положении опережение максимально. При этом скорость двигателя достаточна для того, чтобы центробежный регулятор опережения справился с задачей регулирования в одиночку.

Заметим, что максимально возможный угол опережения зажигания при любых условиях двигателя определяется суммой диапазонов регулирования вакуумного и центробежного регуляторов, так как центробежный регулятор воздействует на кулачок, а вакуумный – на контакты.

Октан-корректор

Октановый регулятор представляет собой устройство для изменения момента зажигания в зависимости от октанового числа топлива.

Антидетонационные свойства топлива определяются его октановым числом. Если двигатель работает на топливах с различным октановым числом, то для каждого топлива необходимо установить основной момент зажигания, чтобы устранить возможность детонации при максимальной мощности. На рис. 53 показана кривая основных моментов зажигания в зависимости от октанового числа.

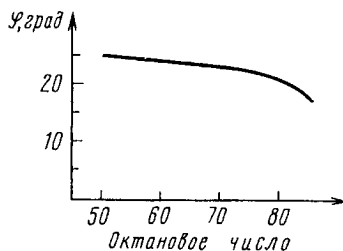


Рис. 53. Зависимость установки зажигания от октанового числа

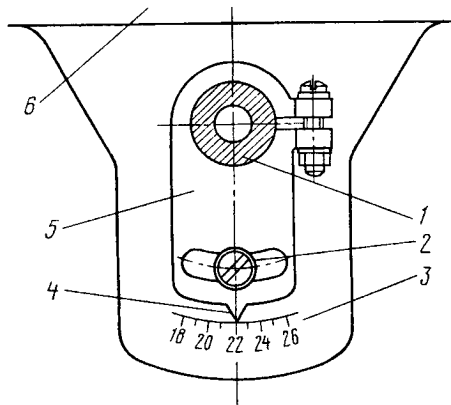


Рис. 54. Перестановка зажигания в зависимости от октанового числа топлива:

- 1 – шейка распределителя зажигания; 2 – винт крепления; 3 – шкала точек зажигания (в градусах); 4 – стрелка-указатель; 5 – зажимной рычаг; 6 – блок цилиндров

Простейшая перестановка момента зажигания показана на рис. 54.

Зажимной рычаг 5, захватывающий шейку 1 прерывателя-распределителя зажигания, снабжен стрелкой 4. После того как будет освобожден винт 2, можно повернуть рычаг 5, а с ним и прерыватель-распределитель зажигания относительно блока цилиндров и с помощью шкалы 3 установить основной момент зажигания.

Установка зажигания

Положение поршня по отношению к ВМТ в момент появления искры является мерой электрического зажигания и выражается в миллиметрах пути поршня и градусах поворота коленчатого вала. Положение момента зажигания для каждого двигателя различно и определяется при стендовых испытаниях. Если положение момента зажигания (рис. 55) дается в градусах поворота коленчатого вала, то пересчет в миллиметры хода поршня делают по формуле:

$$x = r \left[1 + \frac{l}{r} - \cos \beta - \sqrt{\left(\frac{l}{r}\right)^2 - \sin^2 \beta} \right],$$

где x – момент зажигания, мм хода поршня до ВМТ; l – длина шатуна, мм; r – радиус кривошипа, мм; β – момент зажигания, град поворота коленчатого вала до ВМТ.

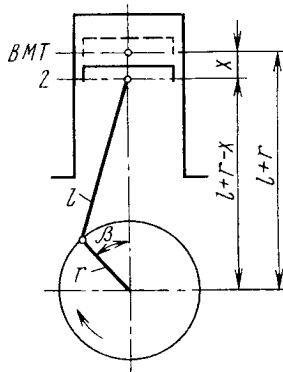


Рис. 55. Момент зажигания в зависимости от положения поршня относительно ВМТ:

Z – момент зажигания; **x** – ход поршня кривошипа; **l** – длина шатуна; **r** – радиус кривошипа

Имеются специальные номограммы, дающие возможность быстро определять x и β . Пересчет опережений зажигания, заданных в миллиметрах, в градусы делают по формуле:

$$\cos\beta = \frac{r^2 + (l+r-x)^2}{2r(l-x)}$$

Если поршень достиг положения момента зажигания, то все движущиеся детали электрической системы зажигания должны быть так отрегулированы, чтобы удовлетворялись условия, необходимые для появления искры.

При установке зажигания на неработающем двигателе сначала устанавливают поршень в положение, соответствующее моменту зажигания, которое указано в заводской инструкции. Затем регулируют зазор между контактами прерывателя, вращая пластинку опережения зажигания с рычажком прерывателя вокруг оси кулачка до тех пор, пока контакты не начнут размыкаться. Следует обращать внимание на то, чтобы в этот момент положения центробежного и вакуумного регуляторов соответствовали конечному положению (у центробежного грузики должны быть в исходном положении, у вакуумного рычаг должен быть в состоянии покоя).

У системы зажигания с центробежным опережением в инструкциях часто рекомендуется для большей точности устанавливать зажигание при полностью разошедшихся грузиках регулятора. При этом имеется возможность компенсировать допуск угла зажигания таким образом, чтобы он сказывался на моменте зажигания при

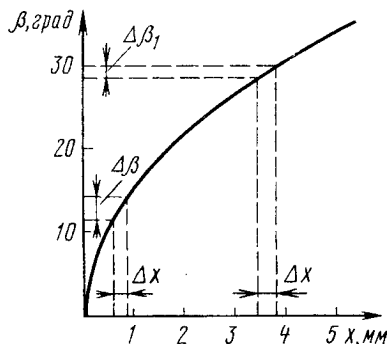


Рис. 56. Угол β кривошипа в зависимости от хода x поршня для отношения $l : r = 4 : 1$

запуске двигателя, а не на рабочем моменте зажигания. Как видно из рис. 56, с увеличением расстояния от ВМТ при одинаковой разнице в ходе поршня Δx диапазон $\Delta\beta$ уменьшается.

Оба метода установки зажигания при неработающем двигателе называются основной (нормальной) установкой зажигания.

У двигателей с большой частотой вращения и степенью сжатия нормальная их работа может быть достигнута только тогда, когда время замкнутого состояния контактов обеспечит необходимое напряжение зажигания. Так как с увеличением частоты вращения это время все уменьшается, то уже небольшие изменения угла замкнутого состояния контактов могут явиться причиной перебоев. Поэтому целесообразно регулировать прерыватели не по расстоянию между контактами, а по углу замыкания. Электрическое измерение углов замыкания основывается на сравнительном измерении тока. При включенном зажигании, неподвижном кулачке и замкнутых контактах амперметр регулируют на конечное отклонение, соответствующее углу α_z . Шкалу амперметра в большинстве случаев градуируют в процентах. Конечное отклонение соответствует 100%. При пуске двигателя амперметр показывает величину, соответствующую среднему углу замыкания в процентах, а также среднее значение отдельных импульсов тока. Таким образом, при любой большой частоте вращения вала двигателя можно контролировать угол замыкания и изменением расстояния между контактами прерывателя можно привести его к номинальному значению. У многоцилиндровых двигателей с системой распределения следует обращать внимание на то, чтобы все регулировки проводились по одному определенному цилиндру, называемому цилиндром № 1 или регулировочным цилиндром. Провод высокого напряжения от распреде-

лителя к цилиндру № 1 следует обозначать цифрой 1. Очень важно, чтобы в момент размыкания контактов прерывателя электрод ротора распределителя находился напротив электрода отвода высокого напряжения к цилиндру № 1. Остальные искры зажигания распределяются по цилиндрам через интервалы α_z соответственно порядку работы цилиндров.

Угол зажигания α_z следует выдерживать в узких пределах. Отклонения не должны превышать $\pm 1^\circ$ по отношению к распределительному валу. Провода высокого напряжения со стороны распределителя следует обозначать в порядке последовательности импульсов зажигания. Со стороны двигателя обозначения должны соответствовать порядку работы цилиндров. При подключении проводов высокого напряжения следует обращать внимание на маркировку.

2.2. Электронные устройства управления моментом зажигания

Классификация электронных систем управления

По принципу действия все электронные устройства управления моментом зажигания могут быть классифицированы на аналоговые и дискретные. Все они основаны на том, что вырабатываемый датчиком сигнал формируется соответствующим образом и подается на коммутатор первичного тока, т.е. отсутствует жесткая механическая связь между датчиком и катушкой.

Электронные устройства управления заменяют механические не просто так. Они устраняют недостатки механических автоматов, которые состоят в следующем:

механические автоматы реализуют, как правило, простейшие характеристики, что сказывается на работе двигателя отрицательно – теряется мощность и экономичность;

со временем пружины автоматов ослабевают и требуется их регулировать или менять;

большая инерционность срабатывания и гистерезис;

испарение смазки требует периодического обслуживания.

Созданию систем зажигания, основанных на аналоговом принципе получения и обработки информации, способствует прежде всего их невысокая стоимость и простота построения. В дискретных системах управления, управляющая зависимость записывается в постоянное запоминающее устройство, откуда в дальнейшем, в зависимости от режима работы двигателя, считывается тот или иной угол опережения зажигания. В то же время преимуществом дискретных систем управления являются меньшая по сравнению с

аналоговыми системами подверженности влиянию изменения внешних условий (температуры, напряжения питания), а также возможность получения оптимальных управляющих характеристик.

Дискретные системы управления также можно разделить на два класса: цифровые системы (или системы управления с жесткой логикой) и микропроцессорные системы управления (или системы с программируемой логикой). Цифровые системы зажигания представляют собой небольшие, различные по сложности вычислители, порядок работы которых задается специальным алгоритмом, реализуемым при помощи соединенных в определенной последовательности цифровых интегральных схем. Они являются более простыми, надежными и дешевыми по сравнению с микропроцессорными системами управления. Однако они не позволяют реализовать управление углом опережения зажигания с учетом большого числа параметров вследствие значительного увеличения аппаратных затрат.

Развитие микропроцессорной системы зажигания идет по пути усложнения управляющих зависимостей. Управление углом опережения зажигания осуществляется в зависимости не только от частоты вращения, нагрузки и температуры двигателя, но также и от других параметров, например температуры всасываемого воздуха, положения дроссельной заслонки, включенной передачи.

Вычислительный модуль подобных систем представляет собой совокупность аппаратно соединенных функциональных устройств (счетчиков, регистров, триггеров и т.д.).

Программируемые системы явились промежуточным шагом к системам управления углом опережения зажигания (УОЗ) на базе микропроцессоров и микроЭВМ.

Первые системы, в которых в качестве вычислительного блока использовался микропроцессор, были разработаны фирмами Chrysler (Lean Burn), 1976), Delco Electronics (Misar, 1977), Ford (EEC-1, 1978).

В этих системах также используются принцип программного регулирования, в качестве недостатков которого следует отметить:

низкую эффективность, обусловленную необходимостью одновременного учета большого числа параметров со сложными функциональными связями;

высокую стоимость системы, связанную с большим числом точных датчиков, удовлетворяющих требованиям эксплуатации автомобиля;

низкую точность воспроизведения оптимальных параметров, связанную с технологическим разбросом характеристик двигателя и воздействием случайных факторов эксплуатационного характера, трудно или совсем не поддающихся прогнозированию при состав-

лении программ регулирования.

Кроме выше названных появляются системы программного регулирования, имеющие обратные связи (смешанные системы), так называемые замкнутые системы управления УОЗ, в которых значение УОЗ изменяется с учетом ряда входных параметров двигателя.

В большинстве случаев разработчики пытаются использовать параметры обратной связи, косвенно характеризующие параметры оптимизации системы контроля детонации, системы обеднения состава смеси, системы стехиометрического контроля состава смеси по содержанию кислорода в продуктах сгорания. По способу управления моментом искрообразования замкнутые системы можно разделить на адаптивные и экстремальные.

В адаптивных системах управления момент искрообразования, определяемый по заранее заданной программе, корректируется в зависимости от того или иного выходного параметра двигателя. К адаптивным системам можно отнести системы контроля детонации, а также системы, учитывающие содержание кислорода в выхлопных газах. Большую эффективность регулирования угла опережения зажигания обеспечивает система зажигания с адаптивным управлением моментом искрообразования, которая свободна от указанных недостатков программируемых систем автоматического управления. В адаптивных системах осуществляется непрерывный поиск оптимума по заданному параметру.

В экстремальных системах управления оптимальный момент искрообразования определяется не по заранее заданному полю характеристик, а по максимальному значению одного из выходных параметров двигателя. К таким системам можно отнести системы управления по максимуму индикаторной мощности, по максимуму крутящего момента и т.д. Примером замкнутой системы управления моментом искрообразования может также служить система зажигания, использующая для регулирования угла опережения зажигания распространение фронта пламени при сгорании топливно-воздушной смеси. Экспериментальные исследования показали, что для достижения максимальной мощности и экономичности двигателя при распространении пламени в камере сгорания, его фронт должен достигать стенок камеры в промежутке угла поворота коленчатого вала на 10° – 20° после ВМТ. Это условие используется для определения оптимального значения УОЗ. Основной трудностью замкнутых систем управления является управление УОЗ при неустановившихся режимах работы двигателя. Поэтому для регулирования момента искрообразования в настоящее время используют системы с разомкнутым управлением, а управление по замкнутому контуру используют в качестве коррекции при установившихся режимах работы двигателя. Необходимо отметить, что ис-

следование регулирования УОЗ на системах зажигания, основанных на аналоговом принципе получения и обработки информации, крайне недостаточно. Хотя по сравнению с микропроцессорной системой и другими электронными системами зажигания аналоговая электромеханическая система имеет ряд преимуществ (простота конструкции, невысокая стоимость, хорошая ремонтпригодность, малая трудоемкость изготовления), она имеет некоторые недостатки, например ограничение реализуемых характеристик.

Конструкции датчиков импульсов и принципы формирования управляющих сигналов

Конструкции и принцип действия датчиков импульсов. Для подачи сигнала на вспышку в нужный момент необходим какой-либо датчик. Контактный прерыватель является частным случаем такого датчика, однако датчик может быть и бесконтактным. Бесконтактный датчик имеет следующие преимущества перед контактными:

уменьшается износ, люфты и биения;

повышается точность;

опережением можно управлять с помощью электронных устройств, имеющих более высокую точность и широкие возможности по сравнению с механическими регуляторами;

снижение энергии искры с ростом частоты вращения вала двигателя может быть предотвращено электронным регулированием угла замкнутого состояния.

Датчик, запускающий разряд свечи, часто называют генератором импульсов или генератором сигналов.

Генераторы импульсов бывают трех типов: оптические, генераторы Холла, индукционные.

На рис. 57 показано прохождение импульсного сигнала от генератора до свечи.

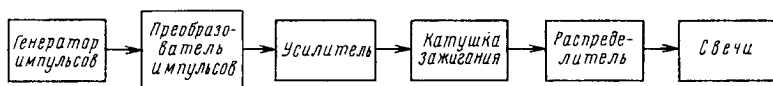


Рис. 57. Структурная схема электронной системы зажигания

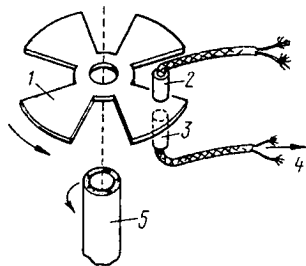


Рис. 58. Оптический генератор импульсов:

1 – диск с прорезями; 2 – инфракрасный излучатель; 3 – фототранзистор; 4 – импульсный сигнал; 5 – вал распределителя зажигания

Оптический генератор импульсов. Сегментированный диск, закрепленный на валу распределителя, перекрывает инфракрасный луч, направленный на фототранзистор (рис. 58). В течение промежутка времени, пока фототранзистор освещен, через первичную обмотку катушки идет ток. Когда диск перекрывает луч, датчик посылает в блок управления импульс, который прерывает ток в катушке и таким образом генерирует искру. Источником инфракрасного излучения служит полупроводниковый диод из арсенида галлия.

Существует несколько разновидностей такого рода устройств: запуск искры может происходить при открытии или наоборот закрытии светового источника, в качестве источника света может использоваться обычный светодиод.

На рис. 59 показан внешний вид устройства с оптическим генератором импульсов, который может быть установлен в серийный распределитель зажигания.

Обычно такие генераторы задают постоянный угол включенного состояния катушки, но качество зажигания от этого не страдает, поскольку на него не оказывает влияние динамика подвижного контакта и он остается всегда постоянным независимо от скорости.

Генератор Холла. Устройство содержит пластинку кремния, к двум боковым граням которой приложено небольшое напряжение. Если пластинку поместить в магнитное поле, то на двух других гранях пластинки также появится напряжение (рис. 60). В этом состоит эффект Холла.

Изменение магнитного поля вызовет изменение напряжения Холла, которое можно использовать для управления разрядом свечи. На рис. 61 показано устройство генератора импульсов, основанное на эффекте Холла. Магнитное поле, создаваемое постоянным магнитом, может прерываться лопастями обтюратора, вращающегося на валу распределителя зажигания.

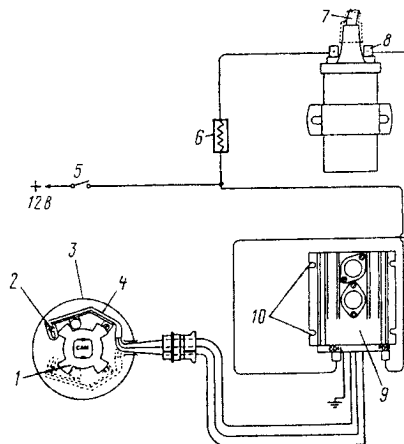


Рис. 59. Система зажигания с оптическим генератором:
 1 – сегментированный диск; 2 – установочный винт; 3 – распределитель зажигания; 4 – кронштейн оптического преобразователя; 5 – выключатель зажигания; 6 – балластный резистор; 7 – высоковольтный провод; 8 – клемма; 9 – тепловой радиатор; 10 – отверстия для крепления радиатора

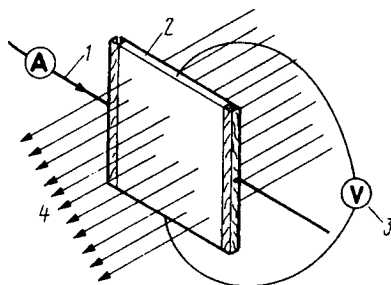


Рис. 60. Эффект Холла:
 1 – ток; 2 – кремниевая пластинка; 3 – напряжение Холла; 4 – магнитное поле

Через кремниевую пластинку пропускается ток примерно 30 мА, тогда как напряжение Холла составляет около 2 мВ, увеличиваясь с ростом температуры. Пластинка обычно составляет одно целое с интегральной схемой, осуществляющей усиление и формирование сигнала.

Рис. 62 иллюстрирует работу устройства. При открытом зазоре между постоянным магнитом и датчиком Холла (А) пластинка выдает напряжение. Если зазор перекрывается лопастью обтюратора, магнитное поле замыкается через лопасть и не попадает на пластинку Холла. Напряжение при этом падает (рис. 63).

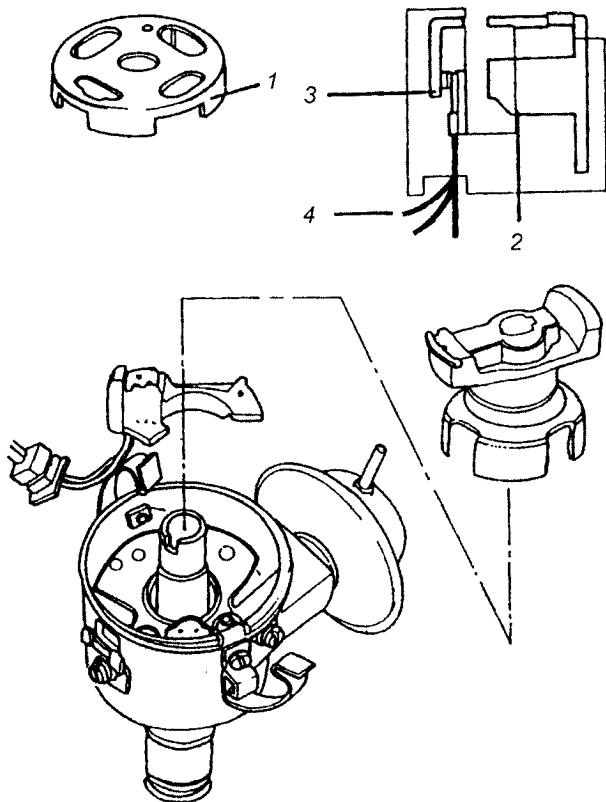


Рис. 61. Конструкция генератора Холла:
 1 – обтюратор с лопастями; 2 – постоянный магнит;
 3 – чувствительный элемент; 4 – провода датчика

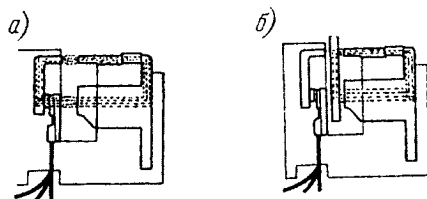


Рис. 62. Принцип действия генератора Холла
 а – зазор не перекрыт, магнитное поле проходит через датчик, на выходе генератора высокое напряжение; б – лопасть прервала магнитное поле, на выходе генератора низкое напряжение

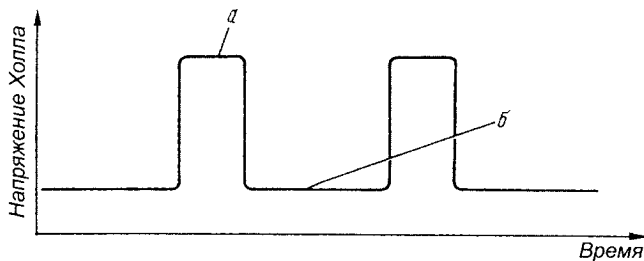


Рис. 63. Форма импульсов на выходе генератора Холла (отношение лопасть/окно 70:30):
а – зазор открыт, высокое напряжение; б – зазор перекрыт, низкое напряжение

Сигнал с грани пластинки попадает в усилитель и формирователь импульсов, после чего он может управлять включением и выключением катушки.

Основанный на эффекте Холла генератор фирмы Bosch имеет соотношение лопасть/окно 70:30, т.е. постоянный угол замкнутого состояния. Однако на катушке этот угол может изменяться путем электронного регулирования ширины импульсов.

При высоком уровне напряжения Холла первичная обмотка катушки отключена и свеча дает разряд, т.е. разряд свечи происходит в момент, когда лопасть обтюратора выходит из зазора.

Генератор Холла имеет высокую надежность и в отличие от оптического генератора не столь чувствителен к загрязнению.

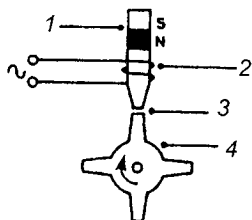
Следует заметить, что высокое напряжение в системах с генератором Холла может возникнуть и при неработающем двигателе. Будьте осторожны!

Индукционный датчик. Если катушка находится в переменном магнитном поле, то в катушке индуцируется напряжение. Напряжение индукции зависит от скорости изменения магнитного поля, числа витков катушки, знака изменения магнитного поля (нарастание или убывание). Этот принцип также можно использовать для управления моментом зажигания.

На рис. 64 схематично показан датчик индукционного типа. Датчик включает в себя постоянный электромагнит с обмоткой и зубчатый диск. При вращении диска магнитное поле замыкается либо через зуб, либо через впадину. Магнитный поток, проходящий через обмотку, индуцирует в ней ЭДС переменного знака. Сигналы датчика проходят через формирователь импульсов и далее поступают на управление первичной обмоткой катушки зажигания.

Рис. 64. Индукционный генератор импульсов с постоянным магнитом:

1 – постоянный магнит; 2 – индукционная обмотка; 3 – переменный воздушный зазор; 4 – зубчатое колесо



При увеличении скорости выходное напряжение датчика будет меняться по двум параметрам: 1) возрастет частота импульсов; 2) напряжение вырастет с долей вольт до сотни вольт. Система может работать во всем указанном диапазоне параметров. Конструкция распределителя зажигания представлена на рис. 65.

Bosch и завод АТЭ (г. Старый Оскол) реализуют тот же принцип в иной конструкции (рис. 66). Плоская круглая неподвижная пластина снабжена четырьмя полюсными наконечниками (в случае четырехцилиндрового двигателя), магнитное поле которых поддерживается мощным постоянным магнитом. На валу распределителя зажигания закреплен стальной диск с четырьмя выступами, которые проходят на расстоянии 0,5 мм от полюсов. Под вращающимся диском соосно с валом установлена катушка датчика. При вращении диска его выступы проходят рядом с полюсами и резко меняют магнитный поток через обмотку, в результате чего в ней генерируются импульсы. Преимуществом такой конструкции является симметричное расположение катушки и магнитного поля.

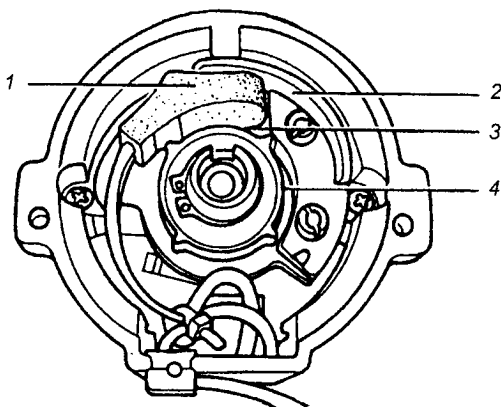


Рис. 65. Распределитель зажигания Lucas с индукционным генератором:

1 – катушка; 2 – статор; 3 – датчик; 4 – зубчатое колесо

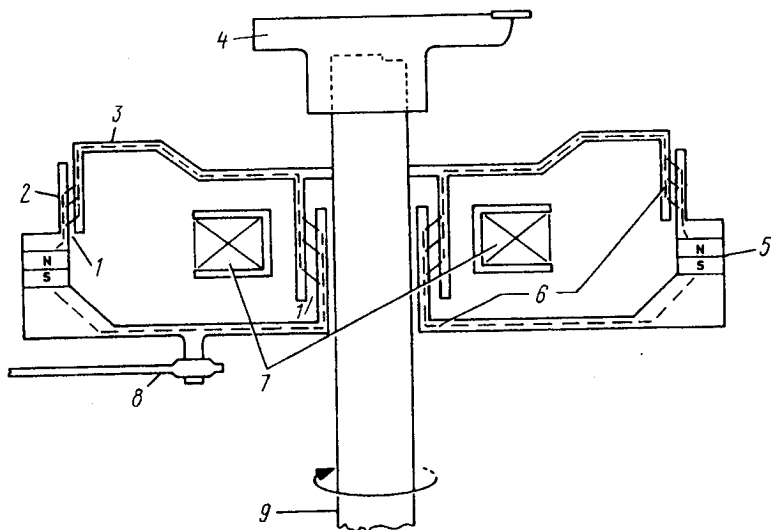


Рис. 66. Индукционный генератор импульсов Bosch и завода АТЭ г. Старый Оскол:

1 – магнитный зазор; 2 – полюсный наконечник; 3 – вращающийся диск с выступами; 4 – ротор распределителя; 5 – постоянный магнит; 6 – путь магнитного потока; 7 – катушка, соосная с валом; 8 – тяга вакуумного регулятора; 9 – вал распределителя

В некоторых конструкциях датчик может быть установлен в зоне маховика, при этом выступы, замыкающие магнитное поле, закреплены на маховике болтами.

Формирование управляющих импульсов индукционного датчика

Электронный блок управления. Блок имеет формирователь импульсов, регулятор угла замкнутых контактов и электронный ключ для управления включением первичной обмотки катушки. Его задача состоит в том, чтобы преобразовать сигнал на выходе датчика в последовательность прямоугольных импульсов одинаковой высоты. Для этой цели используется стандартная микросхема, известная под названием триггер Шмидта.

Триггер Шмидта состоит из двух транзисторов, объединенных между собой положительной обратной связью, в результате чего состояние триггера мгновенно меняется от открытого к закрытому и наоборот. Схема триггера показана на рис. 67. Устройство работает следующим образом.

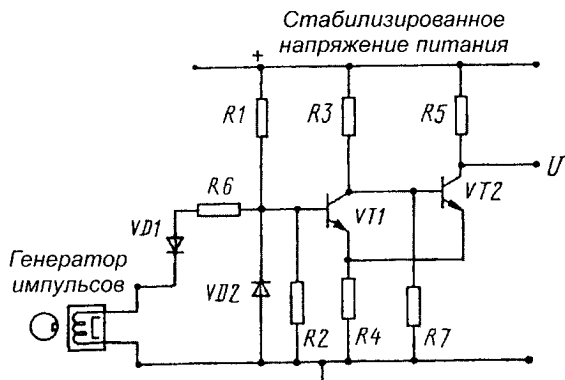


Рис. 67. Триггер Шмидта

При отсутствии входного сигнала на базу транзистора VT1 поступает ток через резистор R1, в результате чего транзистор находится в проводящем состоянии. При этом напряжение на коллекторе VT1 запирает транзистор VT2. Поскольку через резистор R5 ток не идет, напряжение на его коллекторе практически равно напряжению питания.

Если напряжение на базе VT1 станет ниже $-0,7$ В (например, $-0,8$ В) транзистор окажется запертым и через его коллектор перестанет течь ток. Это происходит в тот момент, когда выходной сигнал индукционного датчика достигает точки А (рис. 68). Транзистор VT1 запирается, VT2 отпирается. Через резистор R5 начинает течь ток и напряжение на коллекторе VT2 падает. Увеличение тока через VT1 создает падение напряжения на R4, которое ускоряет переброс транзистора VT1 в запертое состояние – пример положительной обратной связи.

Когда сигнал на входе триггера снова достигает значения $-0,7$ В (точка В на рис. 68), через транзистор VT1 снова начинает течь ток. Падение напряжения на резисторе R3 снижает напряжение на базе транзистора VT2 и ток через него уменьшается. Это в свою очередь уменьшает падение напряжения на R4 и транзистор VT1 быстро отпирается. Таким образом, состояние триггера возвращается к исходному положению и на выходе устройства (в точке С, см. рис. 67) напряжение снова становится максимальным.

Таким образом триггер Шмидта преобразует переменное входное напряжение в импульсы практически идеальной прямоугольной формы.

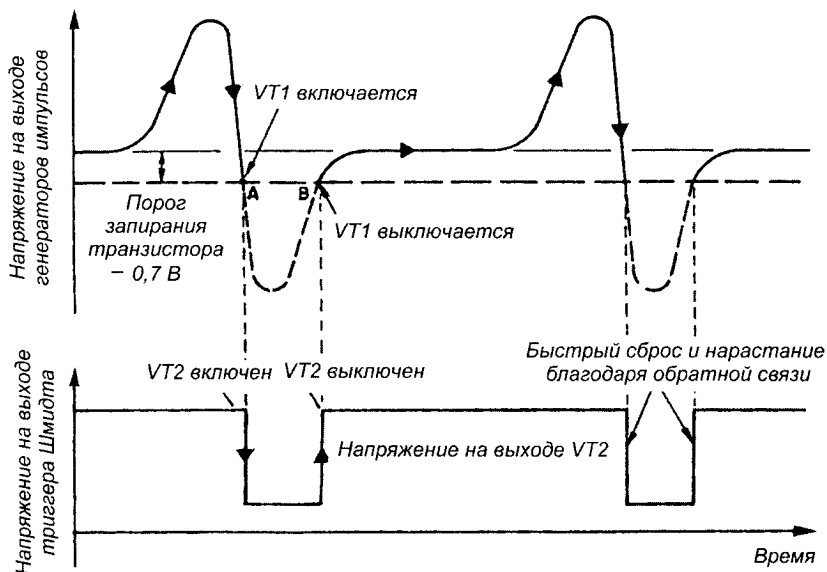


Рис. 68. Напряжение на входе и выходе триггера Шмидта

Обратите внимание на то, что диод VD1 предотвращает попадание на вход VT1 положительного напряжения датчика, а диод VD2 закорачивает отрицательные импульсы большой амплитуды, которые могут поступать на вход устройства при высокой скорости работы двигателя.

В действительности формирователь импульсов содержит также в своем составе диоды, регулирующие температурную устойчивость триггера, но на схеме они для ясности отсутствуют.

Управление углом замкнутого состояния. В системах зажигания с контактным прерывателем угол замкнутого состояния (т.е. угол поворота коленчатого вала, в течение которого контакты замкнуты и через первичную обмотку катушки проходит ток) определяется профилем кулачка прерывателя и регулировкой зазора между контактами.

Тем не менее период (т.е. время) замкнутого состояния не остается постоянным и уменьшается с ростом частоты вращения вала двигателя. В результате при большой частоте вращения вала многоцилиндрового двигателя время замкнутого состояния может оказаться недостаточным для нарастания тока в первичной обмотке до необходимого уровня (из-за индуктивности катушки) и искра начнет слабеть или вообще пропадать.

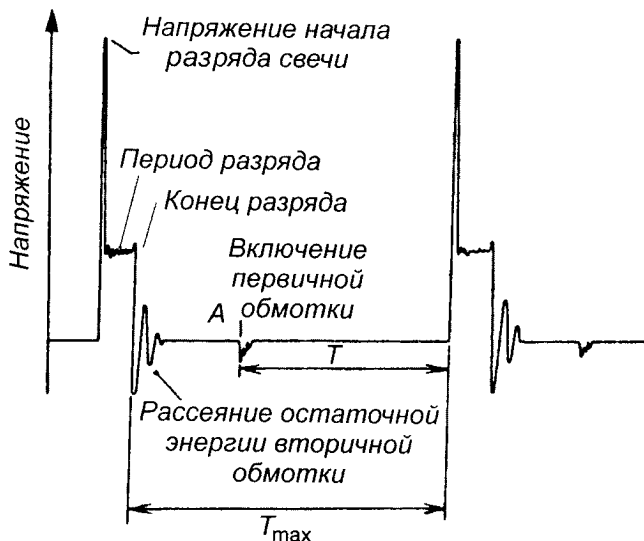


Рис. 69. Напряжение во вторичной обмотке катушки зажигания:
 T – типичный период включенного состояния; T_{\max} – максимальный период включенного состояния

На рис. 69 показано изменение напряжения во вторичной обмотке катушки. Верхний пик напряжения соответствует началу разряда свечи. Горизонтальная площадка с более низким уровнем напряжения показывает напряжение, необходимое для поддержания разряда. После окончания разряда оставшаяся энергия обмотки рассеивается через колебательную цепочку, образованную индуктивностью катушки, а также емкостью высоковольтных проводов системы.

В точке А включается первичная обмотка катушки и начинается период включенного состояния. Увеличение этого периода может быть достигнуто перемещением точки А влево вплоть до момента окончания разряда свечи.

Период включенного состояния можно регулировать с помощью электронных устройств, один из примеров которых показан на рис. 70.

В этом устройстве выход второго транзистора триггера Шмидта VT2 соединен со входом следующего транзистора VT3 через конденсатор С. Для упрощения можно считать, что эмиттер VT3 соединен с массой. Задача состоит в том, чтобы при увеличении скорости заставить транзистор VT3 оставаться во включенном состоянии дольше. Заметим, что искра возникает в момент отключения VT3.

Стабилизированное питание + 12 В

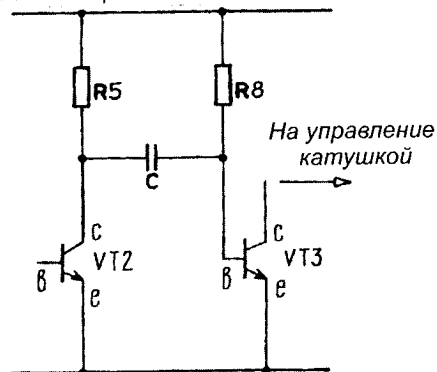


Рис. 70. Управление периодом включенного состояния

Схема работает следующим образом.

1. Начнем с момента перехода VT2 в запертое состояние. При небольшой скорости вращения конденсатор С заряжается через R5 и цепь база-эмиттер VT3 практически до напряжения питания (обратите внимание на полярность – рис. 71). Пока по цепи база-эмиттер течет ток, VT3 открыт и цепь первичной обмотки катушки зажигания подключена к источнику питания (рис. 72).

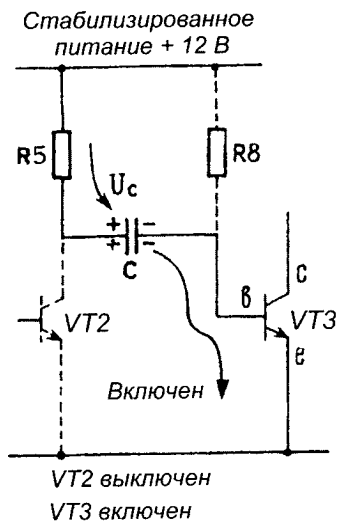


Рис. 71. Работа схемы управления периодом включенного состояния – VT2 выключатель

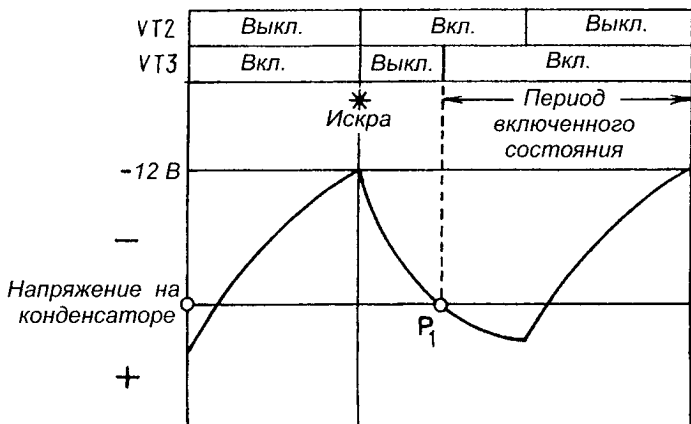


Рис. 72. Включенное состояние катушки при малой скорости

2. Включается VT3 – начало искры. Положительно заряженная обкладка конденсатора С через включенный транзистор VT2 соединяется с массой и начинает разряжаться (рис. 73). Если пренебречь небольшим падением напряжения на VT3, то видно, что напряжение на обкладке конденсатора, подключенной к базе VT3, имеет такую полярность, которая запирает VT3, благодаря чему начинается разряд на свече.

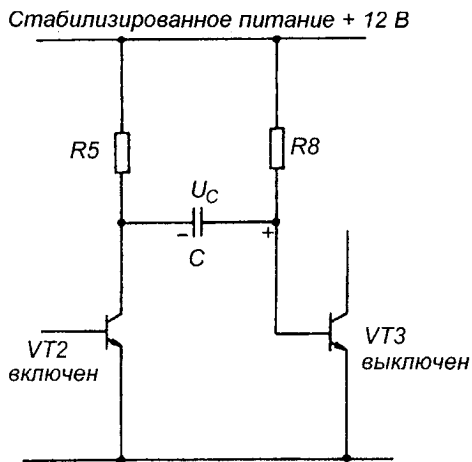


Рис. 73. Работа схемы управления периодом включенного состояния – VT2 включается

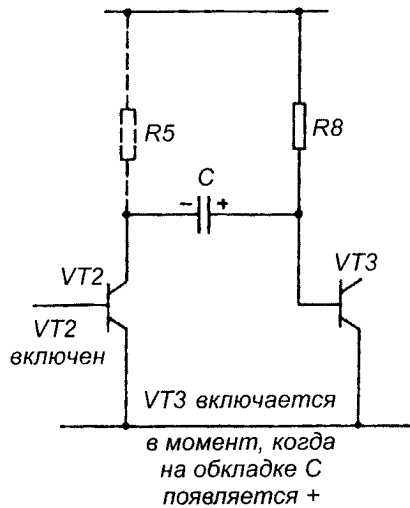


Рис. 74. Катушка включается в момент перемены полярности конденсатора

3. В результате разряда конденсатора напряжение на базе VT3 падает и транзистор включается (точка P₁ на рис. 72). В первичной обмотке катушки начинает течь ток (рис. 74). Конденсатор C через резистор R8 и транзистор VT2 заряжается в противоположной полярности. Это состояние прекращается в момент запираания транзистора VT2.

4. Выключается VT2. Цикл повторяется сначала. Конденсатор C заряжается до 12 В и поддерживает VT3 во включенном состоянии, пока снова не включится VT3.

5. При высокой скорости конденсатор C не успевает полностью зарядиться (рис. 75), поэтому он и разряжается быстрее, включая VT3 раньше.

6. При высокой частоте вращения вала многоцилиндрового двигателя приведенная выше схема может так сдвинуть влево точку включения первичной обмотки, что не успеет произойти полный разряд свечи, который должен длиться не менее 500 мкс. Ниже приводится описание простой схемы, которая позволяет предотвратить эту неприятность.

Силовой коммутатор катушки зажигания. Часто для разных целей в схемах электронного управления требуется ключ с большим входным сопротивлением, который способен пропускать большой ток.

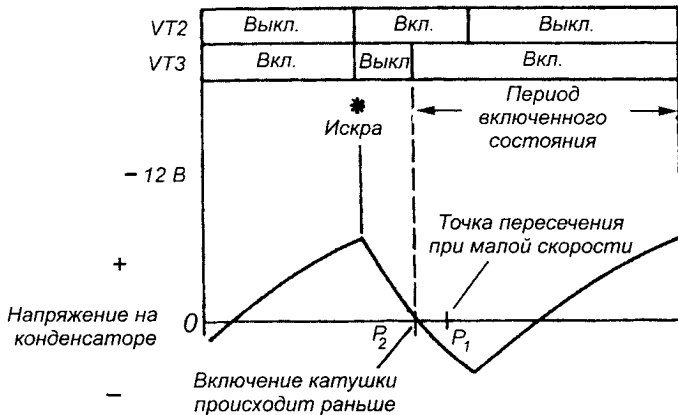


Рис. 75. Период включенного состояния при высокой скорости

Устройство, удовлетворяющее этим требованиям, известно под названием схема Дарлингтона или альфа-пара. Схема состоит из двух непосредственно соединенных между собой транзисторов, из которых второй является силовым (рис. 76). Обычно устройство выпускается в виде интегральной микросхемы.

Выходной транзистор VT3 включает и выключает управляющий транзистор VT4 (рис. 77).

Ток в цепи эмиттера создает напряжение на первом транзисторе схемы Дарлингтона, которое заставляет силовой ключ быстро включиться при включении VT3.

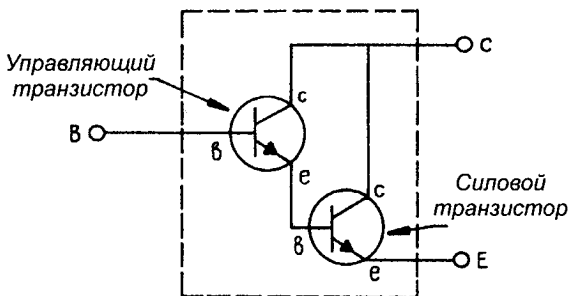


Рис. 76. Схема Дарлингтона

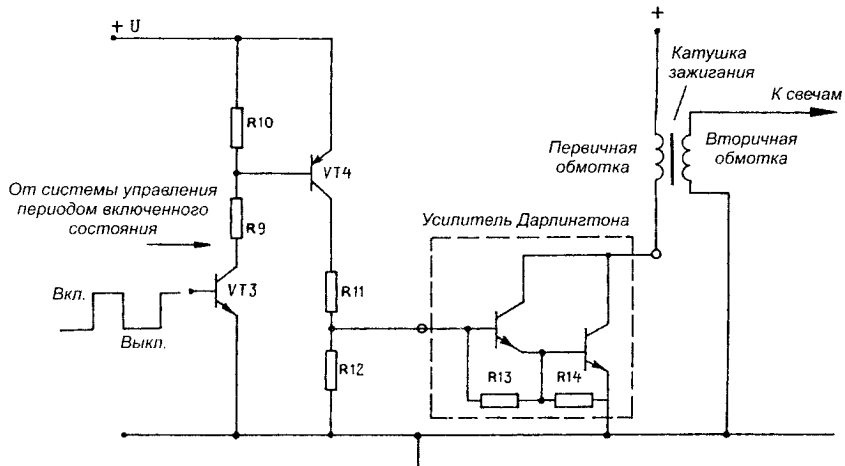


Рис. 77. Выходной усилитель электронного зажигания

Реально схема должна еще содержать диод, соединяющий первичную обмотку катушки с массой, чтобы исключить пики напряжения, которые возникают при резком прерывании тока катушки. В некоторых конструкциях выходной коллектор ключа соединен через резистор со входом схемы для ускорения процесса переключения.

Регулирование постоянства энергии. Системы постоянной энергии – это термин, обозначающий такую систему управления первичной обмоткой катушки зажигания, которая обеспечивает высокую энергию разряда свечи независимо от условий работы двигателя. Эта цель достигается регулированием первичного тока.

Для измерения силы тока в первичной обмотке катушки в ее цепь между концом обмотки и массой включен резистор с небольшим сопротивлением. Падение напряжения на этом резисторе, пропорциональное току, сравнивается с эталонным напряжением, соответствующим требуемому току катушки (рис. 78). Если падение напряжения на резисторе меньше эталонного, то положительная разность этих напряжений подается на управление схемой Дарлингтона, заставляя ее увеличить ток в катушке, и наоборот.

Управление периодом включенного состояния. Системы управления зажиганием дополняются также устройством, которое должно отключать первичную обмотку катушки при включенном зажигании, но не работающем двигателе.

Система управления работает следующим образом. Компаратор сравнивает напряжение на резисторе R с эталонным и определяет, соответствует ли ток в первичной обмотке катушки заданному.

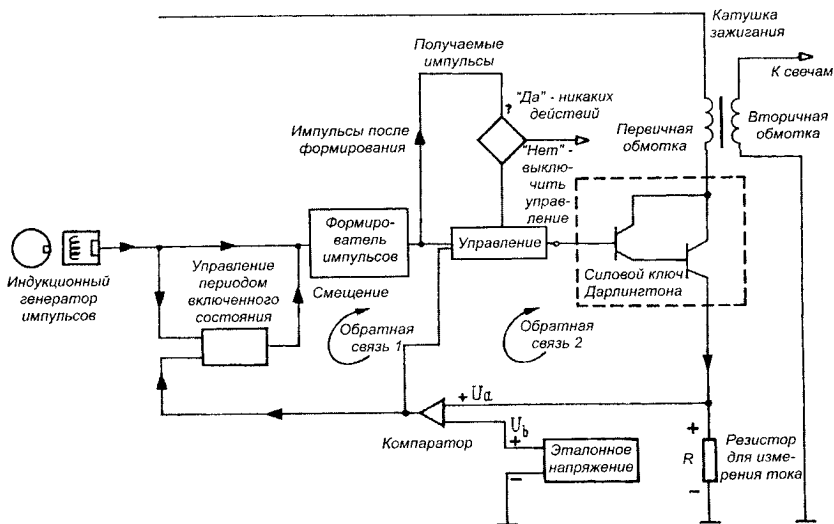


Рис. 78. Система постоянной энергии с генератором импульсов

Частота импульсов индукционного датчика определяет скорость работы двигателя.

Сигнал компаратора подается в виде смещения на вход формирователя импульсов и заставляет его открываться раньше или позже (рис. 79). Лучшие результаты можно получить при использовании в цепях управления сигналов обратной связи. Такие системы имеют следующие преимущества.

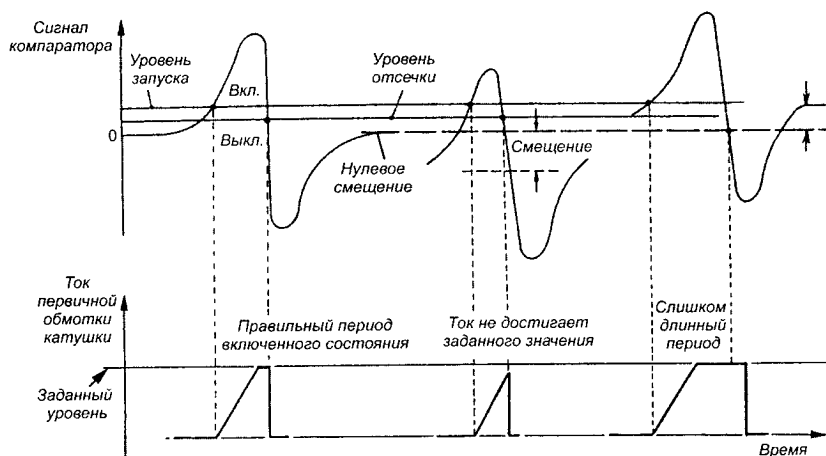


Рис. 79. Управление периодом включенного состояния катушки

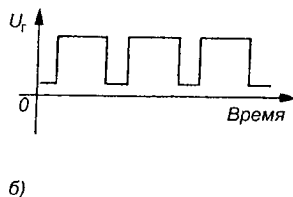
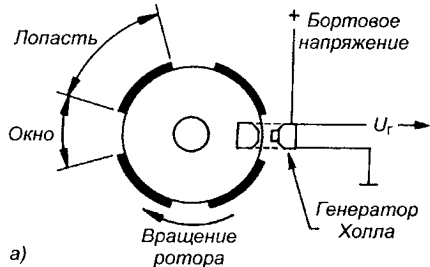


Рис. 80. Схема генератора Холла (а) и форма выходного сигнала (б)

1. Катушка получает одинаковую энергию для последующего разряда независимо от скорости двигателя и напряжения аккумулятора.

2. Автоматическое отключение катушки от источника питания при неработающем двигателе и включенном зажигании уменьшает разряд аккумулятора.

Теперь при желании можно включать радиоприемник и другие потребители ключом зажигания, не опасаясь разряда аккумулятора и перегрева катушки.

Формирование управляющих импульсов датчика Холла. Генератор Холла можно использовать для управления зажиганием так же, как и индукционный датчик, т.е. пропустить его сигнал через формирователь импульсов и далее с помощью силового ключа включать и выключать катушку зажигания (рис. 80).

Выходное напряжение генератора Холла ниже, чем у индукционного датчика, поэтому его требуется сначала усилить. Обычно усилитель вместе с формирователем импульсов выполняют в виде одной интегральной схемы и помещают ее в корпус распределителя (рис. 81). В состав этой же интегральной схемы включают стабилизатор питающего напряжения и температурный компенсатор.

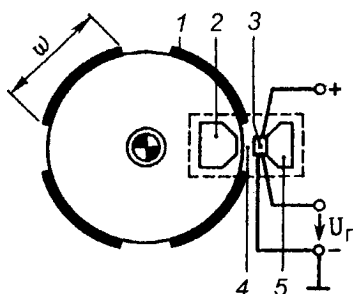


Рис. 81. Схема генератора Холла в распределителе зажигания: 1 – обтуратор с лопастью шириной w ; 2 – магнитопровод; 3 – датчик Холла; 4 – воздушный зазор

Недостатком генератора Холла является постоянный угол включенного состояния катушки, который задан в конструкции ге-

нератора шириной лопастей. Зато этот угол не изменяется в процессе эксплуатации и не требует регулировки, как в системах с механическими контактами.

Системы постоянной энергии с генератором Холла. Основной задачей системы, как индукционного датчика, является поддержание постоянства тока в первичной обмотке катушки зажигания на всех режимах работы двигателя и независимо от состояния аккумулятора. Система предусматривает:

- а) ограничение тока катушки на заданном уровне;
- б) постоянство напряжения начала разряда свечи при всех режимах работы двигателя;
- в) отсутствие балластных сопротивлений.

Часто в дополнение к указанным качествам система предусматривает также отключение тока катушки при неработающем двигателе и включенном зажигании.

Достижение свойств а), б) и в) осуществляется введением обратной связи в системе управления углом включенного состояния по току в первичной обмотке катушки.

Регулятор периода включений тока катушки. В случае индукционного генератора форма его выходного сигнала позволяла регулировать момент включения тока катушки за счет смещения в схеме формирователя импульсов. Сигнал генератора Холла имеет иную (почти прямоугольную) форму и прежний способ регулирования здесь не годится. Поэтому сигнал генератора Холла сначала преобразуется в импульсы треугольной формы одновременно с их усилением и инвертированием (рис. 82).

Разность напряжений, снимаемая с компаратора, устанавливает пороговое напряжение, при котором нарастающее напряжение импульса откроет ключ Дарлингтона, управляющий током катушки. Это пороговое напряжение таково, что ток в катушке достигает заданного уровня и удерживается на нем в течение заданного промежутка времени t . Этот небольшой промежуток необходим как запас для устойчивой работы системы на переходных режимах, например при разгоне двигателя. Начало импульса соответствует включению первичной обмотки катушки и началу периода включенного состояния. Конец импульса соответствует прерыванию тока катушки, т.е. началу разряда.

Изменения напряжения, снимаемого с компаратора, приводят к тому, что: период включенного состояния увеличивается, если ток в катушке не достигает заданного уровня, либо период уменьшается.

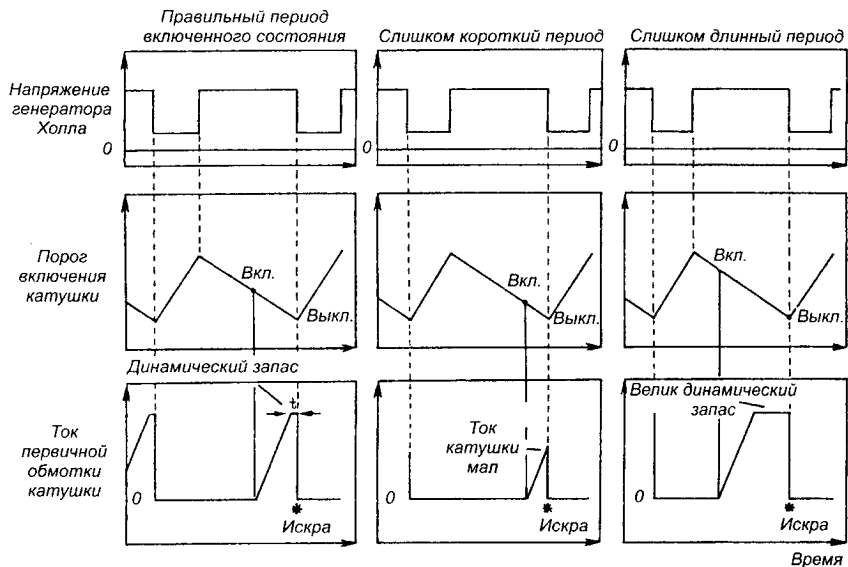


Рис. 82. Управление моментом включения первичной обмотки катушки путем изменения порога запуска импульса

Управление пиковым значением тока. Сигнал с измерительного резистора в цепи катушки содержит информацию о пиковом значении тока в первичной обмотке катушки зажигания. Компаратор сравнивает это значение с эталонным и подает управляющее напряжение на драйвер. Если достигнут предельный уровень тока, компаратор уменьшает выходное напряжение драйвера, который выключает ключ Дарлингтона. Таким образом, обратная связь обеспечивает ограничение предельного уровня тока в катушке и действует как выключатель тока при неработающем двигателе.

Аналоговые электронные системы управления моментом зажигания

Частотные системы управления моментом зажигания. Отсутствие жесткой механической связи между датчиком и коммутатором позволяет сформировать управляющий сигнал таким образом, чтобы срабатывание выходного каскада, а следовательно, и искрообразование происходило в соответствии с требуемой характеристикой изменения угла опережения зажигания. Для этой цели применяются различные фазосдвигающие цепочки, конструктивные решения и формы магнитной системы электромагнитных датчиков (ЭМД).

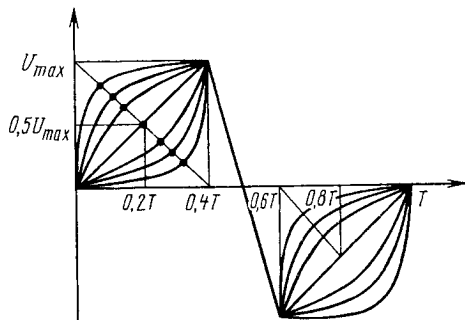


Рис. 83. Формы сигналов датчиков

Формы магнитной системы определяются формой сигнала, который используется в дальнейшем для управления транзисторным коммутатором. Наибольшее распространение получили пилообразные, выпуклые и вогнутые формы сигналов (рис. 83).

Для частотных систем управления моментом зажигания предпочтительными следует считать выгнутые формы сигналов датчиков и пилообразные, так как они позволяют более точно реализовать требуемую характеристику угла опережения зажигания.

Простейшая схема опережения зажигания представлена на рис. 84.

Опережение зажигания происходит благодаря только форме сигнала датчика, обеспечить которую довольно сложно. Преодолеть эту трудность можно различными способами.

На рис. 85 представлена схема, в которой между датчиком и пороговым устройством (транзисторным коммутатором) включен электронный блок, в котором происходит коррекция сигнала датчика. По такой схеме построен узел электронного опережения зажигания, защищенный патентом И.М. Опарина и др. в 1995 г.

Другой возможный путь построения электронного опережения зажигания показан на рис. 86. В этом случае сигнал датчика через нелинейное устройство влияет на порог срабатывания входного транзистора. Характеристики нелинейного устройства подбираются исходя из заданного закона опережения зажигания.



Рис. 84. Простейшая схема УОЗ от частоты вращения



Рис. 85. Схема частотного автомата с пороговым устройством

Нелинейное устройство управляет разрядом конденсатора пикового детектора, находящегося на входе транзисторного коммутатора.

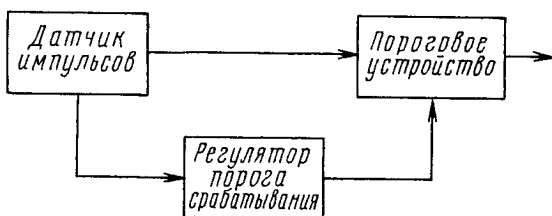


Рис. 86. Схема частотного автомата с нелинейным устройством

Схема транзисторного коммутатора с электронным регулированием УОЗ показана на рис. 87.

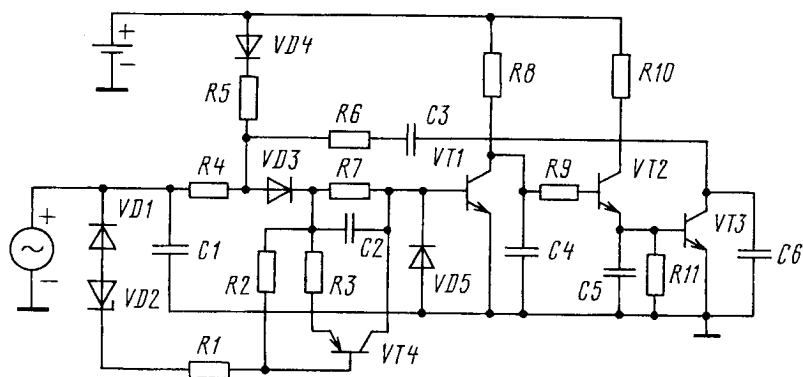


Рис. 87. Принципиальная схема транзисторного коммутатора с нелинейным устройством управления моментом зажигания

Схема работает следующим образом. При малых частотах вра-

щения вала двигателя отрицательного напряжения датчика недостаточно для пробоя стабилитрона VD2. В этом режиме транзистор VT4 постоянно заперт и не оказывает влияния на работу схемы. Момент срабатывания транзисторного коммутатора при этом совпадает с моментом, когда сигнал датчика достигает амплитудного значения, т.е. опережения зажигания при изменении частоты вращения не происходит.

Эквивалентная схема цепи опережения при заряде и разряде конденсатора показана на рис. 88. Когда отрицательное напряжение датчика достигает уровня, при котором происходит пробой стабилитрона, транзистор VT4 открывается и через него происходит ускоренный разряд емкости C2. В результате напряжение на ней уменьшается. При этом срабатывание транзисторного коммутатора также происходит при напряжениях меньше амплитудного, что приводит к появлению опережения зажигания.

Зависимости напряжения датчика и напряжения на емкости C2 от времени показаны на рис. 89. От нуля до момента t_1 , когда напряжение датчика меньше, чем напряжение на емкости C2 транзистор VT4 закрыт и поэтому емкость C2 может разряжаться только через резистор R7.

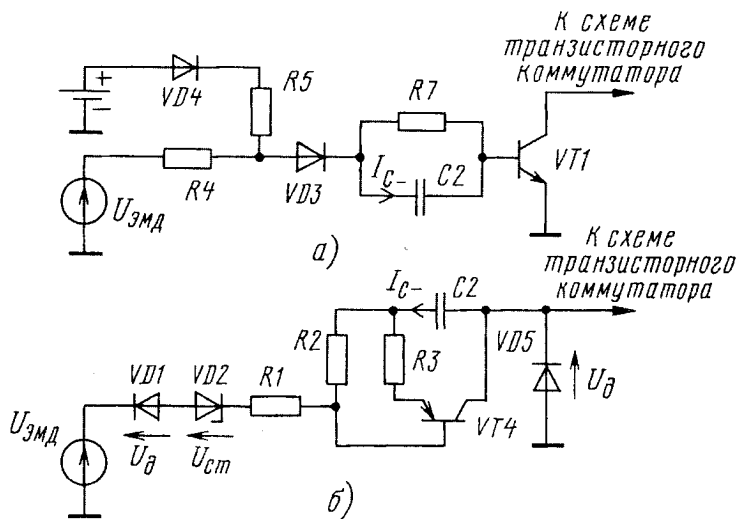


Рис. 88. Эквивалентная схема цепи опережения зажигания: а – при заряде конденсатора C2; б – при разряде конденсатора C2

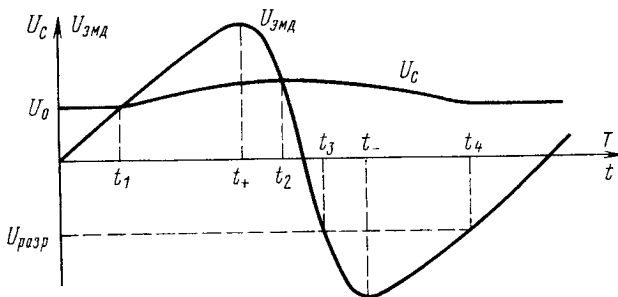


Рис. 89. Зависимость напряжения датчика и напряжения на емкости С2 от времени

Постоянная времени этой цепи равна 0,47 с, поэтому напряжение на этом участке можно считать практически постоянным. На участке от t_4 до T напряжение на емкости С2 снова будет постоянным.

Во всех рассмотренных вариантах срабатывание порогового устройства (транзисторного коммутатора) происходит на различных участках положительного переднего фронта импульса датчика. В существующих индуктивных датчиках сигнал приблизительно симметричен относительно максимума, поэтому рабочий участок может занимать только одну четвертую часть периода сигнала датчика. Это соответствует 45° поворота коленчатого вала для четырехцилиндровых двигателей или $22,5^\circ$ для восьмицилиндровых двигателей. Следовательно, необходимый угол опережения зажигания (около 20°) в таких системах с выпускаемыми индуктивными датчиками можно получить только для четырехцилиндровых двигателей. Для восьмицилиндровых двигателей необходима новая конструкция датчика, которая позволила бы получить длительность положительного фронта более одной четверти периода и, следовательно, получить требуемый угол опережения зажигания.

Нагрузочные системы управления моментом зажигания. Нагрузочные автоматы реализуют, как правило, линейные характеристики. Автомат, изображенный на рис. 90, содержит электромагнитный датчик, статор которого с сигнальной обмоткой 9 закреплен на корпусе, а ротор 8 датчика – на распределительном валу двигателя внутреннего сгорания, электронное устройство зажигания 5, конденсатор 2, резистор 4, диод 3, нелинейную зарядно-разрядную цепь 1, механический датчик 6 разрядки и потенциометр 7, включенный одним выводом к сигнальной обмотке 9, а вторым – к точке соединения конденсатора, диода и нелинейной зарядно-разрядной цепи.

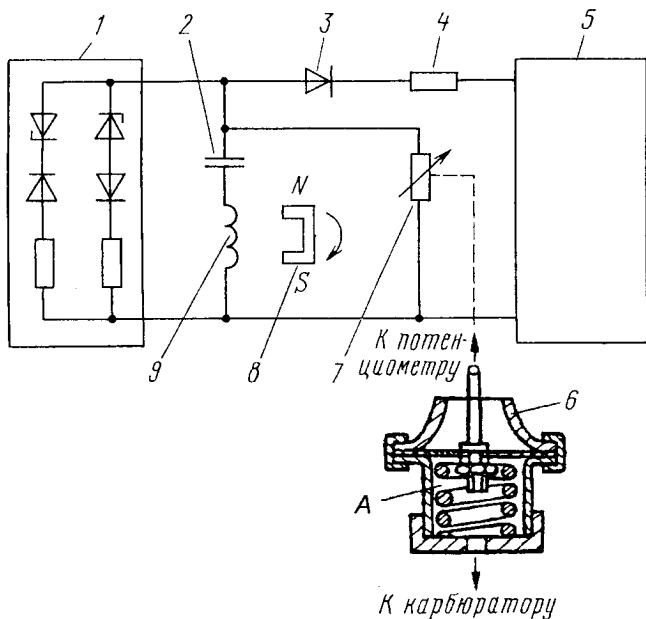


Рис. 90. Нагрузочный автомат угла опережения зажигания

Автомат работает следующим образом. С началом вращения ротора сигнал с обмотки через конденсатор, диод и резистор поступает на вход электронного устройства и потенциометра. При этом за счет входного тока конденсатор заряжается, а за счет электронного устройства на свечах двигателя внутреннего сгорания происходит искрообразование. При дальнейшем росте частоты вращения ротора сигналы положительной и отрицательной полярностей на обмотке растут и достигают предельных напряжений включения нелинейной зарядно-разрядной цепи, что вызывает уменьшение напряжения на конденсаторе и более раннее срабатывание электронного устройства, что приводит к смещению момента зажигания в сторону опережения.

С изменением нагрузки на двигатель изменяется разрежение во впускном трубопроводе двигателя внутреннего сгорания, что приводит к изменению давления в полости А механического датчика разрежения. Механический датчик разрежения воздействует на потенциометр и изменяет его сопротивление, изменяя тем самым постоянную времени заряда и разряда конденсатора, что приводит к изменению фазы и момента срабатывания электронного устройства зажигания в зависимости от нагрузки на двигатель.

Устройство изменяет угол опережения зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки на двигатель, что повышает точность регулирования.

Дискретные системы управления моментом зажигания

Цифровые системы управления моментом зажигания.

Структура такой схемы изображена на рис. 91.

Система состоит из датчика 1 положения коленчатого вала, компаратора 2, схемы формирования импульсов 3, генератора импульсов 4, схемы «И – НЕ» 5, счетчика 6, запоминающего устройства 7, цифроаналогового преобразователя 8, управляемого ждущего мультивибратора 9 и электронного коммутатора 10. Выход датчика положения коленчатого вала связан со входом компаратора, а выход компаратора подключен к входу управляемого ждущего мультивибратора и к входу схемы формирования импульсов, первый выход которой связан с первым входом схемы «И – НЕ», второй – со входом записи запоминающего устройства, третий – со входом сброса счетчика. Выход генератора импульсов связан со вторым входом схемы «И – НЕ», а ее выход – со счетным входом счетчика. Выходы счетчика соединены со входом запоминающего устройства, а его выходы, в свою очередь, с цифроаналоговым преобразователем. Выход последнего связан со входом управления управляемого мультивибратора, а его выход соединен со входом электронного устройства зажигания.

Устройство управления моментом зажигания работает следующим образом. Импульсы от датчика положения коленчатого вала поступают на компаратор, который формирует из них последовательность прямоугольных импульсов, амплитуда которых не зависит от частоты вращения коленчатого вала.

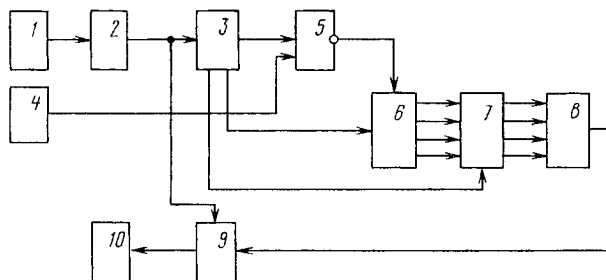


Рис. 91. Структурная схема дискретной системы управления моментом зажигания

На рис. 92,а показана временная зависимость напряжения элек-

тромагнитного датчика бесконтактной системы зажигания, на рис. 92,б – выходное напряжение компаратора. Переключение компаратора происходит в моменты перехода напряжения электромагнитного датчика через ноль. На рис. 92,в показан импульс управляемого ждущего мультивибратора, задний фронт которого определяет момент зажигания. Запуск управляемого ждущего мультивибратора осуществляется передним фронтом импульса компаратора. Этот же фронт импульса компаратора запускает схему формирования импульсов.

На рис. 92,г, д и е показаны импульсы на первом, втором и третьем выходах схемы соответственно. Импульс со второго выхода схемы формирования импульсов записывает информацию в

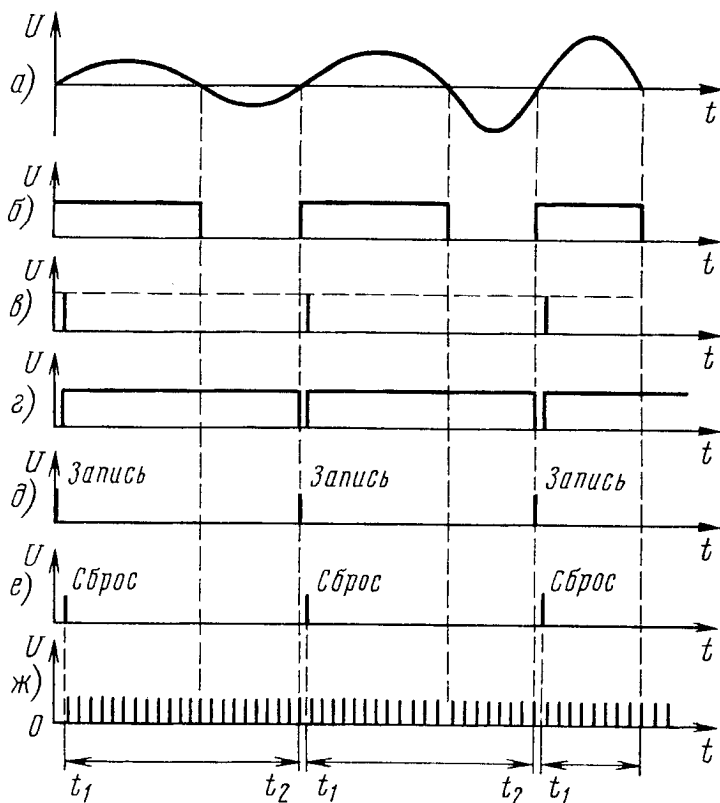


Рис. 92. Временные диаграммы напряжения на элементах системы память запоминающего устройства с выхода счетчика, а следую-

щий за ним импульс сброса с третьего выхода схемы формирования импульсов обнуляет счетчик. Выходной сигнал генератора импульсов показан на рис. 92, ж.

Состояние счетчика в момент поступления импульса записи определится количеством импульсов с генератора импульсов, прошедших через схему «И – НЕ» на счетный вход счетчика за интервал времени $t_1 - t_2$.

Число этих импульсов прямо пропорционально периоду сигнала, поступающего с датчика положения коленчатого вала, а следовательно, обратно пропорционально частоте вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания.

Интервал времени $t_1 - t_2$ соответствует временному интервалу между моментом поступления импульса «сброс» (т.е. моментом обнуления счетчика) и моментом поступления импульса «запись», который приходит в момент перехода напряжения электромагнитного датчика через ноль. После поступления на счетчик импульса сброса с третьего выхода схемы формирования импульсов счетчик опять обнуляется и в следующий интервал отсчета $t_1 - t_2$ происходит накопление информации о частоте вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания.

Код с выхода запоминающего устройства, изменяющийся после каждого периода колебаний, поступающих с датчика положения коленчатого вала, воздействует на входы цифроаналогового преобразователя, вызывая изменение его выходного сигнала, который, в свою очередь, регулирует время импульса, генерируемого управляемым ждущим мультивибратором. Задний фронт импульса мультивибратора определяет момент зажигания.

Один из возможных вариантов реализации цифроаналогового преобразователя и управляемого ждущего мультивибратора показан на рис. 93 (обозначения те же, что и на рис. 91).

Код, поступающий от запоминающего устройства, определяет состояние выходов дешифратора.

В качестве дешифратора применена микросхема 153ЗИДЗ, при поступлении на входы которой четырехразрядного двоичного кода на одном из 16 выходов, номер которого соответствует двоичному коду на выходе запоминающего устройства, установится низкий уровень логического нуля. Сопротивление R_1 , подключенное к этому выходу, будет определять длительность импульса ждущего мультивибратора, которая, как известно, задается постоянной времени элементов R_1, C_1 .

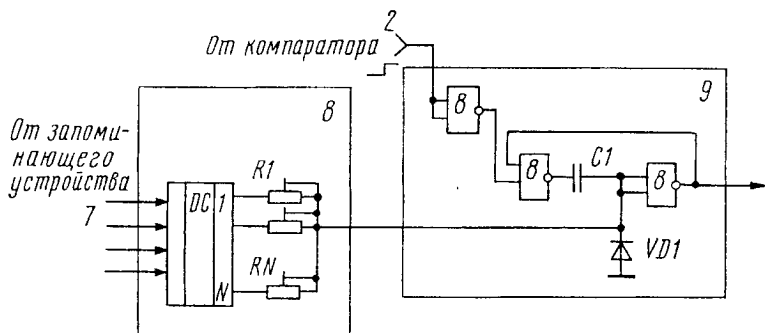


Рис. 93. Схема цифроаналогового преобразователя и мультивибратора

Путем подбора сопротивлений $R1, R2 \dots R1, \dots RN$ можно изменять длительность импульса мультивибратора по любому закону в зависимости от кода на выходе запоминающего устройства и соответственно от частоты вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания. Поскольку момент зажигания определяется задним фронтом ждущего мультивибратора, то и закон изменения угла опережения зажигания от скорости вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания может быть задан любым, необходимым для данного вида двигателя и применяемого топлива.

Микропроцессорные системы управления моментом зажигания. Дискретные системы выполняются, как правило, без обратной связи и реализуют хотя и сложные, но не адаптивные характеристики. Микропроцессорные системы более совершенные. Возможности компьютера позволяют учесть целый ряд параметров двигателя и автомобиля, но важнейшие конечные результаты состоят в следующем:

а) стало достижимым создание системы постоянной энергии для двигателей, работающих на бедной смеси во всем диапазоне режимов;

б) опережение зажигания можно приблизить к порогу начала детонации – чем ближе работа двигателя к этому порогу, тем выше его мощность.

Точность определения и поддержания опережения с учетом скорости, нагрузки и температуры обеспечивает топливную экономичность и снижение вредных выбросов в атмосферу. В такой системе нет движущихся частей, которые бы изнашивались и требовали обслуживания, она обеспечивает постоянство частоты вращения вала двигателя в режиме холостого хода, хороший запуск и

многое другое – все эти преимущества оправдывают высокую сложность системы. Стоимость изделий микроэлектроники постоянно снижается и в настоящее время специалисты видят будущее именно за такими системами.

Заметим, что микропроцессорная система зажигания может использоваться в автомобиле независимо от того, каким образом управляется установленная на нем топливная система. Однако на большинстве современных автомобилей компьютер одновременно управляет обеими системами и они объединены в одну общую систему управления двигателем.

При создании нового двигателя разработчики проводят его лабораторные испытания в полном диапазоне скоростей и нагрузок. Для каждого сочетания скорости и нагрузки определяется оптимальное значение опережения зажигания. По этим данным строятся графики.

При выборе оптимального опережения для каждого режима работы двигателя принимается во внимание множество факторов, таких как топливная экономичность, запас по детонации, состав выхлопных газов, крутящий момент, температура двигателя, поэтому неудивительно, что такие графики имеют не совсем гладкую форму. Рис. 94 дает качественное представление о том, как требуется регулировать угол опережения и как он в действительности регулируется центробежным и вакуумным регуляторами.

На рис. 94 изображена зависимость опережения только от частоты вращения вала двигателя. Чтобы учесть еще один параметр –

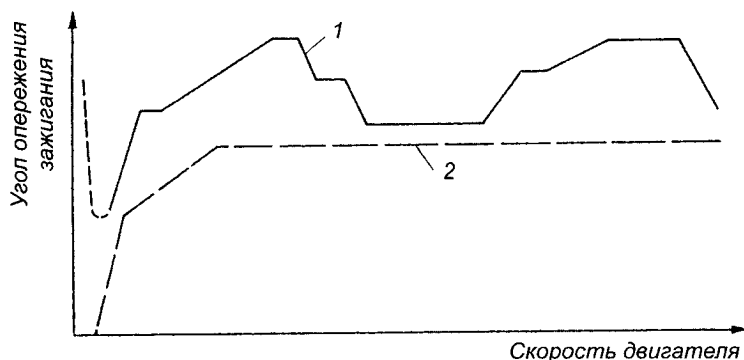


Рис. 94. Характеристика механических регуляторов опережения:
1 – требуемое регулирование; 2 – регулирование опережения механическими системами распределителя

нагрузку, требуется построить уже трехмерный график, все точки которого образуют поверхность. Если выбрать любое сочетание

частоты вращения и нагрузки и провести из этой точки перпендикуляр вверх, то на пересечении его с поверхностью мы получим требуемое значение опережения.

Поверхность напоминает топографический план местности и может быть изображена наподобие топографической карты, поэтому ее иногда называют картой зажигания.

Если основание карты разбить на интервалы по скоростям и нагрузкам и построить на этих интервалах сетку (рис. 95), то для узлов этой сетки можно найти соответствующие значения опережения и записать эти значения, например, в память компьютера. Практически для удовлетворительного управления зажиганием необходимо хранить в памяти от 1000 до 4000 таких значений.

Разработчику требуется дополнить карту режимами работы двигателя при частоте вращения вала на холостом ходу для ее поддержания, а также на максимальной частоте вращения для ее ограничения. Наконец, программируется режим полных нагрузок таким образом, чтобы работать рядом с границей начала детонации, но не перейти ее.

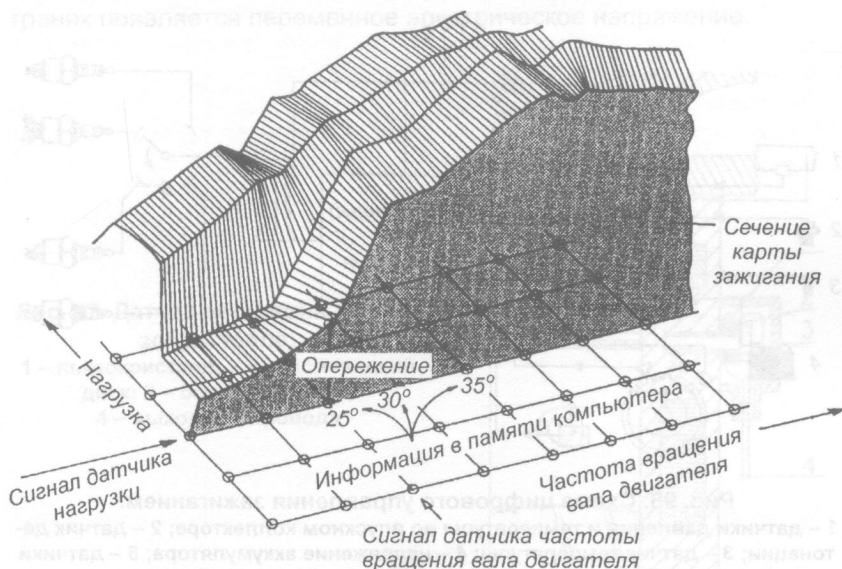


Рис. 95. Способ хранения карты зажигания

Управление зажиганием двигателя осуществляется с помощью микропроцессора, который приспособлен к условиям работы на

автомобиле. В его память заложены кроме вышеперечисленных данных также программа для обработки этих данных.

В процессе работы двигателя в компьютер подается следующая информация: нагрузка, детонация, температура, напряжение аккумулятора, частота вращения и положение коленчатого вала, положение дроссельной заслонки.

Информация на компьютер поступает от датчиков, которые преобразуют измеряемые величины в электрические сигналы. Компьютер сначала преобразует аналоговые сигналы датчиков в цифровую форму (т.е. в серию импульсов типа 0 – 1), поскольку компьютер умеет обрабатывать только числовую информацию.

Некоторые сигналы, такие как частота вращения коленчатого вала, уже поступают на компьютер в виде импульсов, однако большинство параметров, такие как температура, напряжение аккумулятора и пр. имеют постоянную полярность, хотя и меняют со временем свои значения. Такие сигналы называются аналоговыми и должны быть преобразованы перед входом в компьютер в цифровую форму с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Рассмотрим подробнее сигналы, поступающие в компьютер (рис. 96).

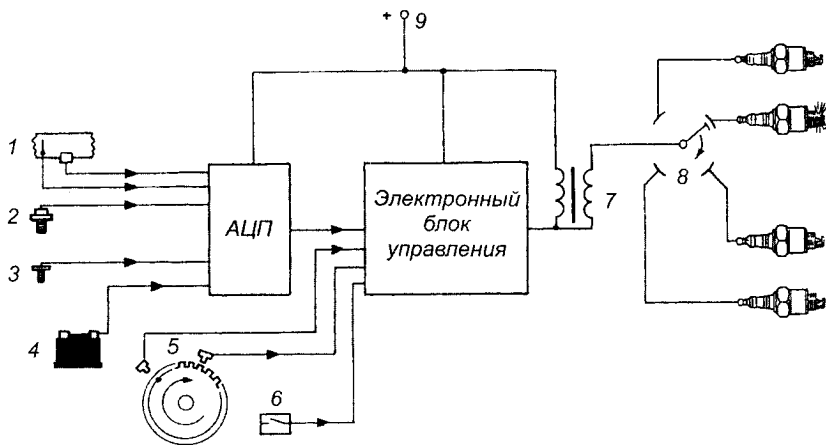


Рис. 96. Схема цифрового управления зажиганием:

1 – датчики давления и температуры во впускном коллекторе; 2 – датчик детонации; 3 – датчик температуры; 4 – напряжение аккумулятора; 5 – датчики частоты вращения и положения коленчатого вала; 6 – датчик крайнего положения дроссельной заслонки; 7 – катушка зажигания; 8 – распределитель; 9 – бортовое напряжение; АЦП – аналого-цифровой преобразователь

Нагрузка. Информацию о нагрузке двигателя дает разрежение во впускном коллекторе. Для измерения давления может быть ис-

пользован барометрический датчик, основой которого является пьезоэлектрический преобразователь.

Величиной, связанной с нагрузкой двигателя является и расход воздуха через коллектор. Дополнительную информацию о расходе воздуха можно получить, измерив его температуру, что позволяет внести поправки на его плотность. Эти данные используются в основном для управления впрыском топлива.

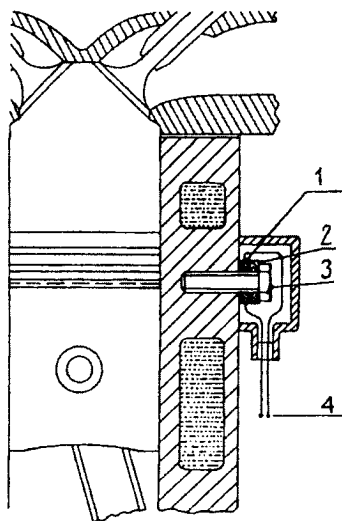
Как вариант, может быть измерен сразу массовый расход воздуха с помощью датчика с нагреваемой проволокой. Все указанные параметры измеряются в аналоговой форме и перед вводом в компьютер должны быть преобразованы в цифровую форму с помощью АЦП.

Детонация. Она обнаруживается с помощью датчиков ускорения, основой которых может служить пьезоэлектрический преобразователь. Такой датчик представляет собой кварцевую пластинку, закрепленную в подходящем месте на блоке цилиндров и прижатую снаружи массивным диском, называемым сейсмическим (рис. 97).

Пьезодатчик генерирует электрическое напряжение, пропорциональное изменению механического напряжения на его поверхностях. При детонации вибрация блока цилиндров достигает такого значения, при котором диск, прижатый к датчику, начинает с большой частотой сжимать пластинку кварца, в результате чего на ее гранях появляется переменное электрическое напряжение.

Рис. 97. Датчик детонации на пьезокристалле:

- 1 – пьезокристалл;
- 2 – сейсмический диск;
- 3 – болт крепления;
- 4 – выходные провода



Полученные таким образом сигналы от каждого цилиндра поступают в компьютер для оценки их уровня. Предварительно компьютер определяет средний уровень вибраций для каждого цилиндра. Этот

уровень постоянно адаптируется к меняющимся условиям. Если сигнал детонации от какого-либо цилиндра в момент вспышки превзойдет пороговый уровень для этого цилиндра, компьютер уменьшит опережение в этом конкретном цилиндре на небольшой угол, скажем, на $1,5^\circ$. Процесс повторяется для каждого цилиндра в каждом цикле. Если детонации больше нет, компьютер начинает в каждом цикле постепенно увеличивать угол опережения с маленьким шагом, пока не достигнет значения, записанного в карте зажигания.

В результате каждый цилиндр настраивается индивидуально на работу в режиме наибольшей эффективности, поскольку наибольшая эффективность достигается при работе на границе детонации (рис. 98).

Полосу А можно сузить, если использовать управление с обратной связью. При этом мощность двигателя повысится. Поскольку каждый цилиндр имеет свою шумовую характеристику, для четырехцилиндрового двигателя оказывается достаточным один датчик, который различает каждый из цилиндров. На шестицилиндровых двигателях устанавливают два таких датчика.

На рис. 99 показана блок-схема управления зажиганием по сигналу детонации. При неисправности системы, например при отказе датчика или обрыве провода, система управления уменьшает опережение до безопасного уровня, а на панели приборов загорается лампочка, сигнализирующая о неисправности.

Температура. Для измерения температуры в диапазоне до 200°C в настоящее время чаще всего применяют термисторы взамен ранее применявшихся термопар.

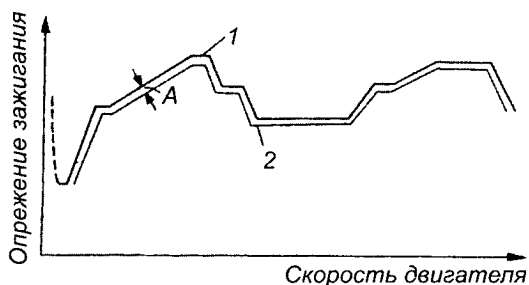


Рис. 98. Повышение мощности двигателя с управлением по сигналу детонации:

1 — граница опережения по детонации; 2 — цифровое управление опережением только по нагрузке

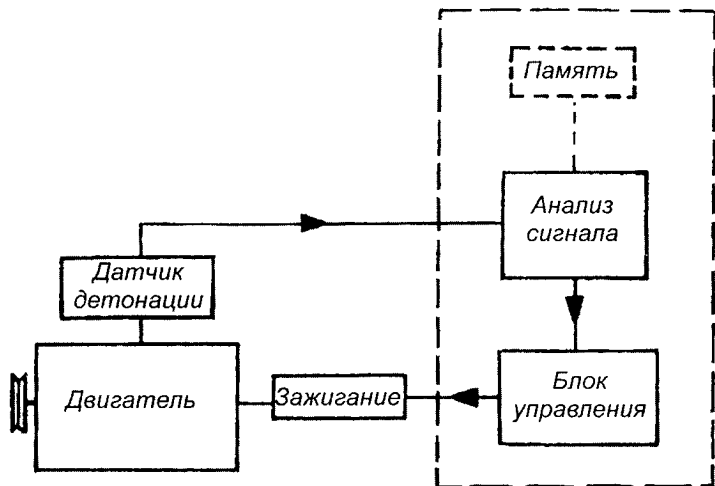


Рис. 99. Управление опережением с обратной связью по детонации

Термистор – это полупроводниковый резистор с ярко выраженным отрицательным температурным коэффициентом (рис. 100).

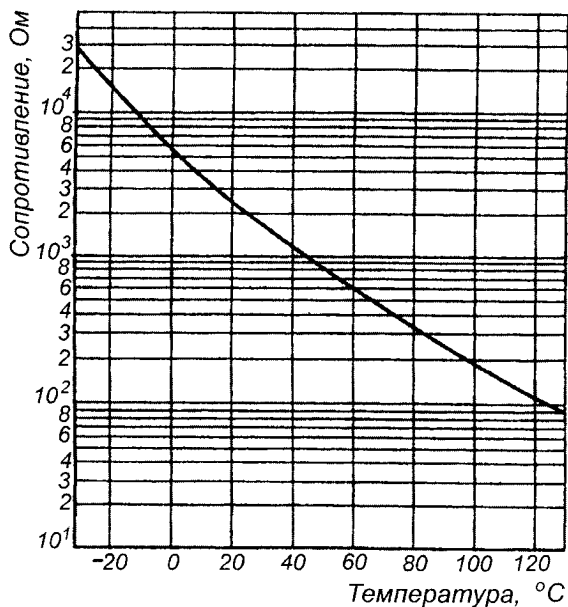


Рис. 100. Тарировочная характеристика термистора

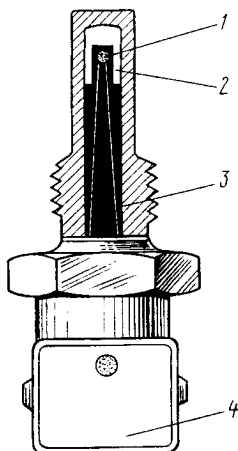


Рис. 101. Датчик температуры двигателя:
 1 – полупроводниковый резистор (термистор); 2 – изолятор; 3 – уплотнитель; 4 – розетка электрического разъема

Обычно рабочая температура термистора лежит в пределах от -20 до $+130^{\circ}\text{C}$. Для измерения температуры охлаждающей жидкости капсулу с термистором вворачивают в водяной канал блока цилиндров (рис. 101).

Термистор имеет высокую чувствительность, так что значение температуры может быть измерено с точностью до $0,05^{\circ}\text{C}$. Температура вводится в компьютер как дополнительный параметр, который наряду с частотой вращения вала и нагрузкой позволяет найти по карте зажигания требуемое опережение для данного режима работы двигателя (рис. 102).

Напряжение аккумулятора. Это дополнительный параметр. Если напряжение аккумулятора отличается от эталонного, то момент включения катушки сдвигается вперед или назад для достижения постоянной мощности разряда.

Частота вращения и положение коленчатого вала. Частоту вращения коленчатого вала можно определить, подсчитав число зубьев специального зубчатого диска, закрепленного на коленчатом валу, проходящих в единицу времени мимо индукционного датчика. Датчик основан на том же принципе, что и индукционный генератор импульсов, описанный выше.

Кроме частоты вращения в блок управления надо также ввести положение некоторой точки начала отсчета угла поворота вала. Обычно такой точкой является положение 90° до ВМТ в цилиндре № 1. Это положение вводится в компьютер с помощью другого датчика, который реагирует на специальный выступ зубчатого диска. Иногда роль зубчатого диска выполняет зубчатый венец маховика.

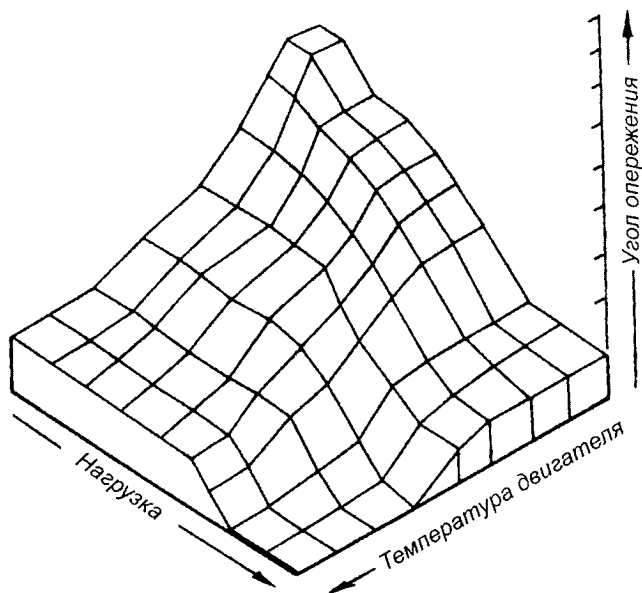


Рис. 102. Карта опережения зажигания в зависимости от температуры и нагрузки

Как вариант, частоту вращения и положение коленчатого вала можно измерить и на распределительном валу двигателя, особенно если от него приводится распределитель зажигания с генератором Холла. Но все же измерение параметров самого коленчатого вала является более точным.

Вместо двух датчиков для измерения частоты вращения и положения вала можно воспользоваться одним, если зубчатый венец снабдить какой-либо специальной меткой, различимой для датчика, например отсутствие одного зуба.

Наконец, следует заметить, что недостатком применяемых для этих целей индукционных датчиков является зависимость выходного напряжения от частоты вращения. Таким образом, малую частоту вращения часто измерить вообще не удается.

Положения дроссельной заслонки. Датчики крайних положений дроссельной заслонки посылают в блок управления сигнал о том, что дроссельная заслонка достигла одного из крайних положений – полной нагрузки или частоты вращения вала на холостом ходу. Сигналы крайних положений заслонки нужны блоку управления для перехода на специальные программы регулирования зажигания в этих ситуациях.

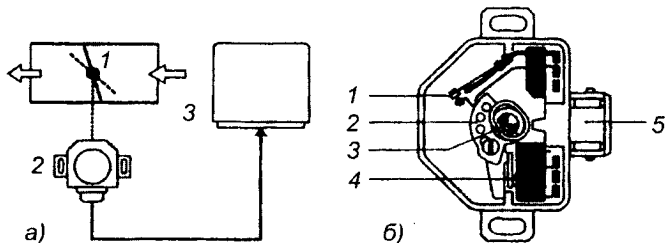


Рис. 103. Датчик крайних положений дроссельной заслонки:
 а – схема: 1 – дроссельная заслонка; 2 – датчик крайних положений; 3 – блок управления; б – устройство датчика: 1 – контакт полной нагрузки; 2 – кулачок; 3 – ось заслонки; 4 – контакт холостого хода; 5 – электрический разъем

В некоторых системах управления сигнал крайнего положения дроссельной заслонки используется для отсечки топлива при увеличении частоты вращения вала двигателя сверх допустимой (рис. 103).

Электронное управляющее устройство (ЭУУ). Функции отдельных его систем состоят в следующем.

Входное устройство. Сигналы, стекающиеся на вход ЭУУ от датчиков, преобразуются в форму, понятную компьютеру, т.е. в серию импульсов ДА – НЕТ, которые представляют собой цифры в двоичной системе:

$$\text{ДА} = 1, \text{ НЕТ} = 0$$

Аналоговые сигналы, например напряжение аккумулятора, преобразуются в двоичный код с помощью АЦП.

Устройство ввода-вывода (УВВ). Это устройство принимает сигналы в те моменты и в той последовательности, в которой они поступают, а затем выдает их в процессор компьютера в той последовательности и с той скоростью, которая нужна процессору, либо отправляет текущую информацию в оперативную память машины.

Часы. Компьютер оперирует данными как функциями времени. Для определения времени и временных интервалов в компьютере установлен точный кварцевый генератор импульсов.

Шины. Отдельные блоки компьютера связаны между собой плоскими кабелями, известными под названием шины. По шинам передаются данные (шина данных), адреса памяти (адресная шина), а также сигналы управления (управляющая шина).

Центральный микропроцессор. Микропроцессор выполняет в компьютере все вычисления. Все, что он умеет делать, это складывать, вычитать, делить и умножать, поэтому все программы, которые выполняет процессор должны состоять из этих операций. Кро-

ме того, процессор умеет выполнять логические операции. ЭУУ управляет ходом вычислений, направляя в процессор нужную информацию в нужный момент и отправляя результаты вычислений в нужные устройства.

Постоянная память. Эта память может только выдавать хранящуюся в ней информацию, но она никак не может быть изменена. Эта информация сохраняется в памяти даже при отсутствии питания. В нее невозможно записать никакую новую информацию. В постоянной памяти хранятся данные, такие как карта значений управляемых параметров двигателя в табличной форме, коды, управляющие программы и пр. Все эти данные заносятся (зашиваются) в постоянную память изготовителем. В состав постоянной памяти входят также перепрограммируемые и стираемые блоки, которые могут быть использованы изготовителем или его представителем для обновления и изменения записанной информации.

Оперативная память. Текущие данные – сигналы датчиков, команды управления и промежуточные результаты вычислений хранятся в оперативной памяти компьютера, пока не будут заменены новой информацией. Оперативная память при выключении питания теряет всю хранящуюся в ней информацию.

Работа бортового компьютера. Информация о характеристиках двигателя хранится в памяти компьютера в форме таблиц, называемых рабочими. Эти таблицы получаются из трехмерных карт опережения зажигания и таких же карт для периода замкнутого состояния. Рабочие таблицы могут быть составлены компьютером для различных сочетаний параметров, однако, прежде всего такими параметрами являются частота вращения коленчатого вала, нагрузка, температура и напряжение аккумулятора. Каждая из таблиц дает свое значение угла опережения, и для определения истинно требуемого угла все результаты сопоставляются. Подобным образом вычисляется и угол включенного состояния.

При включении питания микропроцессор посылает закодированный двоичный адрес, который указывает, к какой части памяти он обращается. Затем посылается управляющий сигнал, указывающий направление и последовательность движения информации в процессор или из процессора. Работа самого процессора представляет собой серию двоичных импульсов, с помощью которых информация считывается из памяти, декодируется и выполняется. Программы выполнения операций – арифметических, логических и транспортных также записаны в памяти. Наконец, ЭУУ выдаст команду силовому ключу системы зажигания на включение или выключение катушки в соответствии с текущим состоянием двигателя.

В системах без датчика детонации система управления будет поддерживать опережение вблизи границы детонации, записанной

в память компьютера. Это приемлемо для нового двигателя, однако в этом случае не будут учтены изменения условий работы двигателя, вызванные износом, сортом топлива и пр.

Датчик детонации позволяет ЭУУ осуществлять управление на грани детонации системой с распределением низкого напряжения при любых изменениях режима работы двигателя.

С развитием электронных систем зажигания появилась возможность отказаться от самого ненадежного узла системы зажигания – контактного прерывателя вместе с центробежным регулятором опережения. Распределителю зажигания в этом случае оставлена единственная функция – направлять искру при очередном разряде в нужный цилиндр. Но и эта функция теперь может выполняться бесконтактным способом с помощью четырехпроводной катушки зажигания (для четырехцилиндровых двигателей).

Такая система зажигания разработана фирмой Ford для двигателей семейства HCS Valencia, устанавливаемых на автомобилях типа Escort/Orion. Распределение зажигания по цилиндрам здесь достигается с помощью двух высоковольтных катушек, оба конца которых соединены со свечами разных цилиндров. Эта идея раньше использовалась для двухцилиндровых двигателей Citroen 2CV и Visa, однако теперь, благодаря электронному управлению, она стала осуществима и на четырехцилиндровом двигателе.

Каждый раз, когда вторичная катушка получает сигнал на разряд, вспышки происходят сразу в двух цилиндрах. Разряд одной свечи происходит в цилиндре, где заканчивается такт сжатия, а второй свечи – в цилиндре, где заканчивается такт выхлопа. Первая свеча подожжет рабочую смесь и начнется обычный рабочий ход, а вторая искра пропадет впустую. В системе зажигания Форда напряжение вторичной обмотки составляет 37 кВ, что вполне достаточно для поддержания разряда в двух свечах одновременно.

Обратите внимание на то, что искра будет иметь правильную полярность только в одной свече, а в другой полярность будет «неправильной» (рис. 104), если вспомнить, что в идеале центральный электрод должен быть положительным, а периферийный – отрицательным.

Порядок работы цилиндров обычный (1 – 2 – 4 – 3) и свечи, используемые в двигателе, тоже обычные, но здесь их приходится заменять каждые 20000 км. Первичная обмотка катушки зажигания имеет сопротивление $(0,5 \pm 0,05)$ Ом, а вторичная – от 11 до 16 кОм.

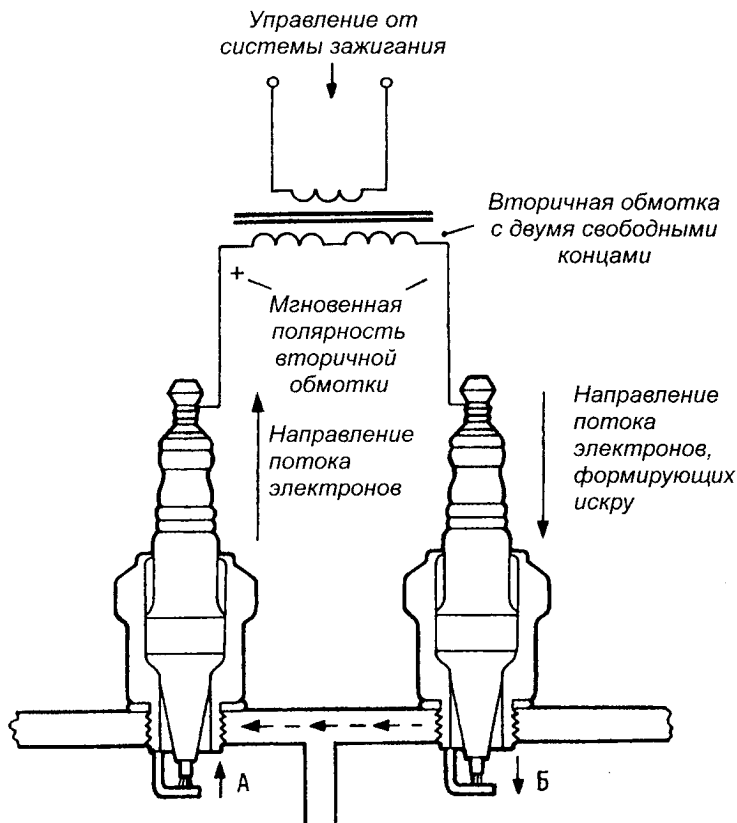


Рис. 104. Соединение свечей в бесконтактной схеме зажигания:
 А – электроны перескакивают с наружного электрода на центральный – «неправильный» поток; Б – электроны перескакивают с центрального электрода на наружный – «правильный» поток

Управляющий микропроцессор рассчитывает оптимальное опережение в зависимости от нагрузки, частоты вращения и положения коленчатого вала, а также температуры охлаждающей жидкости.

При выходе из строя микропроцессора система устанавливает постоянный угол опережения 10° до ВМТ, что позволяет двигателю продолжать работу, пока не появится возможность его отремонтировать. При полной нагрузке двигателя, а также при высокой температуре воздуха во впускном коллекторе система уменьшает угол опережения, чтобы избежать ударного горения смеси. Значение угла опережения в этом случае компьютер берет из карты зажигания с учетом сигналов соответствующих датчиков.

Система управления двигателем ЗМЗ – 4062.10 с распределенным впрыском МИКАС 5.4. Микропроцессорная система управления МИКАС 5.4 обеспечивает управление: фазированным многоточечным впрыском бензина во впускной трубопровод двигателя, зажиганием с обратной связью по детонации, регулятором холостого хода, дополнительными и антитоксичными устройствами в зависимости от режима работы, состояния двигателя, условий окружающей среды.

Система состоит из микропроцессорного блока управления, комплекта датчиков и исполнительных устройств, жгута проводов с соединителями.

Электронный блок управления. Блок управления МИКАС 5.4 выпускается несколькими заводами-изготовителями и имеет следующие модификации:

Обозначение	Применение	Примечание
201.3763.000-001	Серийный блок управления для автомобиля «Волга» с двигателем ЗМЗ-4062.10	—
201.3763.000-001к	Модификация серийного блока с функцией управления кондиционером	При установке кондиционера требуется замена или модернизация жгута проводов
207.3763.000-003	Переоборудование автомобилей с двигателями ЗМЗ-4062.10, имеющих синхронизацию от маховика и выпущенных до сентября 1996 г. (для замены блоков МИКАС 5.3 и БУМ Р4)	Требуется установка жгута проводов для двигателя с синхронизацией от маховика

Микропроцессорная система управления двигателем МИКАС 5.4 обладает самодиагностикой и аварийным режимом работы, который позволяет не терять работоспособность при отказе большинства датчиков и даже одновременном отказе нескольких датчиков.

Блок управления обрабатывает информацию от датчиков системы и по заложенной в нем программе вырабатывает командные воздействия на исполнительные устройства двигателя и автомобиля. Блок управления является сложным электронным изделием и не подлежит ремонту и тестированию без специального оборудования и знаний.

Память блока управления. Микропроцессорный блок управле-

ния МИКАС 5.4 имеет три типа памяти: ПЗУ, ОЗУ и EEPROM.

Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) – энергонезависимая память, в которую записана программа управления, настроенная на конкретную комплектацию системы управления. Информация, хранящаяся в ПЗУ, не может быть изменена или удалена.

Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) – энергозависимая память, в которой хранятся полученные в процессе адаптации данные. Данные из ОЗУ осуществляют корректировку настройки системы под изменяющиеся условия работы двигателя. При падении напряжения питания блока управления ниже 6 В, отключении аккумулятора или отсоединении блока управления от разъема данные из ОЗУ теряются.

EEPROM – память, не требующая питания для хранения информации. В память этого типа специальными устройствами на заводе или станциях технического обслуживания записывается информация паспортного характера, а также информация, связанная с начальными настройками системы.

Жгут проводов. Жгут системы управления МИКАС 5.4 служит для соединения блока управления с датчиками и исполнительными устройствами, а также для подвода питания от аккумуляторной батареи и соединения частей системы управления с массой автомобиля и автомобильным жгутом проводов.

Контакты с обжатými проводниками вставляются в соединители. Порядок расположения контактов в разъеме не должен быть нарушен. Большинство соединителей имеют ключи, которые позволяют только однозначное соединение с ответной частью. Соединение должно проводиться без чрезмерных усилий.

Датчик углового положения коленчатого вала (ДПКВ). Датчик 23.3847, «Автоприбор» или 0261210113, BOSCHB08CH (рис. 105) установлен в приливе передней крышки цепи напротив зубчатого диска и имеет гибкий соединительный кабель, заканчивающийся трехконтактной вилкой.

Датчик представляет собой катушку с магнитным сердечником. Сопротивление обмотки датчика составляет 880-900 Ом. Для нормальной работы системы управления необходимо, чтобы зазор между датчиком и зубьями зубчатого диска составлял 0,5-1,0 мм. Неисправность в цепи датчика положения коленчатого вала не позволяет эксплуатировать двигатель.

Датчик положения распределительного вала (ДПРВ). Датчик CMВ2-Ф18М-02-213, «Сенсор» или 0232103006, BOSCH (рис. 106) установлен в приливе головки блока цилиндров у 4-го цилиндра со

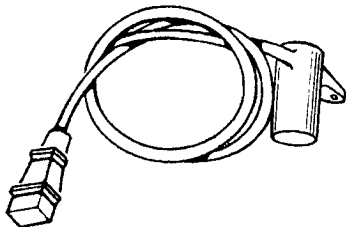


Рис. 105. Датчик положения коленчатого вала

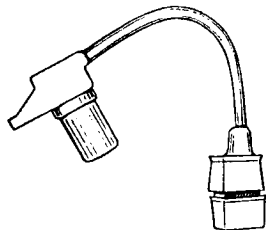


Рис. 106. Датчик положения распределительного вала

стороны выпускного коллектора и подключается к жгуту системы управления посредством трехконтактного соединителя. При нарушениях в работе датчика реализуется режим попарно-параллельной подачи топлива (каждая форсунка срабатывает один раз за каждый оборот коленчатого вала).

Датчик массового расхода воздуха (ДМРВ). Датчик ИВКШ.407282.000 «Импульс» или 0280212014, BOSCH (рис. 107) установлен во впускном тракте после воздушного фильтра и предназначен для определения наполнения цилиндров двигателя воздухом. На корпусе датчика расположен винт потенциометра регулировки топливоподачи при работе двигателя на холостом ходу. Датчик подключен к жгуту системы управления посредством шестиконтактного соединителя.

Датчик положения дроссельной заслонки (ДПДЗ). Датчик НРК1-8, АРЗ 0280122001, BOSCH (рис. 108) установлен на корпусе дроссельного патрубка и подключается к жгуту системы управления через трехконтактный соединитель.

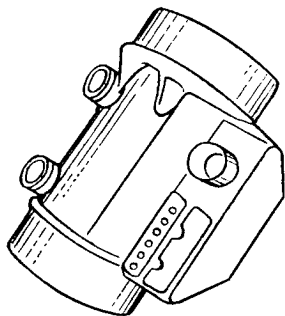


Рис. 107. Датчик массового расхода воздуха

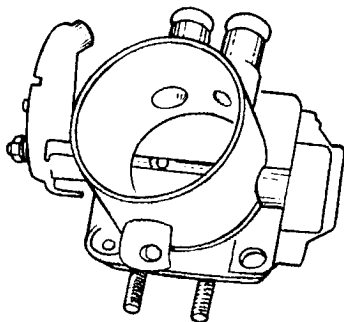


Рис. 108. Дроссельный узел с установленным на нем датчиком положения дроссельной заслонки

ДПДЗ представляет собой потенциометр, подвижная часть ко-

торого соединена с осью дроссельной заслонки. Базовое напряжение 5В в зависимости от угла поворота дроссельной заслонки изменяет свое значение. Выходное напряжение ДПДЗ от 0 до 5 В измеряется блоком управления, при этом закрытому положению дросселя соответствует выходное напряжение до 0,7 В, а полностью открытому – не более 4,8 В.

Датчики температуры охлаждающей жидкости (ДТОЖ) и температуры воздуха (ДТВ). Датчики модели 19.3828, КЗАМЭ (рис. 109) предназначены для определения температурного состояния двигателя и корректировки характеристик топливоподдачи. ДТОЖ установлен на корпусе термостата системы охлаждения, а ДТВ – в бобышке патрубка 4-го цилиндра впускного трубопровода. Датчики подключаются к жгуту системы управления посредством двухконтактных соединителей.

Датчик детонации (ДД). Датчик 0261231046, BOSCH (рис. 110) пьезоэлектрического типа устанавливается на блоке цилиндров двигателя у 4-го цилиндра со стороны впускного трубопровода. Датчик подключается к жгуту системы управления посредством двухконтактного соединителя.

Система зажигания. Электронный блок управления принимает опорные сигналы с датчика положения коленчатого вала. Отсутствие двух зубьев (двух опорных импульсов) позволяет синхронизировать ВМТ 1-го и 4-го цилиндров. На основе рассчитанных значений частоты вращения и нагрузки (массовый расход воздуха), электронный блок управления реализует искрообразование в соответствующем цилиндре. Используя информацию о напряжении бортовой сети автомобиля, электронный блок корректирует время подключенного состояния первичной обмотки катушки зажигания к источнику питания, от которого зависит время накопления энергии в катушках зажигания,

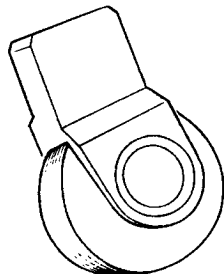
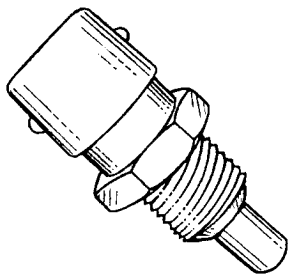


Рис. 109. Датчик температуры

Рис. 110. Датчик детонации

необходимой для полноценного искрообразования. Отсутствие подвижных деталей не требует обслуживания системы зажигания.

Катушки зажигания (КЗ). Для бесконтактного распределения

высоковольтного напряжения применяются две двухискровые КЗ 3012.3705, АТЭ – 2. Одна из них вырабатывает высоковольтные импульсы на свечи зажигания 1-го и 4-го цилиндров, а другая на свечи зажигания 2-го и 3-го цилиндров, причем искровой разряд происходит одновременно на двух свечах зажигания. Катушки установлены на клапанной крышке двигателя. Для соединения катушек зажигания со свечами должны использоваться высоковольтные провода с распределенным помехоподавляющим сопротивлением 2000 Ом/м.

Глава 3

ТЕСТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ И ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

3.1. Основные методы тестирования

Общие положения

Основные методы тестирования базируются на применении вольтметра и осциллографа. Эти методы более надежны и дают более полную информацию, чем измерение сопротивлений при помощи омметра. Измерение напряжений в цепи, находящейся под нагрузкой гораздо быстрее покажет истинную картину, чем измерение сопротивлений. В некоторых случаях отсоединение неисправного разъема и подключение омметра к его выводам покажет полную исправность цепи, хотя неисправность может заключаться в ненадежности соединений в самом разъеме. Кроме того, осциллограф помогает определить некоторые неисправности, которые невозможно определить при помощи вольтметра. Особенно полезен осциллограф для анализа импульсов сигналов датчиков и исполнительных устройств. С развитием выпуска небольших переносных осциллографов, имеющих относительно невысокую стоимость, такие приборы должны быть если не в каждом гараже, то на всех, даже небольших пунктах по ремонту автомобиля.

Большинство тестов производится при помощи вольтметра. Если необходимо измерить сопротивление при помощи омметра – это отдельно оговаривается. Для проверки напряжений идеально подходит подключение к разъему, через контакты которого проходят все входящие и выходящие сигналы. Результаты измерений в этих точках дают наиболее точные результаты. Однако по ряду причин не всегда удается подключить аппаратуру к разъему. В этих случаях допустимо подсоединение вольтметра к другим точкам без потери точности результатов измерений.

Подключение щупов вольтметра

Подсоедините отрицательный провод вольтметра к корпусу двигателя. Приложите щуп положительного провода к точке, где измеряется напряжение. Эта процедура в большинстве случаев дает достаточно точные результаты и рекомендуется для непрофессионалов.

Альтернативный способ: отогните защитный чехол разъема и подключите щуп вольтметра к проводу нужного контакта с обратной стороны, не разъединяя разъема (рис. 111). Если провода разъема недоступны, Вам понадобится коммутатор, подключаемый к разъему. Этот метод является наилучшим, поскольку при этом отсутствует риск повреждения контактов.

Еще один метод заключается в разъединении разъема и измерении напряжений на его контактах. Если нет дополнительных указаний, подключите отрицательный провод вольтметра к корпусу двигателя, а положительный – к соответствующей клемме разъема. Не вталкивайте щуп круглого сечения в прямоугольное гнездо разъема – этим Вы наверняка повредите разъем и в нем не будет надежного контакта.

Измерение сопротивлений

Убедитесь, что зажигание выключено, а питание компонентов отсоединено. Цепи, которые начинаются и заканчиваются (заземляются) в блоке, лучше всего проверять на разъеме, предварительно отсоединив его от блока.

Если сопротивление измеряется на вилке разъема, а проверяемый элемент имеет общие цепи с другим датчиком или исполнительными устройствами через общий провод заземления или питания, отключите все разъемы сопутствующих устройств. Если не выполнить эту процедуру, результаты теста могут быть не точными. Если Вы проверяете целостность участка цепи, предел измерения омметра не должен превышать 1 Ом.

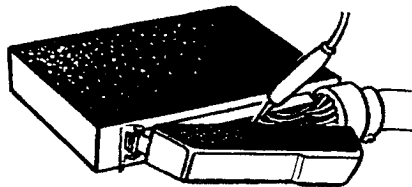


Рис. 111. Измерение напряжения на контактах разъема
Если Вы измеряете сопротивления резистора, указанное в техни-

ческих данных, не принимайте сразу окончательного решения о состоянии элемента только на основании этого измерения. Если сопротивление элемента не соответствует техническим данным, это не обязательно свидетельствует о его неисправности. И наоборот, если сопротивление соответствует техническим данным, это еще не говорит об исправности элемента. Только нулевое или очень большое сопротивление наиболее вероятно говорит о неисправности элемента. Омметр скорее должен применяться для проверки непрерывности цепи, чем для проверки исправности элемента.

3.2. Локализация неисправностей в контактных системах зажигания

Общая проверка системы зажигания

Если двигатель не работает, следует определиться, исправна система зажигания или нет.

Признак исправности системы зажигания – наличие высокого напряжения на свечах. Для установления этого признака проще всего отсоединить провод любой свечи, поднести его конец к корпусу на расстоянии 6 – 7 мм, включить зажигание и проворачивать коленчатый вал. Наличие искры свидетельствует об исправности системы зажигания до свечи. Свечи проверяются отдельно по внешнему признаку.

Для нахождения неисправностей систему зажигания следует условно разделить на две подсистемы: первичную и вторичную. Исправность первичной цепи проверяют по амперметру, установленному на щитке приборов.

При наличии короткого замыкания на участке от катушки зажигания до аккумулятора стрелка амперметра отклоняется в сторону разрядки до отказа.

При наличии короткого замыкания в цепи низкого напряжения от катушки зажигания до контактов распределителя зажигания амперметр показывает ток разрядки до 3 – 4 А при включении зажигания и показания не изменяются при поворачивании коленчатого вала двигателя.

При обрыве в цепи низкого напряжения или плохом контакте в зажимах аккумулятора стрелка амперметра всегда показывает ноль.

Поиск обрыва цепи

Обрыв цепи приводит к отказу конкретного потребителя тока и не оказывает влияния на всю остальную электрическую цепь. Поиск обрыва цепи осуществляется с помощью контрольной лампоч-

ки мощностью 3 – 5 Вт. Для удобства пользования пробник обычно выполняют в виде ручки, в которую вворачивается лампочка. К одному из электродов лампочки припаивается длинный провод с наконечником, подсоединенным на массу; вторым электродом, выполненным в виде короткого жесткого стержня, касаются участков конкретной цепи, в которой подозревается наличие обрыва. Проверку начинают от аккумулятора. Если в цепи между аккумулятором и проверяемой точкой нет обрыва, лампочка загорается. Обрыв цепи находится между точкой, при проверке которой лампочка не горит, и последней точкой, при проверке которой лампочка загорается. Клеммы следует проверять в трех точках: со стороны аккумулятора, непосредственно на клемме и со стороны потребителя. Если при проверке со стороны аккумулятора лампочка горит, а после клеммы не горит (или имеет слабый накал), значит клемма не пропускает ток (или имеет повышенное сопротивление).

Частный случай обрыва в цепи – наличие плохого контакта. Неисправности такого типа проявляют себя самым неожиданным образом: необъяснимое поведение контрольных приборов (плохой контакт панели приборов с корпусом), включение нитей накала дальнего и ближнего света одновременно (плохой контакт фары с корпусом), беспорядочное включение и выключение фонарей заднего хода, сигналов поворота – плохой контакт с кузовом блока фонарей и т.д.

В общем, если в системе электрооборудования случается неисправность, результаты которой кажутся совершенно невероятными, – ищите плохой контакт.

Поиск короткого замыкания или утечки тока

Короткое замыкание возникает в результате касания оголенного провода массы. При этом быстро нагреваются провода вплоть до клеммы аккумулятора, стрелка амперметра (если он установлен) резко отклоняется в сторону разрядки, появляется запах горячей резины. Если цепь защищена предохранителем (или автоматом защиты), предохранитель перегорает (или автомат защиты срабатывает и отключает цепь). Первые действия при появлении признаков короткого замыкания – немедленное отключение аккумулятора от массы. Утечка тока проявляется также отклонением стрелки амперметра (если он установлен) в сторону разрядки аккумулятора, но в меньшей степени, чем при наличии короткого замыкания.

Перегоревший предохранитель укажет цепь, в которой имеется короткое замыкание.

Чтобы определить, имеется ли замыкание на массу в какой-то

цепи, используется контрольная лампочка, подключаемая, например, вместо плавкой вставки на проводе от аккумулятора или между клеммой аккумулятора и проводом. При выключенном положении всех переключателей и систем лампочка не должна гореть. Последовательным подключением систем и блоков определяется цепь, в которой имеется утечка тока. При подключении исправной цепи лампочка горит слабо, при подключении цепи с замыканием на массу яркость свечения лампочки заметно увеличивается. Для определения места замыкания каждый провод следует отделить от жгута и проверить его подсоединением к контрольной лампочке. Для такой проверки обычно используется лампочка мощностью от 10 до 25 Вт.

3.3. Локализация неисправностей в электронных системах зажигания

Проверка первичной цепи системы зажигания

Электронные системы зажигания на отечественных автомобилях почти одинаковы. Поэтому все сказанное ниже о зажигании ВАЗ-2108 справедливо для «Оки», «Таврии», «Жигулей», «Нивы» с электронным зажиганием.

Если двигатель не заводится, начинать диагностирование системы зажигания следует с наблюдений за показаниями вольтметра: включите зажигание и посмотрите на вольтметр на щитке приборов. Его стрелка сначала установится примерно посередине шкалы, а через несколько секунд качнется немного вправо – это свидетельствует об исправности коммутатора (он отключает питание катушки зажигания при неработающем двигателе и включенном зажигании). Если этого не произошло, повторите операцию два раза, проворачивая немного коленчатый вал стартером.

Если бортового вольтметра нет, подключите тестер или контрольную лампочку к «массе» и к выводу катушки зажигания, соединенному коричнево-красным (как правило, но не обязательно) проводом с клеммой «1» коммутатора. Включив зажигание, ждите – стрелка тестера, включенного в режиме вольтметра, отклонится, а лампа загорится ярче при исправном коммутаторе. Значит коммутатор в порядке, но поскольку двигатель не пускается, следует проверить систему «на искру».

Центральный провод вынимаем из гнезда распределителя и размещаем в 7 – 10мм от «массы». Не стоит держать его незащищенной рукой. Теперь надо включить стартер и посмотреть на искру (или убедиться в ее отсутствии). Если вы работаете один, это вряд ли удастся: замок зажигания – в салоне, а провод – под капо-

том. Можно снять крышку распределителя и, вращая «бегунок» в пределах дозволенного пружинками центробежного автомата угла, наблюдать за центральным проводом. Если хода ротора не хватает, проверните немного коленчатый вал и попробуйте вновь – скорее всего, с новым положением валика распределителя датчик Холла заработает и искра (в исправной системе) будет.

А если так – значит причина отказа где-то между крышкой датчика-распределителя и свечами и теперь «на искру» надо проверить свечные провода. Снимать их при работающем двигателе (стартере) ни в коем случае нельзя и вот почему. Создавая искровой промежуток между свечой и проводом и увеличивая его, мы препятствуем нормальному прохождению тока на электроды свечи. Энергия накоплена, ей надо куда-то деться, а путь на свечу закрыт. Искра может «убежать» с электрода крышки распределителя на корпус или детали датчика-распределителя и поразить датчик Холла. Последний выйдет из строя, и двигатель «оживет» только после его замены.

Безопаснее и удобнее проверять свечной провод «на искру», вставив в наконечник жало штатной автомобильной отвертки – «перевертыша» (крест-шлица). Положив отвертку горизонтально ручкой на клапанную крышку, получим требуемый зазор между металлическим стержнем и «массой». Остается только включить зажигание и стартер (теперь без помощника не обойтись).

Виновниками отсутствия искры могут быть: треснувшая крышка датчика-распределителя, треснувший ротор (очень редко), сгоревший резистор в роторе или в наконечнике свечи.

Вернемся назад. Не обнаружив искры на центральном проводе распределителя, логично заподозрить неисправность катушки зажигания. Если возможности утвердить или отвергнуть эти подозрения, применив заведомо исправную катушку, нет, можно воспользоваться следующим способом. Попросите помощника включить стартер, а сами коснитесь пальцами одной руки вывода катушки зажигания, отсоединенного с выводом «1» коммутатора (этот вывод катушки не обозначен буквами, в отличие от другого маркировочного «+Б»). Если вас чувствительно «тряхнуло», а искры на центральном проводе нет, будьте уверены – в системе зажигания исправно все, кроме катушки.

Разберемся поподробнее с коммутатором. Если проверка вольтметром, о котором шла речь выше, указывает на его неисправность, прежде всего проверьте соединения с «массой». Для прибора 3620.3734 очень важна хорошая «масса» – не только через отрицательный вывод «2» на штекере, но и при плотном контакте через болты крепления непосредственно с кузовом автомобиля. Недовернутая гайка может стать причиной перебоев в работе

и скоропостижного отказа коммутатора.

Напомним еще один классический способ проверки коммутатора – с помощью трехваттной контрольной лампочки. К выводу лампы подключают красно-коричневый провод, идущий от клеммы «1» коммутатора к катушке зажигания (отсоединения его от последней). Другой вывод лампы подключают к клемме «+Б» катушки и включают стартер. При работоспособных коммутаторе и датчике Холла лампа мигает.

Последний проверяемый прибор – датчик Холла. Проверке лампой он не поддается. Если есть тестер, можно подключить его к разъему датчика или коммутатора (но разъемы при этом расстыковать нельзя). Иными словами, следует включить вольтметр между зеленым и черно-белым проводами, идущими от выводов «6» и «3» коммутатора к датчику Холла. Если последний исправен, при вращении коленчатого вала (желательно медленно не стартером, а ключом или за колесо) напряжение на выходе датчика резко меняется от минимального ($U_{\min} = 0,4 \text{ В}$) до максимального ($U_{\max} = 5 \text{ В}$).

Но подключаться между проводами неудобно, да и вольтметр есть не у каждого. Намного удобнее симитировать исправный датчик Холла. Для этого снимаем трехштекерную колодку с датчика-распределителя, включаем зажигание и подходящим отрезком провода переключаем выводы зеленого и черно-белого проводов. Если цвета проводов другие, переключаем центральный провод и «минусовой» – последний определим контрольной лампочкой. В момент соединения между центральным высоковольтным проводом и «массой» должна проскочить искра (конечно, центральный провод надо предварительно вынуть из крышки распределителя и расположить в нескольких миллиметрах от «массы»).

Переключку долго держать не следует – работайте ею как прерывателем. Искра есть – неисправен датчик Холла; нет – виноват коммутатор либо катушка.

Вообще, коммутатор – наиболее сложный и уязвимый прибор бесконтактной системы зажигания (БСЗ). Именно поэтому многие предпочитают возить с собой запасной. Резон в этом есть – прибор БСЗ отремонтирует специалист, автолюбитель может их только заменить. Многие владельцы «Самар», «Таврий» возят с собой целый «тревожный пакет» – набор «коммутатор – катушка зажигания – датчик-распределитель». Впрочем, последний можно не возить целиком, а ограничиться датчиком Холла.

Раз уж речь зашла о запасных коммутаторах, кстати, будет совет: возите запасной прибор не под сиденьем или в вещевом ящике, а закрепив его поверх штатного на удлиненных болтах. И замена упрощается, и «масса» у запасного всегда отличная.

Проверка вторичной (высоковольтной) цепи системы зажигания для двигателей с распределителем зажигания

При проверке и регулировке вторичной цепи лучше всего использовать осциллограф. Однако при его отсутствии можно обойтись недорогим оборудованием и тщательным осмотром.

Предварительные условия проверки. Убедитесь в исправности аккумулятора, стартера и генератора. Неисправности этих элементов могут породить проблемы в других системах двигателя. Например, выход из строя диода выпрямителя приводит к снижению напряжения питания, что, в свою очередь, приводит к неправильной работе системы зажигания.

Большинство проблем, связанных с пуском двигателя, вызываются загрязнением или неисправностями во вторичной цепи системы зажигания. Тщательная проверка всех элементов вторичной цепи и замена неисправных элементов способствуют увеличению срока службы двигателя.

Насколько возможно, устанавливайте элементы вторичной цепи, рекомендуемые фирмой-изготовителем автомобиля. При установке нефирменных запасных частей вероятность отказов резко возрастает.

Крышка катушки зажигания. Тщательно осмотрите катушку зажигания, в частности ее крышку, убедитесь в отсутствии следов утечек высокого напряжения, которые можно обнаружить по тонким трекам черного цвета.

Очистите и отполируйте крышку катушки зажигания. Эта мера поможет уменьшить утечку тока во влажную погоду. Имейте в виду, что любая утечка уменьшает запас энергии системы зажигания.

Сопротивление вторичной обмотки катушки зажигания. Отсоедините низковольтные провода катушки зажигания и подключите омметр между высоковольтным выводом и одной из низковольтных клемм. Сравните полученный результат с техническими данными для вашего автомобиля. Для большинства систем это значение находится в диапазоне 5000 ... 15000 Ом. Если подключить щуп омметра к другой низковольтной клемме, его показания не должны измениться. Так проверяются катушки, выполненные по автотрансформаторной схеме (контактные системы зажигания). Если катушка выполнена по трансформаторной схеме (электронные системы зажигания), то выводы омметра подключаются один к корпусу, а второй – к высоковольтному выводу.

Провода высокого напряжения. Аккуратно отсоедините про-

вода высокого напряжения от свечей. Если эту процедуру проводить небрежно, легко повредить наконечники проводов высокого напряжения, что приведет к увеличению их сопротивления. Осмотрите провода высокого напряжения и убедитесь в отсутствии повреждений изоляции или обрывов наконечников проводов. Измерьте сопротивление проводов при помощи омметра. Аналогичным образом осмотрите колпачки подавителей помех, если таковые установлены.

Снимите все компоненты вторичной цепи, не предусмотренные фирмой-изготовителем. Не устанавливайте провода высокого напряжения без подавителей помех на двигателе, имеющем электронные компоненты. В противном случае возможно нарушение работы электронного блока управления. В некоторых двигателях устанавливаются провода без подавителей помех при экранированной крышке распределителя (например, на автомобиле BMW).

Замените старые или неисправные провода высокого напряжения. Убедитесь, что провода высокого напряжения правильно подключены к соответствующим свечам. Убедитесь в надежном креплении провода между крышкой катушки зажигания и крышкой распределителя.

Крышка распределителя. Для осмотра снимите крышку распределителя. Внимательно осмотрите крышку. Убедитесь в отсутствии трещин, царапин и следов утечки тока как на внешней, так и на внутренней поверхностях крышки (рис. 112).

Убедитесь в отсутствии масла или воды на внутренней поверхности крышки. Следы масла указывают на неисправность уплотнения распределителя. Масло уменьшает мощность искры, способствует утечке тока. Вода может находиться в старом моторном масле и в случае утечки охлаждающей жидкости через прокладку головки цилиндров попадать в распределитель через дефектное уплотнение распределителя.

Осмотрите контакты высоковольтных проводов и убедитесь в отсутствии коррозии. Смойте грязь с крышки распределителя и отполируйте ее поверхность.

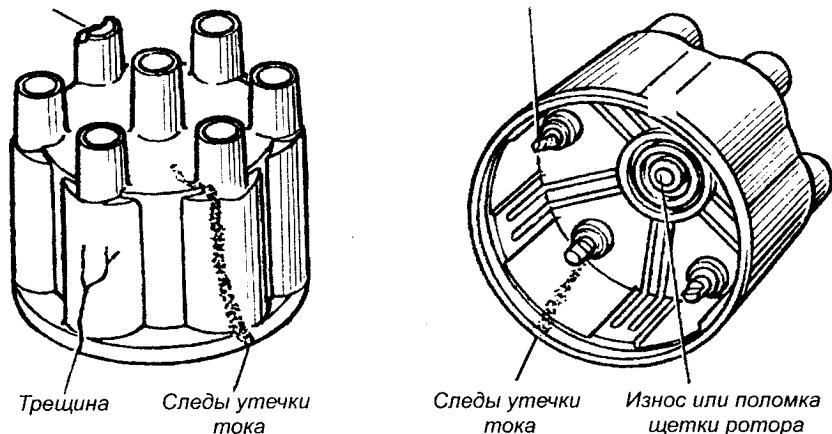


Рис. 112. Основные дефекты крышки распределителя

Полировка крышки способствует уменьшению утечек тока при влажной погоде. Если у вас имеются хоть малейшие сомнения в пригодности крышки распределителя, замените ее вместе с ротором.

Ротор распределителя. Убедитесь в отсутствии внешних повреждений ротора. Если в роторе имеется резистор, проверьте его сопротивление при помощи омметра и сравните его с техническими данными. Если сопротивление резисторов не указано, обычно оно находится в диапазоне 1000 – 5000 Ом. Чрезмерное сопротивление ротора снижает мощность вторичной цепи, что приводит к ослаблению искры. Не зачищайте наконечник ротора, поскольку это приводит к увеличению зазора и, как следствие, к ослаблению искры.

Проверка свечей зажигания

Замена свечей. Регулярно заменяйте свечи зажигания в соответствии с рекомендациями фирмы-изготовителя. Если автомобиль эксплуатируется в тяжелых условиях (т.е. используется для частых поездок на короткие расстояния), свечи зажигания должны заменяться чаще. Надо помнить, что нет еще свечей с большим ресурсом, несмотря на то, что электроды многих из них изготавливают из благородных металлов. Поэтому, когда говорят, что кто-то на своих свечах наездил 60000 км, то к этому надо относиться так же, как если бы говорили, что не менял масло в двигателе в 4 раза дольше, чем рекомендуется. Нормальный ресурс свечей – 10 – 15 тыс. км.

Отверните свечи и внимательно осмотрите их. По состоянию

свечи зажигания можно многое узнать об общем состоянии двигателя, о составе рабочей смеси, а также о многих неисправностях. Замените свечи зажигания, если у них сломаны электроды, расколлот изолятор (внутренний или внешний), слишком толстый слой нагара или оплавлены электроды. Перед установкой новых свечей зажигания не забудьте отрегулировать зазор между электродами.

Снятие свечей. Перед отворачиванием свечи убедитесь, что она установлена без перекосов. Небрежная установка свечи зажигания может привести к разрушению резьбы в головке цилиндров.

При снятии и установке свечи в отверстие головки цилиндров проявляйте особую осторожность. Лучше снимать свечу с холодного двигателя, особенно если головка цилиндров сделана из алюминиевого сплава. Некоторые фирмы-изготовители рекомендуют вообще не заменять свечи, если двигатель горячий.

Отверните свечу на два – три оборота, затем продуйте резьбу сжатым воздухом. Это поможет предотвратить попадание грязи внутрь цилиндра двигателя после снятия свечи. Если свеча чрезмерно затянута, смочите ее резьбу жидкостью WD-40 с высокой проникающей способностью (для отворачивания старых резьб) и осторожно отверните ее.

Если ключ для отворачивания свечей сильно изношен или имеет неправильный размер, он может проворачиваться вокруг свечи, что затруднит ее снятие.

Типы свечей. Свечи зажигания должны иметь правильные размеры и тепловой диапазон. Размеры свечей могут варьироваться по длине и по диаметру. Кроме того, бывают свечи с коническим посадочным поясом или шайбой. Не устанавливайте свечи с неподходящими размерами, или имеющими другой тепловой диапазон.

При установке более длинной свечи (например, 3/4" вместо 1/2") имеется опасность повреждения поршня. Кроме того, образование нагара на части резьбы, находящейся в камере сгорания, может вызвать большие трудности при отворачивании свечи.

При установке более короткой свечи также происходит образование нагара на резьбе головки цилиндров, что вызывает сложности при установке свечи подходящего размера. Кроме того, более короткая свеча приводит к неполному сгоранию рабочей смеси.

Установка свечи неправильного теплового диапазона может привести к поломке двигателя. Свеча с более горячим тепловым диапазоном может привести к перегреву двигателя, преждевременному зажиганию и поломке поршня. Свеча с более холодным диапазоном не так опасна, хотя при ее установке имеется тенденция к более быстрому образованию нагара, особенно при коротких поездках.

Если двигатель изношен и некоторое количество масла попадает внутрь цилиндра, имеет смысл в установке более горячей свечи. При этом масляные отложения будут выгорать и свеча будет меньше загрязняться.

Установка свечи более горячего диапазона, чем регламентируется фирмой-изготовителем, не рекомендуется из-за опасности поломки двигателя, особенно при движении с большими скоростями или при полной загрузке двигателя. При установке более горячей свечи во время резкого ускорения возникает преждевременное зажигание, которое может привести к немедленной поломке поршня.

Обслуживание свечей. Очистка свечей при помощи проволочной щетки не рекомендуется из-за опасности повреждения свечи и ее электродов. И вообще, очистка свечи, как правило, дает лишь кратковременный эффект, даже если очистка была проведена с использованием пескоструйного аппарата.

Замасливание свечей зажигания свидетельствует об износе маслосъемных колец или колпачков клапанов. Для продления срока службы двигателя замените изношенные детали. Замасливание центрального изолятора может привести к отсутствию искры в свече.

При осмотре и замене свечи всегда проверяйте зазор между электродами. Слишком маленький или слишком большой зазор приводит к плохому запуску двигателя, снижению приемистости и уменьшению экономичности двигателя.

Установка свечей. Если резьба в головке цилиндров сильно загрязнена, прочистите ее метчиком с большим количеством масла перед установкой свечи. Будьте аккуратны и не допускайте попадания грязи внутрь цилиндра.

Заверните рукой свечу зажигания до упора, затем заверните ее ключом на $1/4$ оборота, если свеча имеет плоскую прокладку, и $1/6$ оборота, если свеча имеет коническое седло. Не превышайте момент затяжки свечи, чтобы не повредить резьбу головки цилиндров!

Если вы пользуетесь динамометрическим ключом, момент затяжки свечи с коническим седлом составляет $10...20$ Н·м. В случае перетяжки свечи, у Вас возникнут трудности при последующем отворачивании.

Конические свечи особенно легко перетянуть из-за эффекта заклинивания конуса. Последующее отворачивание перетянутой свечи может привести к ее поломке. В этом случае свечу следует извлечь при помощи специального приспособления. В некоторых

случаях для отворачивания свечи понадобится снятие головки цилиндров.

С другой стороны, недостаточная затяжка конической свечи может привести к утечке продуктов сгорания вдоль резьбы. Это приводит к незначительному снижению компрессии в течение нескольких сотен километров пробега. Затем образование нагара предотвратит эту утечку, но создаст трудности при отворачивании свечи. Если вы заметили загрязнение внешнего изолятора свечи, немедленно замените свечи и затяните их правильным моментом.

Проверка напряжения вторичной цепи

Проверка на неработающем двигателе. Проверьте наличие высокого напряжения в свечном проводе. Существует несколько способов, некоторые из них перечислены ниже. Во всех случаях вращайте двигатель стартером.

1. Держите наконечник высоковольтного провода в 6 мм от корпуса двигателя. Искра должна преодолевать этот зазор.

2. Закрепите на корпусе двигателя разрядник и подключите к нему высоковольтный провод. Искра должна преодолевать зазор разрядника.

3. Альтернативный метод основан на применении оборудования, способного определять частоту вращения двигателя при подключении к высоковольтному проводу (с помощью индуктивного преобразователя). Подключите оборудование к высоковольтному проводу и вращайте стартером двигатель. Если оборудование регистрирует частоту вращения, значит система зажигания исправна. Аналогичным образом проверьте остальные высоковольтные провода.

При отсутствии искры проверка осуществляется следующим образом:

проверьте включение первичной цепи системы зажигания. Если она не включается, проверьте первичную цепь. Для проведения проверок ознакомьтесь с их описанием в соответствующих подразделах книги;

проверьте наличие искры на выводе катушки зажигания. В исправной системе зажигания искра должна быть мощной;

если искра на выводе крышки катушки зажигания отсутствует, проверьте первичную цепь. Если первичная цепь исправна, а вторичная – нет, замените катушку зажигания;

перед заменой катушки зажигания измерьте сопротивление высоковольтного провода и наличие контакта провода с выводом ка-

тушки зажигания. Если сопротивление превышает 30000 Ом, замените провод;

проверьте сопротивление вторичной цепи катушки зажигания. Подключите омметр к высоковольтному выводу и одной из низковольтных клемм. Сравните результат с техническими данными.

Если искра на выводе катушки зажигания присутствует, а на свечах – нет, проверьте следующие компоненты:

провода высокого напряжения. Перед снятием пометьте каждый провод для обеспечения их правильной установки;

убедитесь, что провода высокого напряжения имеют хороший контакт с выводами катушки зажигания и крышкой распределителя. Наиболее вероятная причина отсутствия искры – плохой контакт высоковольтных проводов;

снимите провода (один за другим) и измеряйте сопротивление. Максимальное сопротивление высоковольтного провода не должно превышать 30000 Ом;

осмотрите каждый провод. Если изоляция провода нарушена или он имеет плохой контакт с выводом крышки распределителя, замените его;

убедитесь в правильном подключении высоковольтных проводов к выводу крышки распределителя и соответствующей свече;

снимите крышку распределителя и убедитесь в отсутствии повреждений крышки или ротора;

убедитесь в отсутствии влаги на компонентах вторичной цепи;

проверьте состояние, зазор и тип свечей зажигания. Большинство проблем электронных систем зажигания возникает из-за износа или загрязнения свечей зажигания. При малейшем сомнении в исправности свечей замените их.

Проверка на работающем двигателе. Некоторые из вышеупомянутых неисправностей, препятствующих запуску двигателя, могут быть причиной неустойчивой работы двигателя. В этих случаях проверяют:

высоковольтные провода;

сопротивление вторичной цепи катушки зажигания;

состояние свечей зажигания, их тип и зазор между электродами.

Изоляция вторичной цепи. При пробое изоляции ток начинает протекать на корпус двигателя. Изоляцию элементов вторичной цепи можно проверить следующим образом:

запустите двигатель на частоте вращения холостого хода. Для облегчения проверки ее следует делать в темном гараже;

подключите изолированный провод к корпусу двигателя;

медленно ведите концом провода вдоль высоковольтных проводов, вокруг катушки зажигания и крышки распределителя;

конец провода должен располагаться на расстоянии, не превы-

шающем 6 мм от исследуемых компонентов.

Если вы увидите искру между концом провода и любым компонентом, это говорит о пробое изоляции. Замените неисправный компонент.

Неисправность высоковольтной цепи. Наиболее частыми причинами отказов высоковольтной цепи системы зажигания являются:

загрязнение свечей зажигания;

разрушение электродов свечи или чрезмерно большой зазор между электродами;

неправильное подключение катушки зажигания;

чрезмерное сопротивление высоковольтных проводов;

высоковольтные провода низкого качества;

коррозия на выводах катушки зажигания и крышки распределителя;

плохой контакт в первичной цепи;

слишком сильное подавление.

Неисправность вторичной цепи может привести к отказу электронной системы зажигания или неправильному действию электронного блока управления.

Проверка вторичной цепи системы зажигания для двигателей без распределителя зажигания

Проверка аналогична проверке системы, имеющей распределитель зажигания.

Внимательно осмотрите высоковольтные провода. Максимальное сопротивление любого провода не должно превышать 30000 Ом.

Осмотрите свечи зажигания.

Проверьте состояние, тип и зазор свечей зажигания. Большинство неисправностей электронных систем зажигания связаны с износом и загрязнением свечей зажигания. При малейшем сомнении в неисправности свечей замените их.

Поскольку в системах зажигания с холостой искрой, искра проскакивает сразу в двух цилиндрах, неисправный высоковольтный провод приводит к сбоям зажигания сразу в двух цилиндрах двигателя.

Убедитесь, что провода высокого напряжения правильно подключены к крышке катушки зажигания и к соответствующим свечам.

На крышке катушки зажигания выводы обычно нумеруются в соответствии с номерами цилиндров. Неправильное подключение проводов высокого напряжения может привести к поломке двигателя.

Осмотрите катушку зажигания и ее крышку.

Проверьте сопротивление вторичной обмотки катушки зажига-

ния следующим образом:

отсоедините высоковольтные провода от крышки катушки зажигания;

пометьте их для правильного последующего подключения;

измерьте сопротивление между каждой парой согласованных высоковольтных выводов и сравните результаты с техническими данными.

Проанализируем результаты:

если искра имеется только на одной свече из пары (например, 1 и 4, или 2 и 3), это говорит о неисправности провода высокого напряжения или свечи;

отсутствие искры на обеих свечах из одной пары говорит о неисправности первичной или вторичной цепи катушки зажигания;

отсутствие искры на всех свечах говорит о неисправности первичной или вторичной цепей катушки зажигания, или, возможно, о неисправности задающего генератора (датчика положения коленчатого вала).

3.4. Проверка датчиков и исполнительных устройств

Задающий генератор – индукционный датчик на маховике. Осмотрите разъем датчика и убедитесь в отсутствии коррозии и повреждений. Убедитесь, что штырьки разъема до конца входят в свои гнезда и имеют с ним хороший контакт.

Снимите датчик с блока цилиндров. Осмотрите его и убедитесь в отсутствии коррозии и повреждения датчика.

Измерьте сопротивление обмотки датчика и сравните результаты с техническими данными.

Многие неисправности системы зажигания возникают в случае неправильного сигнала датчика.

Такая проверка пригодна также для датчиков частоты вращения коленчатого вала и для задающего генератора, расположенных в распределителе зажигания.

Проверка напряжения сигнала датчика. Этот тест проводится, если двигатель не запускается.

Отсоедините разъем датчика и подключите вольтметр между двумя выводами датчика. Если имеется третий вывод, то это экран датчика (рис. 113).

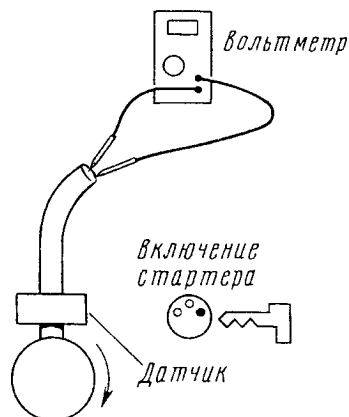


Рис. 113. Измерение напряжения сигнала индукционного датчика вольтметром

Вращайте двигатель стартером. Напряжение должно быть не менее 0,7 В. Наиболее современные датчики имеют напряжение не менее 1,4 В. Наличие напряжения свидетельствует лишь о том, что датчик способен его генерировать. Однако это не является гарантией того, что показания или сигнал датчика являются корректными.

Проверка сопротивления датчика. Отсоедините разъем датчика и подключите омметр между двумя клеммами датчика.

Измерьте сопротивление и сравните его с техническими данными. Если сопротивление датчика соответствует техническим данным, это не является гарантией того, что показания датчика являются корректными.

Проверка экранирования датчика. Подключите провод омметра к одному из выводов (1 или 2) датчика. Второй провод омметра подключите к выводу экрана. Омметр должен показать бесконечность.

Отсоедините провод омметра от вывода экрана и подключите его к корпусу. Показания омметра не должны измениться.

В некоторых датчиках вывод экрана совмещен с проводом заземления датчика. В этом случае нулевое сопротивление не является признаком неисправности датчика. Ознакомьтесь со схемой электропроводки вашего автомобиля.

Задающий генератор на основе датчика Холла. В большинстве систем этот датчик расположен в распределителе. В некоторых системах он может быть установлен на маховике. Осмотрите разъем датчика и убедитесь в отсутствии коррозии и повреждений.

Убедитесь, что штырьки разъема до конца входят в свои гнезда и имеют с ними хороший контакт.

Быстрая проверка (если двигатель не запускается и нет искры). Отсоедините высоковольтный провод от центрального вывода крышки распределителя и подключите его к разряднику, закрепленному на двигателе.

Отсоедините разъем датчика на корпусе распределителя.

Найдите контакты питания, сигнала и заземления датчика.

На мгновение замкните отрезком провода контакты (0) и (-) вилки разъема датчика (рис. 114). Если в свече возникнет искра, это говорит о том, что катушка зажигания и усилитель исправны, а задающий генератор – нет.

Проверка датчика Холла. Отверните уплотнение с разъема датчика.

Подключите отрицательный провод вольтметра к корпусу двигателя.

Найдите в разъеме контакты питания, сигнала и заземления датчика.

Подключите положительный провод вольтметра к проводу, по которому снимается сигнал датчика.

Запустите двигатель и дайте ему работать на холостом ходу. Напряжение должно находиться в диапазоне 7–8 В (рис. 115).

Напряжение сигнала отсутствует. Остановите двигатель. Снимите крышку распределителя.

Подключите разъем датчика, включите зажигание и подключите положительный провод вольтметра к проводу сигнала датчика.

Медленно проворачивайте коленчатый вал. Напряжение вольтметра должно периодически пропадать и становиться равным 10...12 В.

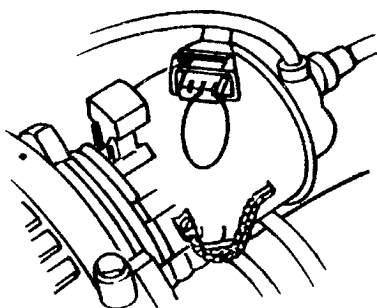


Рис. 114. Локализация неисправности

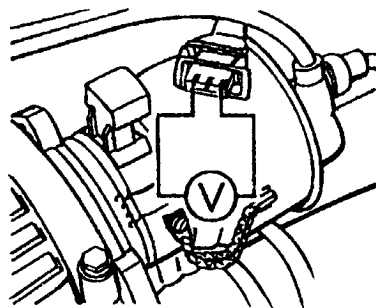


Рис. 115. Проверка датчика Холла

Напряжение сигнала отсутствует. Отсоедините разъем датчи-

ка. Подключите положительный провод вольтметра к контакту 2 (0) вилки разъема, напряжение должно составить 10...12 В.

Если напряжение отсутствует, проверьте исправность провода между разъемами электронного блока управления и датчика. Снова измерьте напряжение.

Если на разъеме напряжение отсутствует, проверьте напряжение питания электронного блока управления и его заземление. Если напряжение питания и заземление исправны – неисправен электронный блок управления.

Проверьте напряжение питания датчика (10–12 В) на контакте 1. Если напряжение отсутствует, проверьте исправность провода между разъемами электронного блока управления и датчиками.

Проверьте заземление датчика на клемме.

Если напряжение питания и заземление находятся в норме, датчик неисправен.

Проверка первичной цепи системы зажигания. Убедитесь, что клеммы катушки зажигания в хорошем состоянии.

Очистите катушку зажигания от грязи. Грязь способствует утечке тока.

Исследуйте поверхность катушки зажигания и убедитесь в отсутствии следов утечки, особенно на крышке катушке.

Проверка на неработающем двигателе. Для ниже приведенных проверок наиболее подходящим оборудованием является осциллограф.

Подключите отрицательный провод осциллографа к корпусу двигателя. Положительный провод осциллографа подключите к клемме (-) катушки зажигания.

Вращайте двигатель стартером.

Если уровень сигнала и осциллограмма соответствуют рис. 20,а, это говорит об исправности первичной цепи, включая задающий генератор.

Сигнал отсутствует (усилитель зажигания находится вместе с электронным блоком управления). Проверьте задающий генератор и убедитесь в наличии сигнала. Включите зажигание.

Убедитесь, что на клемме (+) катушки зажигания присутствует напряжение питания. Если напряжение питания отсутствует, проверьте цепь питания (выключатель зажигания или реле).

Измерьте напряжение на клемме (-) катушки зажигания. Если напряжение отсутствует, снимите провод с клеммы и вновь измерьте напряжение. Если напряжение отсутствует, измерьте сопротивление первичной цепи катушки зажигания. Сравните резуль-

тат с техническими данными.

Если измеренное напряжение соответствует напряжению аккумулятора, проверьте замыкание клеммы на «массу» через соответствующий контакт разъема электронного блока управления.

Отсоедините разъем электронного блока управления и измерьте напряжение на соответствующей клемме электронного блока управления. Если напряжение отсутствует, проверьте исправность провода между клеммой катушки зажигания и разъемом электронного блока управления.

Если провод исправен, проверьте все напряжения питания электронного блока управления и его заземление. Если все исправно, значит электронный блок управления неисправен. Однако перед заменой электронного блока управления попробуйте заменить катушку зажигания.

Если система зажигания без распределителя, повторите все проверки для второй катушки зажигания. Имейте в виду, что назначение контактов разъема электронного блока управления для различных систем может отличаться.

Сигнал отсутствует (усилитель находится отдельно от электронного блока). Проверьте задающий генератор и убедитесь в наличии сигналов. Включите зажигание.

Убедитесь, что на клемме (+) катушки зажигания присутствует напряжение питания. Если напряжение питания отсутствует, проверьте цепь питания (выключатель зажигания).

Измерьте напряжение на клемме (-) катушки зажигания. Если напряжение отсутствует, отсоедините провод от клеммы (-) катушки зажигания и вновь измерьте напряжение. Если напряжение все равно отсутствует, измерьте сопротивление первичной цепи катушки зажигания, катушка может быть неисправна. Если напряжение питания присутствует, проверьте целостность провода между катушкой зажигания и усилителем. Если провод исправен, значит усилитель вышел из строя.

Отсоедините разъем усилителя. Измерьте напряжение на выводе усилителя, соединенного с клеммой (-) катушки зажигания. Если напряжение отсутствует, проверьте провод между усилителем и клеммой (-) катушки зажигания.

Проверьте цепь питания усилителя от выключателя зажигания.

Проверьте цепь заземления усилителя.

Вращайте двигатель стартером и убедитесь в наличии сигнала от электронного блока управления к усилителю. Для этой цепи более предпочтительно применение осциллографа. Если сигнал отсутствует, проверьте провод между усилителем и электронным блоком управления. Если сигнал присутствует, а на выходе усилителя отсутствует, значит усилитель неисправен.

Если все провода исправны, проверьте напряжения питания и заземления электронного блока управления. Если все в норме, значит электронный блок управления неисправен. Однако перед заменой электронного блока управления попробуйте заменить усилитель и(или) катушку зажигания.

Если система зажигания без распределителя, повторите проверки для второй катушки зажигания. Имейте в виду, что назначение контактов разъема электронного блока управления для различных систем может отличаться.

Проверка датчика детонации. Осмотрите разъем датчика и убедитесь в отсутствии коррозии и повреждений. Убедитесь, что штырьки разъема до конца входят в свои гнезда и имеют с ними хороший контакт.

Подключите провод измерителя угла опережения зажигания к высоковольтному проводу цилиндра №1.

Запустите двигатель на холостом ходу. Аккуратно ударьте по блоку цилиндров в районе цилиндра №1. Угол опережения зажигания должен уменьшаться.

Глава 4

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И РЕМОНТ СИСТЕМ ЗАЖИГАНИЯ

4.1. Последовательность выполнения работ

Диагностирование систем зажигания и ремонт целесообразно выполнять в такой последовательности:

- опрос владельца автомобиля;
- начальный осмотр;
- оценка состояния при помощи специального оборудования;
- диагностирование путем считывания кодов неисправностей;
- диагностирование неисправностей на основании признаков;
- замена неисправных блоков и ремонт соединений.

Опрос владельца

Заполняется специальный «Бланк опроса», цель которого заключается в том, чтобы узнать, при каких условиях наступает неисправность. Это важная предпосылка для определения последовательности выполнения проверок. Кроме того, предотвращаются возможные недоразумения между мастером и владельцем автомобиля. В бланк опроса обычно включают характерные признаки неисправности и условия их проявления.

Начальный осмотр

Независимо от неисправности выполнение нижеследующих мероприятий является необходимой предпосылкой для устранения неполадки. Во многих случаях при проведении этих мероприятий неисправность удается найти.

Имейте в виду, что перечисленные ниже пункты могут относиться ко всем двигателям. Внимательный начальный осмотр поможет Вам сэкономить время устранения неисправности. Многие изношенные, но работающие электрические компоненты могут быть пропущены при диагностировании на специальном оборудовании.

- * Проверьте состояние аккумулятора.
- * Проверьте надежность крепления аккумулятора.
- * Проверьте провода, идущие от аккумулятора.
- * Проверьте состояние и натяжение ремня генератора.
- * Выньте и осмотрите свечи зажигания. При необходимости замените их.
- * Проверьте зазор между электродами свечей зажигания.
- * Убедитесь, что тип свечей соответствует двигателю Вашего автомобиля.
- * Снимите крышку распределителя зажигания и проверьте ее состояние. Убедитесь в отсутствии трещин и следов утечки высокого напряжения.
- * Убедитесь в отсутствии масла или влаги в распределителе.
- * Проверьте состояние ротора и измерьте все сопротивления.
- * Проверьте состояние крышки катушки зажигания. Убедитесь в отсутствии трещин и следов утечки высокого напряжения.
- * Проверьте состояние всех электрических соединений и убедитесь в отсутствии коррозии или плохого контакта.

Оценка состояния при помощи специального оборудования

Лист проверок, приведенный ниже, представляет собой пример регистрационного листа оценки состояния двигателя. Для проведения большинства проверок требуется лишь наличие цифрового мультиметра и аналогичных недорогих приборов. Вместе с тем, некоторые проверки могут потребовать специального оборудования.

Диагностирование путем считывания кодов неисправностей

Проверка основных данных. Как общее правило, перед подключением считывателя кодов неисправностей выполняются проверки, проводимые при начальном осмотре и оценке общего состояния двигателя. Причина этого ясна – неисправности электропроводки, особенно высоковольтной цепи, могут неблагоприятно сказываться на работе электронного блока управления и приводить к неправильным результатам проверок. Только после устранения неисправностей в электроцепях можно приступить к проверке функционирования электронного блока управления и датчиков.

Проверка системы самодиагностирования. Горит ли сигнальная лампочка (если она имеется) при работе двигателя? Если это так, значит система управления двигателем неисправна. Следует иметь в виду, что в некоторых системах при возникновении мелких неисправностей сигнальная лампочка не загорается.

Проверки	Результат
<ul style="list-style-type: none"> * Напряжение аккумулятора (не менее 12,4 В). * Напряжение при пуске двигателя (не менее 9,6 В в течение 15 с). * Напряжение после запуска двигателя (не менее 12,0 В через 15 с после запуска двигателя). * Сила тока при пуске двигателя. * Ток заряда после запуска (сразу после запуска двигателя доведите частоту вращения до 3000 мин⁻¹. При этом ток заряда должен быть не менее 10% мощности генератора). * Напряжение заряда без нагрузки (при частоте вращения 3000 мин⁻¹ и выключенных потребителей электроэнергии напряжение должно быть меньше номинального напряжения заряда). * Напряжение заряда под нагрузкой (при частоте вращения 3000 мин⁻¹ включите обогреватель заднего стекла, мотор отопителя. Напряжение должно быть 12 – 13 В). * Напряжение на катушке зажигания (не менее 11 В при включенном зажигании). * Напряжение на катушке при пуске двигателя (не менее 9,0 В). * Правильность полярности подключения катушки зажигания. * Надежность изоляции компонентов вторичной цепи. * Установка базового угла опережения (отрегулируйте его, если возможно). * Увеличение угла опережения. * Регулировка датчика угла поворота коленчатого вала (если возможно). * Регулировка положения дроссельной заслонки (если возможно). * Регулировка потенциометра или выключателя дроссельной заслонки (если возможно). * Частота вращения холостого хода и уровень СО (отрегулируйте их, если возможно). * Разрежение во впускном коллекторе при частоте вращения вала на холостом ходу (580 – 750 мбар) * Разрежение во впускном коллекторе при 2500 мин⁻¹. * Частота вращения вала на холостом ходу * Переключение датчика Лямбда (богатая смесь/бедная смесь/нормальная смесь). * Показания газоанализатора (холостой ход – 2000 мин⁻¹, 3000 мин⁻¹, ускорение). 	

Подключите к диагностическому разъему считыватель кодов неисправностей или контрольный светодиод и запишите коды неисправностей. Если коды неисправностей имеются, проверьте неисправные цепи при помощи соответствующих тестов. Если кодов неисправностей не зарегистрировано, при помощи считывателя кодов неисправностей снимите текущие данные (данные о работе датчиков и исполнительных механизмов). Эта возможность предусмотрена не во всех системах.

Ограничения системы самодиагностирования. Иногда считыватель кодов неисправностей считают лекарством от всех проблем, связанных с двигателем, однако, зафиксированный код – только начало устранения неисправности. В значительной степени информация, извлекаемая при помощи считывателя кодов, определяется программой, записанной в памяти электронного блока управления. Считыватель кодов использует эту информацию, но если некоторые данные не запрограммированы заранее или не предназначены для вывода через диагностический разъем, эти данные не будут фиксироваться считывателем.

Во многих случаях считыватель кодов способен на быструю оценку возникшей неисправности. Однако он не может дать ответа на все вопросы, поскольку некоторые неисправности (в основном, неисправности самого электронного блока управления) не имеют кодов неисправности.

Имеются несколько общих ограничений систем самодиагностики:

основные данные, которые могут быть извлечены при помощи считывателя, определены изготовителем автомобиля, поэтому система управления двигателем и считыватель кодов должны быть совместимы друг с другом;

код неисправности не будет зафиксирован, если электронный блок управления не запрограммирован на проверку данного компонента;

из-за неисправности электропроводки или высоковольтной цепи системы зажигания может возникнуть ложный код неисправности;

один или несколько кодов неисправности могут быть вызваны неисправностью компонента, который может иметь или не иметь свой код неисправности;

код неисправности указывает на неисправность цепи, но не обязательно самого компонента. например, код неисправности датчика температуры охлаждающей жидкости может быть вызван неисправностью датчика, электропроводки или коррозией разъема. Перед проверкой компонента всегда проверьте электропроводку и все разъемы цепи этого датчика;

существует ограничение по выходу показаний датчика за пределы диапазона. Если показания датчика остаются в пределах диапазона, код неисправности не будет зарегистрирован. Например, неисправный датчик температуры охлаждающей жидкости вызовет код неисправности, если его цепь короткозамкнута или разорвана. Однако, если показания датчика неправильные, но находятся в пределах диапазона его показаний, код неисправности не будет зафиксирован, хотя работа двигателя станет заметно хуже;

некоторые системы самодиагностирования способны регистрировать непостоянные неисправности, которые то появляются, то исчезают, а другие – нет;

в некоторых системах коды неисправности стираются при выключении зажигания;

автомобили ранних выпусков с системами управления впрыском топлива не имеют функции самодиагностирования.

Применение считывателя кодов. Более совершенные считыватели способны диагностировать систему управления в процессе работы двигателя и регистрировать ее параметры.

Считыватель кодов неисправностей используется для решения следующих проблем:

считывание кода неисправности;

стирание кода неисправности;

получение текущих данных в процессе работы (не для всех систем);

тестирование исполнительных устройств.

Динамическое тестирование. Подключите считыватель к диагностическому разъему электронного блока управления. После того как считыватель зафиксировал одну или несколько неисправностей. Вам понадобится цифровой мультиметр или осциллограф для детальной проверки подозреваемого компонента. При проведении проверки цепи датчика или исполнительного механизма обратитесь к разделу «Проверка датчиков и исполнительных устройств» в гл. 3.

После того как считыватель зарегистрировал код неисправности, запрос текущих данных (эта функция имеется не во всех системах) поможет быстро определить место неисправности. Эти данные могут быть представлены в различных формах. По существу, они представляют собой данные о напряжении, частоте, длительности импульсов, температуре и т.д., возникающих при работе датчика или исполнительного устройства. К сожалению, не все системы имеют такую функцию. Поскольку все данные при таком способе выводятся в режиме реального времени, оценка работоспособности датчика или исполнительного устройства может быть осуществлена достаточно быстро и точно.

Приведение в действие исполнительного устройства или реле через электрический блок управления – превосходный метод оценки исправности исполнительного устройства и соответствующей цепи электропроводки. Если исполнительное устройство при этом срабатывает, это доказывает, что он сам и его электропроводка исправны. К сожалению, для датчиков двигателя такая проверка невыполнима.

При помощи цифрового вольтметра или осциллографа измерьте напряжение в неисправном компоненте. Сравните это напряжение с техническими данными. При помощи омметра проверьте непрерывность цепи и сопротивление компонента. Сравните сопротивление с техническими данными.

После устранения неисправности сотрите код неисправности при помощи считывателя. Вновь считайте данные из электронного блока управления и убедитесь в отсутствии кодов неисправности. Не забывайте, что электронный блок управления регистрирует только неисправности электронных цепей. Механические неисправности или неисправности вторичной цепи системы зажигания должны регулярно проверяться традиционными способами. Убедитесь, что неисправности устранены и не возникают вновь.

Непостоянные неисправности. Попробуйте пошевелить электропроводку, подогрейте ее электрофеном или охладите специальным составом из баллончика. Непостоянные (то исчезающие, то появляющиеся) неисправности очень трудно обнаружить. Обычно они выявляются при дорожных тестах или при помощи данных, получаемых считывателем в режиме реального времени при работе двигателя. Подключите считыватель к электронному блоку управления и проведите проверку во время движения.

4.2. Диагностирование и ремонт системы управления МИКАС 5.4

Система управления МИКАС 5.4. устанавливается на различных двигателях и в частности на автомобилях «Волга» с двигателем ЗМЗ-4062.10. Она обладает самодиагностированием и аварийным режимом работы, который позволяет не терять работоспособность при отказе большинства датчиков и даже одновременном отказе нескольких датчиков.

Меры предосторожности при диагностировании

При работе с автомобильными электронными системами необходимо соблюдать требования по подключению, демонтажу, сборке,

диагностированию элементов системы и узлов двигателя. Выполнение этих требований предотвращает возможность внесения дополнительных неисправностей при проведении диагностирования и ремонта автомобиля.

- * Перед демонтажем любых элементов системы управления следует отсоединить провод аккумулятора, соединенный с «массой».

- * Не допускается пуск двигателя без надежного подключения аккумулятора.

- * Не допускается отключение аккумулятора от бортовой сети автомобиля при работающем двигателе.

- * При зарядке от внешнего источника аккумулятор должен быть отключен от бортовой сети.

- * Не допускается подвергать блок управления воздействию температуры выше 80°C, например в сушильной печи.

- * Конструкция соединителей жгута проводов системы управления двигателем предусматривает подключение только при определенной ориентации. При правильной ориентации подключение выполняется без усилия. Подключение с неправильной ориентацией может привести к выходу из строя соединителя, модуля или другого элемента системы.

- * Не допускается подключение или отключение соединителей блока управления при включенном зажигании.

- * Перед проведением электросварочных работ отсоединить провод аккумулятора и соединители блока управления.

- * Для исключения коррозии контактов при чистке двигателя паром не направлять сопло на элементы системы.

- * Для исключения ошибок и повреждения исправных узлов не допускается применение контрольно-измерительного оборудования, не указанного в диагностических картах.

- * Измерение напряжения выполнять с помощью вольтметра с номинальным внутренним сопротивлением 10 МОм/В.

- * Если предусмотрено применение пробника с контрольной лампочкой, необходимо использовать лампу небольшой мощности. Применение ламп большой мощности, например от фары, не допускается. Если конкретный тип пробника не оговаривается, необходимо путем простейшей проверки лампы убедиться в безопасности ее применения для контроля цепей системы управления. Для этого необходимо соединить точный амперметр (цифровой мультиметр с высоким сопротивлением) последовательно с лампой пробника и подать на цепь лампы/амперметра питание аккумулятора. Если амперметр покажет ток меньше 0,25 А, применение лампы безопасно. Если амперметр покажет ток больше 0,25 А, применение лампы опасно.

Элементы электроники систем управления рассчитаны на очень низкое напряжение и уязвимы для электростатических разрядов. Статический заряд, не превышающий 100 В, может вызвать повреждение отдельных элементов электроники. Для сравнения, человек может даже не почувствовать электростатический заряд 4000 В. Человек чаще всего получает электростатический заряд за счет трений и индукции. Примером трения является скольжение по креслу автомобиля.

Для предотвращения повреждения электростатическим зарядом запрещается:

- * касаться руками контактных штырей соединителей или элементов печатной платы электронного блока;
- * снимать металлический корпус блока управления;
- * вынимать микросхему ПЗУ из колодки.

Влияние технического состояния двигателя на параметры системы управления двигателем

Работоспособность системы управления двигателем и системы впрыска зависит от исправности механических и гидромеханических систем. Некоторые нарушения технического состояния двигателя или регулировок в его системах вызывают неисправности, которые могут быть ошибочно приняты за неисправности электронной части системы управления. К ним относятся: низкая компрессия; изменение фаз газораспределения, вызванное неправильной сборкой узлов двигателя; подсос воздуха во впускной трубопровод через негерметично собранные сочленения; плохое качество топлива; несоблюдение сроков проведения технического обслуживания.

Иногда отсутствие топлива в баке может быть принято за неспособность электроники запустить двигатель.

При проведении диагностирования системы управления после ремонта двигателя, при котором проводилась полная его разборка или выполнялись операции, связанные со снятием распределительных валов и головки цилиндров, необходимо убедиться в правильности сборки привода механизма газораспределения, правильная сборка которого в значительной степени влияет на мощностные показатели двигателя, его топливную экономичность и токсичность отработавших газов. Схема привода распределительных валов показана на рис. 116.

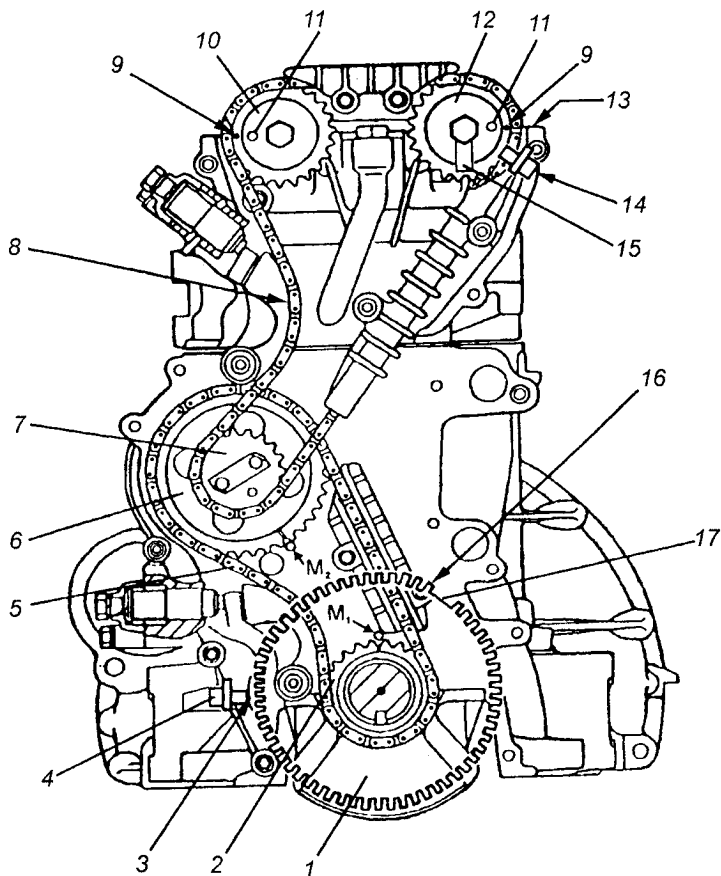


Рис. 116. Привод распределительных валов:

1 – зубчатый диск; 2 – звездочка коленчатого вала; 3 – двадцать зуб диска синхронизации; 4 – датчик положения коленчатого вала; 5 – цепь нижняя; 6 – звездочка промежуточного вала ведомая; 7 – звездочка промежуточного вала ведущая; 8 – цепь верхняя; 9 – установочная метка на звездочке распределительных валов; 10 – звездочка распределительного вала впускных клапанов; 11 – установочные штифты; 12 – звездочка распределительного вала выпускных клапанов; 13 – верхняя плоскость головки цилиндра; 14 – датчик положения распределительного вала; 15 – отметчик датчика положения распределительного вала; 16 – первый зуб диска синхронизации; 17 – место пуска двух зубов на диске синхронизации; M_1 и M_2 – установочные метки на блоке

Двигатели семейства ЗМЗ-406.10 имеют по 4 клапана на каждый цилиндр (2 впускных и 2 выпускных), впускные клапаны приводятся левым (при виде спереди) распределительным валом, а выпускные –

правым. Привод клапанов от кулачков выполнен с гидрокомпенсацией зазоров и не требует обслуживания и регулировки. Двухступенчатый привод распределительных валов осуществляется двухрядными втулочными цепями с числом звеньев 70 в нижней ступени и 90 в верхней ступени.

При правильной сборке привода распределительных валов при положении поршня 1-го цилиндра в ВМТ такта сжатия:

- * риска на звездочке 2 коленчатого вала должна совпадать с выступом на крышке цепи (метка M_1);

- * метка 9 на звездочках распределительных валов 10 и 12 должны быть расположены горизонтально, направлены в разные стороны и совпадать с верхней плоскостью головки цилиндров 13;

- * риска на звездочке промежуточного вала должна совпадать с установочной меткой M_2 на блоке цилиндров.

При таком положении валов напротив середины сердечника датчика положения коленчатого вала 4 будет находиться середина двадцатого зуба диска синхронизации 3. Диск синхронизации 1 представляет собой зубчатое колесо с 58-ю равноудаленными (через 6°) впадинами. Для синхронизации два зуба отсутствуют. Номер зуба на диске синхронизации отсчитывается против часовой стрелки от места пропуска двух зубьев 17. Отметчик датчика положения распределительного вала 15, расположенный на звездочке распределительного вала привода выпускных клапанов 12, будет располагаться ниже датчика положения распределительного вала 14.

Правильная сборка механизма привода распределительных валов обеспечивает при такте сжатия 1-го цилиндра двигателя одновременное расположение середины первого зуба диска синхронизации 16 напротив середины сердечника датчика положения коленчатого вала и расположение отметчика датчика положения распределительного вала напротив сердечника датчика положения распределительного вала.

Система бортового диагностирования

Электронный блок управления осуществляет постоянное самодиагностирование для большинства входных и выходных сигналов и функций управления. Выход контролируемых параметров за установленные границы указывает на наличие неисправности в работе электронной системы или двигателя. Блок управления сигнализирует об обнаруженных неисправностях через лампу диагностики, расположенную на щитке приборов.

Каждая такая неисправность системы имеет свое определение и свой код неисправности (число от 13 до 199). Все неисправности,

возникающие в процессе работы, фиксируются в системе и запоминаются в памяти электронного блока.

Текущая неисправность – это неисправность, которая присутствует в настоящий момент.

Однократная неисправность – это неисправность, которая зарегистрирована блоком хотя бы один раз за 2 мин работы системы управления; информация об однократной ошибке хранится в памяти блока управления в течение 2 ч, после чего удаляется.

Множественная неисправность – это неисправность, которая обнаруживается блоком управления за интервал времени, превышающий 2 мин; информация о множественной ошибке хранится в памяти блока постоянно (до отключения аккумулятора или стирания кодов неисправности с помощью диагностического прибора DST2).

Диагностическая цепь

Диагностическая цепь является средством связи электронного блока управления с внешними устройствами, позволяющими проанализировать работу системы управления двигателем, и включает в себя:

- * блок управления – источник диагностической информации;
- * провода от контакта разъема блока управления к контактам разъема диагностики и от контакта разъема блока управления к лампе диагностики;
- * разъем диагностики – разъем для подсоединения диагностической аппаратуры;
- * лампа диагностики – средство отображения информации с блока управления.

Все проверки в системе начинаются с определения правильной работы диагностической цепи.

Работа лампы диагностики

В рабочем режиме при включении зажигания и неработающем двигателе лампа диагностики вспыхивает на время 0,6 с и гаснет, если система бортового диагностирования не определила неисправностей в электрических цепях системы управления. Если лампа диагностики не гаснет после включения зажигания или горит при работающем двигателе, то необходимо провести техническое обслуживание системы и двигателя в возможно короткий срок.

В режиме считывания кодов неисправностей лампа диагностики отображает номера неисправностей, зафиксированных и сохраненных в памяти электронного блока управления системой бортового диагностирования.

Режим отображения кодов неисправностей

Блок управления содержит систему бортового диагностирования, позволяющую определять неисправности в работе системы и запоминать их в памяти. Коды неисправностей можно считывать из памяти с помощью диагностического прибора DST2 или в режиме отображения кодов неисправностей. Этот режим активизируется, если при включенном зажигании и остановленном двигателе замкнуть контакты 10 и 12 разъема диагностики, находящегося под капотом автомобиля (рис. 117).

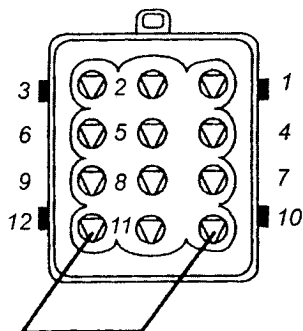


Рис. 117. Установка перемычки

При отображении кодов неисправности при помощи вкл./выкл. лампы диагностики выводятся: признак исправности диагностической цепи (код 12) и коды неисправностей. Каждый код выводится три раза подряд. Режим включения лампы для каждого кода: число включений, соответствующих первой цифре кода, - пауза; число включений, соответствующих второй цифре кода, - пауза; число включений, соответствующих третьей цифре кода, - длинная пауза; - повтор кода или вывод нового кода. Если в памяти нет кодов неисправностей, то продолжает выводиться код 12.

Если код 12 отсутствует, необходимо проверить диагностическую цепь.

Удаление кодов неисправностей из памяти

Хранящиеся в памяти коды неисправностей можно удалить либо с помощью прибора DST2, либо при снятии клеммы «массы» аккумулятора на время более 10 с. При втором способе необходимо следить за тем, чтобы зажигание было выключенным во избежание повреждения электронного блока. Кроме того, в списке однократных неисправностей будет некоторое время сохраняться код 62 – ошибка ОЗУ.

Описание диагностического прибора DST2

Диагностический прибор DST2 представляет собой портативный компьютер специального исполнения, предназначенный для диагностического обслуживания автомобилей, оснащенных электронными системами управления двигателем. По диагностическим цепям DST2 позволяет связываться с блоком управления по каналу K-Line и выполнять следующие функции:

- * осуществлять связь с системой бортового диагностирования блока управления;

- * проводить тестирование заданных режимов работы двигателя (пуск холостого хода, режим полной мощности и т.д.);

- * проверять работу выходных цепей системы управления;

- * выполнять специальные тесты для оценки работы двигателя;

- * задавать списки параметров для считывания их с электронного блока в рабочем режиме системы управления.

В связи с постоянным совершенствованием блока управления и диагностического прибора, описанные в настоящем подразделе функции могут отличаться от реальных возможностей диагностирования автомобилей ранних выпусков.

Диагностический прибор может работать с различными комплектами электронных систем управления. Настройка прибора для работы с блоком управления определенного типа обеспечивается выбором программного картриджа для прибора, представляющего собой подобие кассеты к магнитофону. Инструкция по использованию картриджей и описание интерфейса пользователя для DST2 приведены в руководстве по эксплуатации.

Связь с системой бортового диагностирования

Прибор DST2 имеет возможность считывать из электронного блока и отображать на своем экране коды неисправностей. Пользователь может удалить коды неисправностей из памяти блока управления – такая функция необходима после проведения диагностирования и ремонта системы.

Ограничения DST2

Необходимо помнить, что DST2 не управляет двигателем, а лишь отображает информацию, которую получает от блока управления. Если блок управления не посылает сигнал на разъем диагностики или соединение с прибором DST2 неисправно, DST2 выдает сообщение об отсутствии информационного обмена: в правом верхнем углу экрана дисплея появляется перекрестие «х».

Проверка работы выходных цепей

Эта функция позволяет включать или отключать питание цепи исполнительных устройств, напрямую вмешиваясь в логику работы блока управления. Работоспособность цепи оценивается по факту вкл./выкл. исполнительного устройства или признакам, характеризующим это вкл./выкл. Прибор DST2 позволяет проводить проверку следующих выходных цепей:

- лампы диагностики;
- реле бензонасоса;
- топливных форсунок (на работающем двигателе);
- регулятора холостого хода (на работающем двигателе);
- вентилятора системы охлаждения (для части автомобилей);
- реле муфты кондиционера (для части автомобилей).

Если управляемое устройство не работает, это означает необходимость проверки всех узлов электрической цепи данного устройства. например, если не включается вентилятор, то в этом случае проверяется исправность проводов, клемм подключения, реле вентилятора, а потом и сам вентилятор системы охлаждения.

Задание, сбор и отображение параметров системы

Прибор DST2 по линии связи может считывать параметры системы, определяемые и используемые блоком управления. Запись в память параметров прибор DST2 осуществляет циклически в рабочем режиме двигателя. После этого их можно просматривать в режиме кадра, сравнивая их со стандартными параметрами исправного двигателя. Список основных параметров, доступных для считывания, приводится ниже.

Подключение приборов DST2 к системе управления

Прибор DST2 определяет логику диагностики заданного режима, записывая и отображая параметры системы управления, дающие представление о возможных причинах неудовлетворительной работы двигателя на режиме.

Параметр	Название	Примечание
FREQ	Частота вращения коленчатого вала после пуска двигателя	Частота вращения, измеренная по входному сигналу датчика положения коленчатого вала и отображаемая блоком управления

Параметр	Название	Примечание
FREQX	Частота вращения коленчатого вала на холостом ходу	Измеренная частота вращения. Отличается от предыдущего параметра большей точностью представления
JUFRXX	Заданная частота вращения холостого хода	Значение частоты, которое стремится поддерживать блок управления
EFREQ	Ошибка регулирования частоты вращения на холостом ходу	Разница между заданной частотой вращения холостого хода и измеренной частотой
TWAT	Температура охлаждающей жидкости	Измеренное блоком управления значение температуры (°C)
TAIR	Температура впускного трубопровода	Измеренное блоком управления значение температуры (°C)
JAIR	Массовый расход воздуха	Измеренное значение расхода воздуха через ДМРВ (кг/ч)
JGBCIN	Цикловое наполнение цилиндра воздухом	Вошедшая во впускной трубопровод масса воздуха (мг), отнесенная к одному цилиндру
JGBCD	Цикловое наполнение цилиндра воздухом по датчику МРВ	Расчетное значение наполнения цилиндра (мг)
JGBCG	Ограничение циклового наполнения цилиндра воздухом	Предельное программное значение циклового наполнения цилиндра двигателя (мг)
JGBC	Цикловое наполнение цилиндра воздухом для расчета топлива	Наполнение цилиндра двигателя воздухом, используемое для расчета подачи топлива (мг)
NFRGBC	Номер режимной точки на режимном поле двигателя	Индекс для выбора точек из базовых таблиц управления в зависимости от режимной точки
THR	Положение дроссельной заслонки	Измеренное блоком управления значение угла открытия дроссельной заслонки от 0 до 100%
COEFFF	Кэффициент регулирования топливоподачи	Представляет собой корректирующий программный параметр
VALF	Соотношение воздух/топливо	Текущее задаваемое блоком управления соотношение воздуха и топлива в воздушно-топливной смеси
BITPOW	Признак перехода на мощностное обогащение смеси и мощностное значение угла опережения зажигания (да/нет)	Признак перехода на мощностной режим регулирования

Параметр	Название	Примечание
BLKINJ	Признак отключения топливоподачи при торможении (да/нет)	Значение «да» соответствует нулевой подаче топлива, «нет» – подача топлива не отключается
INJ	Длительность импульса впрыска	Заданная блоком управления длительность (мс) включенного состояния форсунки
UOZ	Угол опережения зажигания	Текущее заданное блоком управления значение угла опережения зажигания
UOZOC	Поправка УОЗ («октан-корректор»)	Введенное с помощью диагностического прибора DST2 в энергонезависимую память блока управления смещение угла опережения зажигания
RDET	Признак зоны работы регулятора УОЗ по детонации (есть/нет)	Описывает область работы двигателя по нагрузке и частоте вращения, в которой работает регулятор угла опережения зажигания по признаку детонации
DET	Признак детонации	Отражает работу двигателя с детонацией или без
DUOZ1	Смещение УОЗ по детонации для 1-го цилиндра	Коррекция угла опережения зажигания в 1-м цилиндре по признаку детонации в данном цилиндре
DUOZ2	Смещение УОЗ по детонации для 2-го цилиндра	Коррекция угла опережения зажигания во 2-м цилиндре по признаку детонации в данном цилиндре
DUOZ3	Смещение УОЗ по детонации для 3-го цилиндра	Коррекция угла опережения зажигания в 3-м цилиндре по признаку детонации в данном цилиндре
DUOZ4	Смещение УОЗ по детонации для 4-го цилиндра	Коррекция угла опережения зажигания в 4-м цилиндре по признаку детонации в данном цилиндре
UOZXX	Установка УОЗ на холостом ходу*	Программное значение УОЗ при работе двигателя на холостом ходу с закрытой дроссельной заслонкой
NUACC	Напряжение бортовой сети	Измеренное блоком управления напряжение питания с точностью квантования
RCOD	Коэффициент коррекции СО на холостом ходу	Величина сигнала с потенциометра регулировки СО, преобразованная в смещение относительно нуля. Положительное смещение соответствует увеличению подачи топлива

Параметр	Название	Примечание
RCOK	Коэффициент коррекции топливоподачи	Коэффициент компенсации отклонений параметров двигателя и автомобиля, вызванных факторами, которые не определяются блоком управления
UGB	Уставка* расхода воздуха через РДВ для холостого хода	Устанавливаемый через РДВ расход воздуха при входе в режим ограничения минимальной частоты вращения холостого хода
SSM	Уставка* положения РДВ	Максимальное открытие РДВ соответствует 255 шагам, закрытое состояние соответствует одному шагу
FSM	Текущее положение РДВ	Параметр отражает текущее положение РДВ в шагах
JKGBC	Коэффициент барометрической коррекции	Отражает результат адаптации блока управления в ходе эксплуатации. При отклонении коэффициента от «1» имеются отклонения в измерении расхода воздуха относительно среднестатистического двигателя
JGTC	Цикловая подача топлива на цилиндр	Рассчитываемое блоком управления требуемое значение подачи топлива в цилиндр двигателя (мг)
JQT	Расход топлива	Расчетный параметр. Отражает часовой расход топлива (л/ч) через двигатель
FAZ	Угловое положение начала топливоподачи	Угловое положение коленчатого вала для начала подачи топлива через каждую форсунку
BITSTP	Признак остановки двигателя (есть/нет)	Описывает состояние коленчатого вала двигателя
RXX	Признак режима ограничения минимальной частоты вращения холостого хода (есть/нет)	Отражает совокупность условий, при которых реализуется управление двигателем на режиме ограничения минимальной частоты вращения холостого хода
CHECK	Состояние лампы неисправности (вкл/выкл)	Состояние текущего признака включения параметра
POMP	Состояние бензонасоса (вкл/выкл)	То же
MAINRELAY	Состояние главного реле (вкл/выкл)	« «

Параметр	Название	Примечание
KOND	Состояние реле муфты кондиционера	“ “
KONDR	Признак запроса включения кондиционера (есть/нет)	“ “
CURERR	Текущие ошибки (есть/нет)	“ “
ONETER R	Однократные ошибки (есть/нет)	“ “
REPERR	Множественные ошибки (есть/нет)	“ “
JATHR	Напряжение на датчике положения дроссельной заслонки (мВ)	Измеренное блоком управления значение напряжения (мВ)
JAUACC	Напряжение питания блока управления (мВ)	То же
JATWAT	Напряжение на датчике температуры жидкости (мВ)	“ “
JATAIR	Напряжение на датчике температуры воздуха (мВ)	“ “
JARCO	Напряжение на датчике регулировки СО (мВ)	“ “

* Задаваемое значение регулируемой величины

Прибор DST2 подключается к разъему диагностики (контакты 2, 11, 12), поэтому его работоспособность зависит от исправности цепи «электронный блок – разъем диагностики», а также от наличия питания. Диагностический прибор DST2 позволяет ускорить процесс диагностирования системы и двигателя. Опыт в применении прибора, знание электронной системы значительно упрощают процедуры диагностирования. Прибор DST2 помогает получать данные с блока управления, которые невозможно получить другими способами.

Самообучаемость электронного блока управления

Электронный блок управления в процессе работы системы управления двигателем способен компенсировать небольшие отклонения, вызванные изменяющимися условиями работы (изменение атмосферного давления, температуры окружающего воздуха, плохое качество бензина и т.д.), старением и разрегулированием частей и узлов системы двигателя (износ форсунок, зазоры в свечах зажигания, клапанах, фазах газораспределения и т.д.). Такая компенсация осуществляется за счет подстройки параметров программы блока управления. Информация о подстройке этих пара-

метров сохраняется в памяти блока управления и теряется при отключении аккумулятора.

После подключения аккумулятора для самообучения системы управления необходимо прогреть двигатель до рабочей температуры, обеспечить движение автомобиля на частичных нагрузках с умеренным ускорением, а также работу на холостом ходу до восстановления необходимой информации о подстройке параметров программы блока управления.

Схема проведения диагностирования

Правильный порядок диагностирования неисправности предполагает выполнение следующих основных шагов.

1. Проверка работоспособности бортовой системы диагностирования в диагностической цепи. Если система бортового диагностирования выдает на лампу диагностики код 12 (цепь работоспособна), то можно перейти к п.2, в противном случае необходимо восстановить работоспособность системы пользуясь диагностической картой.

2. Проверка наличия кода неисправности. В случае наличия кода необходимо обратиться непосредственно к диагностической карте с соответствующим номером. Это позволит провести диагностирование и ремонт неисправного узла системы или двигателя.

Если коды неисправности отсутствуют, но двигатель не работает или работает не так, как следует, то необходимо обратиться на станцию технического обслуживания для углубленного диагностирования системы, так как неисправности в работе двигателя могут иметь комплексный характер и не могут быть идентифицированы системой бортового диагностирования.

При наличии диагностического прибора DST2 поиск неисправности может быть осуществлен путем опроса параметров двигателя и сравнения измеренных значений с типовыми значениями для среднего двигателя. Кроме того, за счет прямого управления от прибора DST2 отдельными выходными цепями можно обнаружить неисправные узлы и детали.

Диагностические коды электронного блока управления

Код	Описание неисправностей
12	Работоспособность диагностической цепи
13	Низкий уровень сигнала датчика расхода воздуха
14	Высокий уровень сигнала датчика расхода воздуха

Код	Описание неисправностей
17	Низкий уровень сигнала датчика температуры воздуха
18	Высокий уровень сигнала датчика температуры воздуха
21	Низкий уровень сигнала датчика температуры охлаждающей жидкости
22	Высокий уровень сигнала датчика температуры охлаждающей жидкости
23	Низкий уровень сигнала датчика положения дроссельной заслонки
24	Высокий уровень сигнала датчика положения дроссельной заслонки
25	Низкий уровень напряжения бортовой сети автомобиля
26	Высокий уровень напряжения бортовой сети автомобиля
31	Низкий уровень сигнала потенциометра СО
32	Высокий уровень сигнала потенциометра СО
51	Неисправность блока управления 1
52	Неисправность блока управления 2
53	Неисправность датчика угловой синхронизации
54	Неисправность датчика положения распределительного вала
61	Несанкционированный перезапуск блока управления
62	Потеря информации в ОЗУ блока управления
63	Неисправность постоянной памяти
64	Неисправность при чтении энергозависимой памяти блока управления
65	Неисправность при записи в энергонезависимую память блока управления
131	Неисправность форсунки 1 (короткое замыкание)
132	Неисправность форсунки 1 (обрыв)
133	Неисправность форсунки 1 (короткое замыкание на корпус)
134	Неисправность форсунки 2 (короткое замыкание)
135	Неисправность форсунки 2 (обрыв)
136	Неисправность форсунки 2 (короткое замыкание на корпус)
137	Неисправность форсунки 3 (короткое замыкание)
138	Неисправность форсунки 3 (обрыв)
139	Неисправность форсунки 3 (короткое замыкание на корпус)
141	Неисправность форсунки 4 (короткое замыкание)
142	Неисправность форсунки 4 (обрыв)

Код	Описание неисправностей
143	Неисправность форсунки 4 (короткое замыкание на корпус)
161	Неисправность обмотки 1 РДВ (короткое замыкание на корпус)
162	Неисправность обмотки 1 (обрыв)
163	Неисправность обмотки 1 (короткое замыкание на корпус)
164	Неисправность обмотки 2 РДВ (короткое замыкание)
165	Неисправность обмотки 2 РДВ (обрыв)
166	Неисправность обмотки 2 РДВ (короткое замыкание на корпус)
167	Неисправность цепи реле бензонасоса (короткое замыкание)
168	Неисправность цепи реле бензонасоса (обрыв)
177	Неисправность цепи главного реле (короткое замыкание)
178	Неисправность цепи главного реле (обрыв)
181	Неисправность цепи лампы диагностики (короткое замыкание)
182	Неисправность цепи лампы диагностики (обрыв)

4.3. Схемы электрических соединений системы управления МИКАС 5.4 и описание жгута проводов

Схемы электрических соединений системы управления

На рис. 118 приведена полная схема электрических соединений системы управления.

На рис. 119 – 124 представлены элементы полной схемы, которые сгруппированы по функциональному признаку. Это позволяет упростить поиск неисправности в жгутах проводов в соответствии с диагностическими картами поиска неисправностей по коду неисправности. Некоторые элементы электрических соединений на этих рисунках дублируются.

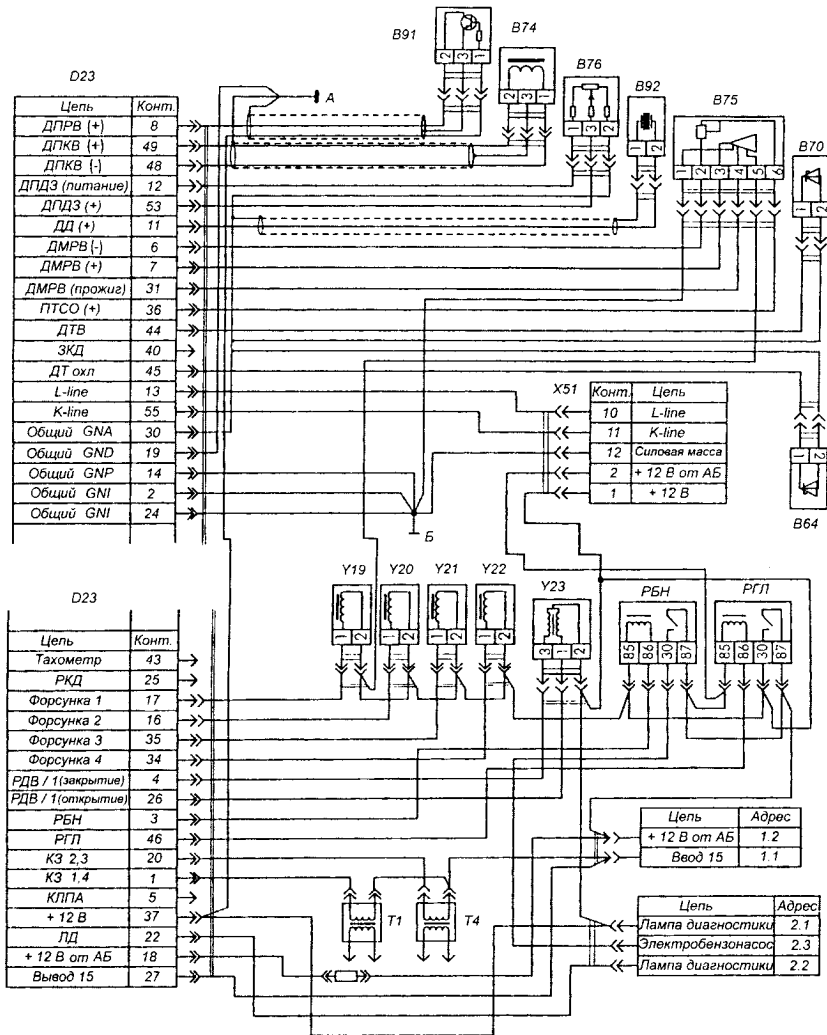


Рис. 118. Полная схема электрических соединений системы МИКАС 5.4

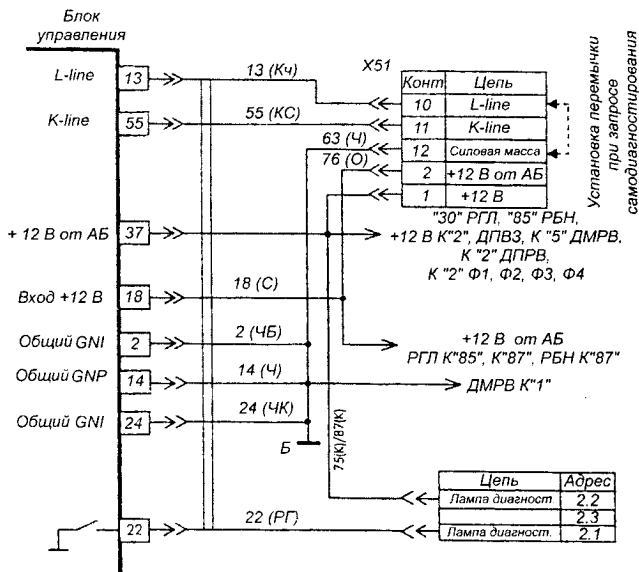


Рис. 119. Элементы схемы электрических соединений.
Диагностические цепи

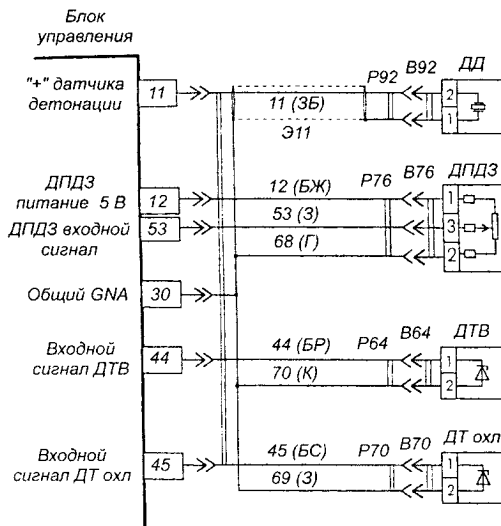


Рис. 120. Элементы схемы электрических соединений.
Цепи датчиков

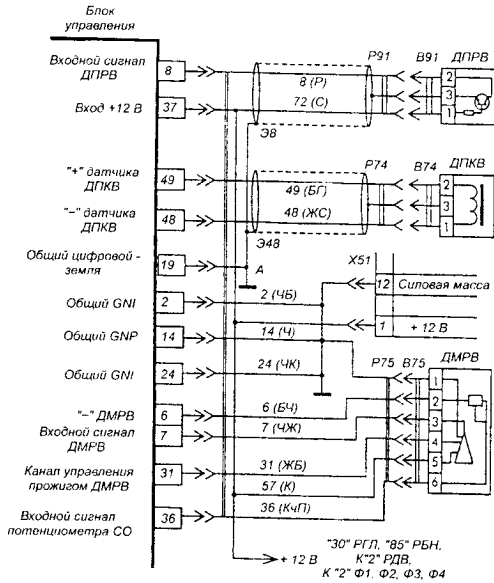


Рис. 121. Элементы схемы электрических соединений.
Цепи датчиков

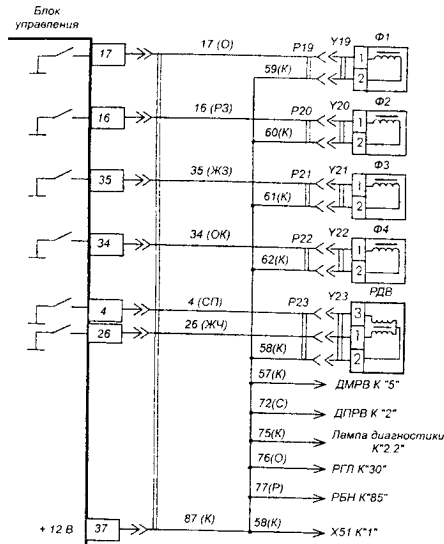


Рис. 122. Элементы схемы электрических соединений.
Цепи форсунок и PДВ (регулятора дополнительного воздуха)

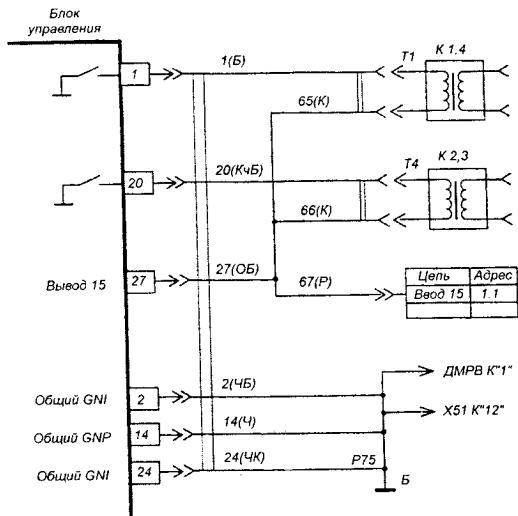


Рис. 123. Элементы схемы электрических соединений.
Цепи зажигания и цепи заземления

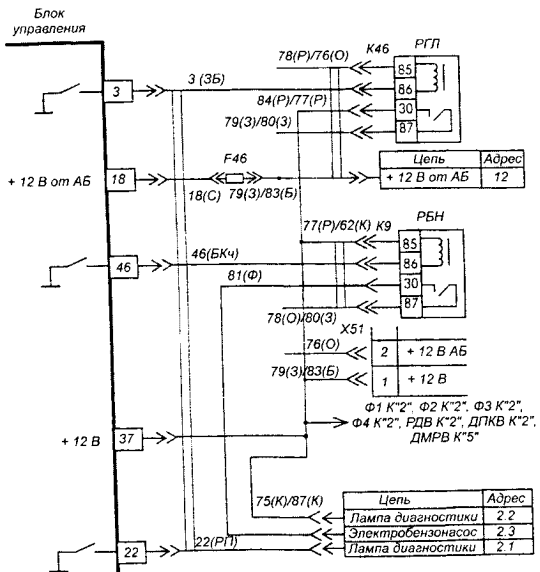


Рис. 124. Элементы схемы электрических соединений.
Цепи реле

Цоколевка розетки соединителя блока управления

Ниже приведено описание контактов 55-контактного соединителя (рис. 125).

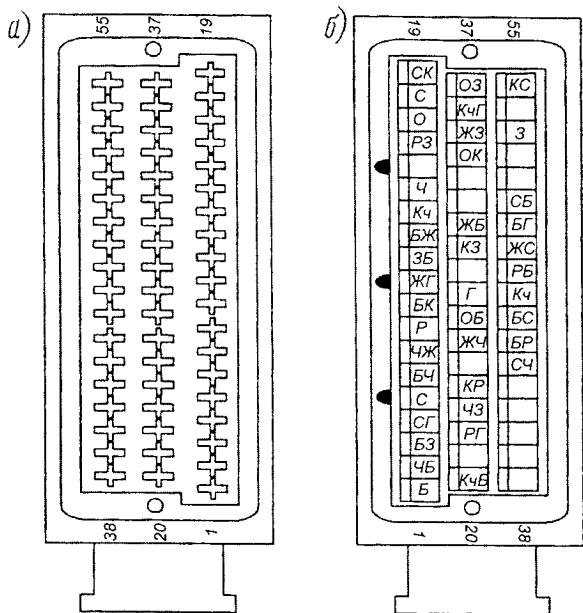


Рис. 125. Схема розетки 55-контактного соединителя блока управления:

а – вид со стороны контактов; б – вид со стороны кабеля

Цоколевка основных соединителей жгута проводов

Номер контакта	Цепь	Цвет провода
1	КЗ 1,4. Катушки зажигания 1 и 4	Белый
2	Общий GNI. Заземление блока управления	Черный/белый
3	РБН. Реле бензонасоса	Белый/зеленый
4	РДВ (закрытие). Регулятор дополнительного воздуха	Синий/голубой
6	ДМРВ (-) «-» датчика массового расхода воздуха	Белый/черный

Номер контакта	Цепь	Цвет провода
7	ДМРВ (+) «+» датчика массового расхода воздуха	Черный/желтый
8	ДПРВ (+) «+» датчика положения распределительного вала	Розовый
11	ДД (+) . «+» датчика детонации	Зеленый/белый
12	ДПДЗ (питание). Питание датчика положения дроссельной заслонки	Белый/желтый
13	L-line. L – линия диагностики	Коричневый
14	Общий GNP. Заземление блока управления	Черный
16	Форсунка 2. Управление форсункой 2	Розовый/зеленый
17	Форсунка 1. Управление форсункой 1	Оранжевый
18	+12В от АБ. Клемма аккумулятора +12В	Синий
19	Общий GND. Общий цифровой - земля	Синий/красный
20	КЗ 2.3. Катушки зажигания 2 и 3	Коричневый/белый
22	ЛД. Лампа диагностики	Розовый/голубой
24	Общий GND. Заземление блока управления	Красный/розовый
25	РКД. Реле включения кондиционера	Не используется
26	РДВ (открытие). Регулятор добавочного воздуха	Желтый/черный
27	Вывод 15. Замок зажигания, клемма «15»	Оранжевый/белый
30	Общий GNA. Общий датчиков	Красный/зеленый
31	ДМРВ (прожиг). Прожиг датчика массового расхода воздуха	Желтый/белый
34	Форсунка 4. Управление форсункой 4	Оранжевый/красный

Номер контакта	Цепь	Цвет провода
35	Форсунка 3. Управление форсункой 3	Желтый/зеленый
36	ПТСО (+). «+» потенциометра регулировки СО	Коричневый/голубой
37	+12 В. Вход + 12 В	Оранжевый/зеленый
43	Тахометр. Сигнал на тахометр	Синий/черный
44	ДТВ. Вход датчика температуры воздуха	Белый/розовый
45	ДТОЖ. Вход датчика температуры охлаждающей жидкости	Белый/синий
46	РГЛ. Главное реле	Белый/коричневый
48	ДПКВ (-). «-» датчика положения коленчатого вала	Желтый/синий
49	ДПКВ (+). «+» датчика положения коленчатого вала	Белый/голубой
53	ДПДЗ (+). «+» датчика положения дроссельной заслонки	Зеленый
55	L-line. К – линия диагностики	Красный/синий

Ремонт жгута проводов. Схема соединителей жгута проводов дана на рис. 126. При проведении диагностирования или ремонта необходимо произвести тщательный осмотр подкапотного пространства. Всю электропроводку в подкапотном пространстве необходимо проверить на правильность соединений, наличие повреждения жгута проводов (потертости, заземления). Особое внимание следует обратить на участки, которые проходят около горячих частей системы выпуска или около острых кромок, а также на сохранность внешней изоляции жгута. Такой осмотр позволяет часто локализовать место обрыва проводников или их замыкание.

Если при диагностировании выявлены неисправности в жгуте проводов, то поиск поврежденных участков необходимо прежде всего искать в местах повреждения внешней изоляции жгута в контактах соединителя или в проводниках около соединителей.

Перед проверкой жгута проводов необходимо выключить зажигание, отсоединить клемму от аккумулятора, соединенную с «массой», отсоединить блок управления и необходимые элементы системы.

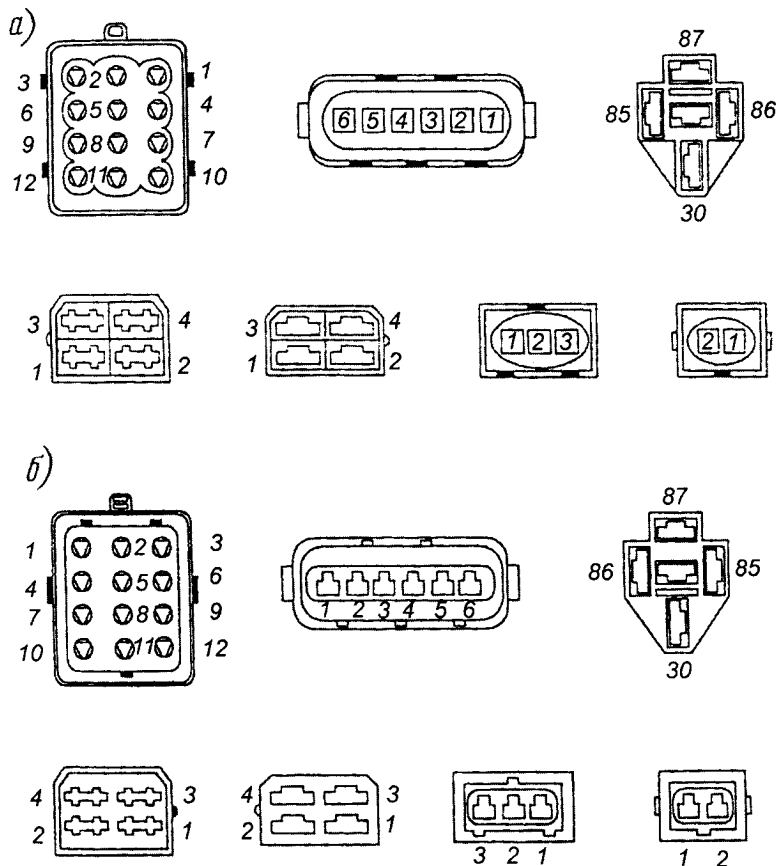


Рис. 126. Схема основных соединителей жгута проводов:
 а – вид со стороны подвода проводов; б – вид с стороны подключения компонента системы управления

Разборка соединителя. Последовательность операций при разборке следующая.

Операция	Примечание
Разомкнуть соединитель	На части соединителей используется замок, который необходимо отжать
Снять защитный резиновый чехол (при наличии)	Соблюдать осторожность, так как при снятии чехол может быть поврежден

Операция	Примечание
Поджать фиксирующий язычок контак- та (рис. 127)	Для этого использовать специальный инструмент, который может быть из- готовлен из стальной проволоки диа- метром 0,5-1 мм
Вытянуть контакт из соединителя	При правильной отжати фиксирую- щего язычка удаление контакта из корпуса соединителя проходит без усилия

После разборки соединителя (рис. 127) необходимо тщательно осмотреть проводники и контакты. Место обрыва провода может быть обнаружено при помощи его некоторого растягивания или изгиба – если есть обрыв проводника, то изоляция в месте обрыва «дышит» при изгибе или натягивании.

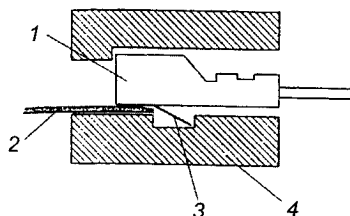


Рис. 127. Удаление контакта из соединителя:
1 – контакт; 2 – инструмент для обжатия фиксирующих язычков;
3 – фиксирующий язычок; 4 – корпус соединителя

Сборка соединителя. При сборке соблюдается ниже приведенная последовательность операций.

Операция	Примечание
Пропустить провод через защитный резиновый чехол соединителя	При установке нового контакта
Зачистить провод	То же
Обжать контакт	« «
Проверить состояние фиксирующего язычка контакта	Если контакт был извлечен из колод- ки, то надо отогнуть фиксирующий язычок
Вставить контакт в соответствующее место в колодке	Вставка контакта осуществляется без усилия до появления щелчка. Слегка потянуть за провод для проверки фиксации контакта в колодке

Операция	Примечание
Надеть защитный чехол на колодку	Соблюдать осторожность, так как чехол может быть разорван
Соединить колодку с ответной частью	Совместить ключевые части разъема. Соединение должно осуществляться без усилия

Сращивание проводников. Сращивание поврежденного проводника производится следующим образом.

Операция	Примечание
Снять изоляционную ленту с поврежденного участка жгута проводов	Соблюдать осторожность при использовании режущих инструментов – можно повредить другие провода в жгуте
Удалить поврежденный кусок провода	Если проводник поврежден около его конца, замените весь кусок
Удалить бокорезами или специальным инструментом изоляцию с проводника на длину 10-15 мм	При зачистке провода проявлять осторожность, чтобы не повредить или не перерезать жилы провода
Скрутить проводники или обжать их совместно с использованием специального зажима	
Пропаять место соединения	
Заизолировать место соединения при помощи термоусадочной трубки или изоляционной ленты	Изоляционную ленту наматывать под углом, перекрывая первый слой вторым. Изоляционная лента или трубка должны перекрывать место сращивания с обоих концов на 15-20 мм
После сращивания необходимых проводников оплести ремонтируемый участок жгута изоляционной лентой в два слоя	

Если необходимо сращивать несколько проводников, то места их сращивания должны быть разнесены.

При сращивании экранированных проводников необходимо:

- * удалить внешнюю изоляцию с экрана;
- * вскрыть экран и вытянуть концы сращиваемого провода;
- * срастить провод, как описано выше;
- * если экран перерезался, восстановить проводимость тока по экрану, подпаяв к экрану перемычку;
- * оплести изоляционной лентой провод вместе с экраном.

Ремонт контактов. Замена контактов производится следующим

образом (рис. 128):

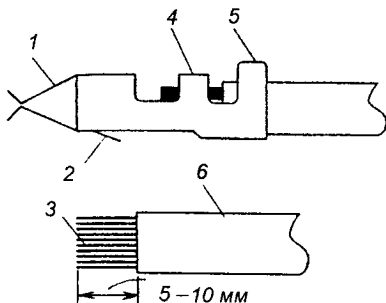


Рис. 128. Схема контакта:

1 – контакт; 2 – фиксирующий язычок; 3 – жилы проводника; 4 – лепестки, обжимаемые на жиле провода; 5 – лепестки, обжимаемые на изоляции; 6 – провод

Операция	Примечание
Извлечь поврежденный контакт из корпуса соединителя	Перед извлечением отжать фиксирующий язычок специальным приспособлением
Отрезать провод с поврежденным контактом	Отрезать по возможности меньше. Если длина провода становится меньше допустимой, то его необходимо удлинить (см. «Сращивание проводников»)
Удалить бокорезами или специальным инструментом изоляцию с проводника на длину 5-10 мм	При зачистке провода проявлять осторожность, чтобы не повредить или не перерезать жилы провода
Вставить защищенный проводник между лепестками контакта	При использовании проводов сечением 0,5 или 0,75 мм ² конец зачищенного провода может быть перед обжатием загнут на 180°
На клещах для обжима выбрать необходимый упор и обжать контакт клещами	При использовании универсальных обжимок первым обжимается лепесток на жилу проводов, а затем на изоляцию
Вставить контакт в корпус соединителя	При установке контакта в соединитель номер контакта устанавливается в соответствии с цоколевкой, показанной на рис. 125,б. Правильно установленный контакт защелкивается сам

4.4. Неисправности микропроцессорной системы

управления двигателем

Затруднен пуск двигателя

Пуск двигателя легкового автомобиля (например, ВАЗ 21088-02), имеющего исправные систему управления зажиганием, а также электромагнитный клапан экономайзера принудительного холостого хода (ЭПХХ) карбюратора, осуществляется без особых трудностей поворотом выключателя (замка) зажигания в положение «Стартер», т.е. так же, как и у двигателя с обычной системой зажигания.

Сложности могут возникнуть при пуске в тех случаях, когда являются неисправности микропроцессорной системы управления. Для этого нужно знать, состояние каких именно узлов и деталей системы управления зажиганием, влияющих на пусковые качества двигателя, ухудшается в процессе эксплуатации и требует систематического наблюдения и контроля. К таким узлам и деталям относятся (рис. 129): контроллер 10 со встроенным полупроводниковым датчиком давления, двухканальный коммутатор 4, катушек 2 и 3 зажигания, свечи 1, выключатель (замок) зажигания 6, датчик начала отсчета 13, датчик угловых импульсов 12, датчик температуры 11 охлаждающей жидкости, концевой выключатель 8 положения дроссельной заслонки карбюратора и электромагнитного клапана ЭПХХ карбюратора 9 и соединительные провода.

Основными причинами, когда двигатель пускается с трудом или вообще не пускается, могут быть: отсутствие напряжения питания на коммутаторе и контроллере, отсутствие импульсов тока на первичные обмотки катушки зажигания, несрабатывание электромагнитного клапана ЭПХХ карбюратора при включении зажигания. Кроме того, следует напомнить, что затруднения при пуске двигателя могут быть из-за неисправностей проводов высокого напряжения, свечей зажигания или катушки зажигания.

Если при пуске двигателя действия водителя правильные и стартером обеспечивается высокая частота вращения коленчатого вала, карбюратором – образование рабочей смеси, способной по своему составу к воспламенению, а двигатель не пускается или пускается с трудом, то вероятной причиной является слабая искра зажигания рабочей смеси или полное ее отсутствие. Нужно внимательно проверить высоковольтную часть системы зажигания. Для этих целей можно изготовить простой разрядник, для чего

по внутренней его поверхности закрепить между электродами две пластины так, чтобы зазор между электродами и пластиной был 6–7 мм. Поэтому длина каждой пластины должна быть на 6–7 мм меньше расстояния между электродами.

Рассмотрим теперь порядок проверки высоковольтной части. Здесь следует соблюдать повышенную осторожность, имея в виду высокое напряжение. Проверку надо осуществлять вдвоем с помощником в такой последовательности. Отсоединить наконечники высоковольтных проводов от 1-й и 4-й свечей зажигания и подключить их к одной паре электродов разрядника, а наконечники проводов от 2-й и 3-й свечей соединить с другой парой электродов. Затем установить с помощью регулировочных винтов зазор 7-10 мм между электродами разрядника и провернуть двигатель стартером на несколько оборотов. Посмотреть, проскакивает ли искра с голубым отливом между парами электродов. Если проскакивает, то необходимо убедиться в исправности свечей зажигания.

При отсутствии искры на одной паре электродов неисправность скорее всего кроется в электрической цепи от коммутатора до этих электродов (в высоковольтных проводах, помехоподавительных наконечниках, либо в катушке зажигания или в соединении ее с коммутатором).

Напомним, что на двигателях с микропроцессорной системой управления катушка зажигания имеет два высоковольтных вывода с разомкнутым магнитопроводом. Одна из катушек зажигания генерирует высоковольтные импульсы на свечи зажигания 1-го и 4-го цилиндров, а другая – на свечи 2-го и 3-го цилиндров. Заметим, что искровой разряд происходит одновременно на двух свечах зажигания: 1-го и 4-го или 2-го и 3-го цилиндров. За период рабочего цикла в каждом цилиндре происходит два искровых разряда: один рабочий в конце такта сжатия, второй холостой в конце выпуска отработавших газов. Обычно работоспособность катушки зажигания проверяется на стенде. Однако такой дефект, как пробой изоляции на «массу», можно выявить поверхностным осмотром по прогару или выплавлению пластмассовой оболочки катушки на поверхности, прилегающей к кронштейну крепления. В этом случае катушку необходимо заменить. Катушка зажигания заменяется и при замыкании в первичной обмотке. Обычно в этом случае она сильно нагревается. Можно проверить на ощупь. Правда, подобный дефект встречается очень редко.

Если в начале проверки системы зажигания оказалось, что искры нет на обеих парах электродов разрядника, то следует проверить исправность цепей питания, а также убедиться, подается ли питание на коммутатор, контроллер, катушки зажигания. При необходимости надо проверить исправность самих приборов и датчиков

начала отсчета и угловых импульсов.

Способы устранения неисправностей в проводах высокого напряжения, свечах и катушке зажигания изложены ранее. Рассмотрим более подробно возможные способы обнаружения и устранения основных причин неисправностей, затрудняющих пуск двигателя.

Таблица 1

Порядковый номер штекера в разъеме контроллера	Наименование штекера
1	Выход сигнала управления электромагнитным клапаном (ЭПХХ) карбюратора
2	Подвод напряжения питания +12 В
3	Выход на коммутатор сигнала момента зажигания (МЗ)
4	Выход на коммутатор сигнала «Выбор канала» (ВК)
5	Выход сигнала «Начало отсчета» (НО)
6	Вход от концевого выключателя карбюратора
7	Выход сигнала «Угловые импульсы» (УИ) для диагностирования
8	Вход НО1 для сигнала от датчика «Начало отсчета» (НО)
9	Вход УИ1 для сигнала от датчика угловых импульсов
10	Общий (корпус)
13	Выход для диагностирования (на тахометр) момента зажигания (СЗ)
15	Вход для сигнала от датчика температуры (общий)
16	Вход для сигнала от датчика температуры
18	Вход УИ2 для сигнала от датчика УИ
19	Вход НО2 для сигнала от датчика НО

Таблица 2

Порядковый номер штекера в разъеме коммутатора	Наименование штекера
1	Выход к катушке зажигания 2-го и 3-го цилиндров
2	Общий (корпус)
3	Выход для тахометра
4	Подвод напряжения питания +12 В
5	Вход для сигнала «Выбор канала» (ВК)

Порядковый номер штекера в разъеме коммутатора	Наименование штекера
6	Вход для сигнала «Момент зажигания» (С3)
7	Выход к катушке зажигания 1-го и 4-го цилиндров

Нет напряжения питания на коммутаторе и контроллере.

Одной из причин прекращения подачи питания на коммутатор и контроллер является обрыв в голубых проводах с красной полоской, соединяющих коммутатор (штекер 4) и контроллер (штекер 2) с выключателем (замком) зажигания, либо обрыв в черных проводах, соединяющих коммутатор (штекер 2) и контроллер (штекер 10) с корпусом (табл. 1, 2).

Обрыв в цепи происходит из-за окисления наконечников проводов в месте их крепления (зажиме), самопроизвольного отвинчивания гаек или стопорных винтов, крепящих соединительные провода в зажимах коммутатора и контроллера, либо из-за выключателя зажигания или переходных коробок, а возможно, и из-за повреждения жилы провода. Последний дефект наблюдается в практике сравнительно редко.

Наиболее удобный способ определения обрыва в цепи питания коммутатора и контроллера – с помощью контрольной лампочки. Для проверки состояния проводов и их надежного соединения с приборами необходимо один из проводов контрольной лампочки присоединить к «массе» автомобиля в любой наиболее удобной точке, а острием наконечника, присоединенного ко второму проводу контрольной лампочки, поочередно касаться жилы проводов, наконечников или зажимов, начиная от неработающего потребителя и действуя в дальнейшем в направлении к источнику питания (аккумуляторной батарее). Горение контрольной лампочки свидетельствует о том, что цепь на участке от испытываемой точки до аккумуляторной батареи исправна.

Если лампочка при касании наконечником какой-либо точки цепи, начиная от неработающего потребителя, не загорается, необходимо коснуться следующей точки. Так последовательно нужно переходить от одной точки цепи к другой, пока при касании наконечником какой-либо точки лампочка загорится.

Для ускорения процесса проверки и исключения ошибок рекомендуется пользоваться общей схемой электрооборудования автомобиля, представленной в инструкции по эксплуатации.

Обрыв или нарушение контакта будет находиться на том участке цепи, в конце которого лампочка загорелась, а в начале не горела. За направление считать направление от потребителя к источ-

нику электроэнергии (к аккумуляторной батарее). В тех случаях, когда жила провода не присоединяется к открытому зажиму потребителя (к коммутатору и контроллеру), а вводится внутрь его или когда проверяются участки провода между двумя зажимами, допускается прокол наконечником изоляции испытуемого провода. Способ устранения обнаруженной неисправности зависит от характера неисправности. Если отсутствует контакт между наконечником и болтом зажима, нужно наконечник и болт зачистить стеклянной шкуркой. При обрыве жилы провода у наконечника заделать провод в новый наконечник, поврежденные провода (с разрывами) заменить или соединить и изолировать.

Допустим, что проверкой выявлены исправность проводов и надежность их соединения, а напряжение питания не подается на коммутатор и контроллер. Нужно проверить, замыкаются ли контакты 15/1 и 30/1 в выключателе (замке) зажигания. При обнаружении неисправности контактную часть выключателя зажигания заменить.

Нет импульсов тока на первичные обмотки катушек зажигания. Чаще всего импульсы тока не поступают на первичные обмотки катушек зажигания из-за обрыва в проводах, соединяющих штекер 1 коммутатора (см. рис. 129) с катушкой зажигания 2-го и 3-го цилиндров, или штекер с катушкой 1-го и 4-го цилиндров, или штекеры 2 и 4 контроллера соответственно со штекерами 6 и 5 коммутатора. В этом случае необходимо тщательно проверить состояние проводов и надежность их соединения с приборами. Рекомендуется обдуманно и последовательно проверять каждый участок цепи и, только убедившись в его исправности, переходить к следующему связанному с ним участку. Обнаруженные поврежденные провода заменить, обеспечив надежность их соединения с приборами.

Импульсы тока на первичные обмотки катушки зажигания могут не поступать из-за неисправностей коммутатора и контроллера, либо датчиков начала отсчета и угловых импульсов (рис. 130).

Следует напомнить, что исправный двухканальный коммутатор обеспечивает по управляющим импульсам (сигнал момента зажигания и выбор каналов) контроллера поочередное включение каналов и, следовательно, катушек зажигания, а также формирует импульсы тока в течение времени накопления в первичных обмотках катушек зажигания.

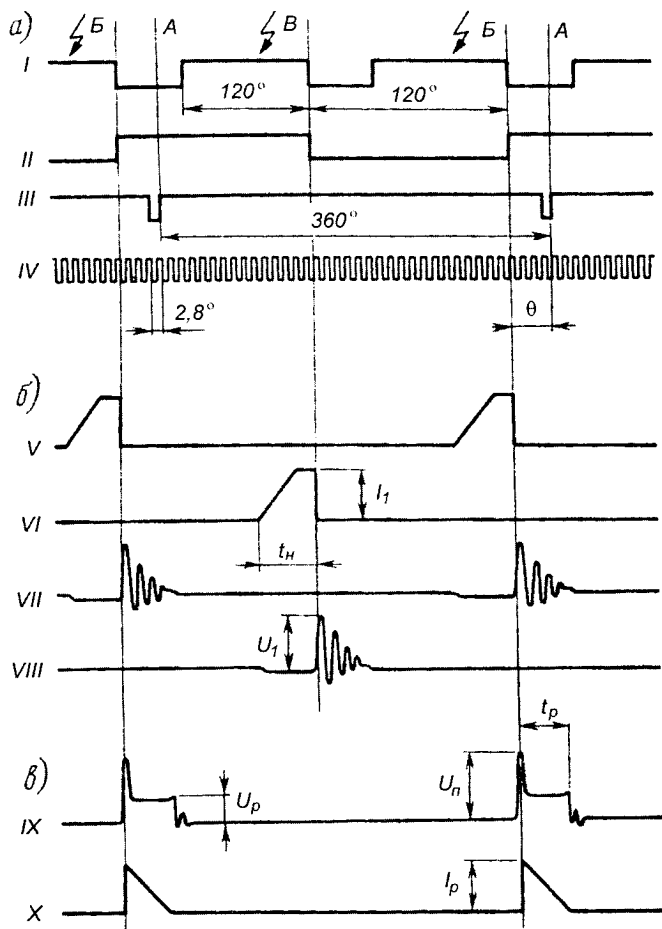


Рис. 130. Осциллограммы импульсов напряжения и токов, действующих на выходах контроллера (а), коммутатора (б) и во вторичной цепи катушки зажигания (в):

I – сигнал «Момент зажигания»; II – сигнал «Выбор канала»; III – сигнал «Начало отсчета»; IV – сигнал «Угловые импульсы»; V – импульсы тока на выходе первого канала; VI – импульсы тока на выходе второго канала; VII – импульсы напряжения на выходе первого канала; VIII – импульсы напряжения на выходе второго канала; IX – импульсы напряжения; X – импульсы тока; А – ВМТ поршней 1-го, 4-го цилиндров; Б – момент зажигания в 1-м, 4-м цилиндрах; В – момент зажигания во 2-м, 3-м цилиндрах

В процессе эксплуатации автомобиля в коммутаторе может не

работать один или оба канала. В этом случае следует проверить форму напряжения на штекерах 1 и 7 коммутатора. Обычно работоспособность коммутатора проверяется в мастерской с помощью специальных диагностических приборов. При отсутствии приборов убедиться в исправности коммутатора, установленного на автомобиле, можно, используя заведомо исправный коммутатор, если последний имеется в наличии. Затем заменить коммутатор и проверить работу системы зажигания. Если в этом случае пуск двигателя и его работа будут нормальными, следовательно, на автомобиле был неисправный коммутатор.

Убедиться в работоспособности коммутатора можно также простым способом с помощью контрольной лампочки А12 (3Вт). Для этого необходимо отсоединить низковольтные провода от катушки зажигания и присоединить к ним контрольную лампочку. Затем прокрутить двигатель стартером на несколько оборотов. Мигание контрольной лампочки будет свидетельствовать о том, что коммутатор выдает импульсы тока, т.е. он исправный.

Отсутствие импульсов тока на одной катушке может быть: либо из-за повреждения проводов, соединяющих эту катушку с коммутатором, либо из-за неисправности одного из каналов коммутатора. В тех случаях, когда импульсов тока нет на обеих катушках, то причин может быть несколько: либо не подается напряжение питания по голубому проводу с красной полоской на катушки зажигания, коммутатор и контроллер, либо неисправны приборы (коммутатор, контроллер), либо нарушены соединения между ними. Обнаруженный неисправный коммутатор надо заменить, замеченное нарушение в соединениях между приборами устранить.

Иногда импульсы тока на первичные обмотки катушки зажигания не поступают из-за неисправностей контроллера, когда он не выдает управляющие импульсы на коммутатор. Нужно проверить форму напряжения на штекерах 3 и 4 контроллера (или 6 и 5 коммутатора). В практике исправность контроллера проверяется специалистами при помощи тестера или двухканального электронного осциллографа в соответствии с инструкцией по эксплуатации или по специальной методике.

Определить работоспособность контроллера можно также простым способом с помощью индикатора (рис. 131). Для этой цели рекомендуется использовать резисторы типа МЛТ (1 Вт), транзистор типа КТ817Б и контрольную лампу А12 (3 Вт), которая служит в качестве индикаторной. Чтобы проверить контроллер, необходимо соединить выводы «-» и «+» индикатора с источником питания

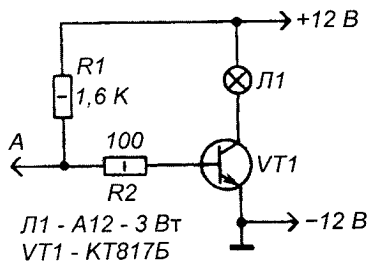


Рис. 131. Схема индикатора для проверки контроллера

(аккумуляторной батареей). Затем отсоединить колодку штепсельного разъема от коммутатора и присоединить вход А индикатора к штекеру 5 этой колодки (соединенному с белым проводом). Затем прокрутить двигатель стартером. Если индикаторная лампа вспыхивает, то контроллер выдает импульсы «Выбор канала».

Наличие импульсов момента сигнала зажигания проверяют аналогичным способом. Для этого подключают вход индикатора к штекеру 6 (к нему подходит голубой провод), отсоединенной от коммутатора колодки проводов. При отсутствии импульсов нужно проверить, подается ли напряжение питания к контроллеру. Следует убедиться, нет ли обрыва в проводах, соединяющих контроллер с коммутатором и с датчиками начала отсчета и угловых импульсов. Если провода исправны и напряжение подается на контроллер, а импульсов нет, то можно предположить, что контроллер неисправен. Его следует проверить на специальном стенде и при необходимости заменить.

При поиске причин отсутствия импульсов тока на первичных обмотках катушек зажигания следует особое внимание обратить и на исправность индуктивных датчиков начала отсчета (НО) и угловых импульсов (УИ), которые обеспечивают синхронизацию работы контроллера с моментом достижения ВМТ поршнями 1-го и 4-го цилиндров (датчик начала отсчета) и угловым положением коленчатого вала двигателя (датчик угловых импульсов) с периодичностью через каждые $1,4^\circ$ по коленчатому валу. Причинами неисправностей могут быть нарушение установки датчиков на двигателе или обрыв в проводах, соединяющих датчики с контроллером. В этом случае нужно тщательно проверить форму напряжения на штекерах 8, 19 (НО) и 9, 18 (УИ) контроллера.

Датчик начала отсчета генерирует импульс напряжения в момент прохождения в его магнитном поле маркерного штифта, запрессованного в маховик, что соответствует нахождению в ВМТ поршней 1-го и 4-го цилиндров, а датчик угловых импульсов генерирует угловые импульсы при прохождении в его магнитном поле зубь-

ев обода маховика. При проверке работоспособности датчиков, в первую очередь следует обратить внимание на правильность установки датчика НО на картере сцепления (рис. 132) и на обеспечение установочного зазора $0,3-1,2$ мм между датчиком и вершиной зуба венца маховика. Для измерения параметров датчиков применяется электронный осциллограф. Форма и амплитуда импульсов, генерируемых датчиками НО и УИ, представлены на рис. 133.

Если измеренное омметром сопротивление обмотки датчика нормальное [400 ± 50 Ом], то амплитуда импульсов напряжения исправного датчика должна быть $0,2-100$ В в интервале частот вращения коленчатого вала двигателя $2,5-6000$ мин⁻¹. Период импульсов датчика НО по коленчатому валу равен 360° , а датчики УИ – $2,8^\circ$. При необходимости проверить и обеспечить надежное соединение проводов, неисправный датчик необходимо заменить. Чаще всего двигатель запускается с трудом или вообще не запускается в связи с отказом электромагнитного клапана ЭПХХ карбюратора, управление которым осуществляется в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя и положения дроссельной заслонки карбюратора. Если двигатель не запускается при включенном зажигании и при этом не срабатывает ЭПХХ карбюратора, то вероятными причинами могут быть обрыв в проводах, соединяющих клапан с контроллером (штекер 1), либо отказы самих электромагнитного клапана или контроллера.

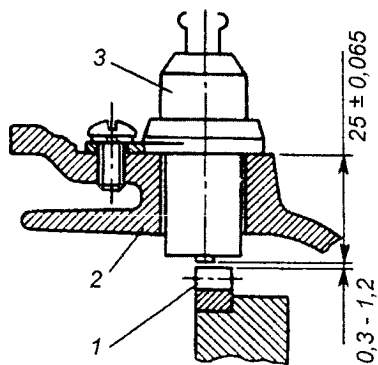


Рис. 132. Схема установки датчика угловых импульсов:
 1 – венец маховика; 2 – картер сцепления; 3 – датчик

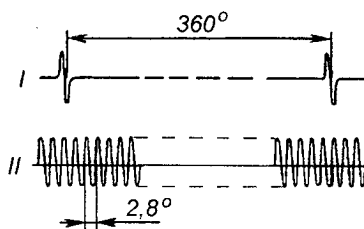


Рис. 133. Осциллограммы импульсов датчика начала отсчета (I) и угловых импульсов (II)

Для проверки функционирования электромагнитного клапана карбюратора необходимо отключить зеленый провод от концевого выключателя 8 (см. рис. 129) карбюратора и соединить наконечник

этого провода с корпусом. При пуске двигателя проконтролировать момент срабатывания клапана с увеличением частоты вращения коленчатого вала до 1750 мин^{-1} . Клапан должен отключаться, а при плавном снижении частоты вращения до 1650 мин^{-1} включаться. Частоты вращения коленчатого вала двигателя можно измерять с помощью дополнительного тахометра.

Работоспособность электромагнитного клапана рекомендуется проверять и при частоте вращения 2000 мин^{-1} . Для этого надо отсоединить от корпуса наконечник провода, идущего к концевому выключателю карбюратора. Исправный клапан должен в этом случае включаться, а при соединении этого провода с корпусом отключаться. Момент срабатывания электромагнитного клапана определяется по характерному щелчку или по напряжению.

Напряжение, измеренное вольтметром, подключенным между клапаном и корпусом, должно быть не менее 10 В при включенном клапане и не более $1,5 \text{ В}$ при выключенном. Нужно иметь в виду, что электромагнитный клапан карбюратора может не срабатывать из-за неисправности контроллера, который подает сигнал управления на клапан. Чтобы убедиться в исправности контроллера, следует проверить сигнал на штекере 1. Неисправный контроллер необходимо заменить.

Перебои в работе двигателя

Распространенными причинами работы двигателя с перебоями являются поврежденные провода (ослабление их креплений, окисление наконечников) и свечи зажигания (износ электродов, замасливание, нагар, трещины в изоляторе).

Двигатель с микропроцессорной системой управления имеет характерные отличия, связанные с применением электронных приборов высокой энергии (коммутатора, специальных датчиков, контроллера).

Устранение перебоев в работе двигателя практически сводится к диагностированию, разборке и сборке и замене негодных деталей, а также к обеспечению надежного соединения всех узлов, приборов и деталей системы зажигания.

Рассмотрим подробно только те причины, которые вызывают перебои в работе двигателя и характерны лишь для системы зажигания высокой энергии. Одной из причин работы двигателя с перебоями может быть неисправный контроллер, в котором форма импульсов на штекерах 3 и 4 не соответствует норме или нарушен угол опережения зажигания.

Нужно проверить выходные сигналы контроллера (см. ранее). Неисправный контроллер рекомендуется заменить. Для диагности-

рования контроллера подходит двухканальный электронный осциллограф. При его наличии можно проверить работу контроллера и получить необходимые осциллограммы, по которым можно судить об исправности прибора. Для этого необходимо электронный осциллограф подключить к диагностическим выводам контроллера в определенной последовательности. На входы усилителя первого канала подать угловые импульсы (штекер 7 контроллера), а на входы второго канала подать импульсы начала отсчета (штекер 5 контроллера). Диагностический импульс момента зажигания (штекер 13 контроллера) подать на вход внешнего запуска развертки осциллографа. Затем включить ждущий режим развертки осциллографа, синхронизация – переход из высокого уровня сигнала в низкий (момент искрообразования). Этот момент определяется срезом импульса. После этого вычислить угол опережения зажигания, умножив значение угла поворота коленчатого вала за половину периода угловых импульсов, т.е. $1,4^{\circ}$, на количество переходов сигнала угловых импульсов с высокого уровня в низкий и наоборот в диапазоне развертки осциллографа от момента искрообразования до фронта перехода с низкого уровня в высокий сигнала начала отсчета (ВМТ). Возможной причиной работы двигателя с перебоями может оказаться неисправный коммутатор. В этом случае снять осциллограмму импульсов на штекерах 1 и 7 коммутатора с помощью двухканального электронного осциллографа. Если форма импульсов не соответствует норме (см. рис. 133), то коммутатор неисправен и его нужно заменить.

Причинами неустойчивой работы двигателя могут быть также неисправности самих датчиков начала отсчета (НО) или управляющих импульсов (УИ). Возможно, нарушена их установка или имеется обрыв в проводах, соединяющих датчики с контроллером. Способы проверки и устранения этих причин описаны ранее.

Двигатель неустойчиво работает иногда из-за повреждения уплотнительного кольца или пробоя изолятора помехоподавительного наконечника провода высокого напряжения. Этот дефект устраняется заменой помехоподавительного наконечника. Следует иметь в виду, что в некоторых случаях, когда дальнейшая работа двигателя с перебоями недопустима, а устранение повреждения собственными силами затруднительно, целесообразно обратиться на станцию технического обслуживания, указав по возможности внешние признаки неисправности.

Двигатель не развивает полной мощности

Двигатели современных автомобилей обладают высокой приемистостью, т.е. способностью легко и быстро набирать частоту

вращения после резкого нажатия на педаль акселератора, а также способностью устойчиво работать на малых частотах вращения в режиме холостого хода и развивать достаточную мощность вскоре после холодного пуска. Эти качества достигнуты благодаря тщательной обработке карбюратора и впускного тракта, в частности благодаря подогреву корпуса дроссельной заслонки рабочей жидкостью, отбираемой от системы охлаждения двигателя, а главное – из-за достаточно большой энергии искры зажигания рабочей смеси. Большая энергия искры достигается благодаря емкому аккумулятору и высокой эффективности элементов системы зажигания. Таким образом, когда системы питания, охлаждения и зажигания исправны, двигатель развивает полную мощность и обладает высокой приемистостью.

Тем не менее, нередко приходится на практике наблюдать, что при пуске двигателя слабо набирается частота вращения, автомобиль разгоняется вяло и максимальная скорость достигается медленно.

Основными причинами, которые могут привести к снижению мощности двигателя (при условии, что все системы его, кроме элементов системы зажигания, исправны), могут быть:

- повреждение шланга, соединяющего штуцер контроллера с впускным трубопроводом, либо наличие конденсата топлива в шланге;
- отказ датчика давления в контроллере либо неисправность самого контроллера;

- повреждение датчика температуры охлаждающей жидкости или обрыв в проводах, соединяющих его с контроллером.

Обнаружение и устранение перечисленных неисправностей особых трудностей не составляют. Так, поврежденный шланг, соединяющий штуцер контроллера с впускным трубопроводом, надо заменить, а шланг с конденсатом топлива очистить и продуть сжатым воздухом.

Чтобы убедиться в работоспособности датчика давления в контроллере (он изменяет угол опережения зажигания в зависимости от давления), необходимо проверить реакцию сигналов в штекерах 3 и 4 контроллера на изменение давления. Неисправный контроллер необходимо заменить.

Если по осциллограмме на штекерах 3 и 4 контроллера будет выявлена не соответствующая норме характеристика опережения зажигания при изменении частоты вращения коленчатого вала, температуры или давления во впускном трубопроводе, то неисправен контроллер.

При проверке работоспособности датчика температуры охлаждающей жидкости прежде всего следует убедиться, нет ли обрыва в проводах, соединяющих датчик с контроллером (штекеры 15, 16), надежно ли их соединение. При необходимости – зачистить соеди-

нение проводов, а обнаруженные провода с обрывом заменить.

Для проверки исправности самого датчика температуры датчик вставляют в бачок с водой или с охлаждающей жидкостью, которая может подогреваться. Затем подключают к датчику источник питания напряжением 12 В и вольтметр постоянного тока с пределом измерений 0–5 В и классом точности 1,5. Ток через датчик температуры регулируется с помощью резистора. Подогревая воду или охлаждающую жидкость в бачке, определяют падение напряжения на датчике при различных температурах, которое не должно отличаться от расчетного более чем на $\pm 0,1$ В. Расчетное падение напряжения на выводах датчика (типа 19.3838) при питании его постоянным током 1,5 мА численно равно (в милливольтгах) температуре охлаждающей жидкости в К, умноженной на 10. Неисправный датчик необходимо заменить.

4.5. Требования безопасности при работе с системой зажигания

При эксплуатации автомобиля нужно обращать внимание на появляющиеся в работе приборов и узлов системы зажигания отклонения от нормы (повышенный нагрев, перебои, ослабление креплений и т.п.), стараясь немедленно установить причины, вызвавшие их. Практически неполадки системы зажигания определяются во время пуска двигателя и движения автомобиля или при очередном его обслуживании.

В связи с этим необходимо строго соблюдать следующие правила:

все виды работ по диагностированию и устранению неисправностей выполнять после изучения инструкции по эксплуатации автомобиля, чтобы не вывести из строя электронные приборы системы зажигания и не получить травм;

категорически запрещается при работающем двигателе касаться элементов системы зажигания: коммутатора, катушки зажигания и высоковольтных проводов;

не проверять работоспособность системы зажигания на искру между наконечниками проводов свечей зажигания и «массой» автомобиля во избежание вредного воздействия на организм проверяющего и выхода из строя электронных приборов;

не допускается провода высокого и низкого напряжения размещать в одном жгуте;

не следует отсоединять от коммутатора штепсельный разъем при включенном зажигании во избежание повреждения отдельных элементов повышенным напряжением;

для бесперебойной работы основных приборов системы зажи-

гания (коммутатора и контроллера) необходимо постоянно следить за надежностью их соединения с «массой» через винты крепления; во время технического обслуживания и ремонта системы зажигания использовать только исправные и соответствующие своему назначению приборы и стенды.

Применение отечественных свечей на легковых автомобилях

Условное обозначение свечи	Основные параметры и размеры				Автомобиль
	Калильное число	Резьба ввертываемой части	Длина резьбы, мм	Рекомендуемый искровой промежуток, мм	
A11-1	11	M14x1,25	12	0,85-1,0	ГАЗ-21, УАЗ-469, ГАЗ-24-10
A11H	11	M14x1,25	11	0,9-1,05 0,6-0,75	«Москвич-407, -408», ЗАЗ-965
A13H	13	M14x1,25	11	0,6-0,75	ЗАЗ-965, -966, -969В
A14В	14	M14x1,25	12	0,8-0,95	ГАЗ-24-10, -24-11, «Волга» с двигателями ЗМЗ-402.10 и ЗМЗ-4021.10
A14Д	14	M14x1,25	19	0,8-0,9	ГАЗ-3102 «Волга» с двигателем ЗМЗ-4022.10
A17В	17	M14x1,25	12	0,8-0,9	ГАЗ-24 «Волга» с двигателем ЗМЗ-24Д для работы на бензине АИ-93
A17ДВ	17	M14x1,25	19	0,5-0,6	ВАЗ моделей 2101, 21011, 2103, 2106, 2105, 2107, 2121

Условное обозначение свечи	Основные параметры и размеры				Автомобиль
	Калильное число	Резьба ввертываемой части	Длина резьбы, мм	Рекомендуемый искровой промежуток, мм	
A17ДВ-10	17	M14x1,25	19	0,7-0,8	ВАЗ-2108, -2109
A17Д	17	M14x1,25	19	0,8-0,95	Для дефорсированных двигателей УМЗ-412ДЭ
A20Д-1	20	M14x1,25	19	0,8-0,95	«Москвич-412», -2140, -2141 с двигателем УМЗ-412, ИЖ-2125
A23	23	M14x1,25	12	0,75-0,9	ЗАЗ-968А, -968М, ЛуАЗ-969, ЛуАЗ-969М
A26ДВ-1	26	M14x1,25	19	0,6-0,75	ВАЗ с двигателем ВАЗ-311 (роторный)

Взаимозаменяемость свечей зажигания отечественного производства и зарубежных фирм

Россия	LODGE (Англия)	CHAMPION (Англия)	BOSCH (Германия)	MARELLI (Италия)	KLG (Англия)
A-11 и A11H	CN	L88, L88A	W10AC, W9AS	CW3N	F40, F50
A13H	CSN	H10	W9ACO	—	FA50
A14B	CNY	L12Y	W8BC	CWSNP	F55P
A14Д	HBLN	N5	W8CC	CW5L	FE70
A17B	HNY	L92G	W7BC	CW6NP	F65P
A17Д	HLN	N4	W7CC	CW6L	FE75
A17ДВ, A17ДВ-10	HLNY То же	N10Y N9Y	W7DC То же	CW7LP То же	FE65P То же
A20Д-1	2HLN	N3	W6CC	CW7L	FE80
A23	2NN	N81	W5AC	CW7N	F80
A26ДВ-1	4HLNY	N63Y	W3DC	CW89LP	FE145P

Россия	AC (Франция)	NGK (Япония)	MOTOR CRAFT (США)	PAL (Чехословакия)
A-11 и A11H	45F	BSHS	—	—
A13H	C43L	B6L	FL5	—
A14B	44FS	BP4HS	AE42	NSY
A14Д	45XL	—	AG3, AG31	L5
A17B	43FS	BP6HS	AE32	N7Y
A17Д	C44XL	B6ES	AG2, AG21	L7
A17ДВ, A17ДВ-10	42XLS То же	BP6ES То же	AG252 То же	L7Y То же
A20Д-1	43XL	B7ES	AG4	L8
A23	42F	B7HS, B8HS	AE2, AE3	N9
A26ДВ-1	—	—	—	—

Примечание. Независимо от марки свечи и фирмы-изготовителя зазор нужно устанавливать по инструкции для данного автомобиля.

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Системы зажигания	4
1.1. Факторы, влияющие на сгорание смеси	4
1.2. Свечи зажигания.....	11
1.3. Получение высокого напряжения для свечей зажигания.....	26
1.4. Схемы систем зажигания.....	30
Глава 2. Средства управления моментом зажигания	42
2.1. Механические средства управления моментом зажигания	42
2.2. Электронные устройства управления моментом зажигания.....	65
Глава 3. Тестирование электрических цепей и элементов системы зажигания	113
3.1. Основные методы тестирования.....	113
3.2. Локализация неисправностей в контактных системах зажигания	115
3.3. Локализация неисправностей в электронных системах зажигания.....	117
3.4. Проверка датчиков и исполнительных устройств	128
Глава 4. Диагностирование и ремонт систем зажигания	134
4.1. Последовательность выполнения работ.....	134
4.2. Диагностирование и ремонт системы управления МИКАС 5.4	139
4.3. Схемы электрических соединений системы управления МИКАС 5.4 и описание жгута проводов.....	154
4.4. Неисправности микропроцессорной системы управления двигателем	166
4.5. Требования безопасности при работе с системой зажигания.....	179
Приложение 1. Применение отечественных свечей на легковых автомобилях	181
Приложение 2. Взаимозаменяемость свечей зажигания отечественного производства и зарубежных фирм	183