

МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 623.34

КОРРЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА ТОПЛИВОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В БЕНЗИНОВОМ ДВИГАТЕЛЕ

Н. БЕЛАНОВИЧ, Е. ЛИННИК
(Представлено: **В. В. КОСТРИЦКИЙ**)

В статье подробно описан механизм процессов λ -регулирования и λ -адаптации стехиометрического состава топливовоздушной смеси, поступающей в цилиндры двигателя автомобиля. Определены различные состояния бензинового двигателя исходя из значений λ -регулирования и λ -адаптации.

Для эффективной работы трёхкомпонентного каталитического нейтрализатора должен выдерживаться с высокой степенью точности состав топливовоздушной смеси с коэффициентом избытка $\lambda = 1$. Поэтому для контроля состава смеси используется сигнал с датчика концентрации кислорода (λ -зонда). Этот сигнал получил название обратной связи системы управления. Другими словами, контроль за качеством состава топливовоздушной смеси осуществляется по содержанию кислорода в отработавших газах K_{O_2} . Такое состояние системы можно назвать замкнутым [1].

Это состояние системы активируется при осуществлении ряда условий:

- датчик кислорода прогрет до необходимой температуры;
- температура охлаждающей жидкости больше определенного значения;
- с момента запуска ДВС проработал определенный период времени, зависящий от температуры охлаждающей жидкости в момент пуска.

Пока λ -зонд не прогрелся и не вступил в работу, внутри ЭБУ есть делитель, который на сигнальной линии датчика устанавливает напряжение 0,45 В. Даже без λ -зонда будет такое напряжение, которое обозначает, что состав смеси стехиометрический ($\lambda=1$) и длительность впрыска не нужно изменять.

По мере прогрева напряжение на λ -зонде растет и начинает превышать 0,45 В. С 0,6 В ЭБУ считает, что λ -зонд прогрелся и можно начинать λ -регулирование. λ -регулирование – это такой процесс, при котором происходит принудительное изменение расчетной длительности впрыска.

λ -зонд сообщает, что смесь стехиометрическая переключением из верхнего уровня напряжения в нижней уровень напряжения или наоборот. Более детально этот процесс изображен на рисунке 1.

ЭБУ получая высокое напряжение с λ -зонда определяет, что смесь богатая и пошагово уменьшает длительность впрыска, тем самым обедняя смесь. Смесь обедняется до момента падения сигнального напряжения с λ -зонда. При чем в моментах снижения или увеличения напряжения смесь находится в стехиометрии. Если ЭБУ удастся (за счет изменения длительности впрыска) переключать напряжение на λ -зонде так, что система будет находится 50% в состоянии бедной смеси и 50% в состоянии богатой, то в среднем получится стехиометрический состав смеси. Первое изменение впрыска достаточно существенное (см. рисунок 3.4) т.к. ЭБУ понимает, что необходимо изменять длительность в противоположную сторону: или увеличивать при низком напряжении и бедной смеси, или уменьшать при высоком напряжении и богатой смеси. Затем регулирование происходит пошагово, при чем системой управления подбирается такой шаг чтобы, во-первых, регулирование не затягивалась (при очень мелких шагах), а во-вторых, чтоб не нужно было возвращаться из-за большого шага. Отсюда возникает такой параметр, как *коррекция λ -регулирования*.

Коррекция λ -регулирования – это параметр, который указывает на степень отклонения смеси от стехиометрического состава.

$$ST = \frac{\lambda_{дт}}{\lambda_{ст}} \quad (1)$$

где, ST – λ -регулирование, %; $\lambda_{ст}$ – коэффициент стехиометрического состава смеси; $\lambda_{дт}$ – коэффициент действительного текущего состава смеси.

В литературе довольно часто можно встретить обозначения коррекции λ -регулирования буквами ST , т.к. в английской литературе называется short term, то есть краткосрочная по времени.

По требованиям стандарта OBD ЭБУ жестко контролирует форму сигнала λ -зонда. Этому контролю подвергается верхний уровень напряжения, должен быть не ниже 0,8 В и нижний уровень напряжения, который должен быть ниже 0,2 В. Кроме того смесь должна примерно находится 50% в богатом состоянии и 50% в бедном состоянии.

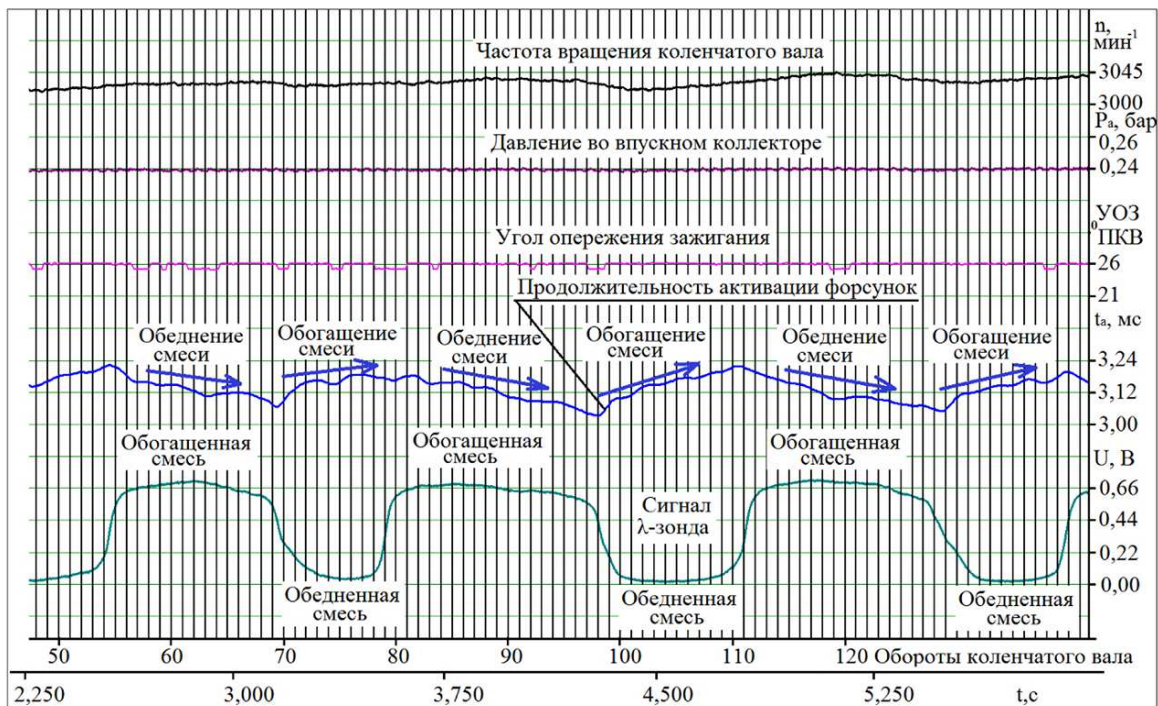


Рисунок 1. – λ-регулирование

Считается не за один период, а количество периодов за 10 секунд (примерно 3 периода за 10 секунд). Частота переключения связана со временем движения выхлопного газа до λ-зонда, принятием решения коррекции и реализации этой коррекции. Соответственно с ростом оборотов частота переключения увеличивается, потому что выхлопные газы быстрее доходят до кислородного датчика и соответственно быстрее происходит коррекция [2].

Параллельно λ-регулированию протекает ещё один процесс – λ-адаптации. λ-адаптация рассчитывается на основе λ-регулирования и изменяется относительно медленно. λ-адаптация подвергается коррекции в случае, если λ-регулированию выходит за допустимый диапазон (рисунок 2).

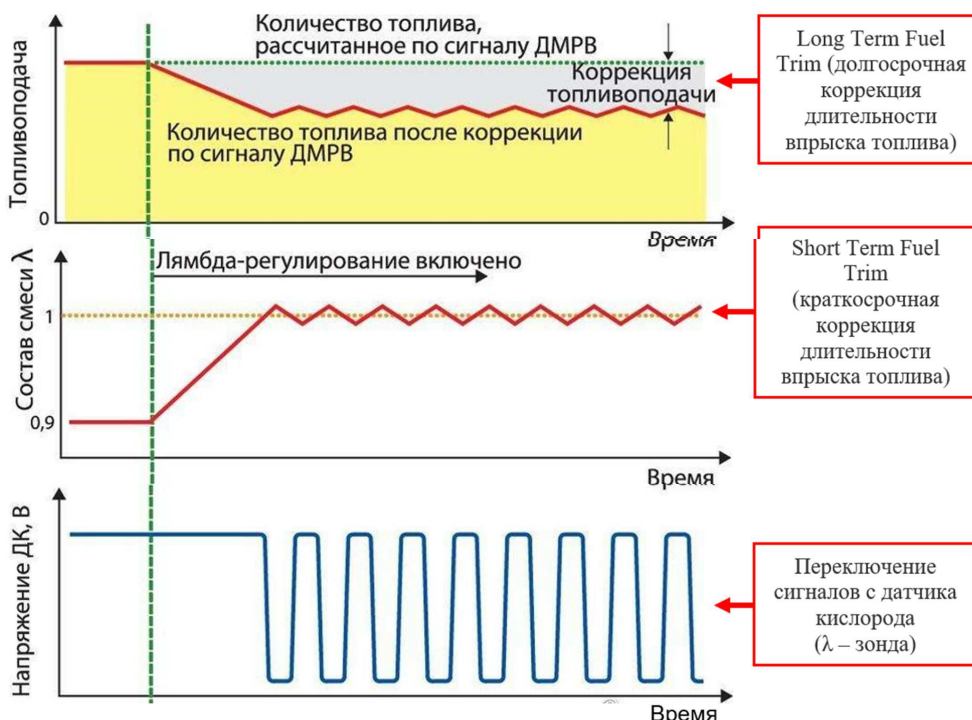


Рисунок 2. – λ-адаптация при бедной смеси

Целью λ -адаптации является компенсация влияния на состав топливоздушную смеси разброса характеристик ЭСУД, допусков при изготовлении ДВС, а также в результате отклонений параметров ДВС и элементов ЭСУД, возникающих при эксплуатации. Коррекция λ -адаптации – результат адаптации ЭСУД к фактическому состоянию ДВС.

$$LT = \frac{\lambda_{дв}}{\lambda_{ст}}; \quad (2)$$

где, LT – λ -адаптация, %; $\lambda_{ст}$ – коэффициент стехиометрического состава смеси; $\lambda_{дв}$ – коэффициент действительного адаптированного состава смеси.

Коррекция λ -адаптации обозначается буквами LT, т.к. в английской литературе называется long term, то есть долгосрочная по времени.

λ -регулирование и λ -адаптация зависят от концентрации кислорода в отработавших газах:

$$\begin{cases} ST = f(K_{O_2}); \\ LT = f(K_{O_2}); \end{cases} \quad (3)$$

где, K_{O_2} – содержание кислорода в отработавших газах, %.

λ -регулирование обнуляется при каждом выключении зажигания. λ -адаптация хранится в памяти ЭБУ до отключения электропитания. Полученные значения коррекций λ -адаптации учитываются при расчете длительности управляющих форсунками импульсов и при работе ЭСУД в режиме разомкнутого цикла.

Описанные механизмы λ -регулирования и λ -адаптации справедливы для узкополосного датчика концентрации кислорода. Широкополосный λ -зонд позволяет без лишних шагов сразу системе определить насколько смесь бедная или богатая. Можно сказать, одним шагом коррекции устраняется рассогласования. При этом механизмы коррекции остаются такими же.

Таким образом, расчетная длительность впрыска будет отличаться от действительной длительности впрыска. Действительная длительность впрыска будет зависеть от содержания кислорода в отработавших газах:

$$t_{впд} = f(N, M, t^0, U_{вс}, K_{O_2}) \quad (4)$$

где, $t_{впд}$ – действительное время впрыска, мс.

Если коррекция λ -адаптации $LT=0$, то система работает по расчетной длительности впрыска. При этом коррекция λ -регулирования изменяется от -5% до +5% обеспечивая переключение λ -зонда, а переключение это и есть удержание на стехиометрическом составе смеси ($\lambda=1$).

Если значение коррекции λ -регулирования превышает +5%, то текущее отклонение состав смеси соответствует бедной топливоздушной смеси бедная ($\lambda>1$). Если значение коррекции λ -регулирования ниже -5%, то это означает, что в настоящий момент топливоздушная смесь богатая ($\lambda<1$). Данная корректировка должна находиться в заданном диапазоне от -25% (для богатой смеси) до +25% (для бедной смеси).

Коррекция λ -адаптации изменяется в случае, если коррекция λ -регулирования выходит за допустимый диапазон тем самым изменяя расчетную длительность впрыска. Длительность впрыска будет уменьшена, если коррекция λ -адаптации со знаком «-» (смесь богатая), и увеличена, если коррекция λ -адаптации со знаком «+» (смесь бедная).

По значениям параметров обратной связи LT и ST можно судить о том в каком состоянии находится топливоздушная смесь:

1. Исправное состояние. Коррекция λ -адаптации $LT=0$, то система работает по расчетной значени- ем таких параметров как длительность впрыска, угол опережения зажигания и угол открытия дроссель- ной заслонки. При этом коррекция λ -регулирования изменяется от -5% до +5% обеспечивая переключе- ние λ -зонда, а переключение это и есть удержание на стехиометрическом составе смеси ($\lambda=1$).

2. Бедная смесь. В этом случаи значение коррекции λ -регулирования превышает +5%, то текущее отклонение состав смеси соответствует бедной топливоздушной смеси бедная ($\lambda>1$), которая не требу- ет адаптации. При этом если ST превышает допустимый предел т.е. имеет значение выше +25%, то про- исходит коррекция по параметру λ -адаптации. λ -адаптации так же имеет предел +25%. Превышение это- го предела указывает на то, что система не способна скорректировать топливоздушную смесь до сте- хиометрического состава. В этом случаи OBD зафиксирует ошибку P0171 «слишком бедная топливная смесь»

3. Богатая смесь. Если значение коррекции λ -регулирующего ниже -5%, то это означает, что в настоящий момент топливовоздушная смесь богатая ($\lambda < 1$), которая не требует адаптации. При этом если ST превышает допустимый предел т.е. имеет значение ниже -25%, то происходит коррекция по параметру λ -адаптации. λ -адаптации в этом случае имеет предел -25%. Превышение этого предела указывает на то, что система не способна скорректировать топливовоздушную смесь до стехиометрического состава. В этом случае OBD фиксирует ошибку P0172 «слишком богатая топливная смесь».

ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко Е. А. Анализ методов и средств диагностирования автомобильного транспорта // Матер. межд. научн. конф. «Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем». - Челябинск: ЮУрГУ, 2019. – с. 121-124.
2. Баженов, Ю.В. Поддержание надежности электронных систем управления двигателем в эксплуатации / Ю.В. Баженов, В.П. Каленов // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2016. – № 2. – с. 4-7.