

АНАЛІЗ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ КУТОМ ВИПЕРЕДЖЕННЯ ЗАПАЛЮВАННЯ ЗІ ЗВОРОТНИМ ЗВ'ЯЗКОМ ПО ДЕТОНАЦІЇ В АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНАХ

Описано закономірності детонаційного горіння паливних сумішей у двигунах внутрішнього згорання.

Проблема за зв'язок з науковими і практичними задачами. Явище детонації та причин її появлення супроводжують експлуатацію двигунів внутрішнього згорання на протязі всього часу їхньої експлуатації і дотепер причини цих явищ до кінця не вивчено.

Відомо, що детонація це процес появлення локальних зростань палкості паливно-повітряної суміші при значних ступенях стискання та ранніх кутах запалювання. У цьому випадку швидкість згорання суміші у циліндрах швидко підвищується порівняно з нормальним процесом згорання. На рис. 1 представлено індикаторні діаграми залежності тиску газів у циліндрі ДВЗ від часу. Тут криві 1,2,3 зображують відповідно: тиск паливно-повітряної суміші з відсутнім горінням; при нормальному горінні суміші; при горінні суміші з детонаційними процесами.

Як видно з рис. 1 показником детонаційного горіння є наявність високочастотних коливань 4 на індикаторній діаграмі 3.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблема усунення детонаційних явищ при роботі двигунів внутрішнього згорання приділяється немало уваги. Пошукам боротьби з цим явищем присвячено численні дослідження спеціалістів даної галузі.

Постановка задачі. Метою даного матеріалу є більш детальне описання фізичних явищ, що проходять у камерах двигунів внутрішнього згорання.

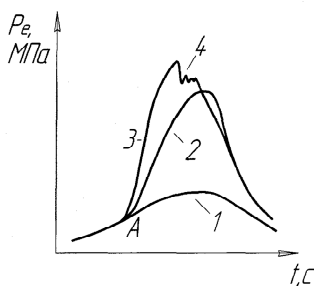


Рис. 1. Індикаторні діаграми роботи ДВЗ: А - момент запалювання; 1 - за відсутності запалювання; 2 - при нормальному згоранні; 3 - при детонаційному згоранні; 4 - детонаційні коливання

Викладення матеріалу та результати аналізу. Показником детонаційного згорання є наявність високочастотних коливань, що є аномальним явищем із-за ударів полум'я окремих складових горіння паливної суміші. У роботі надано аналіз результатів найбільш цікавих з практичної точки зору досліджень у даному напрямку й отримані амплітудно-частотні характеристики двигунів внутрішнього згорання при нормальних умовах та у випадку виникнення детонаційних проявлень.

Це аномальне явище викликано високочастотними коливаннями газів у камері згорання внаслідок ударів полум'я локальних родовищ горіння паливної суміші. Ці коливання викликають характерний "дзвінкий стукіт" окремих елементів двигуна, які мають люфти. Дії на ці елементи досягають достатньо великих значень та можуть привести до їх руйнування або, у кращому випадку, швидкому зносу. Отже детонаційних процесів стараються уникати усіма засобами.

При роботі ДВЗ різні деталі та вузли двигуна випромінюють коливання різної частоти. На рис. 2 представлено амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) двигуна без детонації та з детонацією.

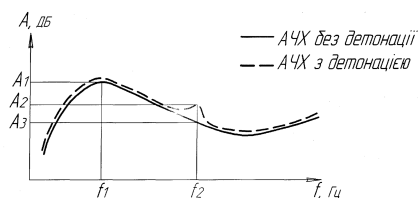


Рис. 2. АЧХ вібрації ДВЗ

По усьому спектру частот детонації f_{Δ} штрихова лінія має викид. Цей викид обумовлено детонаційними коливаннями 4 (див. рис. 1). Для кожного типу двигуна детонаційна частота f_{Δ} постійна. Треба відмітити, що амплітуда детонаційних коливань A_2 може бути менше амплітуди коливань якого-небудь вузла чи деталі, наприклад A_1 при f_{Δ} .

Частота детонації може співпадати з частотою коливань якогось вузла, віброуючого з амплітудою A_3 .

Усі коливання ДВЗ можуть досліджуватися датчиком вібрацій п'єзоелектричного типу, конструкція якого вказана на рис. 3.

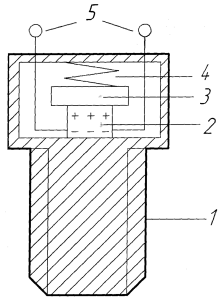


Рис. 3. Пристрій датчика вібрації: 1 - корпус; 2 - п'єзоелемент; 3 - інерційна маса; 4 - пружина; 5 - виводи

Корпус датчика 1 угвинчується у масив двигуна. При вібраціях інерційна маса 3 діє на п'єзоелемент 2 і на межах останнього індукуються електричні заряди. Різниця потенціалів цих зарядів і каже про величину вібрації у місці установки датчику. Одночасно датчик видає увесь спектр вібрації елементів двигуна. Частотне розділення сигналів при досліджуваннях отримують за допомогою фільтрів.

Детонація, як правило, виникає при малих частотах обертання і великих навантаженнях. На таких режимах роботи ДВЗ точка M відповідає оптимальному куту випередження запалювання $\theta_{\text{опт}}$ та максимальній потужності на валу $N_{g \text{ max}}$ лежить у зоні детонації. Межа зони детонаційних процесів проходить через $\theta = \theta_{\text{опт}3}$ і положення її не постійне: вона може лежати або праворуч, або ліворуч θ_3 . Це залежить від багатьох факторів: сорту палива, зношуванню двигуна і т.ін.

Щоб уникнути детонації розробники нових конструкцій двигунів були примушені на значених режимах роботи ДВЗ напевне закладати малі кути запалювання. Це знижувало техніко-експлуатаційні показники роботи ДВЗ.

У теперішній час розроблено датчики детонації, які дозволяють системі запалювання працювати на межі зони детонації, навкруги B . Системи запалювання зі зворотнім зв'язком по детонації починають встановлюватися на автомобілі.

Описання роботи блок-схеми системи управління КОЗ.

Блок-схема складається з наступних основних блоків:

ГТІ - генератор тактових імпульсів, який імітує кутові імпульси з дискретністю $1,4^\circ$ повороту колінчастого валу (ПКВ) ДВЗ. За один умовний оберт валу на виході ГТІ випрацьовується 256 імпульсів;

ФІМВТ - формувач імпульсів верхньої мертвої точки за один умовний оберт вала генерує один імпульс;

ЖМВ - ждучий мультівібратор за один ПКВ генерує один прямокутний імпульс довжиною $t = \text{const}$;

ІД - імітувач детонації один раз за оберт випрацьовує серію імпульсів з частотою f_Δ , та амплітудою A_2 . Подача детонаційних коливань у схему системи виконується за допомогою кнопки SP;

ІВ - імітувач вібрацій двигуна випрацьовує постійну імпульсну послідовність частотою f_Δ та амплітудою A_2 (див. рис. 2), отже блок імітує сигнали того елемента двигуна вібруючого з частотою детонації;

ІВ₁ - імітувач вібрацій того елемента двигуна, у якого частота вібрацій не співпадає з частотою детонації, а амплітуда коливань A_2 більше ніж амплітуда сигналу детонації ($f_1 \neq f_\Delta$; $A_1 > A_2$, див. рис. 2);

СДІ - схема допоміжного імпульсу, виділяючи прямокутний імпульс за один оберт валу, додатній перепад якого відповідає 128 тактовому імпульсу;

С₁ - рахівник, який рахує поточне значення КОЗ;

С₂ - рахівник, який коректує величину КОЗ у залежності від наявності сигналу детонації;

ПФ - полосовий фільтр, який пропускає полосу частот біля f_Δ ;

САС - схема амплітудної селекції, яка формує прямокутний імпульс сигналу детонації;

1-5 - логічні елементи „та“, „або“ організуючі роботу схеми відповідно з заданим алгоритмом функціонування.

Робота блок-схеми пояснюється осцилограмами, знятих у контрольних точках (КТ) I...XIII, рис. 4);

ГТІ випрацьовує постійну імпульсну послідовність з тактовою частотою $f_T = 1/t_1$.

Змінюванням тактової частоти за поміччю резистору R_2 імітується зміна частоти обертання вала двигуна.

У інтервалі часу t_1, t_2 з цієї імпульсної послідовності ФІМВТ випрацьовує імпульс початку відліку, який синхронізує роботу усієї схеми, стирає попередню інформацію та дозволяє рахувати нове значення КОЗ у текучий оберт валу ДВЗ.

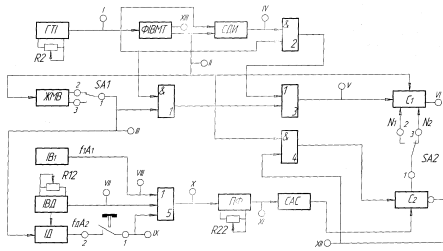


Рис. 4. Блок-схема роботи системи запалювання зі зворотним зв'язком

У тому ж обороті ФІМВТ формує допоміжний імпульс у точці XIII, котрий використовується для спостереження роботи схеми за допомогою осцилографа. Імпульс у т. XIII формується у інтервал часу $t_5 \cdot t_7$ (між 224 та 256 тактовими імпульсами).

У інтервал часу $t_2, t_3 = \tau = \text{const}$ очікуючий мультівібратор випрацьовує на виході імпульс $I_{III}(t)$, який визначає вид характеристик

$$\theta = f(n), \quad (1)$$

де θ - кут запалювання, град. ПКВ; n - частота обертів, об/хв.

Характеристику I представлено на рис. 4 у вигляді ломаної лінії I .

Регулювання КОЗ тут дискретне. Дискретність даного прирощення кута запалювання d визначається

$$d = 360^\circ / z, \quad (2)$$

де $z=256$, кількість тактових імпульсів за 1 оберт валу ПКВ, тоді $d=1,4^\circ$.

За допомогою перемикача SA1 можливо встановлювати два значення τ, τ_1 та τ_2 . Залежно від цього має місце дві характеристики 1 та 2 з різним нахилом.

Покажемо алгоритм рахування КОЗ без детонації на конкретному прикладі. Нехай частота обертів валу двигуна $n=3000$ об/хв або $n/60=50$ Гц. Тоді час повного обороту валу буде дорівнювати

$$T = \frac{60}{n} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ с}. \quad (3)$$

Період наступних тактових імпульсів визначається як

$$t_T = \frac{T}{256} = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{256} = 78,1 \cdot 10^{-6} \text{ с}. \quad (4)$$

Тоді кількість тактових імпульсів, яке перетинало через логічний елемент I буде визначатися кон'юнкцією функції $U_1(t)$ та $U_{III}(t)$ або

$$K = \tau_1 / t_1. \quad (5)$$

Підставляючи у (5) $\tau = \tau_1$, та $t_1 = 78,1 \cdot 10^{-6}$ с, отримаємо

$$K_I^I = \frac{\tau_1}{t_T} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{78,1 \cdot 10^{-6}} = 6,4$$

Округлюючи до цілого $K_1 = 6$.

Ця ж кількість імпульсів "пройде" і через ЛЕ 3, виконуючи логічну функцію „або" (див. рис. 4). Отже, після моменту часу t_3 імпульсів у кт V спостерігатися не буде.

У момент часу t_2 заднім фронтом імпульсу $U_{II}(t)$ яке містить рахівник C переписується у рахівник C_1 .

Залежно від положення перемикача SA2 у C_1 запишеться у двоїчному коді число N_1 або N_2 .

Нехай SA2 встановлене у положення 1-3 та нехай $N_1 = 8$. Значить, у момент часу t_1 у C_1 запишеться у число 8, а у інтервалі $t_2 \cdot t_3 = \tau_1$ на вхід C_1 поступить ще 6 імпульсів. Отже, у C_1 до моменту часу t_3 буде записано число: $C = N_1 + K_1 = 8+6=14$.

У момент часу t_4 , з приходом 128-го тактового імпульсу СДІ формує імпульс $V_{IV}(t)$ у кт IV (див. рис. 4), який "дозволяє" проходити тактовим імпульсам через ЛЕ 2 та ЛЕ 3 на вхід C_1 .

Отже, починаючи з моменту часу t_4 у кт V знову спостерігаються тактові імпульси $V_I(t)$. Ємність C_1 також 128 і якщо до моменту часу t_6 у ньому було записано 14 імпульсів, тоді він перепо-вниться по $(128-14)=114$ імпульсу, рахуючи від моменту часу t_4 або по 242, рахуючи від t_1 .

Тоді є у кт VI (див. рис. 4) у момент часу t_6 сформується додатній перепад імпульсів, котрий є командою до іскроутворення.

Неважко визначити величину даного КОЗ з виразу (6)

$$\theta_1 = \frac{t_7 - t_6}{T} \cdot 260^\circ. \quad (6)$$

Бачимо і інше

$$\theta = c \cdot d = (N_1 + K_1) \cdot d. \quad (7)$$

Підставляючи значення, знаходимо

$$\theta_1 = c \cdot d = 14 \cdot 1,4^\circ = 19,6^\circ$$

Робота схеми обчислюється КОЗ при наявності сигналу детонації відбувається практично аналогічно.

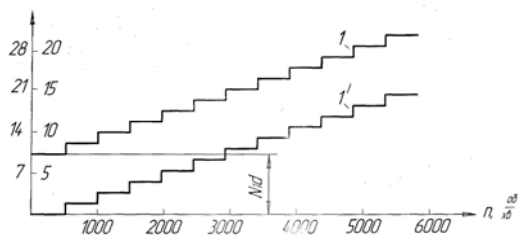


Рис. 5. Зміщення характеристики при детонації

Відміна у наступному. З приходом імпульсу детонації (кнопка SP натиснута) з кт XII на вхід "установки нуля" рахівника C_2 останній стає рівним нулю та N_1 - число яке завантажується у C_1 стає рівним 0, отже виконується "відскік" КОЗ на величину $\theta_1 = N_1 \cdot d$ (рис. 5).

З рис. 5 неважко побачити, що характеристика I зміщується паралельно самої себе на θ_1 та переходить у характеристику I' .

Якщо після відскока детонація пропадає (кнопка SP размикає ціпку), тоді імпульси $V_{11}(t)$ через ЛЕ4 починають відступати на вхід C_2 . У залежності від положення перемикача SA2 само блокується через ЛЕ4 з приходом або N_1^{-20} , або N_2 - го імпульсів. У цьому випадку перехідний процес після "відскоку" системи по часу виглядає як показано на рис. 6.

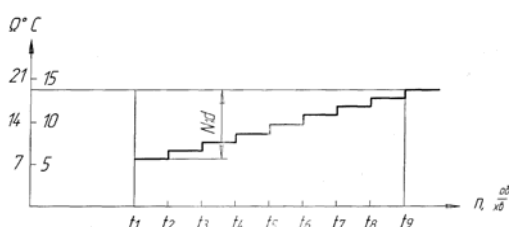


Рис. 6. Перехідний процес у системі після зникнення детонації

У момент часу t_1 системи миттєво зменшує КОЗ з 21° до 7° , а потім за 6 кроків відновлює попереднє значення кута при зникненні детонації. При $n = 3000$ об/хв. весь перехідний процес з 8 кроків складає $20 \cdot 10^{-3} \cdot 8 = 0,16$ с.

Процес формування імпульсу детонації відбувається наступним чином. На вхід ЛЕ5 подаються три види імпульсів з різною частотою та різною амплітудою: $V_{V11}(t)$ та $V_{V11}(t)$, а при натиснутій кнопці подається короткочасний імпульс детонації $V_{IX}(t)$ (див. рис. 4). Для зручності у даній схемі тривалість сигналу детонації відповідає інтервалу часу з опікуючого мультівібратора.

У кт X (див. рис. 4) має місце сума усіх трьох сигналів $V_{V11}(t)$; $V_{V11}(t)$; $V_{IX}(t)$.

На виході ПФ залишаються сигнали з $f = f_\Delta$ та різною амплітудою.

Схема амплітудної селекції розрізняє перевищення сигналу детонації над "фоном" та виконує командний імпульс $V_{X11}(t)$ для C_2 .

Список літератури

1. Опарин И.М. и др. Электронные системы зажигания. - М.: Машиностроение, 1987. - С. 149-158.
2. Микросхемы и их применение. Справочное пособие (В.А. Гатушев, В.Н. Вниаминов и др.. - изд- 2-е перераб. и доп.). М.: Радио мвязь, 1984. - С. 104-157; 169-203.
3. Горбунов В.Л., Панфилов Д.И., Преснухин Д.Л. Справочное пособие по микропроцессорам и микроЭВМ / (под ред. Л.Н. Преснухина. - М.: Высш. шк., 1988. - С. 17-77).

Рукопис подано до редакції 19.03.13

УДК 621.9.06–231

А.С. АРАЛКІН^а, канд. техн. наук, доц., С.В. ПЕРЕГУДОВ, ДП ДПІ «Кривбаспроект»

О.О. КЛИМЧУК, магістрант, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВІБРАЦІЮ СИСТЕМИ ВПІД ВЕРСТАТІВ

Наведено результати аналітичних та експериментальних досліджень з питань зниження коливань в зоні різання токарно-гвинторізного верстата мод. SV-18R. Отримано критерії подоби, що можуть бути використані для поширення отриманих результатів на інші верстати. Апробовано нову конструкцію віброізолятора та розроблено критерії оцінки його дії. Доведено ефективність роботи віброізолятора на окремих частотах.