

УДК 621.433.2

СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНОЮ ПОДАЧЕЮ 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 розподіленої подачі газу, визначено загальну структуру системи, розв'язано задачі прив'язки до об'єкта керування і узгодження динамічних параметрів виконавчих пристроїв із динамікою роботи ДВЗ.

Ключові слова: система подачі газу, електромагнітний дозатор газу, електронний блок керування, синхронізація по колінчастому валу.

СИНТЕЗ СИСТЕМИ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПОДАЧЕЙ 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, Candidate of Technical Science, V. Manoylo, Associate Professor, Candidate of Technical Science, M. Lypynskiy, postgraduate, KhNAHU

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

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

Вступ

Кафедра ДВЗ ХНАДУ продовжує вести роботи зі створення газового двигуна на базі дизеля. Тому на даному етапі роботи постала потреба у створенні системи розподіленої подачі газу для двигуна 6ГЧН 13/14.

Синтез системи керування подачею є комплексною задачею і передбачає не лише структурну реалізацію конкретної схеми, але

й адаптацію її до об'єкта керування. При цьому слід враховувати конфігурацію об'єкта керування, 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 ви-

хідного тиску і параметрів керувального сигналу. При цьому час запізнення відкриття клапана може бути співвимірний з необхідною тривалістю подачі газу, що потребує розв'язання як задач покращення динаміки роботи клапанів, так і задач фазового зсуву і розподілення сигналів керування 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 із 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 із потужністю 150–500 кВт/цил.

Найбільш доцільним методом покращення динаміки ЕДГ, в даному випадку, є форсування струму при подачі сигналу керування, для прискореного накопичення енергії необхідної для спрацьовування клапана, і подальше зниження струму до значення, достатнього для утримання клапана у відкритому стані. Такий метод керування соленоїдами

електромагнітних клапанів отримав назву «Pick & Hold». Найпоширенішими способами його реалізації є система із джерелом високої напруги, в якій зниження струму до значення утримання реалізується шляхом переходу до широтно-імпульсної модуляції, або система із 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 розподіленої подачі газу, визначення загальної структури системи, розв'язання задач прив'язки до об'єкта керування і узгодження динамічних параметрів виконавчих пристроїв із динамікою роботи ДВЗ.

Структурна схема системи розподіленої подачі газу

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

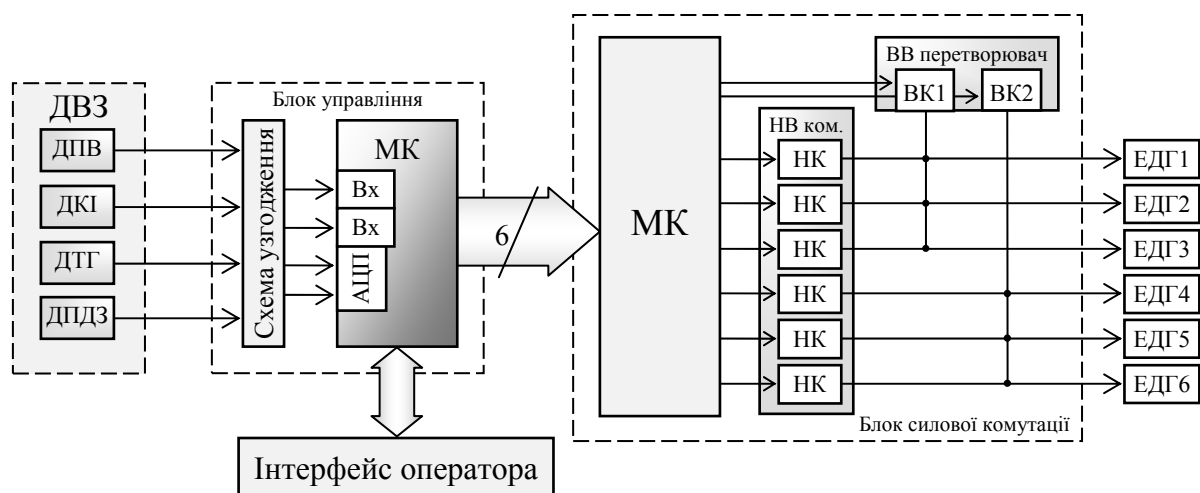


Рис. 1. Структурна схема розподіленої подачі газу: ДПВ – датчик початку відліку; ДКІ – датчик кутових імпульсів; ДТГ – датчик тиску газу; ДПДЗ – датчик положення дросельної заслінки; МК – мікропроцесор; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; НВ ком. – низьковольтний комутатор; НК – низьковольтний ключ;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

Блок керування відповідає за збір і обробку інформації, отриманої з датчиків, та формування сигналів керування силовим блоком комутації відповідно до газорозподілу двигуна. Датчики початку відліку (ДПВ) та кутових імпульсів (ДКІ) – індукційні датчики 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 із частотою обертання колінчастого вала визначає 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. За сигналом датчика тиску газу (ДТГ) блок керування вводить корекцію тривалості відкритого стану ЕДГ для забезпечення розрахункової циклової подачі.

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

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

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 ключі: $VT1$ – високої і $VT2$ – низької напруги. В якості елек-

тронних ключів використано силові MOSFET транзистори.

НК виконує роль спільного комутатора струму – при його закритому стані струм через обмотку електромагніту не протікає. Драйвери $DA1$ та $DA2$ забезпечують динаміку роботи транзисторів, а діод $VD1$ блокує протікання струму високовольтного джерела через низьковольтне.

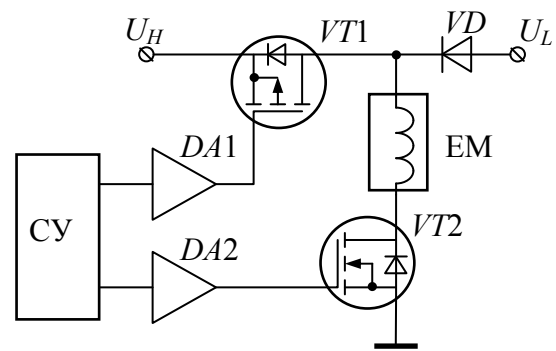


Рис. 2. Фрагмент схеми увімкнення ЕДГ

Так, при подачі вхідного сигналу керування комутація відбувається за такою схемою (рис. 3).

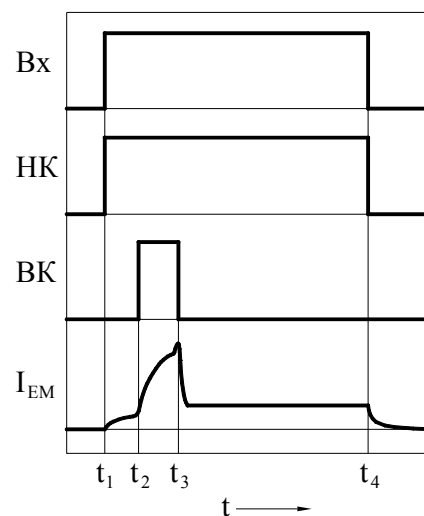


Рис. 3. Діаграми, що пояснюють роботу блока силової комутації

Спочатку відкривається НК конкретної форсунки (t_1), що створює 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 у відкритому стані. При закінченні керувального 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 за 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 із продуктивністю понад 4,5 м³/год є цілком прийнятним.

Синхронізація системи за кутовим положенням 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 із приводом від розподільчого вала.

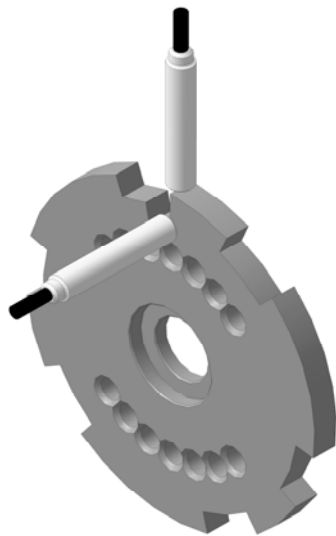


Рис. 4. Зовнішній вигляд вузла синхронізації

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 (за ходом обер-

тання) – положенню відповідного циліндра ВМТ у такті стиску. Їх фіксує повздовжній датчик кутових імпульсів. Один із вирізів має заглиблення довжиною, удвічі меншою за довжину основного сектора, що відповідає першому циліндру, його фіксує поперечний датчик початку відліку.

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

Зміщення сигналу ДКІ на 90–120 °ПКВ. дозволяє використовувати його і для розподілення подачі газу по циліндрах. 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 із такту впуску в такт стиску. подача газу відбувається у впускний колектор у надклапанну зону і, залежно від режиму роботи двигуна, буде частково або повністю перекриватись із фазою відкриття впускного клапана. Так, при роботі двигуна на обертах 2100 хв⁻¹ максимальна тривалість подачі газу, з урахуванням затримки на відкриття форсунки, складе 16–18 мс.

Висновки

Для розв'язання задачі покращення динаміки ЕДГ запропоновано й апробовано двоключову схему комутації й 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: пос. для студ. вузов / А.Г. Сливинская. – 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.avtodor.msk.ru/files/fuel_injection_methods.pdf
 4. Аппаратура впрыска легкого топлива автомобилей / 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: зб. наук. пр. Сер.: «Машиноприладобудування та транспорт». – 2011. – Вип. 122/2011. – С. 77–81.
 6. Двигатели ЯМЗ-236, ЯМЗ-238 / Г.Д. Чернышев, М.В. Ершов, 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. Борошенко и др. // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2007. – Вып. 38. – С. 327–335.
- Рецензент: Ф.І. Абрамчук, професор, д.т.н., ХНАДУ.
- Стаття надійшла до редакції 20 березня 2012 р.
-