



СИСТЕМА ВПРЫСКА БЕНЗИНА «KE-Jetronic»

Д.Соснин

Впервые автоматическое электронное управление впрыском топлива на автомобильных двигателях было реализовано с помощью системы "KE-Jetronic". Хотя эта система, как и ее прототип "K-Jetronic", является механической системой непрерывного распределенного по цилиндрам впрыска бензина через гидромеханические форсунки закрытого типа, но управление качеством приготовляемой топливовоздушной смеси в системе "KE-Jetronic" чисто электронное.

1. Концепция системы

Реализовать в механической системе впрыска смесеобразование, близкое к оптимальному, можно с использованием известной зависимости количества впрыскиваемого бензина от рабочего давления со стороны топливopодачи. Указанная зависимость частично используется в системе "K-Jetronic", где при запуске холодного двигателя (ДВС) срабатывает регулятор прогрева. Для расширения функций этого устройства в его конструкцию вмонтирована вакуумная камера, соединенная шлангом с задрессельной зоной впускного коллектора. Это позволяет реализовать управление процессом смесеобразования при некотором изменении нагрузки двигателя. Но, как и в системах зажигания с вакуумным регулятором опережения, здесь имеет место низкая точность и ограничение диапазона регулирования.

Устранить эти недостатки механической системы можно внедрени-

ем в нее электронного управления качеством ТВ-смеси. Модернизированная таким способом механическая система впрыска бензина получила наименование "KE-Jetronic" (индекс E — от elektronik).

Система "KE-Jetronic", как и ее прототип (система "K-Jetronic"), относится к механическим системам непрерывного распределенного (многоточечного) впрыска бензина, но не с механическим, а с электронным управлением качественным составом топливовоздушной (ТВ) смеси и не на прогреве, а на всех возможных режимах работы ДВС.

Для реализации такого электронного управления в состав системы "KE-Jetronic" дополнительно включены четыре новых устройства (рис. 1): электрогидравлический задатчик давления (ЭГЗД) 2, мембранный регулятор давления (МРД) 3, расходомер воздуха (РВП) с потенциометрическим датчиком 11 положения ротаметра

8 и электронный блок управления впрыском (ЭБУ-В) 16. Исключен из системы регулятор прогрева, а дозатор-распределитель 1 имеет несколько иную конструкцию.

В зависимости от типа автомобильного двигателя входными датчиками для ЭБУ-В могут являться от 4-х до 11-ти различных преобразователей неэлектрических воздействий в электрические сигналы. Например, в системе "KE-III-Jetronic" для автомобилей "Audi-80/90" (рис. 2) таких преобразователей десять: датчик температуры двигателя (ДТД); датчик крайнего положения дроссельной заслонки (ДПД); датчик высоты над уровнем моря (ДУМ); датчик нагрузки двигателя (ДНД) по угловому положению ротаметра в расходе воздуха; датчик частоты вращения и положения коленвала ДВС (ДХ-датчик Холла в системе зажигания); датчик начала отсчета (ДНО); датчик концентрации



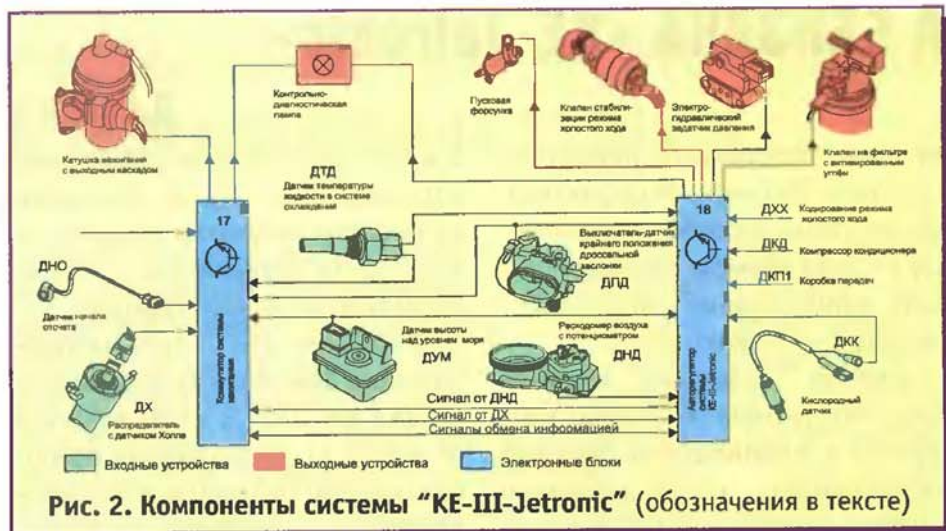


Рис. 2. Компоненты системы "KE-III-Jetronic" (обозначения в тексте)

кислорода (ДКК); датчик включения автоматической коробки передач (ДКП); датчик режима холостого хода (ДХХ), датчик включения кондиционера (ДКД).

Основное назначение всех перечисленных устройств — обеспечить электронное автоматическое управление процессом смесеобразования в механической системе впрыска на всех режимах ее работы. Этим достигается повышение таких эксплуатационных показателей системы как быстродействие и точность исполнения функций регулирования.

2. Электрогидравлический датчик давления (ЭГЗД)

Изменение количества распыленного бензина с помощью форсунки закрытого типа (после того как она откроется) всегда является следствием изменения давления внутри форсунки. Это давление называется давлением впрыска и в механических системах может управляться как с целью изменения количества впускаемой в цилиндры ТВ-смеси, так и с целью изменения ее качественного состава. При работе двигателя количество подаваемой ТВ-смеси регулируется дроссельной заслонкой

(от водительской педали акселератора), а качество — автоматической системой управления.

В системе "KE-Jetronic" приготовление ТВ-смеси и управление ее количеством реализуются так же, как и в системе "K-Jetronic", а автоматическое управление качеством — с помощью электрогидравлического задатчика давления (ЭГЗД).

Этот задатчик (см. рис. 1) входит в состав дозатора-распределителя 1 и представляет собой бензиновый жиклерный клапан с электрически управляемой пропускной способностью жиклера 28. Электромагнитная система 29 задатчика рассчитана и сконструирована так, чтобы количество бензина, проходящего через жиклер задатчика, было пропорционально величине электрического тока $I_{\text{с}}$ протекающего по катушке электромагнита 29. Это позволяет изменять подпорное давление бензина в нижних камерах 25 дозатора-распределителя так, чтобы разность давлений ΔP в полости поршне-щелевого вентиля (ПЩВ) 27 и в нижних камерах 25 всегда оставалась бы пропорциональной величине тока в задатчике 2. Для этой цели задатчик давления 2 своими гидравлическими каналами включен

между прямой бензомагистралью 5 и нижними камерами 25. Управляя таким способом разностью между рабочим и подпорным давлением, можно достаточно точно и безынерционно управлять количеством топлива, подаваемого к форсункам, при неизменном количестве впускаемого в цилиндры воздуха.

Форсунки сообщены с верхними камерами 26 бензотрубами 10. В различных системах "КЕ" управляющий ток I_c изменяется с помощью ЭБУ-В от $+I_{c \max}$ до $-I_{c \min}$ в различных пределах ($+I_{c \max} \leq 150 \text{ мА}$; $-I_{c \min} \geq -80 \text{ мА}$). Но всегда положительному значению тока ($+I_{c \max}$) соответствует закрытое состояние жиклера 28 (предел обогащения ТВ-смеси), а отрицательному значению ($-I_{c \min}$) — открытое (предел обеднения до полного прекращения подачи бензина к форсункам). Значению тока I_c , близкому к нулю, соответствует штатная (установочная) пропускная способность жиклера 28, при которой система впрыска "КЕ" вырабатывает стехиометрическую ТВ-смесь и работает совместно с кислородным датчиком в режиме регулирования содержания угарного газа СО в выхлопных отработавших газах ($0,9 < \alpha < 1,1$). Диапазон изменения управляющего тока от $0,2(-I_{c \min})$ до $0,2(+I_{c \max})$ называется диапазоном самонастройки системы. В этом диапазоне имеет место компенсация ряда дестабилизирующих факторов, таких как: частичное нарушение герметичности воздушного канала, незначительная потеря компрессии в цилиндрах ДВС, увеличение выбросов СО. Благодаря компенсации двигатель продолжает устойчиво работать и не требует регулировок. Если электронная система управления то-



ком жиклера в задатчике давления выходит из строя и ток I_c становится равным нулю, система "KE-Jetronic" продолжает выполнять свои функции как обычная механическая система (без электронного управления).

3. Электронный блок управления впрыском (ЭБУ-В)

ЭБУ-В в системе "KE-Jetronic" — аналогового принципа действия. Его главная задача — вырабатывать ток I_c управления для электрогидравлического задатчика давления. Этот ток можно считать постоянным с плавным изменением величины текущего значения и с переключением полярности по заданному закону регулирования. Помимо этого ЭБУ-В вырабатывает сигналы управления для пусковой форсунки впрыска (в ранних выпусках систем "KE" форсунка впрыска управляется от термореле времени), клапана стабилизации холостого хода, клапана подсистемы нейтрализации паров бензина, чек-лампы подсистемы бортовой самодиагностики, ЭБУ (авторегулятора) системы зажигания (сигнал нагрузки ДВС).

На вход ЭБУ-В (см. рис. 2) поступают электрические сигналы от различных входных датчиков, а также от авторегулятора системы зажигания (АРЗ) — по каналу обмена данными.

ЭБУ и АРЗ в системе "KE-Jetronic" конструктивно выполнены в виде двух отдельных устройств. Однако следует заметить, что на ряде автомобилей, например на немецких "Volkswagen-Passat" (выпуск после 1988 года), устанавливается комбинированная система электронного управления двигателем "KE-Motronic". Она отличается от системы "KE-

Jetronic" в основном только тем, что в ней функции управления впрыском бензина и электроискровым зажиганием выполняет один общий электронный блок.

В электронном блоке управления для системы впрыска "KE-Jetronic" впервые появился так называемый регистратор неисправностей, который работает совместно с электронной схемой самодиагностики. С помощью этой схемы контролируются сигналы входных датчиков и рабочие токи в исполнительных устройствах.

В случае возникновения нестандартных ситуаций неисправности кодируются и фиксируются в регистраторе. На шоферском пульте управления загорается чек-лампа. Записанные коды неисправностей могут быть вызваны и расшифрованы с помощью миганий чек-лампы и таблицы кодов.

Электронные компоненты ЭБУ-В являются микроэлектронными устройствами и обладают достаточно высокой эксплуатационной и функциональной надежностью.

4. Мембранный регулятор давления (МРД)

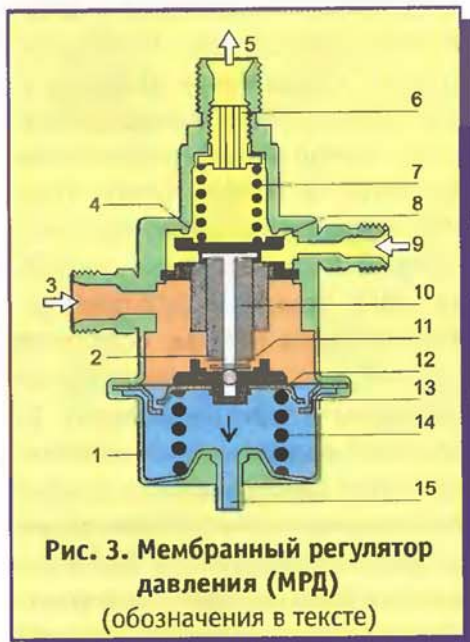
Основное назначение МРД (см. рис. 1) — поддерживать подпорное давление в возвратной бензомагистрали 7 за нижними камерами 25 дозатора-распределителя 1.

Подпорное давление в системе "KE" выполняет роль управляющего. В системе "K-Jetronic" управляющее давление формируется с помощью регулятора прогрева, который изменяет величину гидравлического противодействия на золотник поршне-щелевого вентиля 27. В системе "KE-Jetronic" такого противодействия нет, а подпор создается в нижних камерах 25 и воздействует на мембраны диф-

ференциальных клапанов в дозаторе-распределителе. Этот подпор создается задатчиком давления 2, а стабилизируется и поддерживается мембранным регулятором давления 3 (МРД). Кроме этого МРД закрывает сливную бензомагистраль 6 при остановке двигателя (ДВС). Когда ДВС работает в установленном режиме, подпорное давление на дифференциальные мембраны в нижних камерах 25 должно поддерживаться постоянным. Этим обеспечиваются условия оптимального смесеобразования, запрограммированные в ЭБУ-В для данного режима работы двигателя. При переходе двигателя на другой режим условия смесеобразования изменяются. Подпорное давление в нижних камерах 25 под воздействием электронного управления также изменяется, а его разность (ΔP) с рабочим давлением в полости ПЩВ 27 обеспечивает нужное увеличение или уменьшение количества подаваемого к форсункам бензина. Таким образом, подпорное давление на различных режимах работы ДВС различно, но для каждого конкретного режима — постоянно. Функцию поддержания требуемого значения подпорного давления выполняет мембранный регулятор давления МРД.

Устройство МРД показано на рис. 3.

Как видно из чертежа, в корпусе 1 МРД имеется три камеры: рабочая (красная), сливная (оранжевая) и вакуумная (синяя). Каждая камера имеет свои соединительные штуцера — 3; 5 и 9; 15 соответственно. Между рабочей и сливной камерами установлен полный толкатель 2 с перепускным каналом 10. Со стороны сливной камеры на торец толкателя 2 установлена запорная шайба 8, кото-



рая совместно с опорой 4 образует сливной клапан МРД. Этот клапан может открываться контрпружиной 7 при перемещении толкателя вниз. Усилие контрпружины регулируется винтом 6 через штуцер 5. Рабочая камера разобщена с вакуумной посредством упругой металлической мембраны 12, которая со стороны вакуумной камеры подперта отторированной витой стальной пружиной 14. Перепускной канал 10 в подвижном толкателе 2 со стороны рабочей камеры перекрыт шариковым редукционным клапаном 11. Этот клапан установлен на мембране 12 таким образом, что при прогибе мембраны вниз (под напором давления в рабочей камере МРД) сначала опускается запорная шайба 8 и открывает сливной клапан МРД, а затем, после упора мембраны 12 в ограничитель 13, вниз опускается запорный шарик редукционного клапана 11. Степень открытия редукционного клапана определяется приростом давления бензина в рабочей камере МРД после того, как мембрана 12 упрется в ограничитель 13. Так как это давление

совпадает по величине с рабочим давлением на входном жиклере 28 датчика давления 2, то при изменении напора бензина в датчике 2 и в нижних камерах 25 (управляемым током I_c от ЭБУ-В) редукционный клапан 11 корректирует подпорное давление под заданную законом управления разность давлений ΔP .

Рабочая функция вакуумной камеры в мембранном регуляторе МРД заключается в коррекции подпорного давления при изменении нагрузки двигателя, для чего штуцер 15 соединяется шлангом с впускным коллектором.

5. Расходомер воздуха с потенциометрическим датчиком

Из опыта эксплуатации вакуумных регуляторов в системе зажигания известно, что их диапазон регулирования (по изменению нагрузки ДВС) крайне ограничен. То же самое имеет место и при использовании вакуумных мембранных регуляторов давления в системах впрыска. Для устранения этого недостатка в поздних выпусках системы "KE-Jetronic" вакуумная камера в МРД, служащая для коррекции состава ТВ-смеси по нагрузке двигателя, не используется, а ее функции выполняет резистивный потенциометрический датчик 11 степени открытия ротаметра 8 (напорного диска) в пневмомеханическом расходомере воздуха. В отличие от гибкой диафрагмы в вакуумной камере, ротаметр исключительно чувствителен к изменению количества всасываемого воздуха, а, следовательно, и к изменению нагрузки двигателя.

Конструкция расходомера воздуха с резистивным потенциометром на оси рычага ротаметра показана на рис. 1 позициями 8 и 11.

При работе двигателя поток всасываемого воздуха приподнимает ротаметр на величину, соответствующую объему пропущенного воздуха, и ротаметр через систему рычагов (так же, как и в системе "KE-Jetronic") приподнимает золотник в поршне-щелевом вентиле 27. Последний управляет количеством поданного бензина к рабочим форсункам впрыска. Так реализуется механическое управление процессом приготовления ТВ-смеси, количество которой при подаче в цилиндры устанавливается дроссельной заслонкой 24 (качество ТВ-смеси остается неизменным). Одновременно с этим рычаг ротаметра перемещает ползунок (центральный вывод) потенциометра на соответствующий угол по резистивной дорожке, на которую подается постоянное стабильное напряжение от ЭБУ-В. Таким образом, на центральном выводе формируется электрический потенциал, несущий информацию об угловом положении рычага ротаметра, а значит и о нагрузке двигателя. Этот потенциал возвращается в ЭБУ-В в виде электрического сигнала, который достаточно точно характеризует нагрузку ДВС.

6. Дозатор-распределитель (ДР)

Это устройство в системе "KE-Jetronic" во многом подобно своему прототипу, но имеются и принципиальные отличия, основные из которых следующие (см. рис. 1). Дифференциальные диафрагмы между верхними 26 и нижними 25 камерами напряжены подпорными пружинами не со стороны верхних, а со стороны нижних камер. Усилие пружин устанавливается регулировочными винтами. Бензин в нижние камеры подается не из прямой бензобагажистры 5, а



из полости задатчика давления 2. Нижние камеры с полостью поршне-щелевого вентиля 27 не сообщаются, а сам вентиль 27 включен непосредственно в прямую бензомагистраль 5. Дозирующий жиклер перед верхней полостью отсутствует, за счет чего давление в верхней и нижней полостях в вентиле 27 одинаковое. Как уже отмечалось, регулятор прогрева (управляющего давления) заменен электрогидравлическим задатчиком давления ЭГЗД 2, который установлен непосредственно на корпусе 1 дозатора—распределителя. Рабочие каналы 10, подающие бензин к форсункам впрыска 20, так же как и в системе "K-Jetronic", то открываются, то закрываются (управляется их пропускная способность) прогибом дифференциальных диафрагм. Степень прогиба управляется разностью давления ΔP бензина в верхних и нижних камерах. Пусковая форсунка 22, как и в системе "K-Jetronic", включена непосредственно в прямую бензомагистраль 5. Так как рабочее давление в системе "KE" повышено, то все соединительные бензомагистрали усилены — применены штуцера с конической мелкой резьбой и металлические соединительные трубки. Мембранный регулятор может быть заменен на поршневой, регулятор давления, который устанавливается в более поздних системах "KE-Jetronic". Функции мембранного и поршневого регуляторов одинаковые.

7. Работа системы "KE-Jetronic"

Пуск и прогрев холодного двигателя, оснащенного системой впрыска бензина "KE-Jetronic", происходит следующим образом (см. рис. 1).

При включении зажигания (еще до включения стартера) срабатывает электробензонасос 14 и начинается нагнетание бензина в нижние камеры дозатора-распределителя 1, а также в рабочие полости задатчика 2 и мембранного регулятора 3. Сливные магистрали 6 и 7 в это время закрыты мембранным регулятором. Но как только давление в системе достигает рабочего значения для данной температуры двигателя (в ЭБУ-В учитывается сигнал датчика 17 ДТВ), сливные магистрали 6 и 7 открываются и бензин через обратную магистраль 30 начнет поступать обратно в бензобак 15. Таким образом замкнутое топливное кольцо подготавливается к работе. Если двигатель заводится при пониженной температуре ($T_d < 10^\circ\text{C}$), то срабатывает пусковая форсунка 22 и пуск происходит так же, как и в системе "K-Jetronic". Если же температура двигателя выше 10°C , то пусковая форсунка не срабатывает (разомкнуты контакты термореле 18 или нет сигнала от ЭБУ-В 16) и запуск реализуется путем впрыска обогащенной ТВ-смеси через рабочие клапанные форсунки 20. При этом ЭБУ-В устанавливает в обмотке задатчика давления 2 такой ток, величина которого соответствует степени обогащения ТВ-смеси для нормальной (устойчивой) работы двигателя на холостом ходу при данной температуре. По мере прогрева работающего двигателя ток в обмотке задатчика плавно уменьшается, жиклер 28 задатчика все больше открывается и давление в нижних камерах 25 дозатора-распределителя 1 соответственно увеличивается. Это приводит к постепенному обеднению ТВ-смеси до тех пор, пока она не станет нормальной. Температура двигателя при этом достигнет значения 65°C .

Дальнейшее повышение температуры двигателя не оказывает заметного влияния на работу системы впрыска.

Управление качеством ТВ-смеси на прогревом двигателе осуществляется по совокупности сигналов от всех датчиков (см. рис. 2) на входе ЭБУ-В и по программе, заложенной в ЭБУ-В. Исполнительным устройством на всех возможных режимах работы прогретого двигателя остается задатчик давления ЭГЗД. С его помощью реализуются такие режимы работы системы впрыска как: обогащение ТВ-смеси при разгоне автомобиля на прогревом или непрогревом двигателе (участвуют датчики ДТД, ДПД и ДНД); обогащение ТВ-смеси при полной нагрузке ДВС (участвуют датчики ДПД и ДНД); прекращение подачи топлива к форсункам впрыска при торможении двигателем — принудительный холостой ход (участвуют датчики ДХ, ДПД и ДХХ), а также при превышении максимально допустимых оборотов коленвала двигателя (используется датчик ДХ); обеднение ТВ-смеси при движении автомобиля по горным дорогам (используется датчик ДУМ); корректировка состава ТВ-смеси при работе системы впрыска с датчиком ДКК концентрации кислорода.

В заключение следует отметить, что дальнейшее усовершенствование систем впрыска бензина шло по пути внедрения порционной (прерывистой) подачи топлива вместо непрерывной, что возможно реализовать заменой закрытых гидромеханических форсунок форсунками с электромагнитным управлением от ЭБУ-В дискретного принципа действия.

&