

УДК 621.4: 629.113.01
ББК 39.35
Т58

Топливные системы дизелей с насос-форсунками и индивидуальными ТНВД.
Перевод с английского. Учебное пособие. - М.: ЗАО "Легион-Автодата", 2011. - 74 с.: ил. Код (1952)

Diesel Fuel-Injection Systems

Unit Injector System/Unit Pump System

© Robert Bosch GmbH, 1999 Postfach 1129,

D-73201 Plochingen, Federal Republic Germany

© ЗАО "Легион-Автодата", перевод на русский язык, 2005, 2011

ISBN 5-88850-220-0 (рус.)

ISBN 0-837606-15-2 (англ.)

Тиражирование, копирование и перевод данного издания или любой его части возможны только с предварительного письменного согласия правообладателя и подробными сведениями об источнике. Иллюстрации, описания, схемы и другая информация предназначены для обучения и пояснения содержания издания и не могут быть использованы для конструирования, установки и спецификации изделий. Издательство не несёт никакой ответственности за соответствие содержания национальным и местным законам.

Фирма Robert Bosch GmbH оставляет за собой право вносить изменения в конструкцию в любое время.

Топливные системы дизелей с насос–форсунками и индивидуальными ТНВД

К современным двигателям внутреннего сгорания (ДВС) предъявляются все более высокие требования. С одной стороны, они должны становиться все более мощными и менее шумными, и в то же время, с другой стороны, должны иметь высокую топливную экономичность и удовлетворять нормам по токсичности отработавших газов (ОГ). Особенно большие успехи, благодаря новейшим разработкам в области технологии топливных систем, в последние несколько лет были достигнуты в дизелестроении.

Среди наиболее значительных новаций в этой области следует назвать топливные системы с насос–форсунками (UIS) и с индивидуальными ТНВД (UPS). Эти топливные системы обеспечивают точное дозирование топлива индивидуально для каждого цилиндра, при очень высоком давлении впрыска и в точно установленный момент впрыска. В результате процесс сгорания оказывается значительно более эффективным, чем в случае обычных топливных систем. Это, в свою очередь, позволяет получить более высокую мощность, меньший расход топлива и более низкие уровни шума и содержание вредных выбросов в ОГ.

В данном “Техническом руководстве” представлены материалы для изучения топливной системы с насос–форсунками для дизелей легковых и коммерческих автомобилей и топливной системы с индивидуальными ТНВД для дизелей легковых автомобилей.

Руководство содержит также информацию о работе компонентов рассматриваемых топливных систем и взаимодействии между ними. Детально рассматриваются концепция систем топливоподдачи с высоким давлением впрыска и конструкция деталей, система электронного управления (EDC) и работа датчиков.

Процесс сгорания в дизелях

Характеристики впрыска топлива
Снижение вредных выбросов с ОГ

Применение топливных систем дизелей

Системы подачи топлива с насос–форсунками и индивидуальными ТНВД

Система подачи топлива (ступень низкого давления)

Топливные фильтры
Топливоподкачивающий насос
Распределительная труба, клапан – регулятор низкого давления и охладитель топлива

Насос – форсунки (UI)

Установка и привод
Устройство и конструкция
Принцип работы
Электромагнитный клапан высокого давления

Индивидуальный ТНВД

Форсунки и распылители форсунок

Форсунки
Сопловые распылители

Электронное управление дизелей (EDC)

Технические требования
Обзор систем электронного управления
Топливная система с насос – форсунками для дизелей легковых автомобилей
Топливные системы с насос – форсунками и индивидуальными ТНВД для дизелей коммерческих автомобилей

Датчики

Температурные датчики с положительным (РТС) и отрицательным (NTC) температурными коэффициентами
Микромеханические датчики давления
Индуктивные датчики частоты вращения и положения вала
Датчики положения педали акселератора
Массовый расходомер воздуха HFM5 с пленочным термоанемометром

Электронный блок управления

Эксплуатационные условия, устройство и конструкция, обработка данных
Система электронного управления: принцип работы, передача данных другим системам

Исполнительные устройства (приводы)

Электропневматические исполнительные устройства

Тормозные системы непрерывного действия, управление вентилятором системы охлаждения двигателя, системы облегчения пуска

ного управления дизелей. Новые дизели легковых и коммерческих автомобилей оснащаются только электронными системами управления (EDC – Electronic Diesel Control). В соответствии с современными техническими решениями, это главным образом топливные системы, обеспечивающие высокое давление впрыска.

Устройство ТНВД

Рядные ТНВД

Все рядные многоплунжерные ТНВД имеют отдельную плунжерную пару для каждого цилиндра. Она включает в себя втулку и плунжер, который при активном ходе, то есть для подачи топлива, перемещается под воздействием кулачкового вала ТНВД с приводом от коленчатого вала двигателя, а возвращается под действием возвратной пружины.

Плунжерные пары обычно располагаются в ряд и ход каждого плунжера не регулируется. Для изменения величины подачи на плунжере выполнена отсечная кромка спиральной формы. При перемещении рейки ТНВД плунжеры поворачиваются, изменяя взаимное положение отсечной кромки и перепускного (отсечного) отверстия, в результате чего изменяется активный ход плунжера и, соответственно, цикловая подача. Между нагнетательной полостью ТНВД и линией высокого давления (ЛВД) к форсунке в штуцере ТНВД устанавливается нагнетательный клапан, конструкция которого определяется требуемыми характеристиками топливной системы. Нагнетательный клапан не только обеспечивает быстрое и точное прекращение процесса впрыска и предотвращение подвпрыска, но и обеспечивает протекание семейства характеристик топливоподачи ТНВД.

ТНВД типа PE

Начало подачи определяется входным отверстием, которое закрыто верхней кромкой плунжера. Величина подачи определяется перепускным отверстием, которое открывается спиральной отсечной кромкой, выполненной в плунжере фрезерованием. Положение рейки ТНВД определяется механическим регулятором (с центробежными грузами) или регулятором с электромагнитным клапаном (EDC).

ТНВД с дозирующей муфтой

Регулирование цикловой подачи в этой конструкции рядных ТНВД отличается от обычных ТНВД наличием дозирующей муфты, которая может перемещаться вверх/вниз

вдоль плунжера. Положение дозирующей муфты, определяющей активный ход плунжера, то есть момент открытия перепускного отверстия, регулируется валом привода.

Положение дозирующей муфты является функцией различных переменных. По сравнению с рядными ТНВД PE, вариант с дозирующей муфтой позволяет получить дополнительную степень свободы.

ТНВД распределительного типа

ТНВД распределительного типа могут иметь механический регулятор частоты вращения или электронную систему управления со встроенным автоматом опережения впрыска. ТНВД распределительного типа имеют только одну плунжерную пару для всех цилиндров двигателя.

ТНВД распределительного типа с аксиальным расположением плунжера

В ТНВД распределительного типа с аксиальным расположением плунжера топливо в корпус ТНВД подается лопастным топливным насосом низкого давления. Высокое давление и распределение топлива по цилиндрам обеспечиваются центральным плунжером. За один оборот вала привода плунжер совершает число рабочих ходов, равное числу цилиндров двигателя. Поступательно-вращательное движение передается плунжеру торцевыми кулачками на кулачковой шайбе, которые набегают на ролики, закрепленные на роликовом кольце при вращении вала привода.

Активный ход плунжера и, соответственно, количество подаваемого топлива в серийных ТНВД VE с механическими регуляторами частоты вращения осуществляется дозирующей муфтой, как и в ТНВД с электромагнитным приводом дозирующей муфты. Начало подачи топлива регулируется автоматом опережения впрыска путем соответствующего поворота кольца с роликами. В ТНВД с электронным управлением величину топливоподачи вместо дозирующей муфты регулирует клапан с быстродействующим электромагнитным приводом. Управляющие сигналы с обратной связью и без обратной связи обрабатываются в двух ЭБУ (ЭБУ двигателя и ЭБУ ТНВД). Быстродействие контролируется соответствующими электронными устройствами.

Роторный ТНВД

В роторных ТНВД топливо в корпус насоса подается лопастным топливным насосом низкого давления. Насос высокого давления с кулачковым кольцом и двумя или четырьмя радиально расположенными

Топливоподкачивающий насос

Топливоподкачивающий насос в ступени низкого давления топлива служит для обеспечения требуемой подачи топлива к элементам ступени высокого давления. В работе топливоподкачивающего насоса предусматривается:

- независимость от режима работы двигателя;
- минимальный шум;
- обеспечение необходимого давления;
- ресурс работы, соответствующий полному сроку службы автомобиля.

В ТНВД распределительного типа, как роторных, так и с аксиальным плунжером топливоподкачивающий насос лопастного типа (топливный насос низкого давления) интегрирован в корпус ТНВД.

В топливных системах с насос – форсунками и с индивидуальными ТНВД топливоподкачивающие насосы забирают топливо из топливного бака автомобиля и подают его постоянно в нужном количестве в ступень высокого давления (топливо для впрыска и топливо для прокачки) с расходом 60 – 200 л/ч при давлении 300 – 700 кПа. Многие топливоподкачивающие насосы обеспечивают автоматическую собственную прокачку, так что пуск дизеля оказывается возможным даже когда топливный бак был пустым перед новой заправкой.

Имеются три разновидности конструкций топливоподкачивающих насосов:

- электрические топливные насосы (используются в дизелях легковых автомобилей);
- шестеренчатые топливные насосы с механическим приводом;
- шестеренчатые топливные насосы (тандем – насосы), используемые в дизелях легковых автомобилей с насос - форсунками.

Электрические топливоподкачивающие насосы

Топливоподкачивающий насос с автономным электрическим приводом (рис. 1 и рис. 2 на с. 19) используются только в двигателях легковых и легких коммерческих автомобилей. Этот насос служит не только для подачи топлива в ТНВД, но и в составе системы текущего контроля прекращает подачу топлива в случае аварии.

Существуют два варианта установки топливоподкачивающих насосов с электрическим приводом – в линии низкого давления между топливным баком и фильтром тонкой очистки топлива и внутри топливного бака. Первые крепятся к кузову автомобиля снару-

жи топливного бака, а вторые устанавливаются на специальных опорах внутри топливного бака. Кроме наружных электрических и гидравлических соединений, на этих опорах также крепится фильтр-топливоприемник, индикатор уровня топлива и спиральная полость, служащая как резервуар топлива. Начиная с момента прокручивания двигателя стартером, электрический топливоподкачивающий насос работает с постоянной частотой вращения, независимо от частоты вращения двигателя. Это означает, что насос постоянно подает топливо из топливного бака в ТНВД через фильтр тонкой очистки топлива. Излишнее топливо направляется обратно в бак через перепускной клапан.

Контур безопасности служит для прекращения подачи топлива в случае, когда зажигание включено при неработающем двигателе.

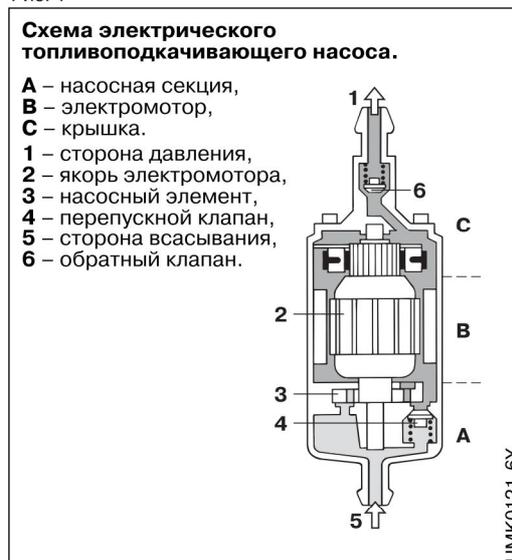
Электрический топливоподкачивающий насос включает в себя три представленных ниже функциональных элемента.

Насосная секция (А на рис. 1)

Имеется множество различных вариантов насосных элементов, применяемых в зависимости от конкретной области применения насоса. В топливных системах обычно используется топливоподкачивающий насос роликового типа (RZP).

Такой насос объемного типа (рис. 2) включает в себя эксцентрично расположенную камеру (4) с установленным в ней ротором и роликами, которые могут перемещаться в прорезях ротора (2). При вращении ротора центробежная сила вместе с создаваемым давлением топлива заставляет ролики (3) перемещаться на периферию прорези, прижимаясь к рабочим поверхностям. В результате ролики действуют как вращающиеся уплотнители,

Рис. 1



Форсунки и распылители форсунок

Форсунки и установленные в них распылители являются элементами топливной системы, непосредственно обеспечивающие впрыск топлива. Они оказывают непосредственное влияние на процесс сгорания и, следовательно, на мощность двигателя, на выброс вредных веществ с ОГ и шумность. Для обеспечения оптимальной работы форсунок и их распылителей требуется не только множество вариантов конструкций, но также исключительно точная адаптация к данному двигателю. Форсунки и их распылители должны отвечать следующим требованиям:

- **Обеспечение требуемой характеристики впрыска топлива (распределение давления впрыска и количества впрыскиваемого топлива по углу п.к.в.).**
- **Необходимые тонкость распыливания и распределение топлива по камере сгорания.**
- **Уплотнение форсунки в камере сгорания.**

Топливо впрыскивается в камеру сгорания через распылители форсунок, которые в топливных системах с индивидуальными ТНВД устанавливаются отдельно в головке блока цилиндров. В топливных системах Common Rail и с насос – форсунками распылители интегрированы в корпус форсунки. Игла распылителя форсунки поднимается под действием давления топлива, и количество впрыскиваемого топлива в основном определяется сопловыми отверстиями и продолжительностью впрыска. Распылители должны соответствовать различным ус-

ловиям, определяемым конструкцией двигателя, и которыми являются:

- Тип камеры сгорания (предкамера, вихревая камера, открытая камера – непосредственный впрыск топлива).
- Форма камеры сгорания.
- Форма и направления факела распыливания топлива.
- «Проникающая способность» факела и тонкость распыливания топлива.
- Продолжительность впрыска.
- Количество впрыскиваемого топлива по углу п.к.в.

Необходимая гибкость и минимум вариантов индивидуальных деталей обеспечиваются стандартами размеров и отдельных узлов.

Рис. 1



Таблица 1

Форсунки и распылители форсунок: применение.

Топливная система	Штифтовые распылители	Сопловые распылители	Стандартные форсунки	Форсунки со ступенчатым упором	Двухпружинные форсунки
Одноплунжерные ТНВД	X	X	X	X	X
Стандартные рядные ТНВД	X	X	X	X	X
ТНВД с дозирующей муфтой	–	X	X	X	X
ТНВД распределительного типа с аксиальным расположением плунжера (VE)	X	X	X	X	X
Роторные ТНВД распределительного типа (VR)	–	X	X	X	X
Топливные системы с индивидуальными ТНВД	–	X	X	X	–
Топливные системы с насос – форсунками	–	X	–	–	–
Топливная система Common Rail	–	X	–	–	–

Индуктивные датчики частоты вращения и положения вала

Применения

Датчики частоты вращения используются для определения:

- угла положения коленчатого вала (положения поршней двигателя);
- положения плунжера электромагнитного клапана, управляющего ТНВД распределительного типа.

Частота вращения рассчитывается по частоте сигнала датчиков. Выходной сигнал от датчика частоты вращения является одним из самых важных в системе электронного управления двигателя.

Устройство и принцип работы

Датчик устанавливается непосредственно напротив ферромагнитного зубчатого диска – задатчика угловых импульсов (8 на рис. 1), от которого его отделяет небольшой воздушный зазор. Датчик имеет сердечник из магнитомягкого железа (4), который заключен в электромагнитную обмотку (5). Сердечник соединен также с постоянным магнитом (1), и магнитное поле проходит через сердечник и зубчатый диск – задатчик импульсов (8). Интенсивность магнитного потока, проходящего через обмотку, зависит от того, находится ли датчик напротив зуба на диске или напротив промежутка (пропуска зубьев). Поскольку магнитный поток концентрируется зубьями диска, что приводит к увеличению магнитного потока через обмотку, то при

подходе пропуска зубьев он ослабевает. Следовательно, при вращении зубчатого диска возникают колебания магнитного потока, которые, в свою очередь, генерируют синусоидальные колебания напряжения в электромагнитной обмотке, пропорциональные скорости изменения магнитного потока (рис. 48). Амплитуда колебаний переменного напряжения увеличивается строго пропорционально увеличению скорости вращения зубчатого диска (от нескольких мВ до 100 В). Для генерирования достаточного уровня сигнала требуется, по крайней мере, 30 мин⁻¹.

Количество зубьев на задатчике угловых импульсов зависит от конкретного применения. Например, в системе автоматического управления двигателя с электромагнитным клапаном управления подачей топлива обычно используется задатчик с числом зубьев 60, хотя при этом два зуба отсутствуют (8 на рис. 48) и диск, таким образом, имеет 58 зубьев. Очень большой пропуск зубьев (8) устанавливается для определения положения коленчатого вала и служит как отметка для синхронизации в ЭБУ.

Существует другой вариант задатчика угловых импульсов, который имеет один зуб на цилиндр. Следовательно, в случае четырехцилиндрового двигателя задатчик имеет четыре зуба и, соответственно, генерируются четыре импульса на один оборот зубчатого диска.

Геометрия зубьев задатчика и магнитного сердечника должны соответствовать друг другу. Электронная схема в ЭБУ преобразует синусоидальное напряжение, которое характеризуется четко меняющимися амплитудами, в среднеквадратичный сигнал с постоянной амплитудой для его оценки в микропроцессоре ЭБУ.

Рис. 48

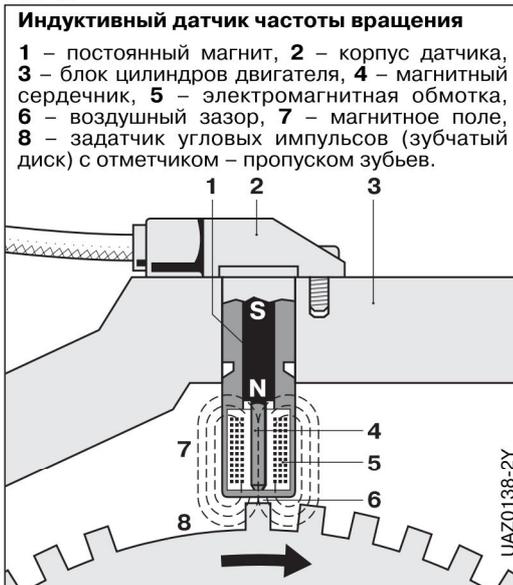


Рис. 49



Электронный блок управления

Современные цифровые технологии позволяют применять широкий ряд управляющих функций в автомобиле. Много параметров, влияющих на его работу, могут приниматься во внимание одновременно, так что управление различными системами может осуществляться с максимальной эффективностью. Электронный блок управления (ЭБУ) получает электрические сигналы от датчиков или от генераторов в ожидаемом интервале значений, оценивает их и затем проводит вычисление пусковых сигналов для исполнительных устройств (приводов). Программа управления хранится в специальной памяти, а за реализацию этой программы отвечает микропроцессор.

Эксплуатационные условия

К ЭБУ предъявляются очень высокие требования по отношению к следующим факторам:

- температуре окружающей среды (во время нормальной работы находится в пределах – 40...+ 85°C для коммерческих автомобилей и – 40...+ 70°C для легковых автомобилей).
- к воздействию со стороны таких материалов как масло и топливо и т.п.
- к воздействию к влажности окружающей среды.
- обладать механической прочностью, например, при наличии вибраций при работе двигателя.

Одновременно очень высокие требования касаются электромагнитной совместимости и защите от высокочастотных помех.

Устройство и конструкция

ЭБУ (рис. 1 с. 57) размещается в металлическом корпусе и соединяется с датчиками, исполнительными устройствами и источником питания через многоштырьковый разъем (1). Компоненты электронной системы для непосредственным управлением исполнительными устройствами располагаются в корпусе ЭБУ таким образом, чтобы обеспечить хорошее рассеяние тепла в окружающую среду.

Если ЭБУ устанавливается непосредственно на двигателе, то отвод тепла осуществляется через встроенный в корпус ЭБУ охладитель, в котором постоянно течет топливо (только для коммерческих автомобилей). Большинство компонентов ЭБУ выполняется по технологии SMD (Surface-Mounted Device - платы с поверхностным монтажом). Обычная проводка используется только в некоторых элементах питания и в разъемах, так что здесь могут быть применены компактные конструкции небольшой массы.

Обработка данных

Входные сигналы

Наряду с периферийными исполнительными устройствами, датчики представляют интерфейс между автомобилем и ЭБУ, который является блоком обработки данных.

ЭБУ получает электрические сигналы от датчиков по проводке автомобиля и через разъемы. Эти сигналы могут быть следующих типов:

Аналоговые входные сигналы

В пределах заданного диапазона аналоговые входные сигналы принимают значения напряжения.

Примерами физических величин, которые рассматриваются как аналоги измеренных значений напряжения, являются массовый расход воздуха на впуске, напряжение аккумуляторной батареи, давление во впускном коллекторе и давление наддува, температура охлаждающей жидкости и воздуха на впуске. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) в микропроцессоре ЭБУ преобразует эти значения в цифровые сигналы, с которыми затем микропроцессор проводит расчеты. Разрешающая способность сигналов зависит от числа каскадов, используемых во время преобразования.

Цифровые входные сигналы

Эти входные сигналы имеют только два состояния – “высокий уровень” и “низкий уровень”. Примерами цифровых входных сигналов являются сигналы включения/выключения или сигналы цифровых датчиков,