

CAPABILITIES OF SOFTWARE PRODUCTS IN MODELING REAL ENGINE PROCESSES⁹

M. Eng. Ivaylo Nikolaev Borisov, PhD student

Department of Engines and Vehicles,
University of Ruse "Angel Kanchev"
Tel.: +359 888 469 868
E-mail: iborisov@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Simeon Iliev, PhD

Department of Engines and Vehicles,
University of Ruse "Angel Kanchev"
Tel: +359 82 888 331
E-mail: spi@uni-ruse.bg

Abstract: *The paper reviews existing commercial engine simulation software packages used to generate an estimation of the combustion and gas flow parameters occurring inside the engine's cylinder. Based on these estimations further advanced research is done on fluid flow, heat transfer and the geometry of the engine. In recent years the automotive industry has been investing a lot of effort and resources into improving engine performance and fuel consumption while reducing the pollutant emissions that the engine produces. Various packages have been developed over the years, all similar in purpose and functionality. Detailed input parameters are required to simulate the processes in the engine.*

Keywords: *ICE simulation software, CFD,*

ВЪВЕДЕНИЕ

Инженерите в автомобилната индустрия, в последни години, са изправени пред задачата, да намалят разхода на гориво и да подобрят техническите параметри на двигателите, като в същото време намалят вредните емисии (KinYip at all 2013). Поради тази причина, доста често се получава така, че изискванията които трябва да се наложат си противоречат едно на друго, което прави решаването на проблема много трудно. Всички съвременни превозни средства, разполагат с множество преобразователи, които отчитат в реално време параметрите на работния процес (температура на въздуха, положението на дроселовата клапа). Въз основа на получената информация, компютъра управляващ двигателя, прави съответните промени в параметрите, като по този начин се гарантира максимално добри резултати.

За разработването на програмата управляваща процесите се използват симулации. Симулациите се оказват добър инструмент за описването и подобряването на основните процеси протичащи в двигателите, позволяващи намаляване на разходите по разработването и даващи необходимата гъвкавост на процеса при решаване на задачата (Iliev, S. 2021). Съществуват редица разработени софтуерни продукти, които помагат при решаването на този инженерен въпрос. Основните 4 софтуера са: Ricardo Wave, Lotus Engine Simulation, AVL Fire и GT-Power. Тези програми имат сходна функционалност и изискват детайлна информация при въвеждането на параметрите.

⁹ Докладът е представен на студентската научна сесия на 29 Октомври 2021 в секция Транспорт и машинознание с оригинално заглавие на български език: ВЪЗМОЖНОСТИ НА СОФТУЕРНИ ПРОДУКТИ ЗА МОДЕЛИРАНЕ ПРОЦЕСИ В ДВИГАТЕЛИ С ВЪТРЕШНО ГОРЕНЕ.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Lotus Engine Simulation (Lotus Group plc, 2011). пакета разполага с два модула за решаване на задачата, единия е модул за въвеждане на информацията относно двигателя, а втория е модула за самото изпълнение на решението. Решението се извършва като се използват различни уравнения за решаването на проблеми свързани със самия процес на горене, както и уравнения относно термодинамиката на процеса и уравнения за отношението гориво/въздух, за което необходимата информация се въвежда в информационния модул.

Ricardo Wave (Ricardo software 2014) е програма разработена за симулирането и анализирането на пулсации на налягането, масовия поток на въздуха, енергийни загуби в пълнителния и изпускателния колектори. Софтуера разполага със модул който симулира термодинамиката на процеса, динамиката на флуидите в зависимост от времето.

За създаването на мрежа на движещите се части на двигателя AVL FIRE предлага необходимия набор от инструменти и методи, приложими за всички двигатели с принудително възпламеняване и за двигатели със самовъзпламеняване. Този модул е способен да изчислява смесването при турбулентни потоци в различни фази на изпарение на горивото, при постоянно променящи се изчислителни мрежи (сгъстяване/разширяване), както и интерактивно изнесени крайни резултати (Piev, S. 2014).

GT Power е софтуер за симулации на основните параметри на двигателите, като мощност, въртящ момент, разход на гориво, коефициент на пълнене, загуби при пълнене на цилиндрите, характеристики на работа на газовата турбина, ако двигателя разполага с такава и др. Софтуера разполага с физични модели за симулиране на образуването на вредните емисии, акустични характеристики на пълнителния и изпускателен колектори, температура на пълнителния и изпускателни колектори.

Променливи параметри в двигателите.

По време на процеса сгъстяване, температурата и налягането на горивовъздушната смес се повишават значително. Бордовият компютър контролира тези процеси като, променя количеството на постъпващия въздух, количеството впръскано гориво, количеството на рециркулирания газ, времето за впръскане на горивото и др.

Работни параметри на двигателите – работата на двигателите зависи от геометричните и термодинамични параметри на самия двигател. Обема на горивната камера се изчислява в зависимост от размерите на цилиндъра. Диаметърът на цилиндъра е фиксиран, но в зависимост от завъртането на колянвия вал, движението на буталото променя обема на горивната камера. Движението на буталото се използва също и при изчисляването на разпространението на топлината, енергийни загуби при триене и др.

Избягване на самовъзпламеняване и детонация – samozапалването е налице тогава когато гориво-въздушната смес достигне температура на samozапалване. Запалителната свещ подава искра и в горивната камера се образуват два пламъка. Като по този начин ефектът от резултантната сила намалява значително, а и могат да настъпят механични повреди по самия двигател. Различните горива имат различни температури на samozапалване (Heywood J. 1988). Съществуват алгоритми които в реално време следят за параметрите на горенето и правят необходимите промени за да се избегнат тези нежелани реакции. Програмните продукти, като Ricardo, AVL и GT Suite разполагат с такива симулационни модули, които позволяват да се следи за наличието на детонация в цилиндъра на двигателя в зависимост от използваното гориво .

Дължина и обем на пълнителния колектор – геометрията на пълнителния колектор пряко влияе на потока на гориво-въздушната смес и по-точно на завихрянията (турбуленцията) при постъпването и във цилиндъра, като по този начин повлиява налягането и скоростта на горене на сместта.

Възпламеняване на горивото – подаването на искра се контролира от бордовия компютър, като по този начин се гарантира гъвкавост на работата на двигателя в различни степени на натоварване. Максималното налягане при процес на разширяване възниква около 10 до 40 градуса след ГМТ в зависимост от скоростта на въртене и натоварването на двигателя. Времето необходимо за протичане на пълно горене е сравнително голямо, следователно подаването на искра започва преди ГМТ. Правилното време за подаване на искра е от критично значение за получаване на максимална мощност както и за избягване на детонация. Ако подаването на искрата започне по-рано, е възможна появата на детонация, и обратно, ако подаването на искрата се забави, получената мощност намалява и икономичността се влошава. Оптималното време за подаване на искрата зависи от скоростта на въртене и натоварването на двигателя.

Време за отваряне на клапаните и ход на клапаните – времето през което клапаните остават отворени определя количеството на гориво-въздушната смес която постъпва (всмукателни клапани) в цилиндъра или количеството на отработилите газове напускащи цилиндъра (изпускателни клапани). Времето през което клапаните са отворени също определя налягането и температурата в цилиндъра по време на процеса на горене (Walter B., Pascaud P., and Gatellier B. 2008).

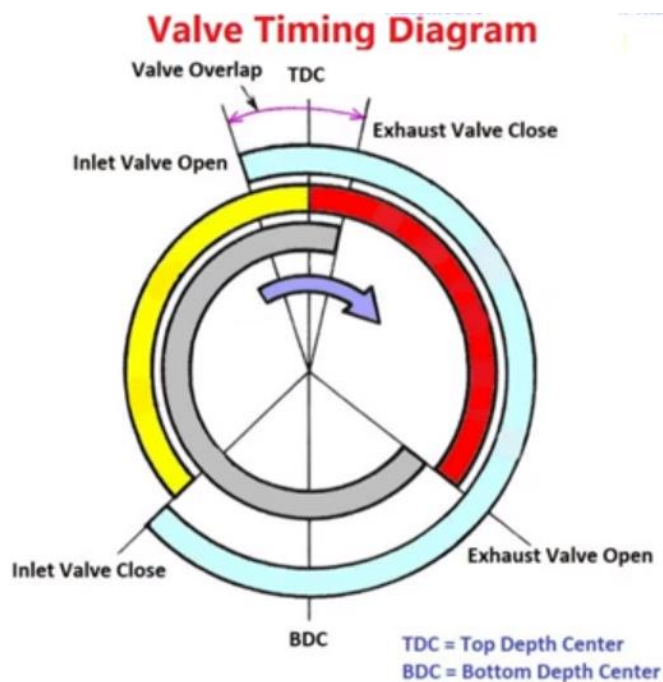
Отдавна е известно на автомобилните инженери, че параметрите на двигателите се променят в зависимост от честотата на въртене и натоварването. Някой съвременни двигатели разполагат със системи за промяна на хода на клапана които променят времето за отваряне и затваряне на клапаните в зависимост от режима на работа на двигателя.

Ефект върху степента на сгъстяване използвайки системи за промяна на хода на клапана – отварянето на всмукателния клапан влияе директно върху степента на сгъстяване, именно поради тази причина, двигателя се конструира така, че времето за отваряне на всмукателния клапан да гарантира оптималната максимална степен на сгъстяване. Количеството на гориво-въздушната смес постъпила в цилиндъра зависи от повдигането на клапана и времето за което той остава отворен.

Препокриване на клапаните – препокриване на клапаните се получава когато и двата клапана са са отворени по едно и също време (Фиг. 1). Обикновено това се получава когато буталото достигне ГМТ при процеса изпускане и след като буталото премине ГМТ при процеса пълнене. Използването на системи за промяна на хода на клапана при различна честота на въртене подобрява въртящия момент. Когато честотата на въртене е по-голяма е необходимо повече въздух за процеса на горене, от което следва, че времето за което всмукателния клапан остава отворен трябва да се увеличи. Изпускателния клапан се затваря преди буталото да достигне ГМТ, а всмукателния клапан се отваря след като буталото премине ГМТ. Когато всмукателния клапан се отвори, останалото количество обработен газ нагрява постъпилата прясна гориво-въздушна смес.

Рециркулиране на отработили газове – този метод се позовава на идеята, че подаването на порция от отработилите газове обратно към цилиндъра, подобрява контрола на температурата и налягането на прясната гориво-въздушна смес. За целта, изпускателния колектор се свързва с пълнителния тръбопровод преди дроселната клапа. Отработения газ се смесва със свеж въздух, покачвайки температурата на свежия въздух. Количеството на отработилия газ се контролира от бордовия компютър. Опитите показват, че при ниски честоти, този метод дава добри резултати, но при високи честоти ефекта намалява или напълно изчезва. Друга ползва от подаването на отработени газове обратно към цилиндъра е подобряването на мощността, разхода на гориво и не на последно място подобряване на вредните емисии, и по-конкретно NOx.

Степен на сгъстяване – степента на сгъстяване при двигателите с принудително възпламеняване варира в границите 8-12, докато при дизеловите двигатели 12-24. Степента на сгъстяване е лимитирана до, якостта на използваните материали и спонтанна детонация на сместа.



Фигура 1. Препокриване на клапаните

ИЗВОДИ

Програмните продукти за симулации се базират на процес чрез който се моделира реален феномен, като за целта се използват закони и формули. Всеки феномен който може да се представи чрез математически модел може да бъде симулиран. Симулирането на такъв проблем е сложна задача, поради факта, че той зависи от безброй променливи. Този проблем може да се реши като се изберат кои са най-важните променливи и да се реши симулацията спрямо тях.

Работата по доклада е осъществена с подкрепата на проект ФНИ 2020-РУ-03 “Изследване възможностите за оптимизиране разхода на енергия на електромобил от клас прототипи за състезанието Shell Eco-marathon”

REFERENCES

KinYip C., Andrzej O., Konstantin V., Olga D., (2013). *Comparison of engine simulation software for development of control systems*. Hindawi Publishing Corporation modelling and simulation in engineering volume 2013, article ID 401643.

Пиев, S. (2021). *A Comparison of Ethanol, Methanol, and Butanol Blending with Gasoline and Its Effect on Engine Performance and Emissions Using Engine Simulation*. Processes, 9, 1322.

Lotus Group plc, (2011). *Lotus Engineering Software user menu*.

Ricardo software (2014). *WAVE user’s manual*. Version 10.0. Ricardo Inc,

J. B. Heywood (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill, New York, NY, USA

Walter B., Pacaud P., and Gatellier B. (2008) *Variable valve actuation systems for homogeneous diesel combustion: how interesting are they?*, Oil and Gas Science and Technology, vol. 63, no. 4, pp. 517–534,

Пиев, S. (2014) *Developing of a 1-D Combustion Model and Study of Engine Characteristics Using Ethanol- Gasoline Blends*, World Congress on Engineering 2014, vol. II, pp. 0-5,