

Расчет базовой длительности количества топлива

Общеизвестно, что основное назначение БУ двигателем современного автомобиля это не только точное управление составом смеси (временем открытого состояния форсунок) в соответствии с нагрузкой на двигатель и с учетом его состояния, но минимизация ущерба окружающей среде и здоровью людей. Поэтому основные «счетные» ресурсы процессора БУ направлены на решение этих задач. Расчет количества необходимого топлива происходит в несколько этапов.

- Формирование "базового времени впрыска"
- Коррекция времени впрыска по условиям эксплуатации
- Коррекция по напряжению бортовой сети

В начале БУ определяет параметры "базового" количества необходимого топлива и значение угла опережения зажигания на основании данных о частоте вращения коленчатого вала и нагрузке на двигатель. Эти значения считывается из соответствующих таблиц, запрограммированных заводом-изготовителем, и корректируется с использованием поправочного коэффициента, называемого "топливным балансом" (Fuel Trim). После этого производится коррекция состава смеси, которая обычно учитывает текущие (нынешние) параметры системы, то есть состояние двигателя и его систем в настоящее время. К таковым относятся следующие:

- температура охлаждающей жидкости
- температура воздуха во впускном коллекторе
- положение дроссельной заслонки
- состав отработавших газов
- давление в топливной системе
- содержание кислорода в атмосфере (высота над уровнем моря)

Эти параметры определяются с помощью соответствующих датчиков

- нагрузка на двигатель (Calc Load) определяется по количеству воздуха, поступающего в цилиндры, определяется датчиком расхода/потока воздуха. Возможно использование различных типов: Vane Air Flow meter, Karman Vortex Air Flow meter, Mass Air Flow meter¹ или датчиком разрежения (абсолютного давления) во впускном коллекторе (Manifold Absolute Pressure Sensor)

- частота вращения двигателя определяется датчиком положения коленчатого вала
- скорость автомобиля - датчиком скорости
- температура двигателя определяется датчиком температуры охлаждающей жидкости
- положение дроссельной заслонки определяется
 - датчиком положения дроссельной заслонки
 - датчиком холостого хода
- температура воздуха определяется датчиком температуры воздуха

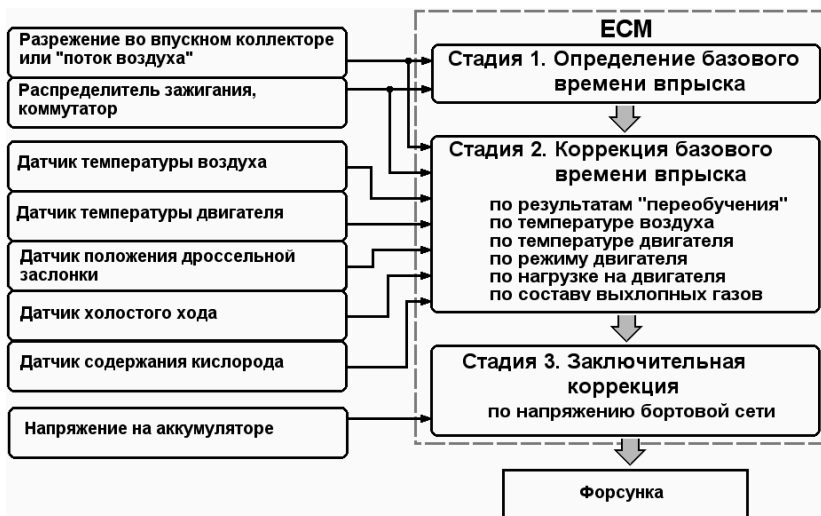


Рис. 1. Алгоритм расчета времени открывания форсунок

- состав отработавших газов может определяться с помощью следующих датчиков:
 - кислородные датчики (Oxygen Sensor)
 - датчики обедненной смеси (Sensor Lean Mixture)
 - датчики состава топливно-воздушной смеси (Air/Fuel Ratio Sensor)
 - датчик содержания NOx²
- высота над уровнем моря - датчиком давления
- давление в топливной системе – соответствующим датчиком в насосе высокого давления или в топливной магистрали.

Топливный баланс и обратная связь по составу отработавших газов

Величина коррекции количества топлива, подаваемого в цилиндры по напряжению датчика содержания кислорода, зависит от различных факторов. Цель этой коррекции заключается в обеспечении стехиометрического состава смеси. Если степень необходимого вмешательства невелика, например, менее 10%, то БУ справляется с этим сравнительно легко. При необходимости изменения базового значения более чем на 20 %, т.е. для осуществления более существенного

¹ Описание датчиков этого типа изложено в <http://alflash.com.ua/Learn/maf1.pdf>

² DTC P2200-P2225, etc

изменения, компьютер проводит процедуру "переобучения" (адаптации). Уменьшая или увеличивая базовое время впрыска топлива в пределах допустимого, он проверяет реакцию системы и устанавливает (записывает в память) новое значение этого параметра. При этом для точного поддержания стехиометрического состава топливно-воздушной смеси (14.7:1) по-прежнему используется напряжение датчиков содержания кислорода. В зависимости от различных факторов, в том числе, от высоты над уровнем моря, износа поршневой группы и форсунок, допусков на качество топлива и на изменения в состоянии двигателя, коррекция, определяемая обратной связью по составу отработавших газов, изменяется. В режиме замкнутой обратной связи по напряжению кислородных датчиков происходит изменение состава смеси посредством небольших изменений (приращений). Поэтому, если необходима относительно небольшая коррекция (до 3 %), то ЕСМ сравнительно просто изменяет состав смеси. Обычно диапазон возможного изменения состава смеси составляют $\pm 20\%$ от его базового значения.

При необходимости значительных изменений и для предотвращения возможных неточностей или уменьшения времени отклика, в память записывается информация о результатах коррекции смеси в предыдущих поездках. Эта информация используется в качестве начальной при следующих поездках, что позволяет повысить точность поддержания оптимального состава топливной смеси с учетом реального состояния двигателя. Таким образом, реализуется "процедура переобучения ЕСМ", известная под названием "Computer Relearn Procedures"³. Например, в памяти ЕСМ записана "заводская установка"

Коррекция базового времени впрыска по содержанию кислорода

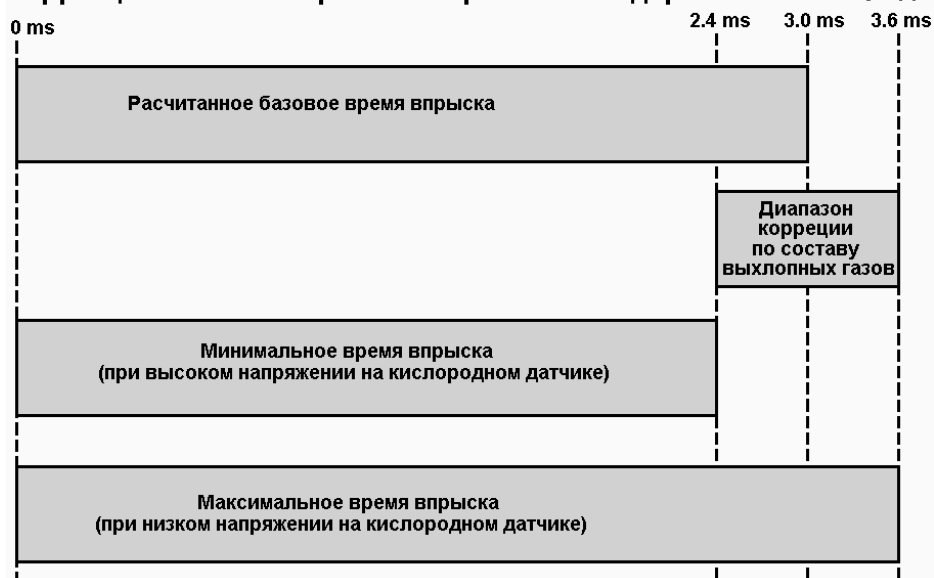


Рис. 2. Коррекция базового времени впрыска по содержанию кислорода.

необходимости поддержания времени впрыска топлива прогретого двигателя равного 3.0 мсек. Если после осуществления коррекции по напряжению кислородного датчика окажется, что необходимо открывать форсунки при прогревом двигателя импульсами напряжения длительностью 3,3 мсек, то при следующих поездках БУ "начнет" регулировку с этого значения.

Влияние топливного баланса на количество подаваемого топлива

Топливный баланс (**FT-Fuel Trim**, фото 1) - параметр, который показывает (в процентах) на сколько необходимо изменить длительность подачи топлива, для поддержания оптимального состава смеси (14.7:1). При использовании нескольких датчиков кислорода, система впрыска различает этот параметр для каждого из них. Кроме этого, используются два различных по сути значения этого параметра.



Фото 1. Параметры топливного баланса

Долговременный топливный баланс (Long Fuel Trim - **LFT**) характеризует величину изменения базового значения состава смеси, которое произведено для её оптимизации. Этот параметр - результат адаптации системы управления к состоянию двигателя, его систем и компонентов. Например, некоторое снижение давления в топливной системе, негерметичность системы впуска или загрязненность форсунок влекут за собой коррекцию в сторону обогащения смеси.

Положительное значение соответствует обедненной смеси и увеличению подачи топлива. Отрицательное - уменьшению. Диапазон изменений этого параметра составляет $\pm 20\%$. Этот параметр входит в состав "потока данных" (Data Stream) при сканировании инжекторных систем.

Долговременный топливный баланс (**LFT**), в отличие от

³ На мой взгляд, термин "адаптация" более точно отражает суть этого процесса.

кратковременного (**Short Fuel Trim - SFT**), - это коррекция, которая остается в памяти, и после выключения зажигания, и это есть характеристика базового времени подачи топлива.

Кратковременный топливный баланс (**SFT**) - дополнительная и временная коррекция базового состава смеси, которая учитывает изменения напряжения кислородного датчика или тока его чувствительного элемента, то есть "уточняет" состав смеси в настоящий момент. Нормальный диапазон этого параметра составляет $\pm 20\%$. При исправной системе он редко больше чем $\pm 10\%$.

Если базовая продолжительность подачи топлива приводит к бедной смеси, то баланс **SFT** откликается положительной коррекцией (от +1 до +20 %), с тем чтобы увеличить подачу топлива и обогатить смесь. Если базовая длительность слишком велика, то параметр **SFT** реагирует на это отрицательной коррекцией состава смеси (от -1 до -20 %) для уменьшения количества топлива (обеднения смеси). Когда этот параметр находится в диапазоне $\pm 0\%$, то это является признаком нейтрального состояния, при котором состав близок к стехиометрическому (рис. 3). Если изменения **SFT** существенно отличаются от $\pm 10\%$, то коррекция LFT изменяет базовую длительность впрыска топлива. В результате этого диапазон изменения **SFT** вновь становится равным $\pm 10\%$.

В отличие от SFT, которое определяет продолжительность впрыска топлива только в режиме замкнутой обратной связи, параметр LFT корректирует поправочный коэффициент базовой продолжительности впрыска топлива и при разомкнутой обратной связи.

В некоторых системах значения LFT сохраняются в энергонезависимой памяти (NVRAM nonvolatile RAM) и не "обнуляются" при отключении аккумулятора. В этом случае ECU "помнит" текущее значение коррекции и при следующих поездках использует сохраненные данные. Но при этом процесс "переобучения" продолжается.

При проведении диагностики с помощью сканеров в автомобилях прошлых лет (pre-OBD II), параметр LFT отображаются как Target A/F⁴ (фото 2). При диагностике Toyota обычными инструментальными средствами значение LFT (Learned Voltage Feedback - LVF) можно проверить измеряя напряжение на контакте **VF1**⁵ диагностического разъема DLC No.1.

Для лучшего понимания рассмотрим пример адаптации системы к возможному изменению ее состояний (рис. 3).

Пример #1. Представлены параметры исправной топливной системы. Базовая длительность при указанной нагрузке и частоте вращения коленчатого вала составляет 3.0 мсек. SFT изменяется в диапазоне $\pm 10\%$, выходное напряжение датчика кислорода переключается нормально. Система исправна и не требует вмешательства.

Пример #2. Представлены параметры при возникновении негерметичности впускного коллектора ("подсос" воздуха). Так как нагрузка на двигатель не изменилась, то базовая длительность по-прежнему составляет 3.0 мсек.

- Дополнительный воздух обедняет смесь, поэтому уменьшается выходное напряжение кислородного датчика.
- SFT безуспешно пытается исправить это положение, но достигает предела +20%.
- ECU "узнает", что необходимо осуществить коррекцию в сторону увеличения базовой продолжительности впрыска топлива (LFT) для того, чтобы выходное напряжение датчика кислорода находилось в допустимом рабочем диапазоне.

Пример #3. Показан результат того, что ECU изменил LFT на +10 %. Хотя нагрузка и частота не изменились, базовое время впрыска топлива теперь составляет 3.3 мсек.

- В этом состоянии система впрыска поставляет достаточно топлива, чтобы восстановить почти нормальное переключение напряжения датчика кислорода. Переключения происходят, но диапазон напряжения кислородного датчика смещен в зону обедненного состава смеси. Для устранения этого состояния требуется все еще чрезмерная коррекция (SFT = +15 %).



Фото 2. Проверка «Target A/F» системы с pre-OBDII

⁴ Learned value (adaptive memory) correction to A/F Ratio feedback control system (O2 sensors respectively).

⁵ Основное назначение этого контакта – передача диагностическим сканерам параметров системы (Serial Data)

Параметры коррекции состава воздушно-топливной смеси

- ECM проводит долговременную коррекцию базовой длительности впрыска (LFT) для того, чтобы параметр SFT снова был в диапазоне $\pm 10\%$.

Пример #4. Описывает результат дальнейшего изменения LFT. Нагрузка и частота вращения коленчатого вала остались без изменения (как и в примере #1), но базовая продолжительность впрыска топлива увеличилась на 20 % и теперь стала равной 3.6 мсек.

- Базовая длительность подачи снова в пределах $\pm 10\%$ от заданного времени впрыска.
- Нормальные переключения датчика кислорода сопровождаются изменениями SFT $\pm 10\%$ от базовой продолжительности подачи топлива.

Таким образом, в результате адаптации системы впрыска к реальному состоянию системы, состав смеси становится оптимальным.

В том случае, когда ECM не в состоянии обеспечить необходимый состав топливно-воздушной смеси, в его память записываются коды неисправности:

- P0170⁶ Fuel Trim Malfunction (Bank1)
- P0171 System too Lean (Bank1)
- P0172 System too Rich (Bank1)
- P0173 Fuel Trim Malfunction (Bank 2)
- P0174 System too Lean (Bank2)
- P0175 System to Rich (Bank2)

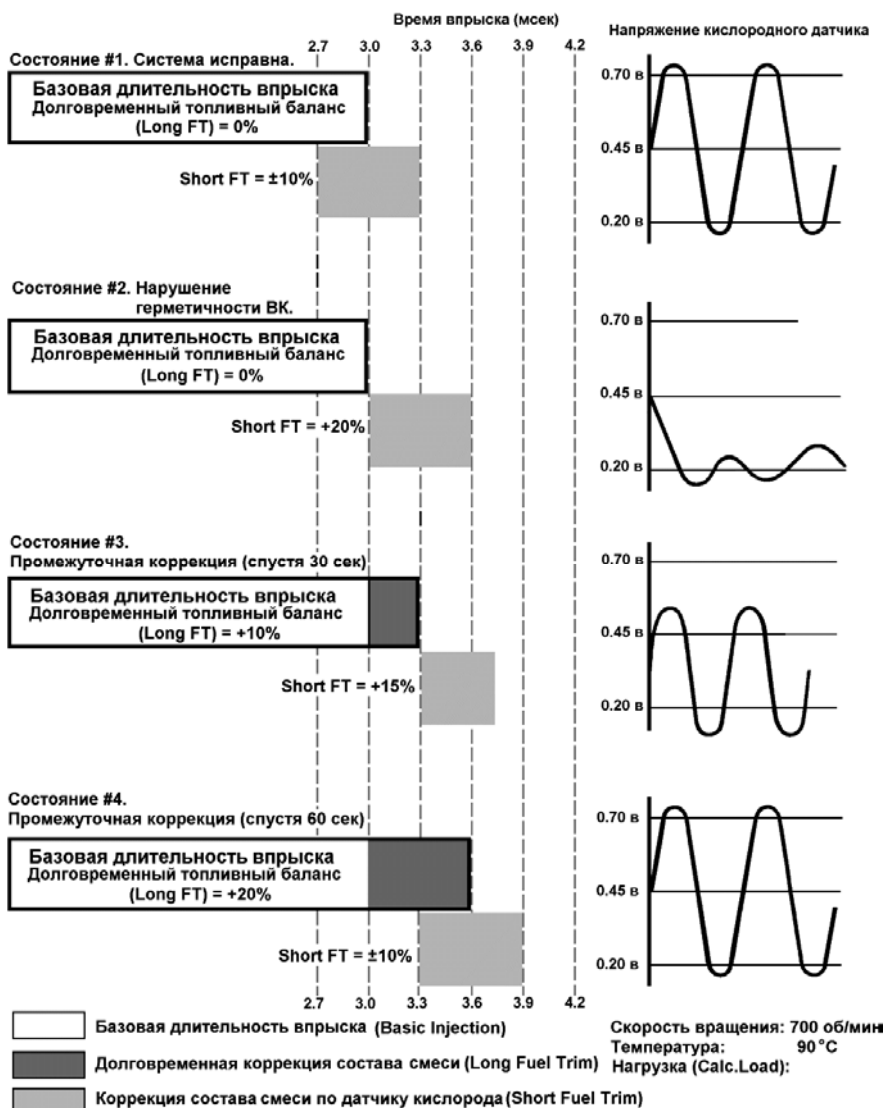


Рис. 3. Адаптация системы.

Достаточно интересно влияние некоторых "непрямых" воздействий на базовую длительность впрыска. Например, отмечено уменьшение значения этого параметра после промывки форсунок. Не менее интересна реакция системы впрыска на регулировку опережения зажигания. После установки правильного начального угла опережения зажигания наблюдается уменьшение времени впрыска на холостом ходу прогретого двигателя.

Напряжения обратной связи и целевой состав смеси Toyota

Хотя параметры LFT, Target A/F (Target Air Fuel Ratio) и LVF (Learned Voltage Feedback) - по существу одна и та же характеристика, но есть некоторые различия в способах их отображения (в зависимости от способа их визуализации). Значения LFT обычно отражается на экране диагностического сканера OBD-II в процентном соотношении (в цифровом и графическом виде). LVF и Target A/F отображаются как напряжение в диапазоне 0÷5.0 Вольт на соответствующем контакте (Vf) диагностического разъема.

Если LVF=2.50 В (рис. 4), то базовое значение находится в пределах $\pm 10\%$ от заданной

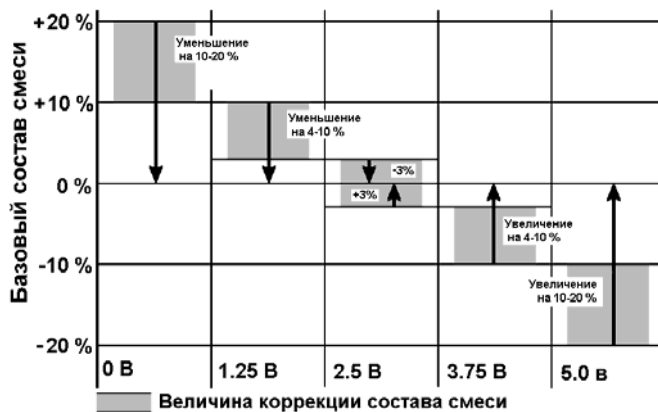


Рис. 4. Коррекция состава топливной смеси.

⁶ Идентификация некоторых кодов зависит от модельного года автомобиля.

продолжительности впрыска топлива (состав смеси примерно 14.7:1). Если необходимо отклонение базовой длительности впрыска топлива более чем на $\pm 10\%$ от заданной, то напряжение LVF изменится для компенсации чрезмерного обеднения или обогащения смеси на большую величину.

Меньшее напряжение указывает на то, что для компенсации обогащенного состава смеси продолжительность впрыска топлива должна быть уменьшена.

Если напряжение на контакте Vf1 больше чем 2.50 Вольт, то это признак того, что для устранения обеднения смеси количество топлива должно быть увеличено.

Проверка Fuel Trim при диагностике

При поиске неисправностей системы подачи топлива и особенно причин повышенного расхода бензина в первую очередь стоит проверить обратную связь по кислородному датчику. Необходимо определить, работает ли автомобиль в режиме замкнутой обратной связи и корректно ли работает система поддержания оптимального состава топливной смеси. И нет ли причин, которые заставляли бы БУ «добавлять» топливо для компенсации возникшего дефекта/неисправности.

Теория и практика проверки Vf-напряжения

Например, в автомобилях Toyota для анализа состояния датчика кислорода, проверки режима, в котором находится система впрыска, и возможных причин неисправности можно использовать напряжения на контакте "Vf" диагностического разъема (рис. 5, 6). Напряжение на этом контакте есть результат непосредственной реакции БУ на состояние датчика содержания кислорода, и содержит информацию о возможности осуществления обратной связи по его напряжению.

Следует помнить, что это напряжение не есть выходное напряжение кислородного датчика.

Информация, которую содержит напряжение на контакте Vf, зависит от режима, в котором находится система:

1. Режим проверки обратной связи по выходному напряжению датчика кислорода
2. Диагностический режим
3. Режим коррекции топливного баланса

1. Режим проверки обратной связи по напряжению датчика кислорода

Перед проведением проверки необходимо прогреть двигатель до 80°C. Подключите стрелочный вольтметр к контакту "Vf" (вход "+" вольтметра) и к контакту "E1" (вход "-" вольтметра). Соедините контакты **Te1** и **E1**. Дальнейшая методика проведения и интерпретация результатов зависит от типа⁷ применяемого кислородного датчика⁸.

Для двигателей Lean Burn⁹ с датчиком обедненной смеси (Sensor Lean Mixture, OEM No.89463-...)

После запуска двигателя прогрейте датчик до рабочей температуры (примерно 10 минут на холостом ходу двигателя). Для того чтобы начать коррекцию по сигналу обратной связи, следует довести частоту вращения коленчатого вала до 3,500 об/мин, а затем повторить это же через 20 секунд.

После этого, поддерживая частоту вращения коленчатого вала 1500 об/мин, проверьте напряжение на контакте "Vf". Если напряжение составляет примерно 0 Вольт, то происходит коррекция состава топливно-воздушной смеси с обратной связью по выходному напряжению датчика (Closed mode). Если напряжение 2.5 или 5 Вольт, то обратная связь по напряжению датчика разорвана, то есть не происходит коррекции состава топливной смеси. В этом случае необходима дополнительная проверка системы впрыска и в частности этого датчика.

Для автомобилей с обычным кислородным датчиком (Oxygen Sensor, OEM No.89465-...).

В этом режиме ECM проверяет выходное напряжение (рис.7) при периодическом изменении состава топливно-воздушной смеси.

При получении информации от него о том, что смесь богатая, ECM обедняет смесь и, наоборот, при бедной смеси, увеличивает время впрыска топлива. Поэтому в этом режиме уровень, фаза и частота переключений напряжения на контакте "Vf"



Рис. 5. Диагностический разъем Toyota

Рис.6.Разъем DLCNo.1.

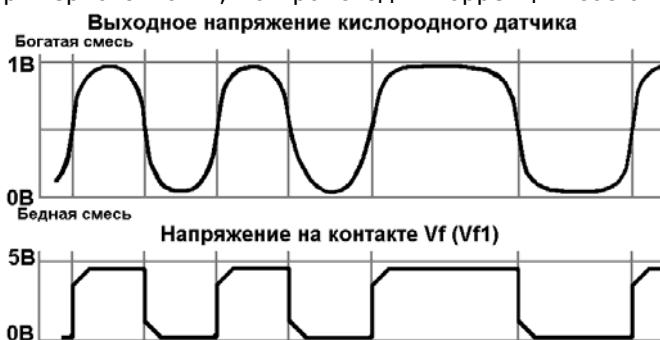


Рис. 7. Выходное напряжение кислородного датчика и напряжения на контакте Vf

⁷ В следующей статье будут рассмотрены принципы работы и проверки датчиков обедненной смеси.

⁸ Описание и методики проверки **Air/Fuel Ratio Sensors** рассмотрены в [соответствующих статьях](#)

⁹ Часть двигателей 4A-FE и 7A-FE

зависят от амплитуды выходного напряжения и быстродействия (постоянной времени) самого кислородного датчика. При этом напряжение на этом контакте изменяется в диапазоне 0÷5 Вольт в соответствии с изменением выходного напряжения датчика.

После прогрева датчика кислорода до рабочей температуры в течение примерно 2 минут при 2000 об/мин следует, поддерживая частоту вращения коленчатого вала 2500 об/мин, сосчитать количество отклонений стрелки вольтметра в течение 10 секунд. Если получено восемь и более отклонений, то принято считать, что датчик исправен.

Если напряжение на контакте Vf выходит за рамки указанного диапазона или количество переключений меньше восьми, то в системе есть неисправность. Но не следует спешить с заменой кислородного датчика, так как причиной этого может быть не только неисправность датчика.

На рис. 8 представлены графики изменения времени открывания форсунок (t3), выходного напряжения исправного кислородного датчика (k4) двигателя 3S-GE и напряжения на контакте Vf1 диагностического разъема Toyota при 2500 об/мин и замкнутых контактах E1 и Te1.

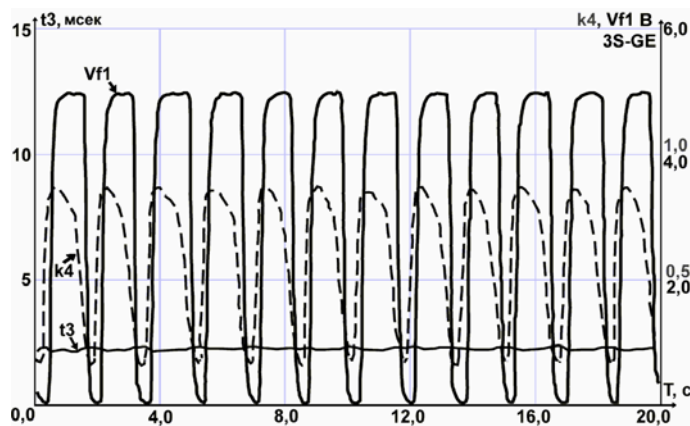


Рис. 8. Пример Vf-диагностики двигателя 3S-GE

2. Диагностический режим

При закрытой дроссельной заслонке (замкнутом контакте IDL датчика положения дроссельной заслонки), замкнутых контактах **Te1** и **E1**, заведенном двигателе и отсутствии в памяти ECM кодов неисправности напряжение на контакте Vf будет равно 5 В. Если в памяти есть коды неисправности, то Vf = 0 В. Измерение и анализ напряжения Vf информативно, только в случае, когда система впрыска находится в "замкнутом цикле" управления. При прогреве, ускорении, принудительном холостом ходу двигателя - это напряжение равно нулю.

3. Режим коррекции топливного баланса (Learned value Mode).

Примечание: если контакты Te1 и E1 не соединены, то напряжение на контакте Vf=0÷5В. Значение этого напряжения зависит от модели двигателя и определяется состоянием инжекторной системы.

Существует коэффициент коррекции состава топливно-воздушной смеси, который приводит в соответствие стандартную длительность впрыска (времени подачи топлива) состоянию двигателя в настоящее время. Необходимость коррекции состава топливно-воздушной смеси может быть вызвана незначительным различиям между двигателями, которые имеют место при допустимых производственных отклонениях, износе по мере эксплуатации, а также отклонениях при формировании и сгорании смеси. Этот коэффициент позволяет изменять расчетное время впрыска топлива в зависимости от напряжения кислородного датчика. Для того чтобы не допускать ситуации, когда коррекция по кислородному датчику становится чрезмерной, её величина ограничена 20% от базовой.

Проверка параметров топливного баланса может ускорить нахождение причин возникновения проблем с системой впрыска и ускорить их устранение. Самый простой способ проверки топливного баланса системы впрыска состоит в использовании (анализе) "потоков данных" (OBD data streams).

Проверка по напряжению на контакте Vf (контакты E1 и TE1 разомкнуты)

При разомкнутых контактах E1 и Te1 напряжение на контакте Vf содержит информацию о том, насколько необходимо изменить состав топливно-воздушной смеси относительно базового значения. В системах впрыска топлива D-типа (используется датчик разрежения во впускном коллекторе, а не датчик расхода воздуха) возможны только 3 значения (варианта) напряжения.

Vf напряжение	Состав смеси	Топливный баланс (Fuel Trim)
~ 0 В	Богатая	Обеднение "-(11-20) %"
~ 2,5 В	Норма	±10 %
~ 5 В	Бедная	Обогащение "+(11-20)%"

При напряжении 2,5 В необходима коррекция состава топливно-воздушной смеси в пределах до 10%. При напряжении 0 или 5 В коррекция аналогична той, что используется в системах L-типа.

В системах L-типа, использующих датчик расхода воздуха (MAF) - число градаций больше.

Vf напряжение	Состав смеси	Топливный баланс
~ 0 В	Богатая	Обеднение "-(11-20) %"
~ 1,25 В	Обогащенная	Обеднение "-(4-10) %"
~ 2,5 В	Норма	±(0-3) %
~ 3,75 В	Обедненная	Обогащение "+(4-10) %"
~ 5 В	Бедная	Обогащение "+(11-20)%"

Если необходима коррекция в сторону обеднения, то на контакте Vf будет напряжение 1.25 или 0 В. Если необходима коррекция в сторону обогащения смеси, то 3.75 или 5.0 В.

Таким образом, напряжение на контакте Vf содержит информацию (см. таблицы) о том, на сколько состав смеси в настоящий момент отличается от базового значения и устанавливает (записывает в память) новое базовое значение. После проведения коррекции (рис. 9) и, если её величина в допустимом диапазоне, то на этом контакте снова устанавливается напряжение 2.5 Вольт. Принято считать, что при нуле, как и при пяти вольтах, в системе впрыска топлива есть проблемы. При 1.25 и при 3.75 их нет, а при 2.5 состав топливно-воздушной смеси оптимален для нынешнего состояния двигателя (необходима коррекция в пределах $\pm 3\%$). Если у Вашего автомобиля возникли проблемы, но в памяти ECU не записаны коды самодиагностики, то анализ Vf напряжения может помочь при диагностике возможных причин неисправности.

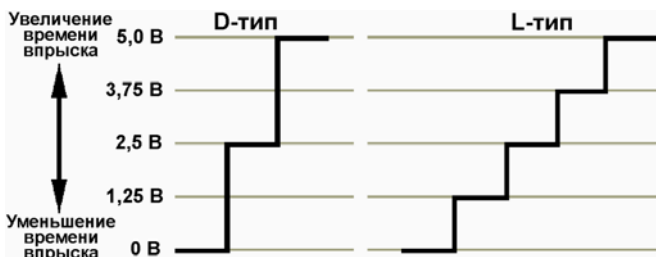


Рис. 9. Коррекция состава смеси по напряжению Vf

Например, при обеднении топливной смеси ECU увеличит время открытого состояния форсунок (с 3 до 10 % от базового) так, чтобы смесь обогатилась. При этом напряжение на Vf будет 3.75 В. Если необходима большая коррекция, то Vf напряжение увеличится до 5.0 В.

Если смесь обогащена, например, из-за повышенного давления в топливной системе, то ECU уменьшает время открытого состояния форсунок. Если степень уменьшения составит 10 % базового значения, то на контакте Vf будет напряжение 1.25 В. Если необходимо изменение на более чем 10 %, то 0 В.

Анализ напряжения на контакте Vf позволяет путем несложных проверок оценить состояние, в котором находится система управления подачей топлива. Кроме того, принудительно обогащая или обедняя топливную смесь, можно проверить правильность её функционирования.

При отключении аккумулятора или отсоединении предохранителя EFI происходит очистка памяти БУ и стирание данных о реальном состоянии системы. После этого некоторое время компьютер проводит процедуру переобучения, то есть адаптирует систему управления к нынешнему состоянию двигателя. Время переобучения зависит от типа, года выпуска, комплектации автомобиля и условий эксплуатации. Для систем D-типа это время составляет примерно 20 минут. Системы L-типа (с датчиками расхода воздуха) переобучаются быстрее. Для адаптации некоторых систем необходимо определенное количество запусков двигателя.

Во время переобучения допуск на Vf напряжение составляет ± 0.25 В, но обязательно будет иметь указанное количество градаций (ступеней). Параметры топливного баланса (FT и LVF) являются результатом "обучения" только в режиме замкнутой обратной связи. Поэтому двигатель должен работать в этом режиме при проведении проверок характеристик топливного баланса.

Если БУ не в состоянии обеспечить должную коррекцию состава топливно-воздушной смеси, то в память кодов самодиагностики записываются соответствующие коды P0171, P0172 (25, 26) и т.д.

Имитатор кислородного датчика и проверка напряжения Vf

На рис. 10 представлен один из вариантов принципиальной электрической схемы имитатора выходного напряжения кислородного датчика, который может использоваться при проверках системы.

Особенностью данного варианта является возможность изменения скважности генерируемых импульсов напряжения без изменения частоты повторения. Это достигается за счет разделения с помощью диодов (VD1, VD2) цепей заряда и разряда времязадающего конденсатора C*.

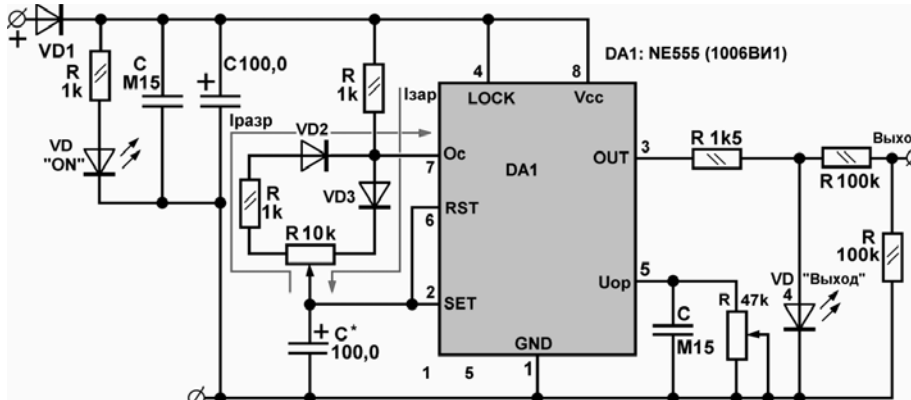


Рис. 10. Схема имитатора кислородного датчика.

Предусмотрена возможность регулировки частоты выходного напряжения, но значительное её изменение достигается изменением номинала времязадающего конденсатора. Светодиод (VD4) предназначен для ограничения амплитуды выходного напряжения и визуального контроля выходного напряжения. Схема реализована на м/с 1006BI1 (полный аналог NE555). Таким образом, имитатор генерирует импульсы напряжения, у которых частота, длительность, амплитуда соответствует диапазону изменения выходного напряжения исправного кислородного датчика.

При проверке системы впрыска измерялись следующие параметры:

- время открытия форсунки (t_3 , вся шкала 10 мсек),
- выходное напряжение датчика кислорода (k_4 , вся шкала 1.0 В).

На рис. 11 представлены графики изменения во времени выходного напряжения кислородного датчика

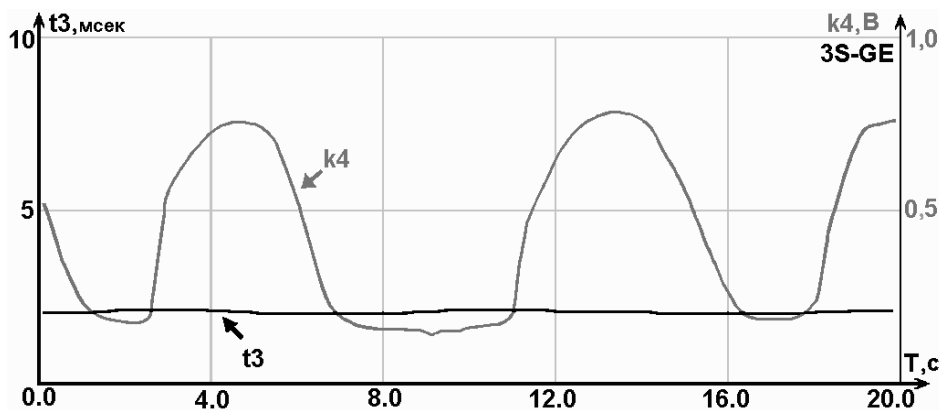


Рис. 11. Графики изменения выходного напряжения кислородного датчика и времени впрыска

(k_4) и времени открывания форсунок (t_3) на холостом ходу прогретого двигателя Toyota 3S-GE.

Время впрыска составляет 2.1 мсек, выходное напряжение датчика характеризуется большим диапазоном выходного напряжения и достаточно высоким быстродействием (небольшим временем переключения). Типичное состояние для исправного циркониевого кислородного датчика.

На рис. 12 представлены графики для этого же двигателя при подключении вместо штатного кислородного датчика - имитатора. На соответствующий вход БУ поступают импульсы напряжения

(k_4) имитатора, но совершенно не синхронно с изменениями состава топливно-воздушной смеси. Компьютер не получает адекватной реакции на его попытки регулирования составом смеси и поэтому время открывания (t_3) резко возросло до 2.7 мсек.

При подключении вместо кислородного датчика постоянного напряжения, например, от параметрического стабилизатора на

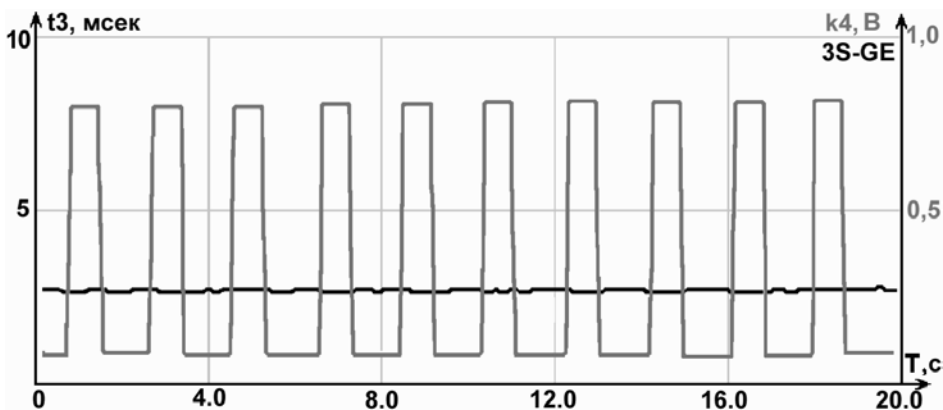


Рис. 12. Время открытого состояния форсунок и осциллограмма имитатора кислородного датчика.

полупроводниковом диоде, изменения напряжения вообще не происходит! В этом случае на соответствующем входе ECM напряжение вообще не изменяется, хотя реальный состав топливно-воздушной смеси не остается постоянным и зависит от режима работы двигателя. Особенно это заметно при режиме принудительного холостого хода, при котором отсутствует подача топлива, т.е. в ситуации, при которой педаль газа отпущена, но обороты двигателя ещё достаточно большие.

Как следствие, в обоих случаях БУ переходит из режима управления "с обратной связью" в режим, при котором показания датчика не учитываются при формировании состава смеси. Описанная реакция на имитатор характерна практически для систем впрыска большинства производителей автомобилей.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что ECM при замене "штатного" датчика O_2 -имитатором игнорирует его напряжение, несмотря на то, что на его вход подаются импульсы, аналогичные напряжению реального датчика.

На рис. 13 представлены некоторые параметры (Snapshot [EASE](#)) системы впрыска автомобиля Toyota Tacoma (RZN196L) 2001 года с двигателем 3RZ-FE (2.7л) на холостом ходу прогретого двигателя в течение 300 секунд. Этот двигатель использует MAF-датчик и оборудован датчиком состава топливно-воздушной смеси (Toyota Part No. 89467-35050).

- Первые 60 секунд система находится в стабильном состоянии:
- кратковременный топливный баланс, Short Term Fuel Trim (SFT) = -5...-7%,
 - долговременный топливный баланс Long Term Fuel Trim (LFT) = 5%,
 - время открывания форсунок (Injection Pulse) = 2.5...2.4 мсек.

Примерно на 60 секунде было понижено давление в топливной системе. БУ определил обеднение смеси и откликнулся на это максимально возможным для него увеличением кратковременной коррекции состава топливной смеси (SFT) до 20%. Это изменение оказалось достаточно большим, и поэтому была подключена "артиллерия главного калибра" - был изменен (в сторону увеличения) долговременный

Параметры коррекции состава воздушно-топливной смеси

топливный баланс (LFT). Время впрыска увеличилось до 3.2 мсек. Практически сразу загорелась лампа "Check Engine" и, как Вы могли догадаться, считан код P0171 («Fuel Trim too Lean»).

После восстановления нормальной подачи топлива система некоторое время приходит в себя и после этого восстанавливает нормальные параметры.

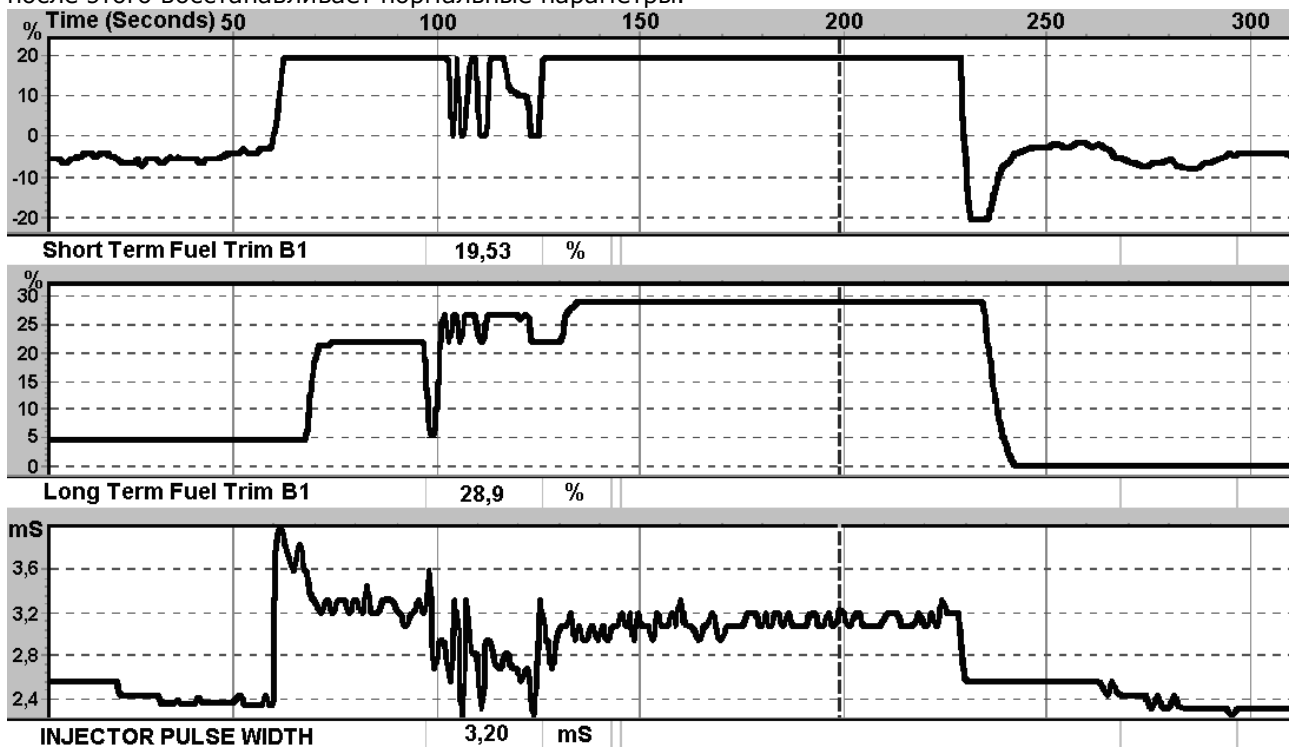


Рис. 13. Проверка параметров топливной коррекции Toyota Tacoma (RZN196L).

Таким образом можно констатировать, что палитра диагностических средств современного автомобиля не ограничивается только «считыванием и обнулением ошибок» как считают разной степени «продвинутой» якобы «аксакалы от диагностики». Считывание и анализ кодов неисправностей только один из этапов проверки состояния «пациента». И особенно важна при поиске причин «заболеваний» проверка всех доступных параметров, понимание и достоверный анализ их значений. Иначе было бы достаточно одной канцелярской скрепки и ресурсов одного скромного сайта одного частного лица ;-)

September 2007

V.P.Leshchenko

Images and Photos by Author

Использованы материалы Toyota Technical Training [Course](#) 852, Course 874, Course 982

Другие статьи о практике диагностики и ремонта размещены в
"Story of the Month" (by al tech page in <http://alflash.com.ua/story.htm>)

Reference from [al tech page](#)

[The DTCs Understanding](#)

[Mitsubishi OBD-II, EOBD, JOBD Systems DTC No. Descriptor](#)

[Honda P-trouble Codes](#)

[DTC Pxxxx of Nissan / Infiniti](#)

[All DTC from Toyota / Lexus](#)

[Data Stream of Toyota / Lexus Cars by "Heavy" Scan Tools Display](#)

[Toyota / Lexus Acronyms, Glossary and Abbreviation](#)

[Toyota "Heavy" Scan Tool and Info System](#)