

СИНТЕЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛЬНОЮ ПОДАЧОЮ ГАЗУ ДЛЯ ДВИГУНА 6ГЧН 13/14

О.А. Дзюбенко, доцент, к.т.н., В.М. Манойло, доцент, к.т.н.,
М.С. Липинський, аспірант ХНАДУ

Анотація. Наведено етапи синтезу системи розподільчої подачі газу, визначено загальну структуру системи, вирішено задачі прив'язки до об'єкту управління і узгодження динамічних параметрів виконавчих пристроїв з динамікою роботи ДВЗ.

Ключові слова: система подачі газу, електромагнітний дозатор газу, електронний блок управління, синхронізація по колінчатому валу.

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПОДАЧИ ГАЗА ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ 6ГЧН 13/14

А.А. Дзюбенко, доцент, к.т.н., В.М. Манойло, доцент, к.т.н.,
М.С. Липинский, аспирант ХНАДУ

Аннотация. Приведены этапы синтеза системы распределенной подачи газа, определена общая структура системы, решены задачи привязки к объекту управления и согласования динамических параметров исполнительных механизмов с динамикой работы ДВС.

Ключевые слова: система подачи газа, электромагнитный дозатор газа, электронный блок управления, синхронизация по коленчатому валу.

SYNTHESIS OF CONTROL SYSTEM OF DISTRIBUTIVE GAS SUPPLY FOR 6GCHN 13/14 ENGINE

A. Dziubenko, associate professor, cand. eng. sc., V. Manoylo, associate professor,
cand. eng. sc., M. Lypynskiy, post graduate student, KhNAHU

Abstract. The stages of distributive gas supply system synthesis are presented. The general system's structure is determined. The tasks concerning the referencing to the control system and matching dynamic parameters of actuators with ICE operation dynamics are solved.

Key words: gas supply system, electromagnetic metering gas device, electronic control unit, synchronization according to the crankshaft.

Вступ

Кафедрою ДВЗ ХНАДУ продовжуються роботи зі створення газового двигуна на базі дизеля. Тому на даному етапі роботи виникла необхідність у створенні системи розподільної подачі газу для двигуна 6ГЧН 13/14.

Синтез системи управління подачею газу являється комплексною задачею і передбачає не лише структурну реалізацію конкретної схеми. Слід враховувати конфігурацію об'єкту управління і особливості прив'язки до нього, а також конструкцію виконавчих пристроїв, особливо коли динамічні характеристики останніх знаходяться у складній залежності від параметрів робочого процесу.

Так динаміка роботи електромагнітного дозатора газу (ЕДГ) крім власних конструктивних параметрів залежить від вхідного і вихідного тиску і параметрів управляючого сигналу. При цьому час запізнення відкриття клапана може бути співрозмірний з необхідною тривалістю подачі газу. Що потребує вирішення, як задач покращення динаміки роботи клапанів, так і задач фазового зсуву і розподілення сигналів управління електромагнітами.

Аналіз публікацій

Покращення динаміки роботи електромагнітних форсунок може досягатись різними способами. На етапі проектування це зменшення маси якоря, підбір жорсткості зворотної пружини, використання обмотки електромагніту з малою індуктивністю [1].

Деякі фірми виготовляють форсунки з запірною тарілкою або, як їх ще називають, з компенсацією тиску [2], конструктивною особливістю яких є те, що тиск газу не чинить протидії руху запірному клапану. Однак такі клапани подачі газу мають велику продуктивність і використовуються на промислових двигунах з потужністю 150...500 кВт/цикл.

Найбільш доцільним методом покращення динаміки ЕДГ, в даному випадку, є форсування струму при подачі сигналу управління, для прискореного накопичення енергії необхідної для спрацьовування клапана, і подальше зниження струму до значення достатнього для утримання клапана в відкритому стані. Такий метод управління соленоїдами електромагнітних клапанів отримав назву «Pick & Hold». Найпоширенішими способами його реалізації є система з джерелом високої напруги, в якій зниження струму до значення утримання реалізується шляхом переходу до широтно-імпульсної модуляції, або система з двома джерелами напруги – високої для форсування струму, та низької для утримання [3,4].

Мета і постановка задачі

Метою даної роботи є проведення етапів синтезу системи розподільчої подачі газу, визначення загальної структури системи, вирішення задач прив'язки до об'єкту управління і узгодження динамічних параметрів виконавчих пристроїв з динамікою роботи ДВЗ.

Структурна схема системи розподільчої подачі газу

Для побудови системи управління розподільчої подачі газу було обрано схему «Pick & Hold» з двома рівнями управляючих напруг. Структурну схему системи представлено на рис.1, функціонально її розділено на два блоки: блок управління та блок силової комутації. Це дозволить розвантажити мікропроцесорний пристрій, що має знизити його вартість за рахунок використання двох мікропроцесорів з меншою периферією та спрощення програмного забезпечення.

Блок управління відповідає за збір і обробку інформації, що отримується з датчиків, та формування сигналів управління силовим блоком комутації у відповідності з газорозподілом двигуна. Датчики початку відліку (ДПВ) та кутових імпульсів (ДКІ) – індукційні датчики, що відповідають за синхронізацію системи по спеціальному маркерному диску встановленому на валу приводу паливного насоса високого тиску (ПНВТ). Датчик положення дросельної заслінки (ДПДЗ) відображає поточний кут відкриття дроселя, який показує навантаження двигуна і разом з частотою обертання колінчатого валу визначають необхідну кількість палива (циклову подачу).

При роботі двигуна на режимах повного навантаження витрата палива істотно зростає, що призводить до зниження сумарного тиску газу в ЕДГ. По сигналу датчика тиску газу (ДТГ) блок управління вводить корекцію тривалості відкритого стану ЕДГ для забезпечення розрахункової циклової подачі палива.

Інтерфейс оператора дозволяє в реальному масштабі часу спостерігати за поточними даними, такими як частота обертання колінчастого валу ДВЗ, кут відкриття дросельної заслінки, тривалість впорскування, та задавати корегуючі впливи на розрахунок необхідного часу відкритого стану ЕДГ.

Блок силової комутації розподіляє вхідні сигнали, що формує блок управління, по каналам ЕДГ і генерує сигнали форсування струму управління електромагнітами. В якості джерела високої напруги служить підвищуючий DC/DC перетворювач, що стабілізує вихідну напругу на рівні 90 В.

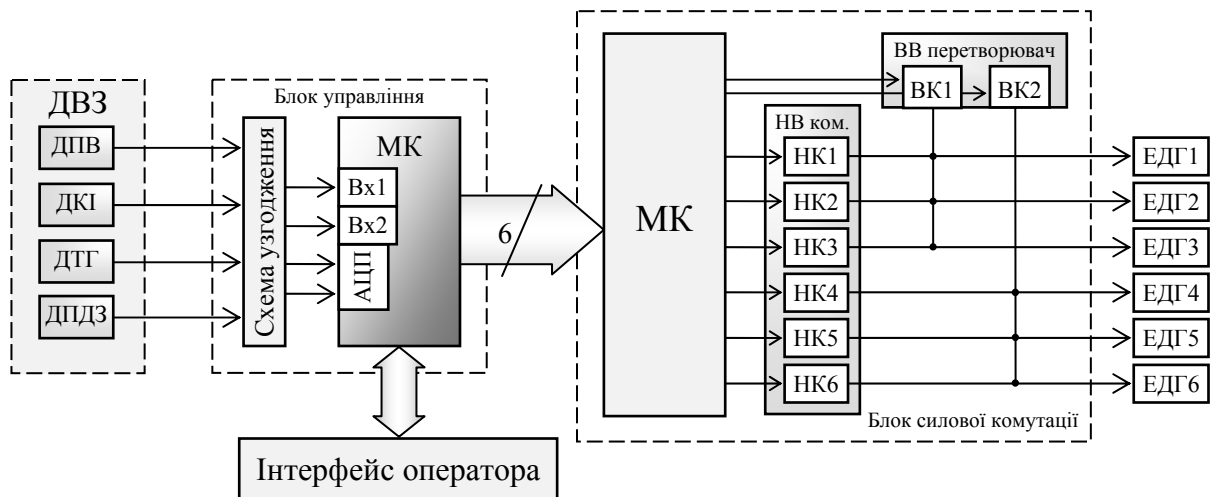


Рис. 1. Структурна схема розподільчої додачі газу: ДПВ – датчик початку відліку; ДКІ – датчик кутових імпульсів; ДТГ – датчик тиску газу; ДПДЗ – датчик положення дросельної заслінки; МК – мікропроцесор; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; НВ ком. – низьковольтний комутатор; НК – низьковольтний ключ; ВК – високовольтний ключ; ЕДГ – електромагнітний дозатор газу

Щоб уникнути перекриття сигналів високої напруги дозатори було розділено на два канали: перший – дозатори 1, 2 і 3 циліндрів, другий – дозатори 4, 5 і 6 циліндрів. Кожен канал обслуговується одним високовольтним ключем (ВК) і трьома низьковольтними ключами (НК) по одному на кожен ЕДГ.

Робота схеми прискорення ЕДГ

Фрагмент схеми підключення однієї форсунки наведено на рис.2. Вона містить два джерела живлення U_H – високої і U_L – низької напруги та два електронних ключа $VT1$ – високої і $VT2$ – низької напруги. В якості електронних ключів використано силові MOSFET транзистори.

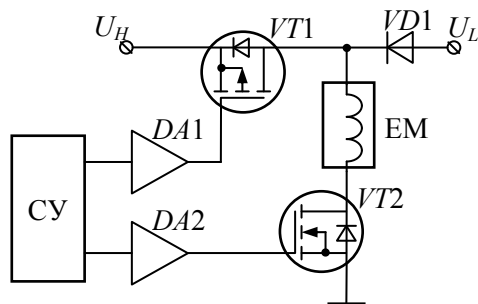


Рис. 2. Фрагмент схеми підключення ЕДГ

НК виконує роль спільного комутатора струму, при його закритому стані струм через обмотку електромагніту не протікає. Драйвери $DA1$ та $DA2$ забезпечують динамі-

ку роботи транзисторів, а діод $VD1$ блокує протікання струму високовольтного джерела через низьковольтне.

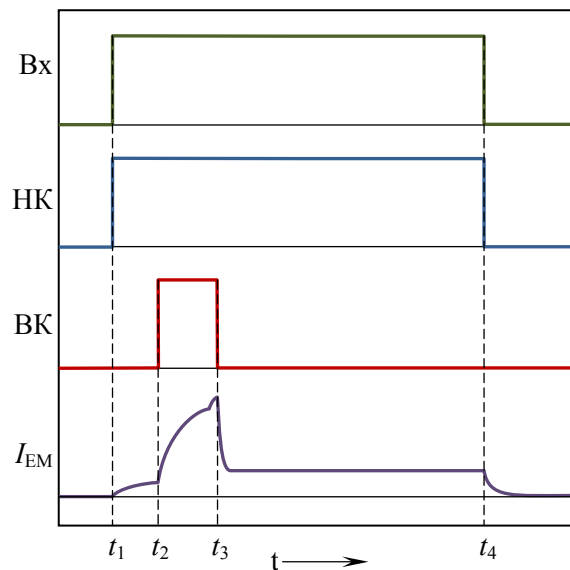


Рис. 3. Діаграми, пояснюючі роботу блоку силової комутації

Так при подачі вхідного сигналу управління комутація відбувається по наступній схемі (рис.3). Спочатку відкривається НК конкретної форсунки (t_1), що утворює струм підмагнічення, потім не закриваючи НК відкривається ВК (t_2), що призводить до швидкого наростання струму утворюючи магнітне зусилля необхідне для відкриття клапана. Після спрацювання клапана високовольтний ключ

закривається (t_3), а низьковольтний залишається відкритим забезпечуючи протікання струму достатнього для утримання клапана в відкритому стані. При закінченні управляючого сигналу НК закривається (t_4) і протікання струму в обмотці електромагніту припиняється, накопичена магнітна енергія розсіюється і клапан закривається.

Дослідження запропонованої схеми прискорення ЕДГ на спеціальному стенді [5] показало, що при тиску газу в рампі 0,2 МПа час затримки відкриття клапана з моменту подачі вхідного сигналу не перевищує 5 мс. Що для електромагнітних газових форсунок з продуктивністю понад 4,5 м³/год являється цілком прийнятним.

Синхронізація системи по кутовому положенню КВ

Як було відмічено раніше, синхронізація роботи системи подачі газу по циліндрах відбувається за допомогою двох датчиків і спеціального маркерного диска (рис.4), що встановлюється замість ПНВТ з приводом від розподільчого валу.

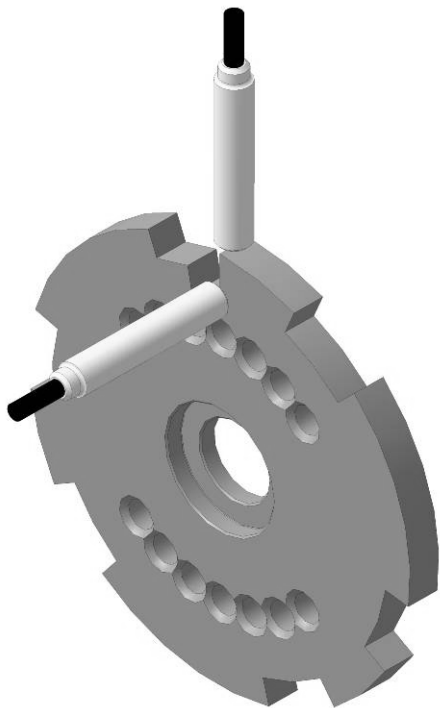


Рис. 4. Зовнішній вигляд вузла синхронізації

Двигун ЯМЗ-236 має *V*-подібне розташування циліндрів. При цьому нерівномірність спалахів між циліндрами складає 90°-150°-90°-150°-90°-150°, згідно з його порядком

роботи 1-4-2-5-3-6. [6]. Тому при розробці системи запалювання, для газового двигуна 6ГЧ 13/14 на базі дизеля, було розроблено спеціальний маркерний диск [7]. Диск має шість секторних вирізів, довжина яких відповідає мінімальному куту випередження запалювання, а задня грань (по ходу обертання) положенню відповідного циліндра ВМТ в такті стиску. Їх фіксує повздовжній датчик кутових імпульсів. Один з вирізів має заглиблення довжиною вдвічі меншою за довжину основного сектору, що відповідає першому циліндру, його фіксує поперечний датчик початку відліку.

В якості датчиків використано індуктивні датчики з вбудованим формувачем сигналу і виходом типу відкритий емітер. Такі датчики мають широкі діапазони напруги живлення і робочої температури і менш чутливі до механічних вібрацій.

Зміщення сигналу ДКІ на 90...120 град.п.к.в. дозволяє використовувати його й для розподілення подачі газу по циліндрам. При цьому подача сигналу на відкриття ЕДГ буде відповідати положенню поршня конкретного циліндра початку такту випуску, а закриття визначається необхідною тривалістю подачі газу, але не пізніше ніж перехід з такту впуску в такт стиску. подача газу відбувається у впускний колектор в над клапанну зону і в залежності від режиму роботи двигуна буде частково або повністю перекриватись з фазою відкриття впускного клапана. Так при роботі двигуна на обертах 2100 хв⁻¹, максимальна тривалість подачі газу, з урахуванням затримки на відкриття форсунки, складе 22 мс.

Висновки

Для вирішення задачі покращення динаміки ЕДГ запропоновано і апробовано двохключову схему комутації і алгоритм комутації ключів, що дозволило стабілізувати час затримки відкриття клапана і врахувати його при формуванні сигналів керування. Такий спосіб керування надав можливість структурно розподілити систему на два програмно незалежні блоки й локалізувати алгоритм їх роботи. Синхронізацію системи подачі газу було реалізовано за рахунок вузла синхронізації системи запалювання шляхом зсуву фази сигналів датчиків.

Література

1. Сливинская А.Г. Электромагниты и постоянные магниты / А.Г. Сливинская // пос. для студ. вузов. – М.: «Энергия», 1972. – 248 с.
2. HEINZMANN: Цифровые регуляторы частоты вращения. Клапаны подачи газа: [Электронный ресурс] / Режим доступа к источнику: www.heinzmann.com/en/engine-and-turbine-management/download-etm/doc_download/389-manual-megasol-russian
3. Методы впрыска топлива: [Электронный ресурс] / Режим доступа к источнику: http://www.avtodoktor.msk.ru/files/fuel_injection_methods.pdf
4. Будыко Ю.И. Аппаратура впрыска легкого топлива автомобильных двигателей / Ю.И. Будыко, Ю.В. Духнин, В.Э. Коганер, К.М. Маскенсков // 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1982. – 144 с.
5. Манойло В.М. Стенд для дослідження витратних та динамічних характеристик електромагнітних дозаторів систем живлення газових ДВЗ / В.М. Манойло, О.А. Дзюбенко, М.С. Липинський // Вісник СевНТУ: збірник наукових праць / Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь.: СевНТУ, 2011. – Вип. 122/2011. – С. 77-81.
6. Двигатели ЯМЗ-236, ЯМЗ-238 / [Чернышев Г.Д., Ершов М.В., Крашенинников Д.Н. и др.]; под ред. Г.Д. Чернышева. – М.: Машиностроение, 1968 – 230 с.
7. Конструктивные особенности электронного датчика частоты вращения и положения привода вала газового двигателя 6Ч 13/14 / В.М. Манойло, А.И. Воронков, Ю.Н. Бороденко [и др.] // Вестник ХНАДУ: сборник научных трудов. – Х.: ХНАДУ, 2007. – Вып. 38. – С. 327-335.

Рецензент: Ф.І. Абрамчук, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття поступила в редакцію 20 вересня 2011 р.