

2. Богатырев А.П. Исследование влияния энергонасыщенности на тяговую динамику и производительность трактора-бульдозера: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1975. 21 с.

3. Богатырев А.П., Вязовский А.Е., Гинзбург Ю.В. Об уровне энергонасыщенности современных промышленных тракторов / ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш. М., 1975. № 1.

УДК 621.43

G. Tsogtjargal*, B. Batmonkh

AN INVESTIGATION FOR IMPROVING POWER PERFORMANCE BY VVT EFFECT OF SPARK IGNITION ENGINE BY WAVE SIMULATION

This paper is done by simulating 2.0 DOHC engine with WAVE 7.2 program of Ricardo and identified valve timing variables for increasing the performance of the engine. The simulation results are highly agreed with WOT torque experimental data and helped to predict the tendency of performance as the valve timing change. Further, a VVT system can be used to improve fuel consumption, performance and emissions. This paper also describes the effect of VVT terms on WOT power, torque and residual gas content. WOT torque was higher when intake valves were closed early for low rpm and late for high rpm.

Key words: variable Valve Timing (VVT), Wide Open Throttle (WOT), Maximum Open Point (MOP), Air Fuel ratio (A/F).

Introduction

An internal combustion (IC) engine is the most common technology to power vehicles. The use of IC engine leads to some serious problems regarding environmental degradation and consumption of fossil energy. Fossil fuel depletion is another major global concern that affects the viability of IC engine. So we need such an engine which has high power and high efficiency as well as low exhaust characteristic in over the world. Automobile companies are making different automobile parts by using many techniques. It helps us to improve automobile performance and developments of new automobile technology. As a result it reduces research period and special technician.

First of all, we understand engine basic characteristic by engine operating performance test over all load ranges. We anticipated engines performance test by changing parameters such as VVT. We get effective simulation result by using WAVE.

Fixed valve timing system has limits on the improvement of performance, fuel efficiency and emissions over all engine operating conditions. The limits can be overcome by making valve timing variable, VVT system.

There are four types of VVT, only intake cam phasing, only exhaust cam phasing, intake and exhaust cams phasing equally, and intake and exhaust cams phasing independently.

In this paper, intake cam phasing independently system was studied to understand the effects on WOT performance by using WAVE, one-dimensional cycle simulation code of Ricardo.

Engine performance was analyzed in terms of residual gas fraction, intake manifold pressure and

pumping loss. Those can be calculated very well by means of engine cycle simulation, but combustion quality, emissions, fuel consumption can only be estimated, as long as measurements do not exist. This paper can help decide VVT strategy in the early stage of development process.

Test condition

The engine test apparatus is showed in Figure 1. The engine specification used in the model is shown in Table 1. Engine power and torque is normally measured with a dynamometer (Froude Co.). A/F and exhaust emissions measured by a gas analyzer (Hori-ba Mexa7100).

Table 1

Engine specifications

| Description | Specifications |
|-------------------|---------------------------|
| Engine type | In-line, 4 cylinder, DOHC |
| Displacement | 1975cc |
| Bore x Stroke | 82 mm x 93.5 mm |
| Compression ratio | 10.1 |
| Firing order | 1-3-4-2 |
| IVO/IVC | BTDC 9° / ABDC 43° |
| EVO/EVC | BBDC 50° / ATDC 6° |
| Max. Power | 138ps / 6000rpm |
| Max. Torque | 18.6kg·m / 4500rpm |

The test of performance we used at WOT condition. The engine was accelerated at high load from 1000 to 5000 [rpm], with steps of 500 [rpm]. For each

* - автор, с которым следует вести переписку.

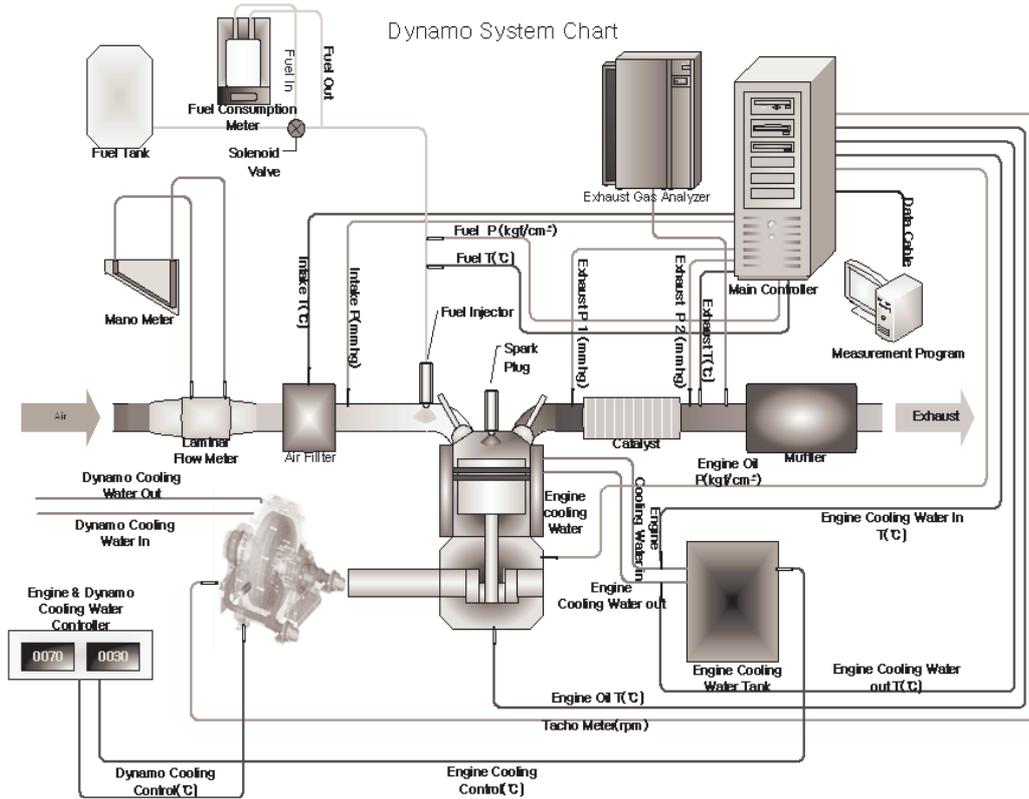


Figure 1 Experimental Apparatus

engine speed set the following reads were made: engine speed, load, fuel flow rate, intake air temperature, intake air flow, intake manifold pressure, exhaust gas pressure, exhaust gas temperature and coolant temperatures. Ambient pressure 0.097[MPa], ambient temperature is 302[K].

Simulation and Validation

Simulation

WAVE is the market-leading ISO approved, 1D engine & gas dynamics simulation software package from Ricardo Software. It is used worldwide in industry sectors including passenger car, motorcycle, truck, locomotive, motor sport, marine and power generation. WAVE enables performance simulations to be carried out based on virtually any intake, combustion and exhaust system configuration, and includes a drivetrain model to allow complete vehicle simulation.[1]

WAVE can be used to model the complete internal combustion engine. Figure 2 shows WAVE engine model. Engine simulation model was constructed from snorkel to tail-pipe. The input data of simulation are acquired through engine test. Figure 3 shows the simulation flow chart.

Validation

Simulated results were compared to the experimental data at WOT for different speeds. The experiment and simulation results of engine power, torque, BSFC, intake air pressure and intake air temperature separately shown Figure 4. The simulation results show a good agreement with engine experiment results. As can be seen, the differences between the experiment and the simulations are rather small. Therefore, one can assume that the described engine simulation model is good enough to be employed for the VVT development.

MOP of base is 464/248(IN/EX) CA. Exhaust MOP is fixed same as base, and intake MOP is changed from 444 to 471 CA. Figure 5 show the result of WAVE simulations and experiments.

When the intake MOP is small, it means intake valve closes early. As the intake valve closes early, volumetric efficiency increases at low and middle engine speed. Because the inlet valve closes after the start part of the compression stroke, a reverse flow of fresh charge from the cylinder back into the intake can occur as the cylinder pressure rises due to piston motion toward top dead center.

When the intake MOP is large, it means intake valve closes late. As the intake valve closes late, volumetric efficiency increases at high engine speed.

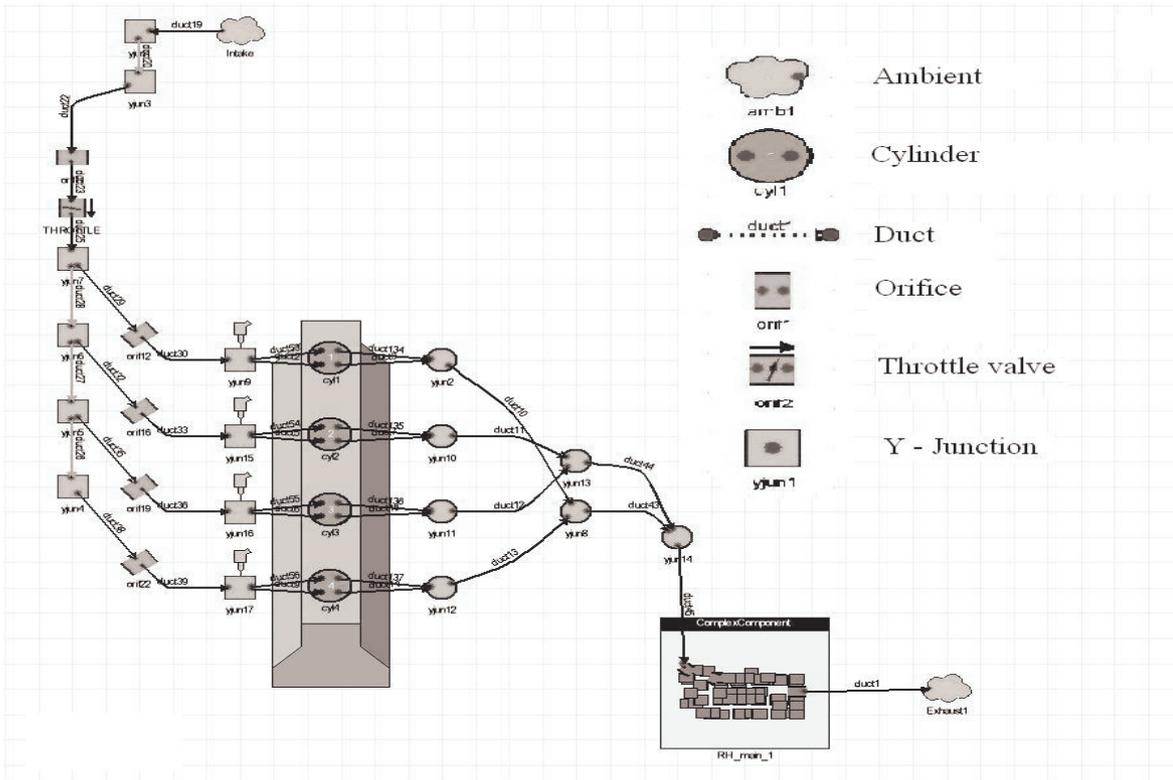


Figure 2 WAVE engine model

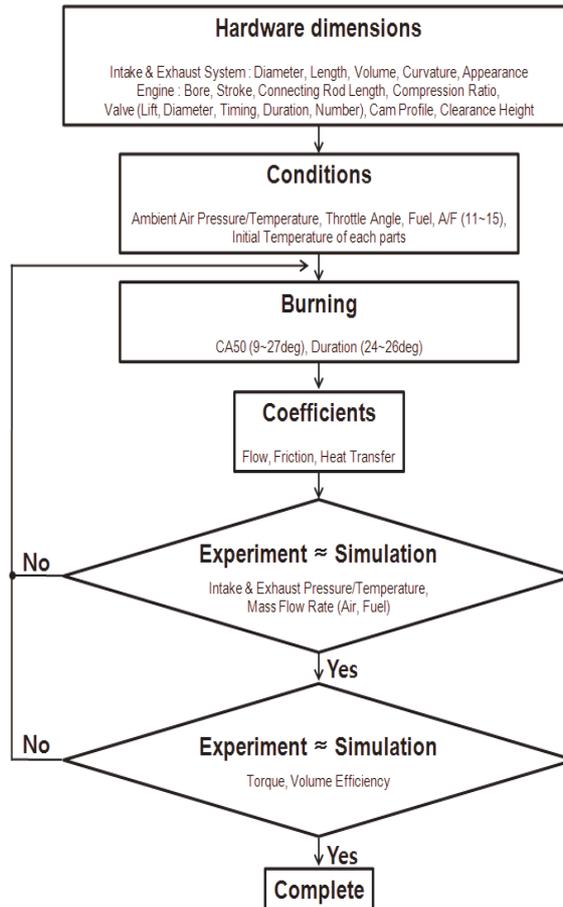


Figure 3 Flow Chart of WAVE simulation

The inertia of the gas in the intake system as the intake valve is closing increases the pressure in the port and continues the charging process as the piston slows down around bottom dead center and starts the compression stroke. This effect becomes progressively greater as engine speed is increased. By late exhaust valve closing, more advantage of the inertia can be taken at high engine speed [4,3].

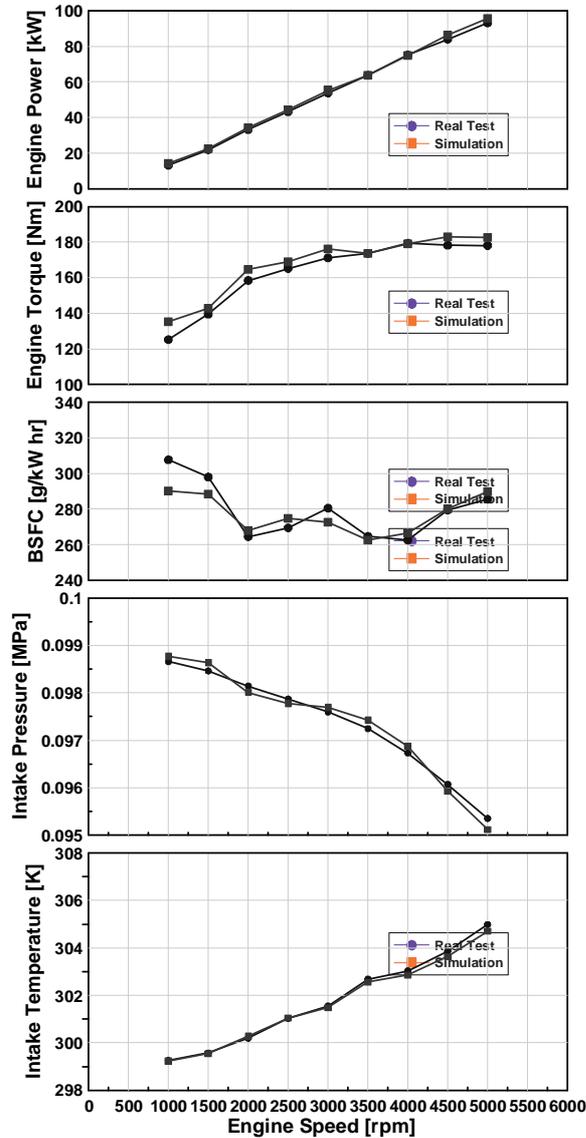


Figure 4 Comparison experiment with engine simulation results VVT simulation

Conclusion

This paper helped to understand the advantage VVT system, relationship VVT system and engine performance.

Simulation was performed with intake cam timing sweep and fixed exhaust cam timing same as base. Although the points of rpm that reverse torque were not perfectly consistent with experimental results, overall tendency of torque changes was an acceptable level. The results showed that small MOP is better for

the performance of low engine speed. In contrast, large MOP is better for high engine speed.

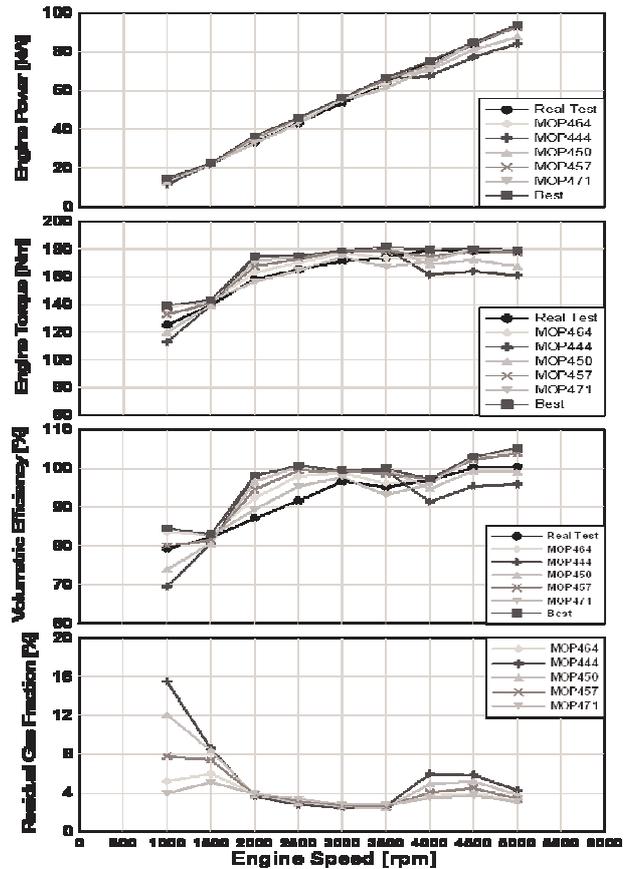


Figure 5 Simulation results under VVT Effects

Simulation results with VVT showed 6% volumetric efficiency increase at 2000 rpm, power increase 7% at 2000 rpm, residual gas fraction 24% improvement at 1000 rpm compared with base.

Available MOP points will be limited by combustion stability, and simulation results can be used in the first stage of VVT system development prior to experiments.

Nomenclature

- VVT : Variable Valve timing
- DOHC : Double Over Head Camshaft
- SI : Spark Ignition
- WOT : Wide Open Throttle
- MOP : Maximum Open Point
- RPM : Revolutions Per Minute
- BSFC: Brake Specific Fuel Consumption
- IN: Intake Valve
- EX: Exhaust Valve
- CA: Crank Angle

References

1. Ricardo Software User Manuals and Tutorials, Version 7.2, 2006
2. GhoongSik Kim, Byoungkuen Oh, "Performance Simulation of an In-line 6 Engine Considering

VVT Strategy Using WAVE, "The 13th International Pacific Conference on Automotive Engineering., pp.38~43

3. Pulkrabek, W. W., 2005, "Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine," Prentice Hall.

4. Heywood, J. B., 1988, "Internal Combustion Engine Fundamentals," McGraw-HILL.

УДК 62-82:62-85

С.В. Каверзин, А.А. Михайлов*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕГАЗАЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО МАСЛА С УЧЕТОМ ЕГО ВИБРАЦИИ

Исследование влияния виброскорости гидробака на скорость всплытия пузырька воздуха и получение функциональной зависимости между ними

Ключевые слова: гидропривод, гидравлическое масло, дегазация, вибрация, виброскорость, пузырек воздуха.

Эксплуатация грузоподъемных машин, не имеющих средств дегазации рабочей жидкости гидропривода, приводит к ухудшению динамических характеристик [3] исполнительного механизма, к основной из которых отнесена скорость движения поршня гидроцилиндра. Вместе с тем применение устройств дегазации в настоящее время, вероятно, недостаточно эффективно, так как они не учитывают вибраций гидрофицированной машины, всегда присутствующих во время ее эксплуатации. Исследований, отражающих степень влияния вибрации на процесс дегазации рабочей жидкости, не обнаружено [1, 2, 4, 5], что и определило актуальность этой работы.

Целью исследования является изучение процесса дегазации гидравлического масла с учетом вибрации. В качестве основной целевой функции, описывающей процесс дегазации и влияющей на скорость движения поршня гидроцилиндра, принята скорость всплытия пузырьков воздуха. К основным факторам, влияющим на основную целевую функцию, отнесены: диаметр пузырька, вязкость и температура гидравлического масла, виброскорость гидробака.

Виброскорость гидробака как один из важнейших показателей вибрации, согласно испытанию, проведенному на лесозаготовительной машине ЛП-18К2, изменяется в пределах от 5 до 17 мм/с. Кинематическая вязкость рабочей жидкости изменялась от $12 \cdot 10^{-6}$ м²/с до $54 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Температура гидравлического масла варьировалась от 3 °С до 20 °С. Диаметр пузырька условно был выбран $65 \cdot 10^{-4}$ м. Тепловая конвекция гидравлического масла не учитывалась. Экспериментальные исследования проводились в лабораторном помещении с учетом общих принципов теории инженерного эксперимента, при постоянной температуре окружающего воздуха, без попадания на ус-

тановку прямых солнечных лучей.

На рис. 1 представлена схема стенда, который включает в себя стеклянную трубку 1, тяги 2, электродвигатель 3 со смещенным центром тяжести, иглу 4, пневмонасос 5 ручного типа, датчик 6 для измерения виброскорости, виброметр 7. Стеклянная трубка 1 представляет собой гидробак с прозрачными стенками для визуального контроля хода эксперимента, наполненный гидравлическим маслом МГ-15В (ГОСТ 17479.3-89).

Погрешности приборов, использованных в экспериментальных исследованиях, имеют следующие значения: термометр ТЛ-2 ± 1 °С, вискозиметр капиллярного типа ВПЖ-2 $\pm 0,2$ мм/с, измеритель виброколебаний «ИНК-2.4» – виброскорость $\pm 0,1$ мм/с, время всплытия пузырька $\pm 0,04$ с, высота всплытия пузырька $\pm 0,5$ мм.

При включении источника колебаний 3, создается вибрация, которая передается гидравлическому маслу, находящемуся в стеклянной трубке 1. При включении источника 3 возникает вибрация, а тяги 2 передают ее стеклянной трубе 1 в одном направлении. Вибрация от стенок стеклянной трубы 1 передается маслу МГ-15В, в которое через иглу 4 посредством ручного пневмонасоса 5 вводится пузырек воздуха. Величина виброскорости варьировалась путем изменения электрического тока, поступающего на электродвигатель 3. Для изменения электрического тока использовались латер.

Показания приборов фиксировались визуально, а всплытие пузырька снималось на видеокамеру со скоростью съемки 25 кадров в секунду и разрешением 720 на 576 пикселей, затем записывалось на магнитный носитель и обрабатывалось на ЭВМ с целью определения времени всплытия и диаметра пузырька. Перед проведением эксперимента для жидкости, используемой в стенде, при

* - автор, с которым следует вести переписку.