

ФОРСУНКИ СИСТЕМЫ COMMON RAIL. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Д. Ф. ЧИРКУН, Д. С. КОЛБАСКО
(Представлено: В. В. КОСТРИЦКИЙ)

Данная статья посвящена детальному разбору устройства и принципа действия форсунок в системе питания Common Rail. Описывается роль каждого компонента: от управляющего клапана и гидравлической камеры до иглы распылителя. Доступным языком с помощью наглядной аналогии объясняется пошаговый цикл работы форсунки — от закрытого состояния до момента впрыска и его окончания. Также в статье раскрываются ключевые преимущества технологии, такие как многократный впрыск и высочайшая точность дозировки.

Основная часть. Устройство форсунки Common Rail Современная электрогидравлическая форсунка Common Rail — это высокоточный механизм, состоящий из нескольких ключевых компонентов. Упрощенно ее можно разделить на три основные части [1]:

1. Электромагнитный или пьезоэлектрический клапан (управляющий клапан) Это «мозг» форсунки, который получает электрические сигналы от ЭБУ. Электромагнитный клапан (рисунок 1).

Содержит катушку и якорь. При подаче напряжения катушка создает магнитное поле, которое перемещает якорь, открывая или закрывая управляющие каналы.

Пьезоэлектрический клапан (рисунок 2). Более современная и быстродействующая технология. Пьезоэлемент под действием напряжения изменяет свою длину, что приводит к мгновенному открытию клапана. Пьезофорсунки способны срабатывать в несколько раз быстрее электромагнитных, что позволяет выполнять multiple впрыски (несколько подач топлива за один цикл) [2].

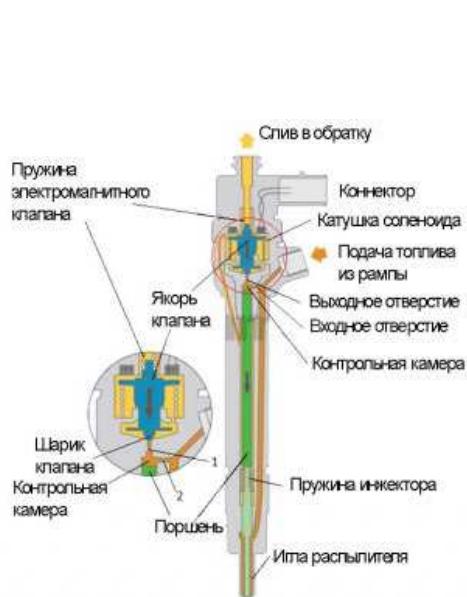


Рисунок 1. – Электрогидравлическая форсунка



Рисунок 2. – Пьезоэлектрическая форсунка

2. Гидравлическая часть. Эта часть использует давление самого топлива для управления иглой распылителя. Управляющая камера (камера управления): Полость, находящаяся сверху над иглой распылителя. Давление в этой камере удерживает иглу в закрытом состоянии. Запорный поршень (поршень управления): Соединяет управляющую камеру с иглой распылителя. Впускной (входной) дроссель: Канал, через который топливо высокого давления поступает из рампы в управляющую камеру. Выпускной (выходной) дроссель: Канал, который перекрывается управляющим клапаном. При его открытии топливо из управляющей камеры стравливается в обратную магистраль.

3. Механическая часть (распылитель). Это наконечник форсунки, который непосредственно контактирует с камерой сгорания. Игла распылителя: Подпружиненная игла, которая плотно перекрывает сопловые отверстия. Сопловые отверстия: Калиброванные каналы микроскопического диаметра, через

которые топливо впрыскивается в цилиндр. Их количество, диаметр и угол определяют форму факела распыла.

Принцип действия (на примере электромагнитной форсунки)

Работа форсунки — это цикл из двух фаз: закрытое состояние и впрыск.

Фаза 1: Форсунка закрыта (игла прижата к седлу) Топливо под высоким давлением (до 2500 бар) из рампы поступает в форсунку по двум путям: 1. В полость под иглой распылителя (в камеру сгорания). 2. Через впускной дроссель в управляющую камеру. Давление в управляющей камере действует на запорный поршень, который, в свою очередь, давит на иглу распылителя сверху. Площадь поршня сверху больше площади иглы снизу, поэтому сила, удерживающая иглу закрытой, превышает силу, пытающуюся ее поднять. Управляющий клапан (электромагнитный) закрыт и перекрывает выпускной дроссель.

Фаза 2: Впрыск топлива (игла поднимается) ЭБУ подает электрический импульс на катушку электромагнитного клапана. Клапан открывается, поднимая якорь и открывая выпускной дроссель. Топливо из управляющей камеры быстро стравливается через этот дроссель в обратную магистраль (слив в бак). Давление в управляющей камере резко падает. Теперь сила давления топлива, действующая снизу на иглу (со стороны камеры сгорания), становится больше силы сверху [3]. Игла распылителя поднимается, и топливо под высоким давлением с огромной скоростью впрыскивается в цилиндр через крошечные сопловые отверстия, образуя идеальный «туман».

Фаза 3: Окончание впрыска (игла закрывается) ЭБУ прекращает подавать напряжение на клапан. Электромагнитный клапан закрывается, перекрывая выпускной дроссель. Через впускной дроссель управляющая камера снова быстро заполняется топливом из рампы, давление в ней растет. Это давление через поршень давит на иглу сверху, и она быстро и плотно садится на седло, резко обрывая впрыск [4].

Заключение. Ключевые преимущества и особенности:

1. Высокое и постоянное давление: Давление впрыска не зависит от оборотов двигателя, что обеспечивает качественное распыление на всех режимах.
2. Многократный (многофазный) впрыск: ЭБУ может управлять форсункой так, чтобы за один цикл произвести несколько впрысков: Предварительный впрыск: Небольшая порция топлива для мягкого нарастания давления и температуры в цилиндре («поджог»), что снижает шум и вибрации. Основной впрыск: Обеспечивает основную мощность и крутящий момент. Дополнительный (послевпрыск): Необходим для регенерации сажевого фильтра (DPF) путем дожигания сажи.
3. Высочайшая точность: Дозировка топлива и момент впрыска рассчитываются с точностью до миллисекунды и миллиграмм.
4. Экологичность и экономичность: Точное управление и качественное распыление приводят к полному сгоранию топлива, минимизируя выбросы вредных веществ (сажи, NOx) и снижая расход топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Диагностика и техническое обслуживание машин : учеб. / А.Д. Ананьин [и др.]. – М : Академия, 2015. – 416 с.
2. Неговора, А.В. Улучшение эксплуатационных показателей автотракторных дизелей совершенствованием конструкции и технологии диагностирования топливоподающей системы : дис. ... д-ра техн. наук : 05.04.02 / А.В. Неговора. – СПб., 2004. – 343 л.
3. Грехов, Л.В. Аккумуляторная топливная система с электро-гидроуправляемой форсункой / Л.В. Грехов, И.И. Габитов, А.В. Неговора // Тракторы и сельхозмашины. – 2001. – № 7. – С. 14–16.
4. Неговора, А.В. Диагностирование топливной аппаратуры автотракторных дизелей / А.В. Неговора., Л.В. Грехов, И.И. Габитов // Актуальные проблемы теории и практики современного двигателестроения : сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. 100-лет Вибе. – Челябинск : ЮУрГУ, 2003. – 85 с.