

# АЛГОРИТМ ВИМІРУ СИГНАЛІВ КОРЕКЦІЇ ВПОРСКУВАННЯ НА ФОРСУНКАХ

Кава Б.В., ст. гр. А-41-19

Науковий консультант: Зенкін Євген Юрійович, к.т.н., доцент.

Під час проведення експерименту були відзначені наступні особливості – підтримка частоти обертання системою керування двигуна проводиться не тільки на холостому ході але й приблизно до  $1500 \text{ хв}^{-1}$ . Шість циліндрів при них поруч розташуванні й наявність масивного маховика при повністю справній паливній апаратурі однаково не можуть погасити нерівномірність, викликану роботою окремо взятого циліндра. З іншої сторони по зовнішніх ознаках – по приладах розташованим у водія – тахометр, а також діагностичному сканеру Теха ТХТ навігатор коливання частоти обертання на холостому ході при проведенні експерименту не перевищили  $\pm 3 \text{ хв}^{-1}$ . Що говорить високому рівні стабілізації холостого ходу за рахунок коректування тривалості упорскування електронною системою керування. Обмірювані ж величини тривалості керуючих сигналів на електромагнітах насосів високого тиску дійсно виявилися різними, що у свою чергу вказує на технічний стан елементів паливної апаратури тим більше що однієї з форсунок, як з'ясувалося пізніше, необхідно було замінити розпилювач.

У ході проведення експерименту так само було поставлено завдання спростити виміри тривалості керуючого імпульсу на електромагніту насос форсунки. Тобто, замість того, щоб робити виміри сили струму в ланцюзі за допомогою дорогих датчиків – робити виміри напруги на його електричних контактах. На рисунку 1.1 представлені 1 – форма сигналу сили струму керуючого імпульсу заміряна за допомогою струмової цанги й 2 – форма сигналу керуючого імпульсу по напрузі, обмірювана звичайними контактними щупами, підключеними до вимірювального каналу осцилографа на контактах керування електромагнітом. Слід зазначити, що внаслідок закону індукції – наявності інерції будь – якої електромагнітної котушки, будь – якого соленоїда, сигнал сили струму більшою мірою ближче до реальної тривалості тривалості упорскування палива й ходу голки, ніж сигнал напруги.

Керуючий сигнал по напрузі менш зручний і не завжди має однозначну форму для свого аналізу. У принципі замість сигналу струмових кліщів можливо використовувати сигнал напруги для оцінки керуючого імпульсу. Але при цьому погрішність зростає приблизно на 15 – 20 %. Справедливості заради варто відзначити, що керуючий сигнал у формі величини струму теж не зовсім відбиває реальну гідравлічну тривалість упорскування палива, але погрішність його використання замість реальної тривалості упорскування палива менш 5%. І тим більше припустиме його застосовувати, якщо мова йде про порівняльні показники, тобто коли не варто завдань визначити саме тривалість а потрібно зрівняти різницю керуючих сигналів на різних циліндрах двигуна.

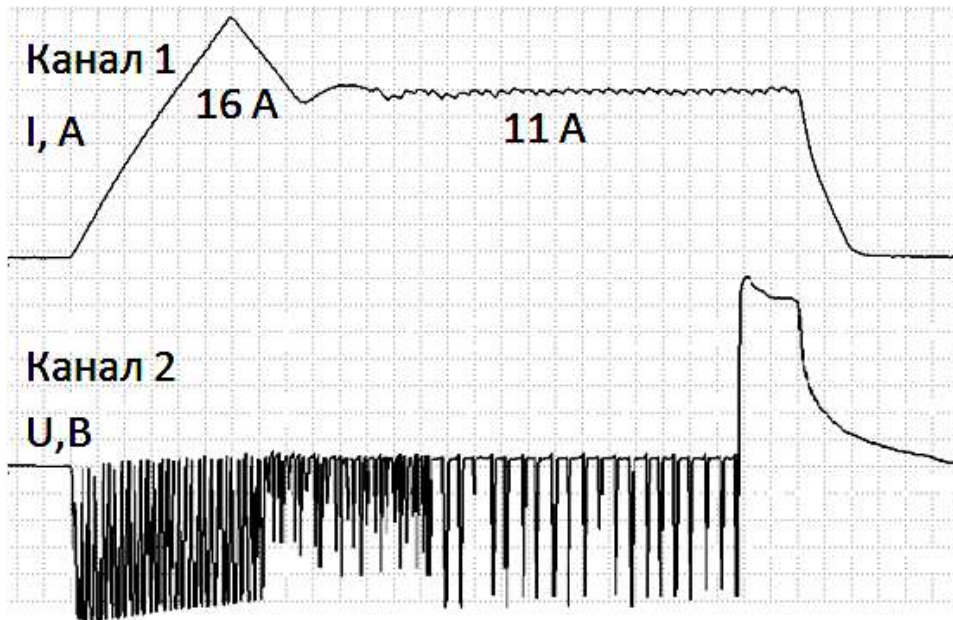


Рисунок 1.1 – Осцилограми струму й напруги керуючого сигналу

Ще одним моментом, безсумнівно, важливим при пропонованому варіанті діагностування нерівномірності роботи циліндрів, є поциклова зміна тривалості керуючого імпульсу. Тобто робочий процес навіть в одному циліндрі від циклу до циклу не є строго рівномірним або однаковим, тобто мають місце коливання потужності не тільки по окремих циліндрах, але й по робочих циклах. Зрозуміло, що якщо амплітуда циклових коливань буде досить велика в порівнянні із тривалістю керуючого імпульсу, то робити оцінку нерівномірності роботи циліндрів по різних величинах, що коректують тривалості керуючих імпульсів буде неможливо через велику погрішність. Але, як було показано вище, при рядном розташування циліндрів двигуна, великої ваги маховика, наявності додаткових механізмів гасіння крутильних коливань і паливної апаратури, виготовленої з високою точністю – циклові коливання робочого процесу в циліндрі мінімізуються від циклу до циклу. Як видно з малюнка 5.2, який зібраний на основі статистичної обробки досить великої кількості осцилограмм керуючих імпульсів, граничне значення тривалості керуючого імпульсу не перевищує  $\pm 50$  мкс.

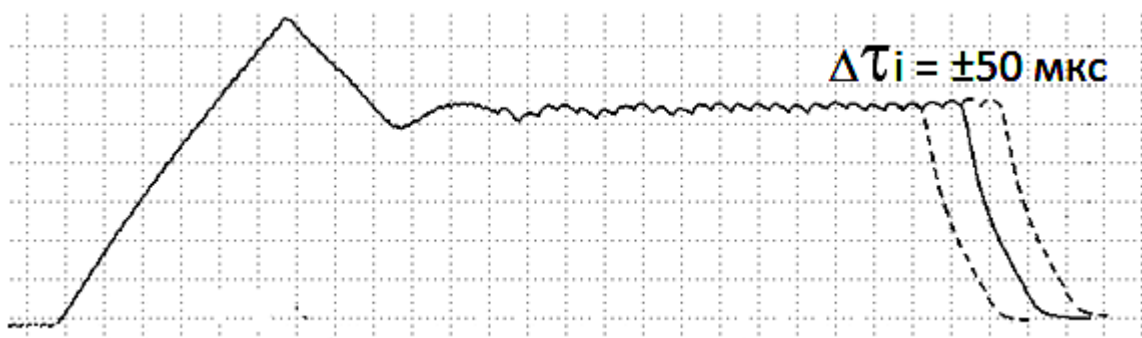


Рисунок 1.2 – Коливання тривалості упорскування в одному циліндрі від циклу до циклу

У порівнянні із загальною тривалістю керуючого імпульсу приблизно в 2000...3000 мкс величина корекції роботи циліндрів, що вводиться електронними системами керування може змінюватися від 100 до 150 мкс. Відповідно циклова нерівномірність керуючого імпульсу буде впливати на точність вимірів тільки при мінімальній величині корекції. З іншого боку – коли величина корекції мінімальна або лежить у межах допуску, закладеного виробником, не відбувається зміна паливної економічності, рівні викиду шкідливих речовин такі, що немає необхідності в більш детальному діагностуванні й наступному ремонті паливної апаратури. Тоді ж, коли величина корекції буде щодо великий, і негативні фактори роботи двигуна будуть присутні повною мірою – у цьому випадку циклова нерівномірність тривалості упорскування вже не буде вносити значної величини погрішності.



Рисунок 1.3 Автомобіль обраний для експерименту

У ході проведення експерименту були отримані й оброблені осцилограми тривалості сигналу при роботі двигуна на холостому ході. Проведені виміри в ланцюгах керування електромагнітами насос форсунки показали, що тривалості керуючих імпульсів скоректовані системою керування в такий спосіб – сама маленька тривалість становить (усереднене) 2,05 мс, сама ж більша 2,5 мс, якщо не враховувати аномально збільшену тривалість керуючого сигналу шостого циліндра 3,4 мс. Тобто можна говорити незначних припустимих корекціях, що вводяться для 1 – 5 го циліндрів і явного відхилення в роботі 6 циліндра (рис.1.4).

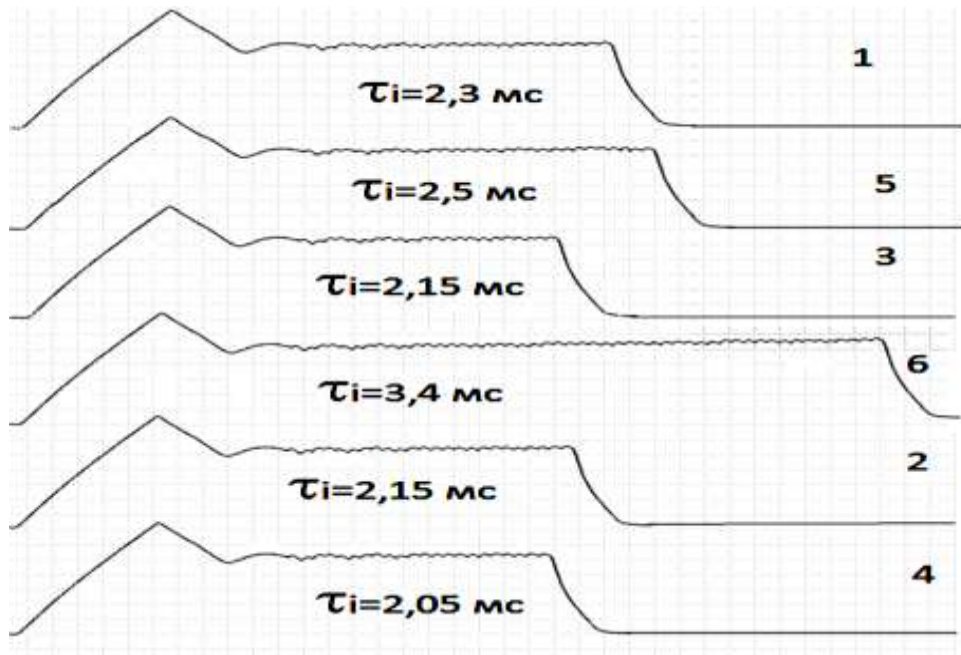


Рисунок 1.4 – Порівняння тривалостей упорскування керуючих сигналів електромагнітів насос форсунки по циліндрах двигуна

Для поділу ступеня впливу паливної апаратури технічного стану ЦПГ та ГРМ можна використовувати простий математичний метод – метод відносних величин. Як правило, діагностичний сканер Texa THT navigator після проведення своїх тестів автоматично виводить порівняння динамічної компресії в циліндрах у процентному співвідношенні тобто у відносних величинах. Аналогічно можна зробити переклад у тривалості упорскування (тривалості керуючого сигналу) у відносні величини, для їхнього порівняння. Циліндр виробляються найбільшу потужність, тобто, що має саму справну паливну апаратуру й кращий стан циліндро – поршневої групи – менше зношування буде мати саму меншу величину корекції паливоподачі. Однак при проведенні обчислень за еталон варто побрати величину пропоновану виробником у технічній документації, або ж обмірювану на новому справному двигуні. Тільки при цьому варіанті розрахунки буде зручним і правильним. Якщо ж брати середнє значення діяльності керуючих сигналів по всіх циліндрах, то в перші вона може сильно відхилитися від істини через явно не працюючій випадають циліндрів ( як наприклад шостий у нашому випадку), у другі тоді при розрахунках можуть виходити значення корекції більш 100% для деяких циліндрів що в принципі фізично неможливо. Так, що використання нормативної тривалості упорскування насос форсунки у якості опорних 100% є єдино вірним розв'язком у даній ситуації .

Розрахунки здійснюється по наступних формулах:

Коефіцієнт компенсації упорскування :

$$K_{\text{комп}} = \left( \frac{\tau_i}{\tau_{i\text{ном}}} - 1 \right) \cdot 100\%; \quad (1.1)$$

де :  $\tau_i$  – обмірювана тривалість керуючого імпульсу на електромагніт насос форсунки, мс;

$\tau_i^{ном}$  – номінальна, задана виробником тривалість керуючого імпульсу на електромагніт насос форсунки, мс;

Величина впливу технічного стану циліндропоршневої групи й величина впливу паливної апаратури можуть бути вираховані як частки від внеску в 100% потужності роботи циліндра:  $ЦПГ\_ГРМ_{\%} = 100\% - ДК_{\%}$ ; і  $ТА_{\%} = K_{комп} - ЦПГ\_ГРМ_{\%}$ ; де  $ЦПГ\_ГРМ_{\%}$  – відсоток внеску в потужність механічної частини, а  $ДК_{\%}$  – відсоток динамічної компресії,  $ТА_{\%}$  – відсоток внеску в потужність роботи паливної апаратури.

Відповідно до формули 1.1, виміром даних (рис. 1.3) і еталонним значенням керуючого імпульсу  $\tau_i^{ном} = 1,9$  мс зроблений перерахунок, результати якого представлені в таблиці :

Таблиця 1.1 – Визначення величини впливу стану паливної апаратури

№ Z	«Динамічна компресія»,%	Тривалість імпульсу, мс	Компенсація упорскування, %	Вплив ЦПГ, %	Вплив ТА, %
1	97,5	2,3	21,1	2,5%	18,6
2	98,3	2,15	13,2	1,7%	11,5
3	99,8	2,15	13,2	0,2%	13,0
4	93,6	2,05	7,9	6,4%	1,5
5	91,1	2,5	31,6	8,9%	22,7
6	96,7	3,4	78,9	3,3%	75,6

Як видно з оброблених даних найнижча компресія в п'ятому циліндрі а найвища в третьому. Однак найменша величина корекції по тривалості упорскування вводиться для четвертого циліндра, а найбільша – для шостого. Оскільки в шостому циліндрі тривалість упорскування не тільки скоректована, але й аномально більше чому в інших циліндрів при відносно не поганій компресії в циліндрі, те це дозволяє зробити вивід проблемах саме в паливній апаратурі. І, як показало подальше розбирання форсунки цього циліндра форсунка вимагала термінової заміни розпилювача. Як було сказано вище – найменша величина корекції введена для 4 – го циліндра, розрахунки показує що паливна апаратура в цьому циліндрі має гарний технічний стан а корекція, що вводиться, повністю компенсує виняткове зниження компресії в даному циліндрі.

### Література

1. Автомобільний довідник / Пер. с англ. – [2 – е изд., перераб. і доп.]. - К.: ЗАТ «КЖИ « За кермом», 2004. - 992 з
2. Губертус Гюнтер. Діагностика дизельних двигунів. Серія «автомеханік»./ Губертус Гюнтер. [пер.с ньому.] – К.: ЗАТ «КЖИ За кермом», 2004. - 176 с.