

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЭЛЕМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ СИСТЕМ ДВС

Материал подготовил к.т.н. Г.В. Мельник

Одной из центральных тем последних выпусков оставались технологии снижения вредных выбросов дизельных и газовых двигателей с целью приведения их в соответствие с действующими и перспективными экологическими нормативами.

В настоящем обзоре рассматриваются технические средства, которые используются или могут быть использованы для достижения указанной цели, в том числе элементы управления. К их числу, в частности, относится электромагнитное устройство управления степенью рециркуляции отработавших газов, разработанное фирмой Woodward — известным производителем систем дизельной автоматики и регулирования (доклад № 190 на Конгрессе SIMAC-2010). Конструкторам фирмы удалось решить одну из главных проблем, возникающих на пути создателей подобных систем — обеспечение надежной работы в условиях экстремально высоких температур.

Большой интерес представляет датчик мгновенных значений давления в цилиндре (доклад № 130 на Конгрессе SIMAC-2010). Давление в цилиндре является одним из наиболее информативных параметров, от которого зависят показатели рабочего процесса. Датчик может найти применение в системах непрерывной диагностики и автоматической оптимизации рабочего процесса по вредным выбросам, расходу топлива и т. п. Попытки создания подобных датчиков с длительным ресурсом работы предпринимались уже давно, однако высокая температура газа в цилиндре была тем фактором, который до недавнего времени препятствовал созданию надежной и долговечной конструкции, пригодной для серийного производства.

В обзор включены также две статьи из журнала Diesel Progress International, посвященные автоматизации систем селективного каталитического восстановления (SCR). Подобные системы в настоящее время считаются одним из основных средств достижения перспективных норм выбросов транспортных дизелей различного назначения. При этом особое значение приобретают вопросы безопасного использования восстановителя Ad-Blue на основе мочевины.

ЭЛЕКТРОПРИВОД УПРАВЛЕНИЯ СТЕПЕНЬЮ РЕЦИРКУЛЯЦИИ

Art Pintauro, Woodward Governor, США

Рециркуляция отработавших газов (EGR) известна как одна из самых эффективных технологий снижения выбросов окислов азота (NO_x). Наиболее удобным средством для управления заслонкой байпаса турбины турбокомпрессора является электропривод. При этом, однако, трудно обойтись

без системы активного охлаждения, поскольку температура газов может достигать 750 °С.

В настоящем докладе описан агрегат, позволяющий решить эту задачу. Он состоит из заслонки, поворотного исполнительного устройства (ИУ), передаточного механизма и кронштейна. Приведены характеристики системы, ее основные параметры, а также результаты эксплуатационных испытаний. Особенность конструкции состоит в том, что исполнительное устройство не требует активного охлаждения и рассчитано на работу при высоких температурах. Кроме того, элементы устройства обеспечивают минимальную теплопроводность и допускают относительные смещения, вызванные тепловым расширением. Система электропривода предназначена для установки непосредственно на двигателе. Благодаря виброизоляции встроенного электронного блока она способна выдерживать вибрационные и тепловые воздействия, связанные с работой двигателя.

Необходимость непосредственного управления расходом отработавших газов и/или байпасом турбокомпрессора вызвана постоянно растущими требованиями к снижению вредных выбросов. Это относится как к газовым двигателям с искровым зажиганием, так и к дизельным двигателям с самовоспламенением от сжатия.

Регулируемый байпас турбокомпрессора применяется для эффективного управления давлением наддува, что одновременно со снижением выбросов способствует повышению КПД дизеля. Что же касается газовых двигателей, то одним из возможных методов снижения потерь на дросселирование является управление нагрузкой и скоростью путем изменения положения заслонки турбокомпрессора; при этом дроссельная заслонка на входе воздуха остается полностью открытой.

Фирмой Woodward Engine Systems создано устройство для прямого управления расходом рециркуляции отработавших газов для газовых двигателей и дизелей. Устройство, названное «Glotech» состоит из следующих основных элементов (рис. 1):

- поворотная дроссельная заслонка, способная выдерживать температуру газа на входе до 750 °С;
- механическая передача с минимальным теплообменом между исполнительным устройством и заслонкой и компенсацией относительного смещения (расцентровки) заслонки и исполни-

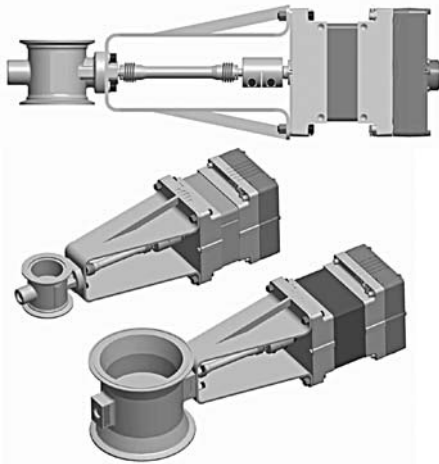


Рис. 1. Агрегаты Glotech с заслонками 60 и 135 мм

тельного устройства, вызванного разностью коэффициентов их теплового расширения;

- поворотное исполнительное устройство со встроенным электронным блоком управления, работающим при температуре окружающей среды до 85 °С (в дальнейшем этот предел планируется повысить до 105 °С);

- кронштейн крепления заслонки к исполнительному устройству, конструкция которого обеспечивает минимизацию теплопередачи и простоту установки на двигатель.

Заслонка

Заслонка поворотного типа выполнена из материала с низкой теплопроводностью, в состав которого входят нержавеющая сталь и сплав Inconel. В настоящее время серийно выпускаются заслонки с диаметрами 60 и 135 мм; возможна поставка заслонок других размеров по требованию заказчика (рис. 2).

Заслонка соединяется со входной и выходной трубами через фланец с центрирующим пояском для облегчения стыковки. Вал заслонки с выходным фланцем снабжен пружиной скручивания с преднатягом. Пружина служит для компенсации воздействия перепада давления на заслонку и для предотвращения износа поверхностей из-за вибрации.

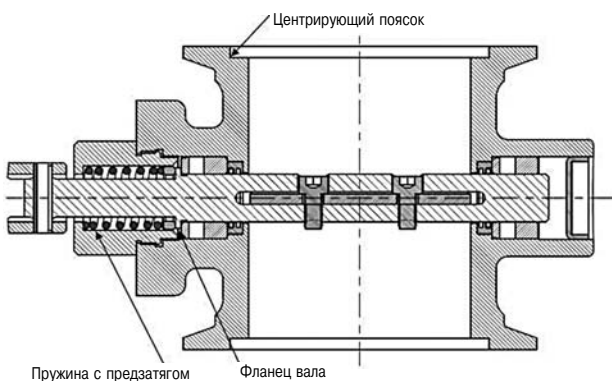


Рис. 2. Агрегат Glotech с заслонкой 60 мм в разрезе

Наиболее сложной задачей при конструировании оказался подбор такого сочетания свойств материалов вала заслонки и подшипника, при котором обеспечивается необходимая жесткость вала при минимальном износе трущихся поверхностей.

Столь же важно было обеспечить нужный коэффициент трения в заданном диапазоне рабочих температур.

Механическая передача (запатентована, заявка № РСТ/US2009/039237)

При разработке механической передачи от исполнительного устройства к заслонке нужно было решить следующие основные задачи:

- обеспечить точное позиционирование вала заслонки относительно установочной поверхности;
- свести к минимуму передачу тепла от заслонки к исполнительному устройству;
- исключить заедания, вызванные смещением заслонки относительно исполнительного устройства;
- минимизировать люфты.

Механическая передача представляет собой трубу с прорезями, соединяющую исполнительное устройство с заслонкой. Пружины кручения используются для выбора зазора между прорезями и хомутами, чтобы исключить люфты в передаче (рис. 3 и 4). При выборе материалов ставилась задача свести к минимуму влияние теплопроводности, обеспечив при этом достаточную твердость для минимизации износа.

Форма и размеры трубы и прорезей выбраны так, чтобы осевое, радиальное и угловое смещение между исполнительным устройством и заслонкой не вызывали существенного увеличения трения.

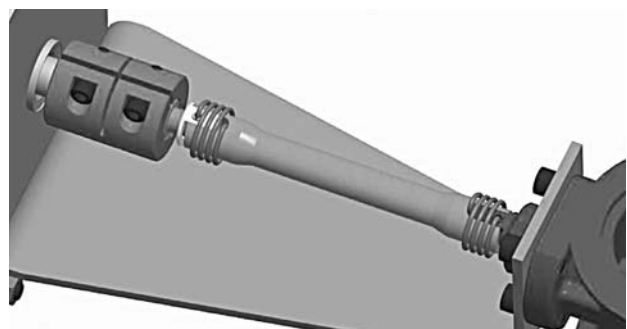


Рис. 3. Передача (общий план)

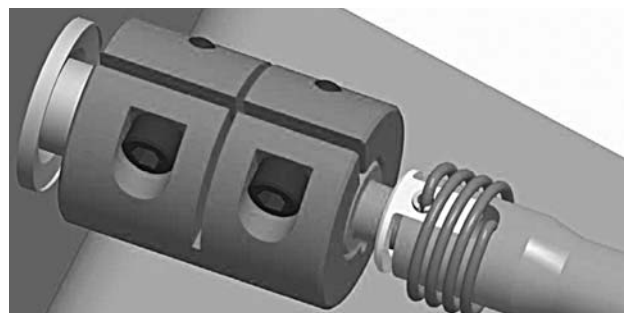


Рис. 4. Передача (крупный план)

Конструкция также учитывает смещение заслонки относительно исполнительного устройства в результате теплового расширения.

Привод

В качестве привода в Glotech используется исполнительное устройство ProAct™ поворотного типа с углом поворота выходного вала, равным 75 градусам. Устройство, имеющее собственный встроенный электронный блок, не нуждается в отдельном блоке управления и в подводе сигнала по скорости.

Исполнительное устройство ProAct представляет собой моментный электродвигатель с единственной движущейся частью — ротором (чем обусловлена его высокая надежность); характеризуется следующими конструктивными особенностями:

- используется в качестве либо позиционера, либо исполнительного устройства регулятора скорости;
- может управляться различными входными сигналами (4–20 мА, 0–5 В, ±3 В, а также сигналом позиционирования стандарта CAN);
- рассчитано на работу при высоких значениях температуры окружающей среды (до 85 °С) и вибрации, поэтому может устанавливается прямо на двигатель;
- имеет настройки для оптимизации его быстродействия в зависимости от параметров трения и инерции;
- имеет возможность контролировать ток управления, что может оказаться полезным для определения запаса крутящего момента при текущих условиях;
- выпускается в четырех вариантах, отличающихся между собой работоспособностью (табл. 1).

Таблица 1

Параметры исполнительного устройства ProAct

Параметр	Значение
Минимальная работоспособность в статике	Модель I — 1,7 Дж
	Модель II — 3,4 Дж
	Модель III — 7 Дж
	Модель IV — 14 Дж
Минимальная работоспособность в динамике	Модель I — 3,4 Дж
	Модель II — 7 Дж
	Модель III — 14 Дж
	Модель IV — 27 Дж

Привод может быть использован либо просто в качестве позиционера, либо в составе системы автоматического регулирования скорости (САРС). В последнем случае к нему подводится сигнал по скорости и используются алгоритмы управления, определяемые по результатам моделирования. Устройство имеет функцию детального автотестирования, что существенно облегчает поиск и устранение неисправностей.

Для работы в составе САРС ProAct имеет многочисленные настройки, такие, например, как

возможность программного дистанционного задания скорости по различным законам, динамические параметры пуска и останова. В качестве позиционера ProAct может программно настраиваться на поворот по или против часовой стрелки, а также допускает возможность калибровки на месте эксплуатации.

Изоляция электронного блока — патент США № 6 593 674

Основная трудность, с которой пришлось столкнуться конструкторам при создании электронного блока, заключалась в необходимости обеспечить его надежную работу в условиях сильной вибрации при установке на двигателе.

Для защиты исполнительного устройства от вибрации оно снабжено виброизоляторами, выполненными в виде кольца из термостойкой резины, надежно изолирующие коробку электронного блока от корпуса (см. рис. 4).

Glotech испытывался на вибростенде на воздействие при синусоидальном возмущении с ускорением 4 G, приложенном к установочной поверхности. Частота возмущающего воздействия менялась в пределах от 10 до 2000 Гц по оси Y.

Максимум амплитуды колебаний приходился на частоту 280 Гц (собственная частота изолятора), а при частоте более 400 Гц колебания блока практически прекращались. При низкой частоте возмущающего воздействия конструкция блока обеспечивает достаточную виброустойчивость.

Расходные характеристики заслонки

60-миллиметровая заслонка прошла тестирование по стандарту ANSI/ISAS75.02-1996 «Методы испытаний регулирующих заслонок» с целью определения коэффициента расхода (C_v), рассчитываемого по приводимой ниже формуле. Для 135 мм заслонки коэффициент C_v определялся по графику, показанному на рис. 5.

Для каждого конкретного применения необходимое значение C_v определяется по формуле:

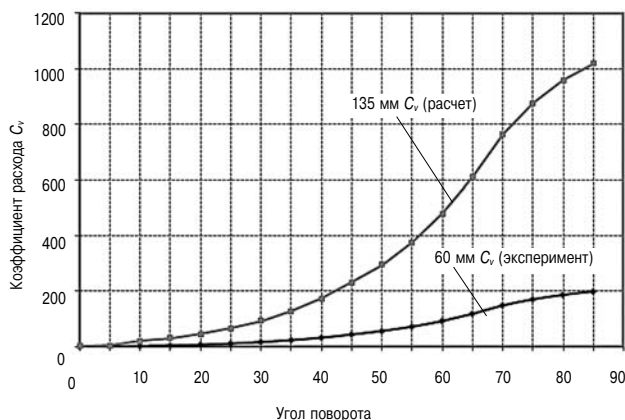


Рис. 5. Зависимость коэффициента расхода C_v от угла поворота заслонки

$$C_v = \frac{Q \cdot 0,19911}{p_1 \cdot S_g} \cdot \sqrt{\frac{(T_1 + 273) \cdot p_1 \cdot S_g}{p_1 - p_2}}$$

где Q – массовый расход, кг/ч; S_g – удельный вес газа (для воздуха $S_g = 1,0$); T_1 – температура газа на входе, °C; p_1 – давление газа на входе, кПа; p_2 – давление газа на выходе, кПа.

Характеристики исполнительного устройства и его настройка

Исполнительные устройства типа ProAct могут настраиваться на различные значения трения в приводимом механизме и его инерционности. Это позволяет оптимизировать быстродействие привода для каждого конкретного применения. Настройка Glotech производится на заводе-изготовителе.

Для нейтрализации влияния трения в исполнительном устройстве на его выходе генерируются колебания с амплитудой, равной 0,3 % от полного угла поворота заслонки (75°).

При недостаточной амплитуде колебаний быстродействие устройства снижается из-за трения, в то же время слишком большая амплитуда вызывает «дрожание» заслонки и ускоряет износ деталей передачи.

Glotech проектировался как широкополосное устройство с высоким быстродействием.

Для проверки динамики были проведены испытания Glotech с 135 мм заслонкой и исполнительным устройством ProAct модели III на частотном стенде с приложением возмущения малой и большой амплитуды (1 % от полного хода т. е. 0,75° и 4 % от полного хода, т. е. 3,0° соответственно). Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

Частота характеристики

Синусоидальный сигнал с амплитудой (% от полного кгла поворота)	Ослабление –3 dB (Гц)	Фазовое запаздывание 45° (Гц)
1	6	3,5
4	9	4,5

Поскольку агрегат Glotech предназначен для установки непосредственно на двигатель, он должен выдерживать достаточно мощные вибрационные воздействия. Для проверки его на виброустойчивость были проведены квалификационные испытания, в ходе которых агрегат подвергался вибрационным воздействиям с ускорением 12,8 G (среднеквадратическое значение) в течение 3 часов по каждой из осей.

Переходный процесс при мгновенном изменении входного сигнала от 0 до 100 % показан на рис. 6. Длительность переходного процесса (время перемещения между положениями, соответ-

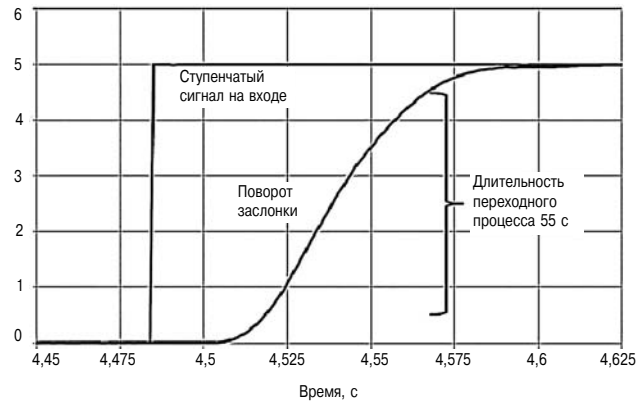


Рис. 6. Переходный процесс при ступенчатом изменении входного сигнала (заслонка 135 мм)

ствующими 10 и 90 % от полного угла поворота) при этом составила 55 мс.

Результаты эксплуатационных испытаний

Наиболее серьезной проблемой, с которой разработчикам пришлось столкнуться во время эксплуатационных испытаний, стало периодическое зависание заслонки, начинающееся через какое-то время после начала испытаний. Причина состояла в попадании продуктов сгорания в зазор между валом и подшипниками, в результате чего этот зазор постепенно уменьшался и в конце концов мог зарости полностью. При этом трение в устройстве резко возрастало, что в некоторых случаях приводило к его полному зависанию.

На газовых двигателях, работающих на бедной смеси, это обычно происходило при наработке 3–4 тыс. часов. При этом наблюдался рост момента сопротивления примерно от 0,4 до 14,0 Нм. Разборка и чистка заслонки позволяли полностью восстановить ее работоспособность, однако подобная деградация была неприемлема. Анализ состава загрязнений показал, что они состоят из кремния, кальция, фосфора и цинка.

Были предложены следующие способы решения этой проблемы:

- ограничение проникновения газа в зазор между валом и подшипником, чтобы уменьшить миграцию твердых частиц (рис. 7);
- обеспечение возможности вывода из зазора тех частиц, которые все же в него попали.

Первый способ был реализован путем установки уплотнения из металлических пружинных колец с покрытием. Такое уплотнение не создает абсолютной герметичности, но существенно ограничивает проникновение твердых частиц в зазор. Для реализации второго способа были предусмотрены специальные выемки, выполнявшие роль коллектора частиц (см. рис. 2 и 7).

После доработки конструкции уплотнения по истечении 3000 часов работы момент сопро-

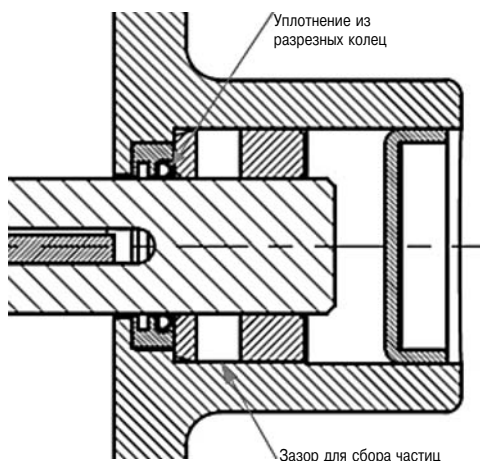


Рис. 7. Фрагмент рис. 2 (показаны изменения, сделанные по результатам испытаний)

тивления возрастал от исходного значения 0,4–0,5 Нм до примерно 0,8 Нм.

Следы износа на поверхностях вала и подшипников практически отсутствовали. После переборки и чистки устройства момент сопротивления восстанавливался до исходного значения.

Применение устройства на дизелях

До сих пор работа Glotech исследовалась, главным образом, на газовых двигателях. В настоящее время агрегат проходит испытания на главном судовом дизеле, где он используется для привода заслонки байпаса турбины турбокомпрессора (рис. 8). На рис. 9 показаны детали заслонки после 600 ч работы на судовом дизеле, использующем мазут в качестве топлива. В этом случае наложения на поверхности деталей оказались значительно менее опасными, чем на газовом двигателе, и не привели к сколько-нибудь существенному увеличению трения. Заслонка оказалась в прекрасном состоянии, и после осмотра была возвращена на двигатель.

Описанные выше мероприятия существенно замедлили отложение частиц на поверхностях заслонки, но не решили проблему полностью. Для полного восстановления работоспособности

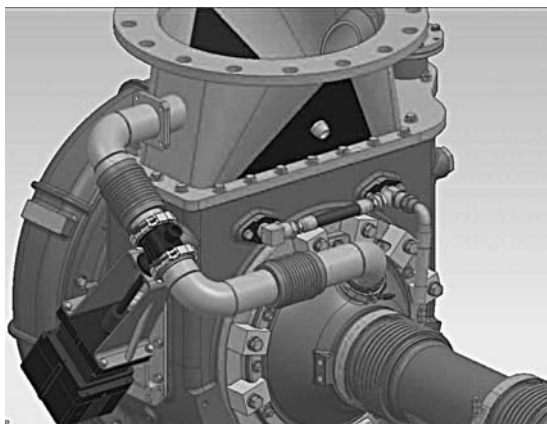


Рис. 8. Агрегат Glotech, установленный на дизеле GE L250V

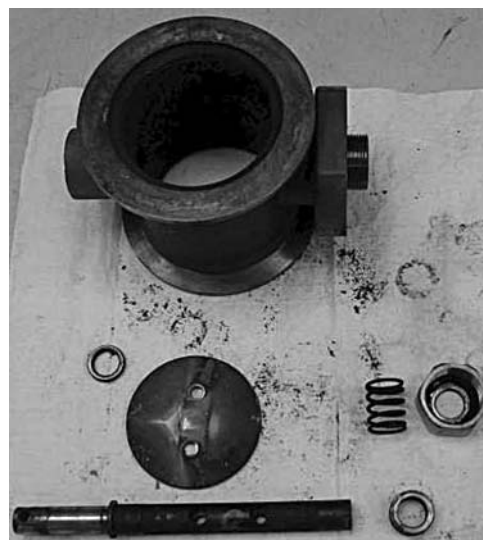


Рис. 9. Состояние деталей заслонки после 600 часов работ на двигателе

заслонки необходима ее переборка и чистка. Оптимальным решением было бы приурочить техобслуживание к очередному плановому ремонту двигателя. Судя по результатам испытаний, достижение межремонтного интервала 8000 моточасов является вполне реальным. Разработчик поставил себе целью увеличить этот интервал до 10–15 000 моточасов, что потребует дополнительных исследований.

ВСТРОЕННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ЦИЛИНДРЕ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Stefan Neumann, Bienwald Matthias, IMES GmbH, Германия

Исследования контуров регулирования, основанных на измерении давления в цилиндре, ведутся уже более 20 лет. Давление в цилиндре является одним из основных параметров, используемых в системах автоматической диагностики двигателей и оптимизации рабочих процессов. Однако создание подобных систем в течение долгого времени тормозилось двумя обстоятельствами — большой стоимостью датчиков и чрезвычайно высокими требованиями к вычислительной мощности процессора, обрабатывающего результаты измерений. Однако в последнее время технологии создания датчиков существенно продвинулись вперед, в результате чего заметно снизилась их стоимость.

Изложенные ниже результаты были получены в ходе испытаний датчиков на целом ряде газовых двигателей, отличающихся размерностью и частотой вращения. Фирмой IMES GmbH был разработан датчик давления в цилиндре типа НТТ для серийного производства, впервые представленный на Конгрессе СИМАС-2001. С тех пор было изготовлено более 20 000 таких датчиков. Основной целью, поставленной перед разработчиками, было достижение ресурса дат-

чика порядка 16 000–20 000 ч, притом что его цена должна была быть приемлемой для двигателестроителей, использующих его в качестве элемента систем регулирования параметров двигателя.

На одной из моделей газового двигателя более 12 000 датчиков проработали непрерывно свыше 10 000 ч каждый без какого-либо ухудшения рабочих параметров.

Концепция системы сбора и визуализации данных (модульного типа) была разработана совместно с Wartsila Service Finland. Эта концепция основана на том, что мгновенное давление в цилиндре в функции времени является основной фундаментальной переменной, определяющей такие параметры двигателя, как максимальное давление сгорания p_{max} , среднее эффективное индикаторное давление цикла IMEP, склонность к детонации и наличие пропусков вспышек. Это открывает для подобной системы, ведущей непрерывное измерение и запись мгновенного давления в цилиндре, возможности широкого использования в условиях эксплуатации.

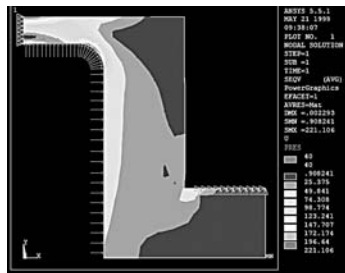
Датчик давления в цилиндре типа НТТ с высоким ресурсом

Датчик должен удовлетворять жестким требованиям по предельно допустимым величинам гистерезиса и нелинейности, а также зависимости выходного сигнала от температуры. Кроме того, к нему предъявляется ряд специфических требований, в том числе:

- способность выдерживать колебания температуры рабочей среды в чрезвычайно широких пределах (RT-1700 °C);
- способность выдерживать мощные вибрационные воздействия, возникающие при детонации;
- способность выдерживать огромное число рабочих циклов при полной нагрузке;
- способность выдерживать длительное воздействие средней температуры 300 °C;
- малая величина теплового дрейфа выходного сигнала;
- малые габариты (в пределах размеров свечи зажигания).



Рис. 1. Измерительный элемент



Нужно отметить, что блок обработки сигнала (Signal Conditioning Unit — SCU) включает в себя функцию компенсации дрейфа нуля. Эта функция является отключаемой.

Для успешного использования датчика на двигателе его точность не менее важна, чем стабильность его характеристик. Проверка точности проводилась в ноябре 2001 г. в Исследовательском центре мощных двигателей (Large Engine Competence Center — LEC) в Граце (Австрия). При этом показания датчиков IMES CPS-01 сравнивались с показаниями пьезоэлектрических датчиков высокой точности AVL типа QC34C с водяным охлаждением, принятых в качестве эталонных.

Результаты сравнения оказались вполне удовлетворительными. Датчики испытывались на одноцилиндровом отсеке газового двигателя с номинальной скоростью 1500 об/мин и средним эффективным давлением 12 бар.

Датчик типа НТГ-04СА имеет сертификаты Bureau Veritas и Det Norske Veritas. Сертификаты других классификационных обществ находятся в процессе оформления.

Система сбора и визуализации данных в режиме реального времени

Одновременно шла разработка системы сбора и визуализации данных в реальном времени. Поскольку мгновенное давление в цилиндре в функции времени является фундаментальной переменной, определяющей такие параметры двигателя, как максимальное давление сгорания p_{\max} , среднее индикаторное давление цикла ИМЕР, склонность к детонации и наличие пропусков вспышек, то подобная система с датчиком, ведущая непрерывное измерение мгновенного давления в цилиндре, может эффективно использоваться в условиях эксплуатации.

Система предназначена для установки на V-образных и рядных двигателях с числом цилиндров от 4 до 20. В нее исходно зашиты все необходимые параметры применительно к двигателям типов W32DF, W34SG и W50DF, так что для оператора выбор и активация нужного профиля — дело нескольких секунд.

Меню в главном окне программы предоставляет возможность построения и вывода на дисплей следующих характеристик:

- диаграмма давления;
- рабочий цикл;
- выравнивание p_{\max} ;
- выравнивание ИМЕР;
- коэффициент вариации ИМЕР.

Для того чтобы эти характеристики можно было использовать для управления и мониторинга параметров работы двигателя, была создана система CMS. Она обеспечивает возможность из-

мерения, отслеживания и хранения записей давления в функции угла поворота коленчатого вала для различных типов газовых двигателей с постоянной скоростью (применяемых для привода генераторов). Результаты вычислений могут быть загружены в компьютер (ноутбук промышленного типа) через шину CAN-bus. Система CMS включает в себя датчики давления (21 штука) с клеммными коробками, собранными в виде портативного устройства, в котором все компоненты хранятся во время транспортировки.

Работа системы

После запуска программы визуализации система автоматически сохраняет следующие данные: p_{\max} , пропуски вспышек из-за детонации, ИМЕР, коэффициент вариации ИМЕР. Это позволяет в дальнейшем просматривать их в автономном режиме.

Система CMS в комплекте с датчиками давления в цилиндре дает возможность определить момент возникновения детонации с гораздо большей точностью, нежели традиционно используемые датчики ускорения. Это позволяет ее использовать также в качестве эталона для проверки существующей (штатной) системы обнаружения детонации. Кроме того, система CMS обеспечивает намного более раннее выявление детонации по сравнению с обычной системой.

Функция визуализации облегчает задачу выравнивания работы цилиндров с целью снижения механических нагрузок на двигатель.

Система также может быть использована для контроля давления сжатия. Разброс значений давления сжатия по цилиндрам не должен превышать 2 бар при угле поворота коленчатого вала 15° до ВМТ. Эта функция также позволяет своевременно обнаружить отказ поршневого кольца.

Что дает мониторинг давления в цилиндрах

Система, анализирующая изменение давления в цилиндрах, способна успешно заменить обычную систему автоматизации и защиты, основанную на использовании датчиков ускорения, коэффициента избытка воздуха и температуры отработавших газов. Замкнутые контуры с датчиками давления в цилиндре могут быть применены, в первую очередь, в схемах управления впрыском, обнаружения детонации и регулирования соотношения воздух—топливо.

Мониторинг давления в цилиндрах может использоваться для следующих целей:

- выравнивание работы цилиндров;
- определение пиковых значений давления;
- определение моментов возникновения детонации и преждевременного зажигания;
- определение пропущенных вспышек и неполноценных вспышек;
- обнаружение и диагностика отказов;

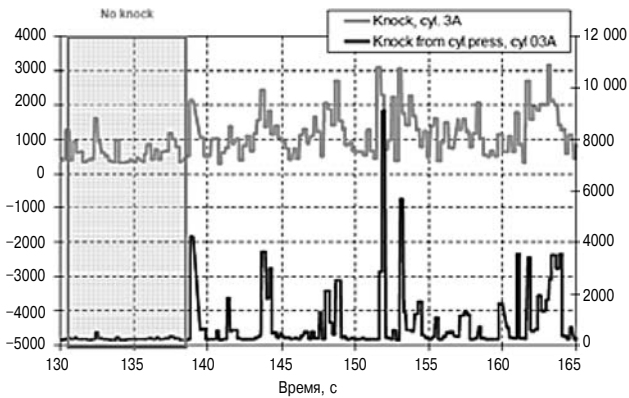


Рис. 5. Детонация в функции времени при использовании акселерометра (верхняя кривая) и датчика давления в цилиндре (нижняя кривая)

- управление зажиганием;
- оптимизация подачи пилотного топлива;
- визуализация различных параметров работы двигателя, связанных с давлением в цилиндре;
- управление соотношением воздух–топливо;
- управление рециркуляцией отработавших газов;
- определение положения кулачкового вала;
- формирование сигнала, соответствующего индикаторному крутящему моменту;
- упрощение калибровки измерительной системы (менее жесткие требования к параметризации);
- предотвращение помпажа турбокомпрессора.

Традиционный метод управления составом рабочей смеси по температуре выхлопных газов имеет серьезный недостаток — слишком большое запаздывание в линии передачи сигнала. Использование сигнала давления в цилиндре позволяет вовремя определить состояние пропуска или ослабления вспышек и принять необходимые контрмеры.

Традиционный метод обнаружения детонации основан на использовании датчиков ускорения. Он отличается низкой помехоустойчивостью. Это означает, что возникновение детонации малой или средней силы легко может быть пропущено.

Если же для обнаружения детонации используется датчик давления в цилиндре, такая возможность исключена.

Рис. 5 иллюстрирует сравнительные возможности обнаружения детонации предлагаемым и обычными методами. Из приведенных данных следует, что использование сигнала по давлению создает возможность безопасной работы двигателя в непосредственной близости от границы детонации.

Выравнивание давления в цилиндрах

Выравнивание давления существенно снижает разброс p_{\max} по цилиндрам. Процесс выравнивания

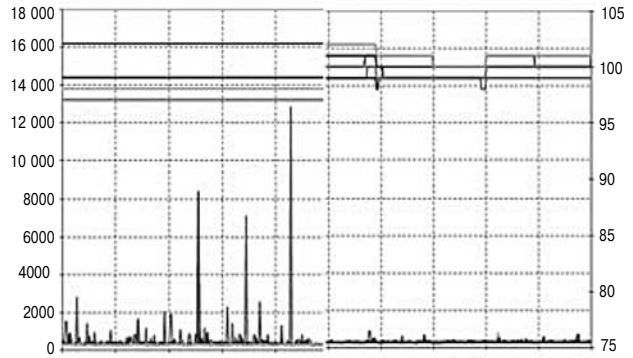


Рис. 6. Детонация в цилиндре при использовании акселерометра (слева) и датчика давления в цилиндре (справа)

основан на сравнении величины p_{\max} в каждом цилиндре с ее значением, усредненным по всем цилиндрам. Это позволяет исключить неравномерность механических напряжений в силовых элементах двигателя.

Выравнивание позволяет также устранить детонационные пики малой и средней амплитуды (рис. 6), и за счет этого повысить значение средней наработки на отказ (MTBF).

Заключение

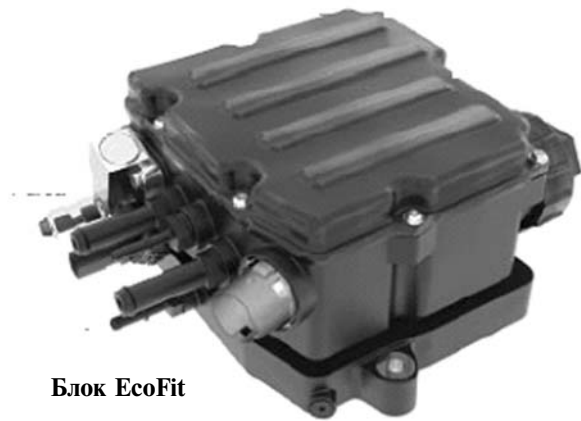
Созданы и серийно выпускаются датчики давления в цилиндре нескольких типоразмеров, которые обеспечивают высокую точность измерения и обладают большим ресурсом. Использование таких датчиков на двигателе дает ему серьезные рыночные преимущества по сравнению с двигателями, оснащенными традиционными системами автоматизации и управления. Проведенные на первых опытных сериях испытания продемонстрировали снижение выбросов NO_x на величину до 25 %, CO — до 25 % и углеводородов — до 5 %.

КАК СНИЗИТЬ ВЫБРОСЫ, НЕ ПЕРЕПЛАЧИВАЯ ЗА ЭТО

Mike Brezonick. Aiming to meet emissions, market needs Diesel Progress International, January 2012

Отделение экологических технологий — Cummins Emission Solutions (CES) — объявило об окончании разработки новой системы подачи мочевины, предназначенной для выполнения перспективных требований к выбросам в тех регионах, где экологическое законодательство пока является менее жестким по сравнению с США, Европой и Японией.

Новый агрегат подачи мочевины EcoFit — это модульная система, способная обеспечить выполнение экологических стандартов, действующих в настоящее время во многих странах, таких как, например, Китай, Индия и Россия. Требования этих стандартов примерно соответствует нормативам Euro 4 и Euro 5.



Блок EcoFit

Система EcoFit на рынках развивающихся стран будет стоить примерно вдвое меньше, чем в США, и по своим характеристикам несколько отличаться от других систем аналогичного назначения.

По мнению CES на рынках развивающихся стран востребованы наиболее конкурентоспособные решения, и при этом всегда остается возможность не только снизить себестоимость системы, но и повысить топливную экономичность. Программное обеспечение и дозирующие устройства выбираются индивидуально для каждого типа двигателя (с учетом аппаратной конфигурации SCR), при этом должны быть предусмотрены расширенные диагностические функции.

Дозирующая система EcoFit предназначена для применения на малотоннажных, средних и тяжелых грузовиках. Она может использоваться как в новых машинах, так и при модернизации существующих. Система предназначена для точного дозирования восстановителя, который представляет собой 32,5 % раствор мочевины в деионизированной воде и известен как «состав для дизельного двигателя» (Diesel Exhaust Fluid — DEF) или AdBlue.

Система очень компактна (223×201×98 мм), и весит всего 2,7 кг, значительно опережая по весогабаритным показателям существующие аналоги. Отмечается также, что конструкторами приняты меры для минимизации риска отложений мочевины на стенках резервуаров и труб, что существенно повышает надежность системы SCR.

Система EcoFit состоит из трех основных компонентов — модуля дозирования мочевины, модуля впрыска и модуля управления.

Первый модуль осуществляет точное дозирование поступления в форсунку жидкого восстановителя и сжатого воздуха из бортовой системы. Форсунка размещается по оси потока отработавших газов, тем самым минимизируется возможность осаждения мочевины. Размер капель AdBlue на выходе форсунки — менее 30 микро-

метров, а относительно большой диаметр соплового отверстия делает форсунку менее чувствительной к загрязнениям.

Модуль управления формирует сигнал подачи AdBlue, необходимый расход которой определяется рабочими условиями и может составлять от 0,01 до 2,2 мл/с. Модуль управления, куда задающий сигнал поступает через внешний интерфейс, может также использоваться для управления другими компонентами двигателя или системы очистки.

Система дозирования EcoFit предназначена для работы от бортовой сети напряжением 12 или 24 В, при температуре окружающей среды от –40 до 85 °С. Модуль дозирования может устанавливаться как на баке с мочевиной, так и на шасси автомобиля. Поскольку мочевина замерзает при температуре порядка –11 °С, модуль может быть снабжен системами подогрева или охлаждения.

Система дозирования EcoFit будет выпускаться на заводе Cummins Emission Solutions в Пекине.

В дальнейшем все продукты и технологии CES будут представлены на мировом рынке под маркой EcoFit. По словам представителя CES, разработчиками проделана огромная работа, позволившая обеспечить выполнение перспективных требований экологических стандартов при одновременном снижении общей стоимости оборудования.

В номенклатуру продукции CES входят системы, разрабатываемые по индивидуальным заказам, комплексные системы управления, окислительные нейтрализаторы, фильтры частиц, системы снижения NO_x (SCR) и отдельные компоненты указанных систем.

НОВЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ СИСТЕМЫ SCR

*Ian Cameron. Gentech's new SCR sensor
Diesel Progress International, January 2012*

Английская компания Gentech начала выпуск новых датчиков для систем селективного каталитического восстановления (SCR), которые, по словам представителя фирмы, отличаются от существующих своей универсальностью и имеют ряд дополнительных функций.

Датчик Gentech предназначен для определения качества уровня и температуры восстановителя AdBlue.

По требованию заказчика датчик может быть снабжен подогревателем (для предотвращения замерзания AdBlue в холодных условиях), фильтром на линии всасывания с тонкостью отсева 80 или 100 мкм (для предотвращения попадания твердых частиц в систему) и встроенным компактным разъемом для быстрого подключения к электрической схеме.

Еще одна опция — встроенный индикатор посторонних жидкостей, определяющий присутствие в баке посторонних жидкостей (не являющихся AdBlue). Датчик представляет собой твердотельное электронное устройство, реагирующее на изменение свойств реагента, находящегося в баке для AdBlue. Датчик формирует предупредительный сигнал о поступлении в бак запрещенной жидкости и предотвращает выход из строя компонентов систем SCR.

Датчик SCR может поставляться с любой и перечисленных выше опций, либо только с датчиком уровня. Заказчик платит только за те функции, которые он реально получает, что позволяет свести стоимость датчика к минимуму.

Крепление датчика, как правило, байонетного или фланцевого типа, но существует вариант с резиновым уплотнителем, позволяющий упростить конструкцию бака. Датчик может быть приспособлен к баку любой высоты за счет изменения длины его штока.

Время нагрева AdBlue считается одним из наиболее критичных параметров системы, и это обстоятельство учтено в конструкции датчика. В частности, греющий змеевик сделан так, чтобы в первую очередь нагревалась жидкость в зоне подвода AdBlue. Конструкция датчика учитывает возможность работы машины под достаточно большим углом наклона к горизонту.



НОВОСТИ ТРАНСМАШХОЛДИНГА

НА БМЗ УСПЕШНО ЗАВЕРШИЛИ ИСПЫТАНИЯ ТЕПЛОВОЗА С ФИНСКИМ ДИЗЕЛЕМ

На Брянском машиностроительном заводе (БМЗ) успешно завершены сертификационные испытания маневрового тепловоза ТЭМ18В, оснащенного дизелем компании Wartsila.

Предварительные и приемочные испытания, совмещенные с сертификационными, подтвердили соответствие параметров и характеристик тепловоза ТЭМ18В-001 требованиям Технического задания и нормам безопасности на железнодорожном транспорте.

Тепловоз ТЭМ18В создан на базе локомотива ТЭМ18ДМ. В базовую конструкцию внесены ряд изменений, позволяющих говорить о новых потребительских характеристиках машины. ТЭМ18В оснащается более современным и надежным дизелем, телемеханической системой контроля бодрствования машиниста. Это позволяет обеспечить более стабильную работу парка, сократить время простоев локомотивов; сделать работу на тепловозе более безопасной. При средне-эксплуатационной загрузке ТЭМ18В почти на 30 процентов экономичнее, чем тепловозы ЧМЭЗ.

На маневровом тепловозе ТЭМ18В-001 использован дизель-генератор фирмы «Вяртсиля» мощностью 882 кВт при 1000 об/мин.

На тепловозе установлен новый компрессор, вентилятор холодильной камеры приводится гидромуфтой переменного наполнения. Это позволяет плавно менять число оборотов главного

вентилятора, что повышает надежность работы редуктора. Впервые на БМЗ на маневровом тепловозе использовано колесо главного вентилятора из пластмассы; применены системы подогрева теплоносителей дизеля типа «Гольфстрим», с помощью которого поддерживается оптимальная температура теплоносителей при неработающем дизеле. Это дает экономию топлива при зимних запусках и прогревах двигателя. Для обогрева кабины машиниста используется автономная система отопления, что создает комфортные условия для работы локомотивной бригады.

Технико-экономические показатели тепловоза ТЭМ18В-001, полученные при эксплуатационном пробеге в условиях маневровой, вывозной и горочной работы на станции Брянск-Льговский, выгодно отличают его от других маневровых тепловозов по топливной экономичности. Удельный расход топлива при типовом цикле загрузки составляет 288 г/(кВт·ч). Ожидается, что с началом реализации в Пензе совместного российско-финского проекта («Трансмашхолдинг»–Wartsila) по производству современных дизельных двигателей для железнодорожного и морского транспорта новые дизель-генераторы будут использоваться и на других тепловозах отечественного производства, что обеспечит более высокую надежность силовых установок и улучшит эксплуатационные качества локомотивов.