

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СВЯЗИ ЭЛЕКТРОННОГО РЕГУЛЯТОРА ДИЗЕЛЯ

В статье описаны методика и результаты расчётных исследований на математической модели электронного регулятора дизеля. Объект исследования – автомобильный дизель 4ЧН12/14 с двухрежимным регулятором. Вводили внешнее воздействие на каналы частоты вращения, измерения перемещений электронной педали и рейки ТНВД. Канал частоты вращения микропроцессорной САР требует 10-ти разрядного представления данных.

Введение

На колёсных транспортных средствах и их силовых установках на основе дизелей широко распространены электронные компоненты, и соответственно, системы автоматического регулирования (САР) и управления (САУ). Среди дизельных САР и САУ обязательно присутствует система автоматического регулирования частоты вращения коленчатого вала (САРЧ).

Настройку и тестирование электронных САРЧ дизеля на устойчивость производят предварительно в «ручном» режиме от специального программатора или компьютера с установленным на нём специализированным программным обеспечением. Обычно, программное обеспечение для операций настройки позволяет формировать для тестирования эталонные сигналы двух видов: треугольные и прямоугольные.

Постановка задачи

В публикациях [1-4] были описаны методика создания двухрежимной электронной САРЧ, результаты разработки математической модели САРЧ дизеля и на его основе программного обеспечения для автомобильного дизеля 4ЧН12/14. Особенностью работ по созданию микропроцессорной САРЧ для автомобильного дизеля 4ЧН12/14 является идентичность программного обеспечения для реального микропроцессорного блока управления и математической модели этого блока, реализованной в системе Matlab/Simulink [2]. Для расчёта цикловой подачи в блок управления программно были введены три корректирующие кривые между верхней (внешняя скоростная характеристика) и нижней (холостой ход) граничными кривыми. Настройкой наклона корректирующих кривых был устранен известный недостаток многоплунжерных ТНВД с дозированием подачи топлива отсечкой в ходе нагнетания, а именно – падение цикловой подачи при уменьшении частоты вращения коленчатого вала дизеля [3].

В экспериментальном двухрежимном регуляторе для автомобильного дизеля 4ЧН12/14 обязательными являются входные сигналы (контуры) от индукционного датчика частоты вращения колен-

чатого вала и датчика положения электронной педали, а выходным – сигнал в контур управления исполнительным электро-механическим сервоприводом, кинематически связанный с рейкой ТНВД и оборудованный автономным пропорционально-интегральным регулятором. Входные и выходные сигналы в реальных условиях эксплуатации подвергаются внешним частотным воздействиям от вибраций, упругих реакций вязкого трения, а их информационно-измерительные каналы – от электронных помех различной природы.

Цель настоящей работы – исследование влияния частотных внешних воздействий на стабильность работы информационно-измерительных каналов микропроцессорного блока управления и на устойчивость САРЧ дизеля в целом.

Методика и результаты исследования

В расчётных исследованиях на разработанной математической модели внешние возмущения в виде прямоугольных сигналов поочередно через сумматор накладывали на основные сигналы каналов: частоты вращения (NDv), положения электронной педали (FIR), положения рейки ТНВД (Hn). На рис. 1 показано моделирование наложения внешних возмущений на входной сигнал FIR – положения электронной педали, которое приносили на математической модели высшего структурного уровня «дизель - нагрузка». На рис. 1 обозначены блочные программы: «дизель» (DVZ), «нагрузка» (Nagruzka), блок Hnag датчика нагрузки на моторном стенде.

На рис. 2 показано наложение внешних прямоугольных сигналов на входной канал NDv частоты вращения дизеля и выходной канал Hn управления положением рейки ТНВД в математической модели электронного регулятора, которая является подпрограммой модели «дизель» (DVZ) низшего структурного уровня.

На рис. 2 обозначено блоки: El_Reg – описывает работу исполнительного электро-механического сервопривода; Ue-Hn – описывает пересчёт сигнала управления в перемещение рейки ТНВД; Pk1 – вводит значение давления наддува в дизеле.

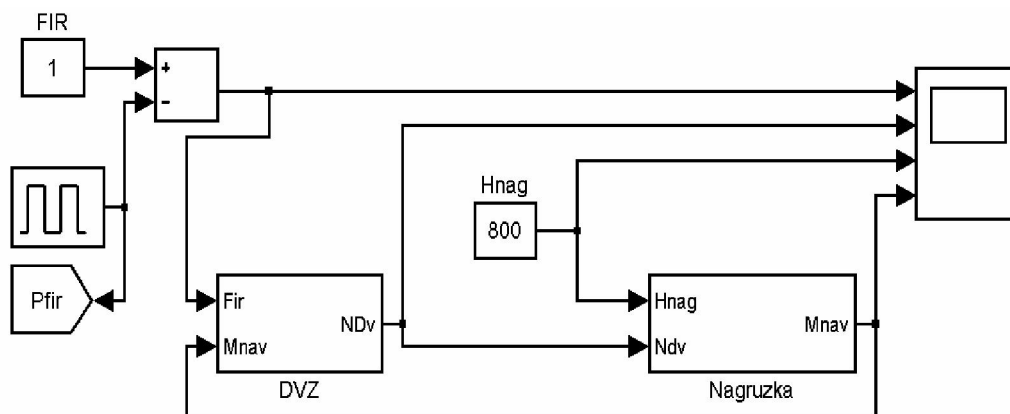


Рис. 1. Математическая модель высшего структурного уровня «дизель - нагрузка»

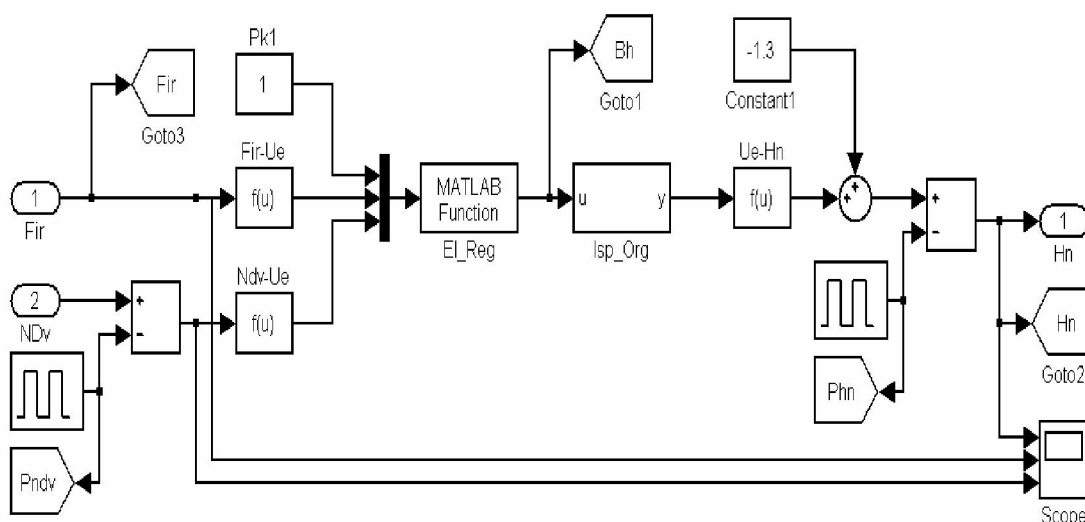


Рис. 2. Математическая модель электронного регулятора с наложением внешних возмущений

Точность измерения входных сигналов зависит от точности примененных датчиков, от уровня электронных шумов в измерительно-информационном канале, от разрядности аналого-цифрового преобразователя (АЦП) выбранного микроконтроллера и разрядности представления данных в нём.

Точность перемещения рейки ТНВД зависит от разрядности выходного широтно-импульсного модулятора, точности позиционирования исполнительного электромеханического сервопривода, механических люфтов и вибраций в соединении с рейкой ТНВД.

В автомобильных блоках управления используют 8-ми и 10-ти разрядные АЦП, что обеспечивает 256 и 1024 точек отсчёта соответственно. В процентах – это 0,4 % и 0,1 % точности от диапазона измерений. Большинство автомобильных датчи-

ков имеют точность не больше 1 % от диапазона своего измерения.

Для расчётных исследований были выбраны внешние возмущения в виде прямоугольных сигналов с частотой 1 Гц и амплитудой 0,1 %, 0,4 %, 1 % и 5 % от диапазона измерения величин. Диапазон измерения величин составил для каналов: положения электронной педали – $FIR = 0...1$; частоты вращения – $NDv = 0...3000 \text{ мин}^{-1}$; перемещения рейки ТНВД – $Hn = 0...10 \text{ мм}$.

Расчёты проводили на динамической модели с выходом после наброса нагрузки на частоты вращения дизеля 1000, 1500 и 2000 мин^{-1} . Оценивали качество переходного процесса при набросе 100 % нагрузки и устойчивость работы САПЧ дизеля. Пример расчёта при воздействии внешних возмущений с амплитудами 5 %, 1 %, 0,4 % и 0,1% (от диапазона измерения) на канал NDv – частоты вращения коленчатого вала дизеля показан на рис.3.

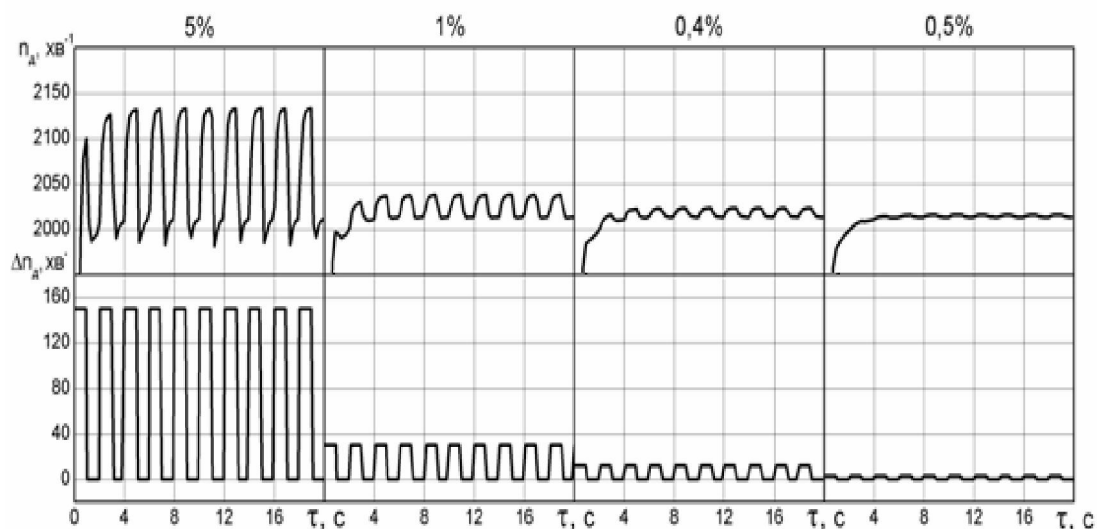


Рис. 3. Внешнее воздействие на канал измерения частоты вращения дизеля 4ЧН12/14 на номинальном режиме

Заключение

Наиболее чувствительным к внешним возмущениям в микропроцессорной САРЧ дизеля является входной канал частоты вращения коленчатого вала. Расчёты показали, что при одинаковых внешних прямоугольных возмущениях этот канал имеет в 5...6 раз большую чувствительность к внешним воздействиям, чем каналы электронной педали и управления рейкой ТНВД.

Исходя из этого, рекомендуется для повышения устойчивости и качества работы САРЧ дизеля в канале частоты вращения микроконтроллера, использовать представление данных не ниже 10-ти разрядного формата.

Список литературы:

1. Лисовал А.А. Методика и результаты испытания микропроцессорного регулятора с программно-измерительным комплексом в его составе / А.А. Лисовал // Двигатели внутреннего сгорания. – 2007. – №1. – С.15–19. 2. Лисовал А.А. Подготовка математической модели электронного регулятора к расчётным исследо-

ваниям / А.А. Лисовал // Двигатели внутреннего сгорания. – 2008. – №1. – С.98–103. 3. Лисовал А.А. Микропроцессорный регулятор дизеля и расчёт цикловой подачи топлива / А.А. Лисовал, С.В. Кострица, А.В. Вербовский // Двигатели внутреннего сгорания. – 2010. – №2. – С.63–67. 4. Лисовал А.А. Проверка адекватности математической модели системы автоматического регулирования дизеля / А.А. Лисовал, А.В. Вербовский, С.В. Кострица // Двигатели внутреннего сгорания. – 2011. – №2. – С.64–69

Bibliography (transliterated):

1. Lisoval A.A. Metodika i rezultaty ispytaniya mikroprotsessornogo reguljatora s programmno-izmeritelnyim kompleksom v ego sostave / A.A. Lisoval // Dvigateli vnutrennego sgoraniya. – 2007. – №1. – S.15–19. 2. Lisoval A.A. Podgotovka matematicheskoj modeli elektronnoho reguljatora k raschetnim issledovaniyam / A.A. Lisoval // Dvigateli vnutrennego sgoraniya. – 2008. – №1. – S.98–103. 3. Lisoval A.A. Mikroprotsessornyy reguljator dizelya i raschet tsiklovooy podachi topliva / A.A. Lisoval, S.V. Kostritsa, A.V. Verbovskiy // Dvigateli vnutrennego sgoraniya. – 2010. – №2. – S.63–67. 4. Lisoval A.A. Proverka adekvatnosti matematicheskoj modeli sistemy avtomaticheskogo regulirovaniya dizelya / A.A. Lisoval, A.V. Verbovskiy, S.V. Kostritsa // Dvigateli vnutrennego sgoraniya. – 2011. – №2. – S.64–69.

Поступила в редакцию 12.06.2013

Лисовал Анатолий Анатольевич – доктор техн. наук, доцент, профессор кафедры двигателей и теплотехники Национального транспортного университета, Киев, Украина, e-mail: li-dvz@bigmir.net.

Кострица Сергей Валентинович – мл. научн. сотр. отдела переработки и транспорта природного газа Института газа НАН Украины, Киев, Украина, e-mail: kostricza@ukr.net

МОДЕЛЮВАННЯ ЗОВНІШНІХ ВПЛИВІВ НА ЗВ'ЯЗКИ ЕЛЕКТРОННОГО РЕГУЛЯТОРА ДИЗЕЛЯ

А.А. Лисовал, С.В. Кострица

У статті описані методика і результати розрахункових досліджень на математичній моделі електронного регулятора дизеля. Об'єкт дослідження - автомобільний дизель 4ЧН12/14 з дворіжним регулятором. Вводили зовнішній вплив на канали частоти обертання, вимірювання переміщень електронної педалі і рейки ПНВД. Канал частоти обертання в мікропроцесорній САР вимагає 10-ти розрядного представлення даних.

MODELING THE EXTERNAL INFLUENCES ON CHANNELS OF THE ELECTRONIC CONTROLLER OF DIESEL ENGINE

A.A. Lisoval, S.V. Kostritsa

The article describes the method and results of computational research based on the mathematical model of electronic controller of diesel engine. The object of research - automobile diesel 4ЧН12/14 with dual-mode controller. An external impact on the speed channels, e-measuring pedals and fuel pump rack was introduced. Channel of engine speed in microprocessor requires 10-bit representation of the data.

УДК 621.434

А.В. Хімченко, Д.Г. Мішин, А.В. Бузов

ЗНИЖЕННЯ НЕРІВНОМІРНОСТІ КРУТНОГО МОМЕНТУ ДВИГУНА З ВІДКЛЮЧЕННЯМ ЦИЛІНДРІВ НА РЕЖИМАХ ЧАСТКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Розглянуто необхідність використання системи відключення циліндрів на режимах часткового навантаження, варіанти відключення та проблеми, що при цьому виникають. Розроблено методичку та програму розрахунку параметрів бензинового двигуна внутрішнього згорання з кривошипно-шатунним (КШМ) або кривошипно-кулісним механізмом (ККМ), що дозволяє імітувати роботу в ряді послідовних циклів під час відключення частини циліндрів. Розрахунково-теоретично досліджено зміну рівня нерівномірності крутного моменту двигуна під час відключення циліндрів, запропоновано принцип керування відключенням циліндрів. Встановлено, що в двигуні з ККМ нерівномірність середнього крутного моменту на 15...20 %, менша ніж у двигуні з КШМ, а індивідуальне регулювання потужності в окремих циліндрах під час відключення дозволяє суттєво знизити коливання крутного моменту двигуна та зменшити його нерівномірність в 10...11 разів.

Вступ

Проблема зниження витрати палива двигунів внутрішнього згорання на режимах часткового навантаження є дуже актуальною в наші дні. Це обумовлено тим, що дуже багато часу двигун працює саме на таких режимах, а необхідності використовувати всю потужність ДВЗ немає. Тому передові виробники шукають можливі варіанти зменшення витрат палива на режимах часткового навантаження і вже мають певний успіх у цьому питанні [1, 2]. Роботи в цьому напрямку проводяться і на кафедрі «Автомобільний транспорт» АДП ДонНТУ [3].

Одним з найпоширеніших варіантів зменшення витрат палива двигуна на режимах часткового навантаження є відключення циліндрів. Випробування показали, що використання методу відключення циліндрів на режимах часткового навантаження двигуна дозволяє економити до 25% палива.

Найчастіше на сьогодні використовується метод «відключення» клапанів циліндру (системи Multi-Displacement System, Displacement on Demand, Active Cylinder Control, Variable Cylinder Management, Zylinderabschaltung).

Примусова дезактивація циліндрів окрім безперечних переваг має ряд недоліків, які перешкоджають масовому застосуванню відключення циліндрів у двигунах автомобілів. Серед них слід відзначити різке зниження крутного моменту і збільшення його нерівномірності при відключенні

частини циліндрів [4], особливо в момент переходу на меншу кількість навантажених циліндрів.

Необхідність покращення рівномірності крутного моменту під час відключення циліндрів потребує впливу на показники потужності окремих циліндрів.

Метою дослідження було визначити яка саме нерівномірність виникає під час відключення циліндрів та з'ясувати можливість її усунення шляхом індивідуального регулювання потужності в окремих циліндрах для двигунів з різними механізмами перетворення руху поршня.

Розрахунок двигуна з відключенням циліндрів

Для досягнення поставленої мети в середовищі Matlab була розроблена програма розрахунку бензинового двигуна внутрішнього згорання з кривошипно-шатунним (КШМ) або кривошипно-кулісним механізмом (ККМ), що дозволяє імітувати роботу в ряді послідовних циклів під час відключення частини циліндрів.

Класично розрахунки виконуються для одного циліндра двигуна оскільки величини і характер зміни параметрів циліндрів двигуна однакові і відрізняються лише кутовими інтервалами, рівними кутовим інтервалам між спалахами в окремих циліндрах.

Однак, розрахунок двигуна з відключенням циліндрів повинен: