

รายการอ้างอิง

1. Heywood, J. B., Internal Combustion Engine Fundamentals, Singapore : McGraw-Hill, 1988.
2. Rosseel, E. and Sierens, R., The Physical and the Chemical Part of the Ignition Delay in Diesel Engines. SAE paper 961123 (1996).
3. Lyn, W. T. Study of Burning Rate and Nature of Combustion in Diesel Engine. IX Symposium (International) on Combustion (1962): 1069-1080.
4. Bowden, C. M., Samaga, B. S. and Lyn, W. T., Rate of Heat Release in High-Speed Indirect Injection Diesel Engines. Proceedings I. Mech. E. Vol.184 Part 3J (April 1970): 122-129.
5. Longbao, Z., Shouxin, S., Zhiyu, H., Bin, X., Yuyin, C. and Jiaolin, D., Evaluation and Study on the Heat Release Rate of Swirl Chamber Diesel Engine. SAE paper 911786 (1991).
6. Li, J., Zhou, L., Pan, K., Jiang, D. and Chae, J., Evaluation of the Thermodynamic Process of Indirect Injection Diesel Engines by the First and Second Law. SAE paper 952055 (1995).
7. Stone, R., Introduction to Internal Combustion Engines. 3rd ed. Great Britain: Society of Automotive Engineers, 1999.
8. Kumar, S., Diagnosis of Seed Oils Combustion in a Diesel Engine. Doctoral Dissertation University of Melbourne, 1986.
9. Hiroyasu, H. and Arai, M., Structures of Fuel Sprays in Diesel Engines. SAE paper 900475 (1990).
10. Tani, Y., Saito, A., and Yamada, M., Visualization of the Evaporating Process of Fuel Spray in the Cylinder of a Diesel Engine. JSME International Journal Series II 32, 4 (1989): 673-677.
11. Azetsu, A., Dodo, S., Someya, T., and Oikawa, C., A Study on the Structure of Diesel Spray (2-D Visualization of the Non-Evaporating Spray). International Symposium COMODIA 90 (1990): 199-204.
12. Ishiyama, T., Miwa, K., and Horikoshi, O., A Study on Ignition Process of Diesel Sprays. International Symposium COMODIA 94 (1991): 337-342.

13. Ishiyama, T., Miwa, K., and Horikoshi, O., A Study on Ignition Process of Diesel Sprays. International Symposium COMODIA 94 (1991): 337-342. Cited in Ishiyama, T., et al. Observation of Microscopic Structure of Diesel Sprays with a Nano-Spark Light Source. Trans of JSME 60-570, B (1994): 715-721.
14. Dec, J. E., A Conceptual Model of DI Diesel Combustion Based on Laser-Sheet Imaging. SAE paper 970873 (1997).
15. Larsson, A., Optical Studies in a DI Diesel Engine. SAE paper 1999-01-3650 (1999). Cited in Ricart, L. M., Xin, J., Bower, G. R., and Reitz, R. D. In-Cylinder Measurement and Modeling of Liquid Fuel Spray Penetration in a Heavy-Duty Diesel Engine. SAE paper 971591 (1997).
16. Larsson, A., Optical Studies in a DI Diesel Engine. SAE paper 1999-01-3650 (1999). Cited in Black, B., Hentschel, W., and Ertmer, W. Temperatur und Rußkonzentrationsmessungen im direkt-einspritzenden Dieselmotor, Optisches Indizieren in der Motorenentwicklung-wo liegt der praktische Nutzen?. Haus der Technik, Essen (1998, October).
17. Larsson, A., Optical Studies in a DI Diesel Engine. SAE paper 1999-01-3650 (1999)
18. Larsson, A., Optical Studies in a DI Diesel Engine. SAE paper 1999-01-3650 (1999). Cited in Winklhofer, E. Diesel Combustion – a Hierarchy of Simple Effect. ERCOFTAC Bulletin 38 (1998).
19. Zhang, L., Minami, T., Takatsuki, T., and Yokota, K., An Analysis of the Combustion of a DI Diesel Engine by Photograph Processing. SAE paper 930594 (1993) : 734-742.
20. Shioji, M., et al. An Analysis of Diesel Engine Flame by Picture Processing. JSME Int. Journal Series 2 32,3 (1989).
21. Yamaguchi, I., et al. An Analysis of High Speed Combustion Photographs for DI Diesel Engine with High Pressure Fuel Injection. SAE paper_901577 (1990).
22. Chang, Y. J., Kobayashi, H., Matsuzawa, K., and Kamimoto, T., A Photographic Study of Soot Formation and Combustion in a Diesel Flame with a Rapid Compression Machine. [Online]. Available from : http://www.herc.musashi-tech.ac.jp/shudo/esd/Data/001/C85_P149.pdf (1980)

23. Aoyagi, Y., Kamimoto, T., Matsui, Y., and Matsuoka, S. A Gas Sampling Study on the Formation Processes of Soot and NO in a DI Diesel Engine. SAE paper 800254 (1980).
24. Matsui, Y., Kamimoto, T., and Matsuoka, S. Formation and Oxidation Processes of Soot Particulates in a DI Diesel Engine – An Experimental Study via the Two-Color Method. SAE paper_820464 (1982).
25. Kamimoto, T., Matsuoka, S., and Miyairi, Y. Soot Oxidation Rate in the Flame in a DI Diesel Engine. ImechE C103/82 (1982) : 259.
26. Rothrock, A. M., the N. A. C. A. Apparatus for Studying the Formation and Combustion of Fuel Sprays and the Results from Preliminary Tests. N. A. C. A. report 429 (1931).
27. Fujimoto, H., Oura, S., Morinaga, S., Hashimoto, Y., Yamashita, T., and Senda, J. Combustion Phenomena in IDI Diesel Engine Detected by Optical Methods. SAE paper 1999-01-3652 (1999): 1-9.
28. Hampsom, G. J., and Reitz, R. D., Two-Color Imaging of In-Cylinder Soot Concentration and Temperature in a Heavy-Duty DI Diesel Engine with Comparison to Multidimensional Modeling for Single and Split Injections. SAE paper 980524 (February 1998) : 3-4.
29. AVL List GmbH, AVL Visioscope TV Operating Manual. Austria: AVL LIST GMBH, 2001.
30. Zhao, H., and Ladammatos N., Engine Combustion Instrumentation and Diagnostics, United States of America: Society of Automotive Engineers, 2001.
31. Sher, E. Handbook of air pollution from internal combustion engines – Pollutant formation and control. United States of America: Academic Press, 1998.
32. Moore, C. S. and Collins, J. H., Jr., Prechamber Compression Ignition Engine Performance. N. A. C. A. report 577 (1936).
33. Ito, Y., Senda, J., Fujimoto, H. and Terada, K., Effect of Flame Discharge through a Passageway on Rate of Heat Release in IDI Engine. [Online]. Available from: http://www.herc.musashi-tech.ac.jp/shudo/esd/Data/001/C85_P467.pdf

34. Fujimoto, H., Kimura, N., Ogawa, T., Kubota, H. and Senda, J., Characteristics of Combustion in an IDI Diesel Engine with a Swirl Chamber Made of Ceramics. SAE paper 920696 (1992).
35. Hotta, Y., Nakakita, K., Inayoshi, M., Ogawa, T., Sato, T. and Yamada, M., Combustion Improvement for Reducing Exhaust Emission in IDI Diesel Engine. SAE paper 980503 (1998).
36. Senda, J., Yamashita, T., Fujimoto, H., Oura, S., and Hashimoto, Y. Combustion Phenomena in IDI Diesel Engine Detected by Optical Methods. SAE paper 1999-01-3652 (1999).
37. คณิต วัฒนวิเชียร, A Comparative Analysis of Engine 's Combustion and Performance of an OEM IDI Diesel engine fuelled with diesohol and diesel fuel.
ในรายงานการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18, 18-20 ตุลาคม 2547. ณ จังหวัดขอนแก่น.
38. Wattanavichien K.,Singh P. and Dhanabordeepat P., Combustion Phenomena of Diesohol in IDI engine. Proceedings of the International Conference on Fluid and Thermal Energy Conservation 2003. December 7-11, 2003. Bali, Indonesia.
39. คณิต วัฒนวิเชียร และ เทอดศักดิ์ ชัยสุริยะพันธ์, Performance Deterioration and Durability of High speed IDI Engine with CPO Diesel.
ในรายงานการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18, 18-20 ตุลาคม 2547. ณ จังหวัดขอนแก่น.
40. J.Lyranen , J.Jokiniemi , E. Kauppinen , J.Joutsensaari และ A. Auvinen,Particle Formation in medium speed diesel engines operating with heavy fuel oils.J.Aerasol Sci. Vol 29 Suppl.I,pp-s1003-s1004,(1998)
41. J. Lyranen, J. Jokiniemi, E. Kurkela, A. Auvinen and E. Norrmen,Particle Formation in medium speed diesel engines:THE EFFECT OF FUEL OIL ADDITIVE, J.Aerasol Sci. Vol 28 Suppl.I,pp-s47-s48,(1997)
42. คณิต วัฒนวิเชียร และสุวัช คำแปด, ผลของการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.
43. บริษัท ระยองเพียวริฟายเออร์ จำกัด(มหาชน),TESTING REPORT OF DIESEL
Doc.No:FM-OTS-009

44. บริษัท ระยองเพียวรีฟายเออร์ จำกัด(มหาชน), TESTING REPORT OF LSWR;IK(30:70)
Doc.No:FM-TDS-009
45. บริษัท ระยองเพียวรีฟายเออร์ จำกัด(มหาชน), TESTING REPORT OF FUEL OIL
Doc.No:FM-OTS-009
46. บริษัท ระยองเพียวรีฟายเออร์ จำกัด(มหาชน), TESTING REPORT OF IK
Doc.No:FM-OTS-009
47. ISO 3046 Internal Combustion Engines – Performance
Part 1 - Engines for land, rail-traction and marine use - Standard reference conditions and declamations of power, fuel consumption and lubricating oil consumption.
48. British Standard. BS 1042. Measurement of Fluid Flow in Closed Conduits. Section 1.1, Specification for Square-edged Orifice plates, Nozzles and Venturi Tubes inserted in Circular cross-section; Conduits running full. 2nd ed. BIS standard, 1992.

บรรณานุกรม

1. พิสุทธิ ธนบดีภัทร์., การศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้ดีเซลฮอลล์ต่อการเผาไหม้และสมรรถนะของเครื่องยนต์ CI. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
2. พรรณรพี ชิงห์., การศึกษาเปรียบเทียบภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ของดีเซลฮอลล์ในเครื่องยนต์ CI. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
3. R.P.Hessel and R.D.Reitz, Diesel Engine Injection Rate-Shape Optimization Using Genetic Algorithms and Multi-Dimensional Modeling for a Range of Operating Modes. Engine Research Center, Department of Mechanical Engineering University of Wisconsin-Madison, USA.
4. Yoshio Y., Kenji A., Masataka A. and Shigeyuki T., Fuel Property Effect on Ignition Behavior of Single and Two-stage Injection Diesel Sprays. The 15th Internal Combustion Engine Symposium(International) Seoul, Korea. July 13-16 1999.
5. O. M. I. Nwafor, G. Rice and A. I. Ogbonna, Effect of advanced injection timing on the performance of rapeseed oil in diesel engines. Renewable Energy Journal 21 (2000): 433-444.
6. Sher, E. Handbook of air pollution from internal combustion engines pollutant formation and control. The United States of America: Academic press ltd, 1998.
7. วิรุทธิ์ เกื้อกิตติวงศ์., การพัฒนาเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดชนิดห้องเผาไหม้ล่องหน้าให้เป็นอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับสังเกตการณ์ การเผาไหม้แบบอัดตัวของละอองฝอย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547
8. สุพิชญ์ ไตรภพภูมิ., การวิเคราะห์เปรียบเทียบการเผาไหม้และสมรรถนะของเชื้อเพลิงปาล์มดิบดีเซลและเชื้อเพลิงดีเซล ในเครื่องยนต์ดีเซลชนิดห้องเผาไหม้ล่องหน้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

มาตรฐาน ISO 3046 ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบเครื่องยนต์

มาตรฐาน ISO 3046 ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบเครื่องยนต์ [47]

International Combustion Engines - Performance

Part 1 - Engines for land, rail-traction and marine use - Standard reference conditions and declamations of power, fuel consumption and lubricating oil consumption

ก.1 Scope

This report of ISO 3046 specifies the standard reference conditions and the methods of declaring of power, fuel consumption and lubricating oil consumption for reciprocating internal combustion engines using liquid or gaseous for particular engine applications.

ก.2 Field of application

This part of ISO 3046 covers reciprocating internal combustion engines for land, rail-traction and marine use, excluding engines to propel agricultural tractors, road vehicles and aircraft.

This part of ISO 3046 may be applied to engines used to proper road construction and earth-moving machines, industrial trucks and for other applications where no suitable International Standard for these engines exist.

ก.3 References

ISO1000, SI units and recommendation for the use of their multiples and of certain other units.

ISO 1204, Reciprocating internal combustion engines - Designation of the direction of rotation.

ISO 1205, Reciprocating internal combustion engines - Designation of the direction of cylinders.

ISO 1585, Road vehicles - Engine test code - Net power.

ISO 2534, Road vehicles - Engine test code - Gross power.

ISO 2710, Reciprocating internal combustion engines - General definitions.

ISO 3046/2, Reciprocating internal combustion engines - Performance - Part 2 : Engine tests.

ISO 3046/4, Reciprocating internal combustion engines - Performance - Part 4 : Speed governing.

ISO 3046/6, Reciprocating internal combustion engines - Performance - Part 6 :

Overspeed protection

n.4 Units and terms

n.4.1 The units used are those of the International System of Units (SI Unit) described in ISO 1000.

n.4.2 The general engine terms used are as defined in ISO 2710.

n.5 Standard reference conditions

For the purpose of determining the power and fuel consumption of engines, the following standard reference conditions shall be used :

Total barometric pressure :

$$P_r = 100 \text{ kPa}$$

Air temperature :

$$T_r = 300 \text{ K (27 } ^\circ\text{C)}$$

Relative humidity :

$$\phi_r = 60 \%$$

Charge air coolant temperature :

$$T_{cr} = 300 \text{ K (27 } ^\circ\text{C)}$$

If other reference conditions are chosen, these shall be stated.

NOTES

1. Relative humidity of 60% corresponds to a water vapor pressure of 2,133 kPa (16 mmHg) at a temperature of 300 K.
2. The air density at the standard reference conditions is equivalent to that at 98 kPa (376 mmHg) and 20 °C and to that at 101 kPa (760 mmHg) and 30 °C
3. For automotive type inboard and outboard marine propulsion engines, the standard reference conditions in ISO 1585 and ISO 2534 may be applied but they shall be stated.

n.6. Auxiliaries

n.6.1 Introduction

In order to show alertly the conditions under which a power is determined, it is necessary to distinguish those auxiliaries which affect the final shaft output of the engine and also those which are necessary for the continuous or repeated use of the engine.

Items of equipment fitted to the engine and without which the engine could not in any circumstance operate at its declared power are considered to be engine components and are not therefore, classed as auxiliaries.

(Such as fuel injection pump, exhaust turbocharger and charge air cooler are in this category of engine components.)

n.6.2 dependent auxiliary : Item of equipment, the presence or absence of which affects the final shaft output of the engine.

n.6.3 independent auxiliary : Item of equipment which uses power supplied from a source other than the engine.

n.6.4 essential auxiliary : Item of equipment which is essential for the continued or repeated operation of the engine.

n.6.5 non-essential auxiliary : Item of equipment which is not essential for the continued or repeated operation of the engine.

n.7 Declarations of power

n.7.1 Introduction

n.7.1.1 Purpose of statement of power

Statements of power are required for two main purposes :

a) the declaration by a manufacturer of the value of the power which his engine will deliver under a given set of circumstances. This declared value is known as the "rated power".

b) the verification by measurement that the engine delivers the power which has been declared in a), under the same set of circumstances or after proper allowance has been made for any difference in circumstance.

To specify the set of circumstances under which the declared value of a power would be achieved, the declaration shall state :

a) the kind of statement of power (see 7.4) and of necessary, the ambient and operating condition (see 7.4.2).

b) the kind of power output (see 7.3).

c) the kind of power (see 7.3).

d) the corresponding engine speed.

NOTE

1. The term used in a) to c) may be combined, for example, continuous net brake fuel stop power.
2. Where appropriate to the engine application and the method of manufacture, the power achieved may be subject to a tolerance on the declared power. The existence of and its magnitude shall be stated by the manufacturer.
3. Measurement of the powers referred to in this International Standard shall be determined in accordance with ISO 3046/2.

n.7.1.2 Unit of power

Power shall be expressed in kilowatts (kW) The addition of the equivalent metric or imperial "horsepower" is permitted for a transitional period.

n.7.1.3 Power and torque

For engines delivering power by a shaft or shafts, any power in this International Standard is a quantity proportional to the mean torque, calculated or shafts transmitting this torque.

For engines delivering power other than by a shaft or shafts, reference shall be made to the appropriate International Standard for the driven for the driven machine.

n.7.1.4 Engine speed

The speed of an engine is the mean rotational speed of its crankshaft or crankshatts in revolution per minute, except in the case of "free piston" engines where the speed is the number of cycles per minute of the reciprocating components.

n.7.1.5 Engine with integral gearing

When stating the power of an engine fined with an integral (built-in) speed increasing or reducing device, the speed of the driving shaft extremist shall also be given at the declared engine speed.

n.7.2 Kinds of power**n.7.2.1 Indicated power**

The total power developed in the working cylinders by the gases on the combustion side of the working pistons.

n.7.2.2 Brake power

The power of the sum of the powers measured at the extremity of the engine driving shaft or shafts.

n.7.2.2.1 Any statement of brake powers shall be supported by the following list of auxiliaries :

- a) essential dependent auxiliaries as defined in 6.2 and 6.4;
- b) essential independent as define in 6.3 and 6.4;
- c) non-essential dependent auxiliaries as defined in 6.2 and 6.5.

The power absorbed by the independent and the non-essential dependent auxiliaries may be significant, in such cases, their power requirement shall be declared.

Note - Examples of typical auxiliaries are listed in annex A for guidance purposes. These lists are not necessary complete.

n.7.2.3 Net brake power

The brake power measured when the engine is using only the auxiliaries listed in 7.2.2 a).

n.7.3 Kinds of power output

n.7.3.1 continuous power

Power which an engine is capable of delivering continuous, between the normal maintenance nitervals stated by the manufacturer, at stated speed and under stated ambient conditions, the maintenance prescribed by the manufacturer being carried out.

n.7.3.1 Overload power

Power which an engine may be permitted to deliver, at stated ambient conditions, immediately after working at the continuous power.

The duration and frequency of use of overload power which is permitted will depend on the service application but adequate allowance shall be made in setting the engine fuel stop permit the overload power shall be expressed as a percentage of the continuous power, together with the duration and frequency permited and the appropriate engine speed.

Unless otherwise stated an overload power of 110% of the continuous power at a speed corresponding to the engine application is permitted for a period of 12 hours of operation.

NOTES

1. The power of marine main propulsion engines is normally limited to to continuous power, so that the overload power cannot be given in service. However, for special applications, marine mnain propulsion engines may develop overload power in service.

2. If the engine application is not determined, the engine manufacturer shall specify the overload power and the corresponding engine speed.

n.7,3.2 Fuel stop power

Power which an engine is capable of delivering during a stated period corresponding to its application, and at stated speed and under stated ambient conditions, with the fuel limit so that the fuel stop power cannot exceeded.

n.7.4 Kinds of statements of power

n.7.4.1 ISO powers

n.7.4.1.1 ISO power

Power determined under the operating conditions of the manufacturer's test bed and adjusted to the standard reference conditions in clause 5.

n.7.4.1.2 ISO standard power

The name given of the continuous net brake power which the engine manufacturer declares that an engine is capable of delivering continuously, between the normal maintenance intervals stated by the manufacturer, and under the following conditions :

- a) at a stated speed under the operating conditions of the engine manufacturer's test bed;
- b) with the declared power adjusted to the standard reference conditions given in clause 5;
- c) the maintenance prescribed by the engine manufacturer being carried out.

n.7.4.2 Service power

Power determined under the ambient and operating conditions of an engine application.

To establish service power, the following conditions shall be taken into account :

- a) the ambient conditions, or any nominal ambient conditions according to the special requirements of inspecting and/or legislative authorities and/or classification societies, as specified by the customer (see clause 12);
- b) the normal duty of the engine;
- c) the expected interval between maintenance periods;
- d) the nature and amount of the supervision required;

e) all information relevant to the operation of the engine in service (see clauses 12 and 13).

n.8. Declarations of fuel consumption

n.8.1 Definitions

n.8.1.1 Fuel consumption

The quantity of fuel consumed by an engine per unit of time at a state power and under stated conditions.

The quantity of liquid fuels shall be expressed in mass units (kg).

The quantity of gaseous fuels shall be expressed in energy units (J).

n.8.1.2 Specific fuel consumption

The fuel consumption per unit of power.

n.8.1.3 ISO specific fuel consumption

The name given in the specific fuel consumption at the ISO standard power.

If not otherwise specified by the manufacturer, a declared specific fuel consumption shall be considered to be the ISO specific fuel consumption.

n.8.2 Reference calorific value of fuels

n.8.2.1 Liquid fuel engines

The declared specific fuel consumption of a liquid fuel engine shall be related to a reference lower calorific value of 42,000 kJ/kg (10,030 kcal/kg).

n.8.2.2 Gas engines

The declared specific fuel consumption of a gas engines shall be related to a stated lower calorific value the gas. The type of gas shall be declared.

n.8.2.3 Specific fuel consumption declarations

The specific fuel consumption of an engine shall be declared at :

- a) the ISO standard power;
- b) (if required by special agreement) at any other declared powers and at specific engine speeds appropriate to the particular engine application.

Unless otherwise states, a deviation of +5% is permitted for the specific fuel consumption for the declared power.

n.9. Declarations of lubricating oil consumption 1 Lubricating oil consumption

n.9.1 Lubricating oil consumption

The quantity of lubricating oil consumed by an engine per unit of time. This quantity is used for guidance. It shall be expressed in litres or kilograms per engine operating hour at the declared power and engine speed.

n.9.2 The lubricating oil consumption after a stated period of running-in shall be declared.

n.9.3 The oil discarded during an engine oil change shall be not included in the lubricating oil consumption declaration.

n.10. Adjustment of net brake power for ambient conditions

n.10.1 When it is required to operate the engine under conditions difference from the standard reference conditions given in clause 5, the net brake power output shall be adjusted to or from the standard reference conditions by the following formulae (see note 1) :

$$P_x = \alpha P_r \quad (n-1)$$

$$\alpha = k - 0.7(1-k) \left(\frac{1}{\eta_m} - 1 \right) \quad (\text{see note 2}) \quad (n-2)$$

$$k = \left(\frac{p_x - a\phi_x p_{sx}}{p_r - a\phi_r p_{sr}} \right)^m \left(\frac{T_r}{T_x} \right)^n \left(\frac{T_{cr}}{T_{cx}} \right)^q \quad (n-3)$$

n.10.2 In the case of turbocharged engines in which the limits of turbocharger speed and turbocharger turbine inlet temperature have not been reached at the declared power under standard reference conditions, the manufacturer may declare substitute reference conditions to or from which power adjustments is to be made.

The following formulae (4) and (5) will then be used instead of formula (3)

$$k = \left(\frac{p_x}{p_r} \right)^m \left(\frac{T_r}{T_x} \right)^n \left(\frac{T_{cr}}{T_{cx}} \right)^q \quad (n-4)$$

$$P_{ra} = P_r \times \left(\frac{\pi_r}{\pi_{max}} \right) \quad (n-5)$$

Where :

P_r is the brake power;

p_r is the standard reference total barometric pressure;

p_{sr} is the saturation vapour pressure under standard reference conditions;

ϕ_r is the standard reference relative humidity;

T_r is the standard reference absolute air temperature;

T_{cr} is the standard reference absolute charge or coolant temperature;

P_{ra} is the substitute reference total barometric pressure given by formula (5);

T_{ra} is the substitute reference absolute air temperature to be stated by the manufacturer;

π_r is the boost pressure ratio at declared power under standard reference conditions to be stated by the manufacturer;

π_{max} is the maximum available boost pressure ratio to be stated by the manufacturer;

α is the power adjustment factor;

k is the ratio of indicated power;

η_m is the mechanical efficiency (see note 4);

P_x is the brake power under the conditions being considered;

p_x is the total barometric pressure condition being considered;

p_{sx} is the saturation vapour pressure under pressure the conditions being considered;

ϕ_x is the relative humidity condition being considered;

T_x is the absolute air temperature being considered;

T_{cr} is the absolute charge air coolant temperature at charge air cooler inlet being considered.

The factor a and exponent m , n , and q have the numerical value given in table 1 (see note 5).

NOTES

1. For the convenience of users of these formulae, reference may be made to tables and nomograms in annexes B to 0, which also include numerical examples.
2. When the ambient conditions are more favourable than the standard reference conditions, the declared power under the ambient conditions may be limited by the manufacturer to the declared power at the standard reference conditions.
3. If the relative humidity is not known, a value of 60% should be assumed in formulae references A, E and G in table 1.

For all other formulae references the power adjustment is independent of humidity ($a = 0$).

4. The value of mechanical efficiency shall be stated by the engine manufacturer. In the absence of any such statement, the value of $\eta_m = 0.80$ will be assumed.
5. When declaring the ISO standard power the engine manufacturer shall state which of the formulae references in table 1 is applicable.

Table n-1 - Numerical values for power adjustment

Engine type	Condition		Formula reference	Factor	Exponents		
				a	m	n	q
Compression ignition oil engine and dual-fuel engines	Non - turbocharged	Power limited by air excess	A	1	1	0.75	0
		Power limited by thermal reason	B	0	1	1	0
	Turbocharged without charge air cooling	Low and medium speed four-stroke engine	C	0	0.7	2	0
Spark ignition engines using gaseous fuel	Non - turbocharged		E	1	0.86	0.56	0
	Turbocharged with charge air cooling	Low and medium speed four-speed engine	F	0	0.57	0.55	1.75
Spark ignition engines using liquid fuel	Naturally aspirated		G	1	1	0.5	0

NOTE - The factors and exponents given in table 1 have been established by tests on a number of engines to be generally representative and shall be used in the absence of any other specific information; for example in formula reference D, for an engine with the charge air cooled by engine jacket water, the value for exponent q could be zero. At

present, they apply only to the type of engines specified but table 1 will be extended to include other types when sufficient are available.

n.11 Adjustment of fuel consumption for ambient conditions

n.11.1 When it is required to operate the engine under conditions different from the standard reference conditions given in clause 5, the fuel consumption will differ from that declared for the standard reference conditions and shall be adjusted to or from the standard reference conditions.

The following formulae shall be used if other methods are not declared by the engine manufacturers :

$$b_x = \beta b_r \quad (n-6)$$

where

$$\beta = k/\alpha \quad (n-7)$$

where :

b is the specific fuel consumption

β is the fuel consumption adjustment factor

α is the power adjustment factor (see 10.1)

k is the ratio of indicated power (see 10.1)

Subscript r corresponds to values under the standard reference conditions.

Subscript x corresponds to values the conditions being considered.

NOTE - For the convenience of users of these formulae, reference may be made to the tables and nomograms in annexes B to 0, which also include numerical examples.

n.12 Information to be supplied by the customer

The customer shall supply the following information concerning the required power :

- a) The application and the power required from the engine and details arising therefrom.
- b) The expected frequency and duration of the required powered and the corresponding engine speeds.
- c) Site conditions
 - 1) Site barometric pressure (highest and lowest reading available; if no pressure data are available the altitude above sea level).
 - 2) The monthly mean minimum and maximum air temperatures during the hottest and coldest months of the year.

- 3) The highest and lowest ambient air temperatures around the engine.
 - 4) The relative humidity (or alternatively the water vapour pressure or the wet and dry bulb temperature) ruling at the maximum temperature conditions.
 - 5) The maximum and minimum temperature of the cooling water available.
- d) The specification and lower calorific value of the fuel available.
 - e) Whether the engine is to comply with the requirements of any classification society or with special requirements.
 - f) The probable period for which the engine will be running continuously, and the duration of maximum and minimum load.
 - g) Any other information appropriate to the particular engine application.

n.13 Information to supplied by the engine manufacturer

The engine manufacturer shall supply the following information :

- a) The declared powers.
- b) The corresponding crankshaft and output shaft speeds.

NOTE - For certain applications of variable engines it is common practice to supply a power/speed diagram covering the ranges of power over which the engine can be used in continuous and in short period operation.

- c) The direction of rotation (see ISO 1204).
- d) The number and arrangement of cylinders (see ISO 1205).
- e) Whether the engine is two-stroke or four-stroke, naturally aspired, mechanically pressure charge or turbocaharged and whether with or without charge air cooler.
- f) The quantity of air required for the operation of the engine for :
 - 1) combustion and scavenging;
 - 2) cooling and ventilation.
- g) The method of starting, apparatus supplied and additional apparatus required.
- h) The type and grade of lubricating oil(s) recommended.

- j) The type of governing, with speed droop of required (see ISO 3046/4 and ISO 3046/6).

If for variable speed duties, the working speed range and the idling speed.

If necessary, the critical speed range shall be indicated.

- k) The method of cooling and the capacity of the cooling system with the rates of circulation of the cooling fluids.
- m) (From air cooled engines only.) Whether hot air discharge ducting can be fitted.
- n) A schedule recommended maintenance and overhaul periods.
- p) Specifications and lower calorific values of fuels recommended.
- q) Maximum permissible back-pressure in the exhaust system and the maximum permissible intake depression.
- r) Any other information appropriate to the particular engine application.

ภาคผนวก ข

การวัดอัตราการไหลของอากาศ

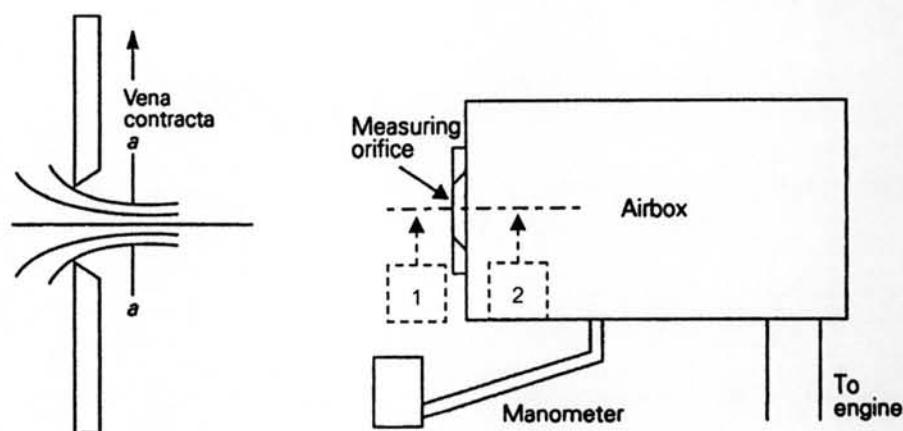
การวัดอัตราการไหลของอากาศด้วยวิธี Air box method [48]

การวัดอัตราการไหลของอากาศด้วยวิธี Air box method เป็นการวัดโดยใช้แผ่นออริฟิซ ประกอบกับถังพักอากาศ ซึ่งถังพักอากาศจะช่วยลดการกระเพื่อมของอากาศที่ถูกดูดตามจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ ทำให้อากาศที่ไหลผ่านออริฟิซมีอัตราการไหลที่สม่ำเสมอสามารถวัดความดันตกคล่อมได้ถูกต้องมากขึ้น

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นออริฟิซโดยประมาณ ที่อัตราการไหลต่างๆ แสดงดังตาราง ข-1

ตาราง ข-1 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของออริฟิซโดยประมาณที่อัตราการไหลต่างๆ

Orifice diameter (mm.)	Air Flow rate (m ³ /s)	Mass Flow rate (kg/s)
10	0.002	0.002
20	0.008	0.009
50	0.048	0.057
100	0.19	0.23
150	0.43	0.51



รูปที่ ข-1 แสดงภาพการวัดอัตราการไหลของอากาศโดยวิธี Air box method [16]

ภาพถ่ายแสดงการไหลของอากาศผ่านแผ่น Orifice plate

ภาพขวาแสดงภาพ Orifice flow meter

ปริมาตรของถังที่เล็กที่สุดที่จะทำให้ไม่เกิดการกระเพื่อมของอากาศที่ไหล ได้ถูกวิเคราะห์โดย Kastner [16] ดังสมการ (ข-1)

$$V_b = \frac{417 \times 10^6 K^4 d^2}{N_c V_s n_{\min}^2} \quad (\text{ข-1})$$

โดยที่	V_b	คือ ปริมาตรถังพักอากาศที่เล็กที่สุด (m^3)
	K	คือ ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 1 สำหรับเครื่องยนต์ 2 จังหวะ และ มีค่าเท่ากับ 2 สำหรับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ
	d	คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของ orifice plate (m)
	N_c	คือ จำนวนกระบอกสูบของเครื่องยนต์
	V_s	คือ ปริมาตรช่วงชักลูกสูบ (m^3)
	N_{min}	คือ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่น้อยที่สุด (rev/min)

สมมติให้อากาศที่ไหลผ่าน orifice plate เป็นของไหลอัดตัวไม่ได้ (Incompressible flow)

และพิจารณาให้ความหนาแน่นของอากาศคงที่ จากสมการเบอร์นูลลี จะได้ว่า

$$\frac{p_1}{\gamma_{air}} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{p_2}{\gamma_{air}} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 \quad (ข-2)$$

โดยที่	p	คือ ความดัน (kPa)
	v	คือ ความเร็วอากาศ (m/s)
	γ_{air}	คือ น้ำหนักจำเพาะของอากาศ ($kg/m^2 \cdot s^2$) = $\rho_{air} g$
	ρ_{air}	คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3) เท่ากับ $1.165 kg/m^3$ ที่ $30^\circ C$
	Z	คือ ระดับความสูง (m)
	g	คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2) เท่ากับ $9.807 m/s^2$

หมายเหตุ ตัวห้อย 1 และ 2 คือตำแหน่งสถานะ 1 และ 2 ในรูป ข-1 ขวา ตามลำดับ
เนื่องจากสถานะ 1 เป็นอากาศนิ่ง และทั้งสองสถานะอยู่ในระดับความสูงเดียวกัน ดังนั้น
จะได้ความเร็วของอากาศ ตามสมการที่ (ข-5)

$$v_2 = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_{air}}} \quad (ข-3)$$

การไหลผ่าน orifice จะเกิด Vena contracta ซึ่งจะทำให้การไหลจริงน้อยกว่าทฤษฎีเสมอ
ดังนั้นเมื่อคิดการไหลแบบคงตัว จะได้อัตราการไหลโดยมวลของอากาศ คือ

$$m_a = C_{Do} \rho_{air} v A_o \quad (ข-4)$$

โดยที่	C_{Do}	คือ Discharge coefficient ของ orifice plate
	A_o	คือขนาดของ orifice (m^2)

การวัดผลต่างความดันตกคร่อม orifice plate จะวัดโดยใช้मानมิเตอร์ ซึ่งจะได้ค่า head ในหน่วย mm.H₂O ซึ่งสามารถนำมาคำนวณหาผลต่างความดันตกคร่อม orifice plate ได้จากสมการ

$$\Delta p = \rho_{H_2O} g \Delta h \quad (1-5)$$

โดยที่ Δh คือ ผลต่าง Head ที่อ่านได้จากमानมิเตอร์ (mmH₂O)

ρ_{H_2O} คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m³) เท่ากับ 997 kg/m³

เมื่อนำสมการ (1-5) และ (1-7) มาแทนลงในสมการ (1-6) จะได้สมการที่นำไปใช้งาน คือ

$$\dot{m}_a = C_{DO} A_o \sqrt{2 \rho_{air} \rho_{H_2O} g \Delta h} \quad (1-6)$$

ดังนั้นจากสมการ (1-2) และ (1-8) จะสามารถหาอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศ และ Equivalent ratio ได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$F/A = \frac{\rho_f V / t}{C_{DO} A_o \sqrt{2 \rho_{air} \rho_{H_2O} g \Delta h}} \quad (1-7)$$

$$\text{Equivalent ratio} = \frac{(F/A)}{(F/A)_s}$$

ภาคผนวก ค

มาตรฐานการทดสอบเครื่องยนต์ ESC Test Cycle[26]

The ESC test cycle (also known as OICA/ACEA cycle) has been introduced, together with the ETC (European Transient Cycle) and the ELR (European Load Response) tests, for emission certification of heavy-duty diesel engines in Europe starting in the year 2000 (Directive 1999/96/EC of December 13, 1999). The ESC is a 13-mode, steady-state procedure that replaces the R-49 test. The engine is tested on an engine dynamometer over a sequence of steady-state modes (Table 1, Figure 1). The engine must be operated for the prescribed time in each mode, completing engine speed and load changes in the first 20 seconds. The specified speed shall be held to within ± 50 rpm and the specified torque shall be held to within $\pm 2\%$ of the maximum torque at the test speed. Emissions are measured during each mode and averaged over the cycle

using a set of weighting factors. Particulate matter emissions are sampled on one filter over the 13 modes. The final emission results are expressed in g/kWh.

During emission certification testing, the certification personnel may request additional random testing modes within the cycle control area (Figure 1). Maximum emission at these extra modes are determined by interpolation between results from the neighboring regular test modes.

Mode	Engine Speed	% Load	Weight factor, %	Duration
1	Low idle	0	15	4 minutes
2	A	100	8	2 minutes
3	B	50	10	2 minutes
4	B	75	10	2 minutes
5	A	50	5	2 minutes
6	A	75	5	2 minutes
7	A	25	5	2 minutes
8	B	100	9	2 minutes
9	B	25	10	2 minutes
10	C	100	8	2 minutes
11	C	25	5	2 minutes
12	C	75	5	2 minutes
13	C	50	5	2 minutes

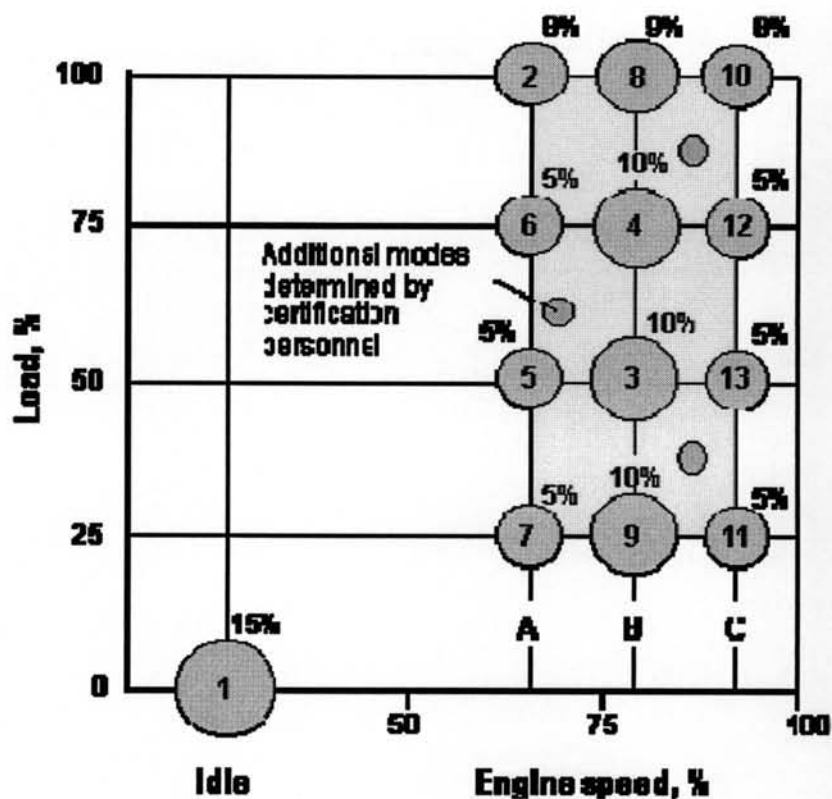


Figure 1. European Stationary Cycle (ESC)

The engine speeds are defined as follows:

1. The high speed n_{hi} is determined by calculating 70% of the declared maximum net power. The highest engine speed where this power value occurs (i.e. above the rated speed) on the power curve is defined as n_{hi} .
2. The low speed n_{lo} is determined by calculating 50% of the declared maximum net power. The lowest engine speed where this power value occurs (i.e. below the rated speed) on the power curve is defined as n_{lo} .
3. The engine speeds A, B, and C to be used during the test are then calculated from the following formulas:

$$A = n_{lo} + 0.25(n_{hi} - n_{lo})$$

$$B = n_{lo} + 0.50(n_{hi} - n_{lo})$$

$$C = n_{lo} + 0.75(n_{hi} - n_{lo})$$

The ESC test is characterized by high average load factors and very high exhaust gas

temperatures. as Euro I ... V. Sometimes Arabic numerals are also used (Euro 1 ... 5). We will use Roman numerals when referencing standards for heavy-duty engines, and reserve Arabic numerals for light-duty vehicle standards. The heavy-duty engine regulations were originally introduced by the Directive 88/77/EEC, followed by a number of amendments. In 2005, the regulations were re-cast and consolidated by the Directive 05/55/EC. The emission standards apply to all motor vehicles with a "technically permissible maximum laden mass" over 3,500 kg, equipped with compression ignition engines or positive ignition natural gas or LPG engines.

ภาคผนวก ง

ข้อมูลผลการทดสอบสมรรถนะ

ตารางที่ ง-1 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน Diesel ที่ความเร็วรอบ 1,000 rev/min

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	Crtd T (Nm)	Power (kW)	Crtd Power (kW)	FC (cc/min)	density (kg/m ³)	m _i (kg/s)	Crtd m _i (kg/s)	sfc (g/kW.h)	STEC (MJ/kW.h)	h _i (%)	air Dp (mm H ₂ O)	air Dp (kPa)	m _s (kg/s)
0	1000	0.00	0.00	0.00	0.00	7.15	837	0.000100	0.000100	-	-	-	16.5	161.33	0.00927
500	1000	8.87	8.97	0.93	0.94	9.24	837	0.000129	0.000130	498.85	22.72	15.84	13.5	132.00	0.00834
1000	1000	11.57	11.71	1.21	1.23	11.59	837	0.000162	0.000163	479.53	21.85	16.48	13.2	129.06	0.00827
1500	1000	16.46	16.66	1.72	1.74	14.00	837	0.000195	0.000197	407.06	18.55	19.41	12.5	122.22	0.00806
2000	1000	21.46	21.71	2.25	2.27	16.47	837	0.000230	0.000232	367.45	16.74	21.50	12.2	119.29	0.00796
2500	1000	24.91	25.18	2.61	2.64	19.00	837	0.000265	0.000267	365.19	16.64	21.64	11.8	115.38	0.00784
FL	1000	32.39	32.59	3.39	3.41	22.07	837	0.000308	0.000309	326.46	14.87	24.20	11.2	109.51	0.00766

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	F/A	φ	Oil T. (°C)	W.T. (°C)	DB T. (°C)	Ex.T. (°C)	A.B.T. (°C)	atm.P. (mm Hg)	Correction Factor			den Air (kg/m ³)	smoke
											k	a	b		
0	1000	0	0.0108	0.16	56	72	30.2	136	33	755	0.9955	0.9947	1.0008	1.143755	0.08
500	1000	8.87	0.0155	0.22	58	76	30.2	167	35	751	0.9902	0.9885	1.0017	1.130311	0.21
1000	1000	11.57	0.0196	0.28	61	82	30.2	201	33	751	0.9902	0.9885	1.0017	1.137695	0.44
1500	1000	16.46	0.0242	0.35	63	90	30.2	244	32	751	0.9902	0.9885	1.0017	1.141424	2.53
2000	1000	21.46	0.0289	0.42	64	96	30.2	284	32	751	0.9902	0.9885	1.0017	1.141424	3.47
2500	1000	24.91	0.0338	0.49	66	101	30	332	31	751	0.9908	0.9892	1.0016	1.145177	3.79
FL	1000	32.39	0.0402	0.58	70	102	30	355	31	754	0.9948	0.9939	1.0009	1.149751	4.19

ตารางที่ ง-2 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน Diesel ที่ความเร็วรอบ 1,200 rev/min

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	Crted T (Nm)	Power (kW)	Crted Power (kW)	FC (cc/min)	density (kg/m ³)	m _i (kg/s)	Crted m _i (kg/s)	sfc (g/kW.h)	STEC (MJ/kW.h)	h _i (%)	air Dp (mm H ₂ O)	air Dp (kPa)	m _s (kg/s)
0	1200	0	0	0	0	8.2	837	0.000114	0.000116	-	-	-	20.3	198.48	0.01025
500	1200	7.96	8.05	1	1.01	9.88	837	0.000138	0.000139	495.32	22.63	15.95	19.8	193.6	0.01013
1000	1200	11.14	11.27	1.4	1.42	12	837	0.000167	0.000169	429.71	19.54	18.39	19.3	188.71	0.01
1500	1200	15.44	15.64	1.94	1.97	14.39	837	0.000201	0.000203	371.78	16.93	21.25	18.9	184.8	0.00988
2000	1200	19.1	19.35	2.4	2.43	16.62	837	0.000232	0.000234	347.09	15.8	22.77	18.3	178.93	0.00972
2500	1200	23.32	23.62	2.93	2.97	19.38	837	0.00027	0.000273	331.52	15.11	23.83	17.2	168.17	0.00942
3000	1200	28.33	28.7	3.56	3.61	22.99	837	0.000321	0.000324	323.68	14.74	24.41	16.5	161.33	0.00923
3500	1200	33.5	33.7	4.21	4.24	24.26	837	0.000338	0.00034	289.13	13.22	27.33	12	117.33	0.00793
FL	1200	36.61	36.79	4.6	4.62	27.5	837	0.000384	0.000385	300	13.59	26.34	10.8	105.6	0.00753

ตารางที่ ง-2 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน Diesel ที่ความเร็วรอบ 1,200 rev/min (ต่อ)

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	F/A	ϕ	Oil T. (°C)	W.T. (°C)	DB T. (°C)	Ex.T. (°C)	A.B.T. (°C)	atm.P. (mm Hg)	Correction Factor				den Air kg/m ³	smoke
											k	a	b			
0	1200	0	0.0112	0.16	62	73	31.2	141	34	753	0.9898	0.988	1.0018	1.137313	0.11	
500	1200	7.96	0.0136	0.2	67	77	31.2	165	34	754	0.9902	0.9885	1.0017	1.137766	0.11	
1000	1200	11.14	0.0167	0.24	70	81	31.2	195	34	754	0.9902	0.9885	1.0017	1.137766	0.13	
1500	1200	15.44	0.0203	0.29	74	87	31.4	229	35	753	0.9889	0.987	1.002	1.133321	0.21	
2000	1200	19.1	0.0239	0.35	79	94	31.4	259	35	753	0.9889	0.987	1.002	1.133321	0.4	
2500	1200	23.32	0.0287	0.42	82	96	31.4	305	35	753	0.9889	0.987	1.002	1.133321	1.91	
3000	1200	28.33	0.0348	0.5	84	97	31.4	344	35	753	0.9889	0.987	1.002	1.133321	2.64	
3500	1200	33.5	0.0427	0.62	88	98	30.2	370	31	755	0.9949	0.9941	1.0009	1.150666	3.47	
FL	1200	36.61	0.051	0.74	90	104	30.2	418	31	755	0.9957	0.995	1.0008	1.151581	3.83	

ตารางที่ ง-3 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน Diesel ที่ความเร็วรอบ 1,500 rev/min

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	Crtd T (Nm)	Power (kW)	Crtd Power (kW)	FC (cc/min)	density (kg/m ³)	m _i (kg/s)	Crtd m _i (kg/s)	sfc (g/kW.h)	STEC (MJ/kW.h)	h _i (%)	air Dp (mm H ₂ O)	air Dp (kPa)	m _s (kg/s)
0	1500	0.00	0.00	0.00	0.00	9.22	837	0.000129	0.000130	-	-	-	26.75	261.55	0.01181
500	1500	6.37	6.44	1.00	1.01	10.74	837	0.000150	0.000151	538.49	24.61	14.67	26	254.22	0.01163
1000	1500	9.61	9.72	1.51	1.53	12.64	837	0.000176	0.000178	419.71	19.15	18.83	25.2	246.39	0.01145
1500	1500	13.31	13.45	2.09	2.11	15.26	837	0.000213	0.000215	366.09	16.71	21.58	24.4	238.57	0.01127
2000	1500	16.42	16.60	2.58	2.61	17.05	837	0.000238	0.000240	331.35	15.09	23.85	24	234.66	0.01117
2500	1500	20.44	20.69	3.21	3.25	20.50	837	0.000286	0.000289	320.13	14.59	24.68	23.6	230.75	0.01109
3000	1500	24.00	24.30	3.77	3.82	22.27	837	0.000311	0.000314	296.11	13.50	26.68	22.5	220.00	0.01083
3500	1500	27.63	27.82	4.34	4.37	25.03	837	0.000349	0.000351	289.33	13.17	27.31	22.2	217.06	0.01076
4000	1500	31.39	31.60	4.93	4.96	26.74	837	0.000373	0.000375	272.11	12.39	29.04	21.1	206.31	0.01051
4500	1500	34.57	34.81	5.43	5.47	29.89	837	0.000417	0.000419	276.16	12.63	28.61	20.7	202.40	0.01041
FL	1500	38.52	38.68	6.05	6.08	36.85	837	0.000514	0.000516	305.69	13.93	25.85	19.6	191.64	0.01014

ตารางที่ ง-3 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน Diesel ที่ความเร็วรอบ 1,500 rev/min (ต่อ)

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	F/A	φ	Oil T. (°C)	W.T. (°C)	DB T. (°C)	Ex.T. (°C)	A.B.T. (°C)	atm.P. (mm Hg)	Correction Factor				den Air kg/m ³	smoke
											k	a	b			
0	1500	0.00	0.0109	0.16	66	72	30.5	141	32	754	0.9926	0.9913	1.0013	1.145375	0.08	
500	1500	6.37	0.0129	0.19	70	75	31.2	160	33	754	0.9909	0.9893	1.0016	1.142224	0.21	
1000	1500	9.61	0.0154	0.22	74	80	31.2	181	33	754	0.9909	0.9893	1.0016	1.142224	0.53	
1500	1500	13.31	0.0189	0.27	77	85	31.2	208	33	754	0.9909	0.9893	1.0016	1.142224	0.87	
2000	1500	16.42	0.0213	0.31	79	88	31.2	233	33	754	0.9909	0.9893	1.0016	1.142224	1.18	
2500	1500	20.44	0.0258	0.37	84	97	31.4	262	32	754	0.9896	0.9877	1.0018	1.145223	1.59	
3000	1500	24.00	0.0287	0.42	86	98	31.4	297	32	754	0.9896	0.9877	1.0018	1.145223	1.83	
3500	1500	27.63	0.0325	0.47	88	99	30.0	327	32	754	0.9941	0.9931	1.0010	1.145223	2.29	
4000	1500	31.39	0.0355	0.51	89	102	30.0	358	31	754	0.9941	0.9931	1.0010	1.148989	2.65	
4500	1500	34.57	0.0401	0.58	91	106	30.0	410	31	754	0.9941	0.9931	1.0010	1.148989	3.03	
FL	1500	38.52	0.0507	0.73	93	107	30.0	456	31	755	0.9964	0.9958	1.0006	1.151581	3.53	

ตารางที่ 3-4 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน Diesel ที่ความเร็วรอบ 1,800 rev/min

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	Crtd T (Nm)	Power (kW)	Crtd Power (kW)	FC (cc/min)	density (kg/m ³)	m _i (kg/s)	Crtd m _i (kg/s)	sfc (g/kW.h)	STEC (MJ/kW.h)	h _i (%)	air Dp (mm H ₂ O)	air Dp (kPa)	m _s (kg/s)
0	1800	0.00	0.00	0.00	0.00	11.44	837	0.000160	0.000161	-	-	-	31	303.10	0.01270
500	1800	5.73	5.78	1.08	1.09	12.92	837	0.000180	0.000182	599.95	27.31	13.17	30	293.33	0.01250
1000	1800	7.69	7.76	1.45	1.46	14.71	837	0.000205	0.000207	508.77	23.25	15.53	29.8	291.37	0.01243
1500	1800	11.09	11.19	2.09	2.11	16.92	837	0.000236	0.000238	406.01	18.46	19.46	29.5	288.44	0.01239
2000	1800	14.11	14.24	2.66	2.68	18.89	837	0.000264	0.000266	356.15	16.23	22.19	29.3	286.48	0.01235
2500	1800	16.87	17.03	3.18	3.21	21.35	837	0.000298	0.000300	336.70	15.32	23.47	28.5	278.66	0.01218
3000	1800	20.37	20.52	3.84	3.87	23.91	837	0.000334	0.000336	312.36	14.24	25.30	28	273.77	0.01207
3500	1800	22.87	23.03	4.31	4.34	25.50	837	0.000356	0.000358	296.80	13.51	26.62	27.5	268.88	0.01198
4000	1800	25.89	26.08	4.88	4.92	28.00	837	0.000391	0.000393	287.83	13.11	27.45	27	263.99	0.01187
4500	1800	28.59	28.80	5.39	5.43	30.49	837	0.000425	0.000428	283.77	12.93	27.84	26	254.22	0.01165
5000	1800	31.51	31.74	5.94	5.98	33.80	837	0.000472	0.000474	285.45	13.01	27.68	25.5	249.33	0.01154
5500	1800	34.85	35.11	6.57	6.62	38.90	837	0.000543	0.000546	297.02	13.53	26.60	23.7	231.73	0.01112
FL	1800	38.73	38.99	7.30	7.35	45.00	837	0.000628	0.000631	309.26	14.08	25.55	22.5	220.00	0.01086

ตารางที่ ง-4 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน Diesel ที่ความเร็วรอบ 1,800 rev/min (ต่อ)

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	F/A	ϕ	Oil T. (°C)	W.T. (°C)	DB T. (°C)	Ex.T. (°C)	A.B.T. (°C)	atm.P. (mm Hg)	Correction Factor			den Air kg/m ³	smoke
											k	a	b		
0	1800	0.00	0.0126	0.18	71	77	31.0	156	33	755	0.9922	0.9908	1.0014	1.142997	0.09
500	1800	5.73	0.0144	0.21	77	78	31.0	172	33	755	0.9922	0.9908	1.0014	1.142997	0.19
1000	1800	7.69	0.0165	0.24	79	81	31.0	188	34	755	0.9922	0.9908	1.0014	1.139276	0.29
1500	1800	11.09	0.0190	0.28	81	83	31.0	210	33	755	0.9922	0.9908	1.0014	1.142997	0.40
2000	1800	14.11	0.0213	0.31	85	86	31.0	232	33	755	0.9922	0.9908	1.0014	1.142997	0.50
2500	1800	16.87	0.0245	0.35	88	91	31.0	255	33	755	0.9922	0.9908	1.0014	1.142997	0.59
3000	1800	20.37	0.0276	0.40	88	94	30.5	282	33	755	0.9938	0.9927	1.0011	1.142997	0.68
3500	1800	22.87	0.0297	0.43	90	97	30.5	307	32	755	0.9938	0.9927	1.0011	1.146743	0.77
4000	1800	25.89	0.0329	0.48	91	100	30.5	334	32	755	0.9938	0.9927	1.0011	1.146743	0.88
4500	1800	28.59	0.0365	0.53	93	104	30.5	364	32	755	0.9938	0.9927	1.0011	1.146743	0.98
5000	1800	31.51	0.0409	0.59	95	105	30.5	396	32	755	0.9938	0.9927	1.0011	1.146743	1.12
5500	1800	34.85	0.0488	0.71	96	107	30.5	440	32	755	0.9938	0.9927	1.0011	1.146743	1.21
FL	1800	38.73	0.0578	0.84	98	108	30.5	471	31	755	0.9942	0.9932	1.0010	1.151691	1.86

ตารางที่ ง-5 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน Diesel ที่ความเร็วรอบ 2,000 rev/min

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	Crted T (Nm)	Power (kW)	Crted Power (kW)	FC (cc/min)	density (kg/m ³)	m _i (kg/s)	Crted m _i (kg/s)	sfc (g/kW.h)	STEC (MJ/kW.h)	h _i (%)	air Dp (mm H ₂ O)	air Dp (kPa)	m _e (kg/s)
0	2000	0.00	0.00	0.00	0.00	12.67	837	0.000177	0.000178	-	-	-	32.2	314.84	0.01288
500	2000	4.49	4.54	0.94	0.95	15.65	837	0.000218	0.000220	834.71	38.05	9.47	32.7	319.73	0.01296
1000	2000	5.83	5.89	1.22	1.23	17.13	837	0.000239	0.000241	703.96	32.09	11.22	32.5	317.77	0.01292
1500	2000	9.36	9.46	1.96	1.98	19.70	837	0.000275	0.000277	503.92	22.91	15.68	32	312.88	0.01282
2000	2000	11.89	12.02	2.49	2.52	21.51	837	0.000300	0.000303	433.10	19.72	18.24	32	312.88	0.01282
2500	2000	14.28	14.44	2.99	3.02	23.69	837	0.000330	0.000334	397.23	18.08	19.89	31.6	308.97	0.01274
3000	2000	17.43	17.62	3.65	3.69	26.66	837	0.000372	0.000375	366.20	16.70	21.58	31.9	311.90	0.01280
3500	2000	19.67	19.89	4.12	4.17	28.82	837	0.000402	0.000406	350.71	15.97	22.53	31.5	307.99	0.01274
4000	2000	22.20	22.45	4.65	4.70	31.03	837	0.000433	0.000437	334.56	15.24	23.62	31	303.10	0.01264
4500	2000	25.50	25.78	5.34	5.40	33.91	837	0.000473	0.000478	318.37	14.49	24.82	31	303.10	0.01266
5000	2000	27.93	28.18	5.85	5.90	36.77	837	0.000513	0.000517	315.24	14.36	25.07	30.5	298.22	0.01255
5500	2000	30.70	30.97	6.43	6.49	39.89	837	0.000556	0.000561	311.14	14.17	25.40	30.5	298.22	0.01255
6000	2000	32.71	33.00	6.85	6.91	42.89	837	0.000598	0.000603	314.03	14.30	25.16	31	303.10	0.01263
FL	2000	35.62	35.94	7.46	7.53	46.88	837	0.000654	0.000659	315.17	14.37	25.07	31	303.10	0.01269

ตารางที่ ๕-5 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน Diesel ที่ความเร็วรอบ 2,000 rev/min (ต่อ)

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	F/A	φ	Oil T. (°C)	W.T. (°C)	DB T. (°C)	Ex.T. (°C)	A.B.T. (°C)	atm.P. (mm Hg)	Correction Factor				den Air kg/m ³	smoke
											k	a	b			
0	2000	0.00	0.0137	0.20	78	84	30.5	185	35	752	0.9905	0.9889	1.0017	1.131816	0.07	
500	2000	4.49	0.0168	0.24	87	90	30.5	197	36	752	0.9905	0.9889	1.0017	1.128154	0.10	
1000	2000	5.83	0.0185	0.27	90	93	30.5	213	36	752	0.9905	0.9889	1.0017	1.128154	0.15	
1500	2000	9.36	0.0214	0.31	91	94	30.5	232	36	752	0.9905	0.9889	1.0017	1.128154	0.28	
2000	2000	11.89	0.0234	0.34	93	96	30.5	254	36	752	0.9905	0.9889	1.0017	1.128154	0.55	
2500	2000	14.28	0.0259	0.38	93	97	30.5	276	36	752	0.9905	0.9889	1.0017	1.128154	0.66	
3000	2000	17.43	0.0291	0.42	95	98	30.5	303	36	752	0.9905	0.9889	1.0017	1.128154	0.78	
3500	2000	19.67	0.0316	0.46	96	101	30.5	322	35	752	0.9905	0.9889	1.0017	1.131816	0.90	
4000	2000	22.20	0.0342	0.50	97	103	30.5	347	35	752	0.9905	0.9889	1.0017	1.131816	0.98	
4500	2000	25.50	0.0374	0.54	99	103	30.5	371	34	752	0.9905	0.9889	1.0017	1.135501	1.07	
5000	2000	27.93	0.0409	0.59	100	105	30.5	398	35	754	0.9925	0.9912	1.0013	1.134073	1.18	
5500	2000	30.70	0.0443	0.64	101	106	30.5	432	35	754	0.9925	0.9912	1.0013	1.134073	2.24	
6000	2000	32.71	0.0474	0.69	104	109	30.5	465	36	754	0.9925	0.9912	1.0013	1.130405	1.56	
FL	2000	35.62	0.0515	0.75	105	110	30.5	488	33	754	0.9925	0.9912	1.0013	1.141482	1.85	

ตารางที่ ง-6 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลจากการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน Diesel ที่ความเร็วรอบ 2,400 rev/min

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	Crtd T (Nm)	Power (kW)	Crtd Power (kW)	FC (cc/min)	density (kg/m ³)	m _i (kg/s)	Crtd m _i (kg/s)	sfc (g/kW.h)	STEC (MJ/kW.h)	h _i (%)	air Dp (mm H ₂ O)	air Dp (kPa)	m _a (kg/s)
0	2400	0.00	0.00	0.00	0.00	18.15	837	0.000253	0.000255	-	-	-	43	420.44	0.01501
500	2400	4.18	4.21	1.05	1.06	19.22	837	0.000268	0.000270	918.37	41.84	8.60	45.7	446.84	0.01548
1000	2400	5.57	5.61	1.40	1.41	21.26	837	0.000297	0.000298	761.89	34.71	10.37	45.7	446.84	0.01548
1500	2400	8.40	8.45	2.11	2.12	23.37	837	0.000326	0.000328	555.69	25.32	14.22	45.7	446.84	0.01548
2000	2400	10.35	10.41	2.60	2.62	25.05	837	0.000349	0.000351	483.38	22.02	16.35	45.5	444.88	0.01544
2500	2400	11.90	11.97	2.99	3.01	26.75	837	0.000373	0.000375	448.86	20.45	17.60	45	439.99	0.01536
3000	2400	13.81	13.90	3.47	3.49	28.82	837	0.000402	0.000404	416.70	18.98	18.96	44.5	435.10	0.01530
3500	2400	16.83	16.94	4.23	4.26	31.05	837	0.000433	0.000436	368.28	16.78	21.46	44	430.21	0.01521
4000	2400	18.34	18.47	4.61	4.64	33.37	837	0.000466	0.000468	363.14	16.54	21.76	47	459.55	0.01562
4560	2400	21.80	21.96	5.48	5.52	36.56	837	0.000510	0.000513	334.69	15.25	23.61	46.8	457.59	0.01556
5000	2400	23.32	23.48	5.86	5.90	39.01	837	0.000544	0.000547	333.96	15.22	23.66	46.4	453.68	0.01552
5500	2400	25.86	26.05	6.50	6.55	42.15	837	0.000588	0.000592	325.31	14.82	24.29	45.4	443.90	0.01535
6000	2400	28.01	28.21	7.04	7.09	44.89	837	0.000626	0.000630	319.88	14.57	24.70	44.2	432.17	0.01514
6500	2400	30.56	30.78	7.68	7.73	48.87	837	0.000682	0.000686	319.22	14.54	24.75	42.8	418.48	0.01490
FL	2400	32.31	32.52	8.12	8.17	50.84	837	0.000709	0.000713	314.13	14.31	25.15	40	391.10	0.01443

ตารางที่ ง-6 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน Diesel ที่ความเร็วรอบ 2,400 rev/min (ต่อ)

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	F/A	ϕ	Oil T. (°C)	W.T. (°C)	DB T. (°C)	Ex.T. (°C)	A.B.T. (°C)	atm.P. (mm Hg)	Correction Factor				den Air kg/m ³	smoke
											k	a	b			
0	2400	0.00	0.0169	0.24	69	81	30.5	197	31	755	0.9945	0.9935	1.0010	1.151276	0.06	
500	2400	4.18	0.0173	0.25	89	93	30.5	211	31	755	0.9945	0.9935	1.0010	1.151276	0.09	
1000	2400	5.57	0.0192	0.28	94	92	30.5	224	31	755	0.9945	0.9935	1.0010	1.151276	0.08	
1500	2400	8.40	0.0211	0.31	96	93	30.5	241	31	755	0.9945	0.9935	1.0010	1.151276	0.08	
2000	2400	10.35	0.0226	0.33	97	94	30.5	257	31	755	0.9945	0.9935	1.0010	1.151276	0.18	
2500	2400	11.90	0.0243	0.35	98	97	30.5	277	31	755	0.9945	0.9935	1.0010	1.151276	0.20	
3000	2400	13.81	0.0263	0.38	99	97	30.5	294	30	755	0.9945	0.9935	1.0010	1.155074	0.26	
3500	2400	16.83	0.0285	0.41	99	97	30.5	313	30	755	0.9945	0.9935	1.0010	1.155074	0.29	
4000	2400	18.34	0.0298	0.43	98	101	30.5	333	34	755	0.9940	0.9929	1.0011	1.139427	0.36	
4560	2400	21.80	0.0328	0.48	100	103	30.5	362	35	755	0.9940	0.9929	1.0011	1.135729	0.44	
5000	2400	23.32	0.0351	0.51	102	104	30.5	384	34	755	0.9940	0.9929	1.0011	1.139427	0.59	
5500	2400	25.86	0.0383	0.56	104	106	30.5	411	34	755	0.9940	0.9929	1.0011	1.139427	0.69	
6000	2400	28.01	0.0414	0.60	105	108	30.5	438	34	755	0.9940	0.9929	1.0011	1.139427	1.20	
6500	2400	30.56	0.0457	0.66	106	110	30.5	470	34	755	0.9940	0.9929	1.0011	1.139427	1.41	
FL	2400	32.31	0.0491	0.71	108	110	30.5	479	33	755	0.9945	0.9935	1.0010	1.143755	1.81	

ตารางที่ 3-7 แสดงข้อมูลจากการทดสอบและผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน Alternative Diesel ที่ความเร็วรอบ 1,000 rev/min

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	Crted T (Nm)	Power (kW)	Crted Power (kW)	FC (cc/min)	density (kg/m ³)	m _i (kg/s)	Crted m _i (kg/s)	sfc (g/kW.h)	STEC (MJ/kW.h)	h _i (%)	air Dp (mm H ₂ O)	air Dp (kPa)	m _s (kg/s)
0	1000	0.00	0.00	0.00	0.00	7.75	841.1	0.000109	0.000109	-	-	-	10.3	100.71	0.00736
500	1000	10.45	10.49	1.09	1.10	10.29	841.1	0.000144	0.000145	474.26	21.18	17.00	11	107.55	0.00758
1000	1000	13.14	13.19	1.38	1.38	12.07	841.1	0.000169	0.000170	442.36	19.76	18.22	10.5	102.66	0.00741
1500	1000	19.51	19.59	2.04	2.05	14.84	841.1	0.000208	0.000209	366.29	16.36	22.01	10.4	101.69	0.00737
2000	1000	25.23	25.33	2.64	2.65	17.52	841.1	0.000246	0.000246	334.37	14.93	24.11	10.4	101.69	0.00737
2500	1000	30.41	30.53	3.18	3.20	20.67	841.1	0.000290	0.000291	327.34	14.62	24.63	10	97.78	0.00723
FL	1000	32.55	32.67	3.41	3.42	24.18	841.1	0.000339	0.000340	357.81	15.98	22.53	12.3	120.26	0.00802

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	F/A	φ	Oil T. (°C)	W.T. (°C)	DB T. (°C)	Ex.T. (°C)	A.B.T. (°C)	atm.P. (mm Hg)	Correction Factor			den Air (kg/m ³)	smoke
											k	a	b		
0	1000	0.00	0.0148	0.21	62	71	29	139	30	753	0.9968	0.9962	1.0006	1.153469	0.12
500	1000	10.45	0.0190	0.28	65	73	29	176	31	753	0.9968	0.9962	1.0006	1.148226	0.29
1000	1000	13.14	0.0228	0.33	66	78	29	203	31	753	0.9968	0.9962	1.0006	1.148226	0.61
1500	1000	19.51	0.0282	0.41	70	84	29	251	31	753	0.9968	0.9962	1.0006	1.148226	2.65
2000	1000	25.23	0.0333	0.48	74	89	29	291	31	753	0.9968	0.9962	1.0006	1.148449	3.33
2500	1000	30.41	0.0401	0.58	79	96	29	342	31	753	0.9968	0.9962	1.0006	1.148226	3.79
FL	1000	32.55	0.0423	0.61	84	101	29	383	31	753	0.9968	0.9962	1.0006	1.148226	4.00

ตารางที่ ๖-8 แสดงข้อมูลจากการทดสอบและผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้ในน้ำมัน Alternative Diesel ที่ความเร็วรอบ 1,200 rev/min

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	Crtd T (Nm)	Power (kW)	Crtd Power (kW)	FC (cc/min)	density (kg/m ³)	m _i (kg/s)	Crtd m _i (kg/s)	sfc (g/kW.h)	STEC (MJ/kW.h)	h _i (%)	air Dp (mm H ₂ O)	air Dp (kPa)	m _s (kg/s)
0	1200	0.00	0.00	0.00	0.00	8.69	841.1	0.000122	0.000122	-	-	-	18	176.00	0.00970
500	1200	8.38	8.39	1.05	1.05	10.13	841.1	0.000142	0.000142	485.38	21.68	16.61	18	176.00	0.00970
1000	1200	11.17	11.17	1.40	1.40	12.25	841.1	0.000172	0.000172	440.62	19.68	18.29	17.9	175.02	0.00967
1500	1200	17.29	17.32	2.17	2.18	14.68	841.1	0.000206	0.000206	340.94	15.23	23.64	17.5	171.11	0.00957
2000	1200	21.78	21.82	2.74	2.74	17.27	841.1	0.000242	0.000242	318.29	14.22	25.33	17.4	170.13	0.00952
2500	1200	25.71	25.81	3.23	3.24	20.40	841.1	0.000286	0.000287	318.37	14.22	25.32	16.4	160.35	0.00924
3000	1200	29.30	29.41	3.68	3.70	22.95	841.1	0.000322	0.000323	314.44	14.04	25.64	16.4	160.35	0.00923
3500	1200	33.29	33.44	4.18	4.20	26.49	841.1	0.000371	0.000373	319.35	14.26	25.24	16.9	165.24	0.00938
FL	1200	35.62	35.78	4.48	4.50	28.41	841.1	0.000398	0.000400	320.04	14.29	25.19	16	156.44	0.00913

ตารางที่ ง-8 แสดงข้อมูลจากการทดสอบและผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน Alternative Diesel ที่ความเร็วรอบ 1,200 rev/min (ต่อ)

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	F/A	φ	Oil T. (°C)	W.T. (°C)	DB T. (°C)	Ex.T. (°C)	A.B.T. (°C)	atm.P. (mm Hg)	Correction Factor				den Air kg/m ³	smoke
											k	a	b			
0	1200	0.00	0.0126	0.18	62	71	28	142	31	753	1.0001	1.0001	1.0000	1.148226	0.12	
500	1200	8.38	0.0146	0.21	67	74	28	165	31	753	0.9994	0.9993	1.0001	1.148226	0.10	
1000	1200	11.17	0.0178	0.26	69	77	28	190	31	753	0.9994	0.9993	1.0001	1.148226	0.11	
1500	1200	17.29	0.0215	0.31	72	81	29	229	31	753	0.9984	0.9981	1.0003	1.148226	0.18	
2000	1200	21.78	0.0254	0.37	75	86	29	265	32	753	0.9984	0.9981	1.0003	1.144463	0.67	
2500	1200	25.71	0.0309	0.45	77	88	29	293	32	753	0.9968	0.9962	1.0006	1.144463	2.06	
3000	1200	29.30	0.0349	0.51	79	95	29	351	33	753	0.9968	0.9962	1.0006	1.140725	2.86	
3500	1200	33.29	0.0396	0.57	85	104	29	404	32	753	0.9961	0.9954	1.0007	1.143802	3.50	
FL	1200	35.62	0.0436	0.63	88	103	29	426	32	753	0.9961	0.9954	1.0007	1.144463	3.86	

ตารางที่ ๙-๑ แสดงข้อมูลจากการทดสอบและผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้ในน้ำมัน Alternative Diesel ที่ความเร็วรอบ 1,500 rev/min

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	Crtd T (Nm)	Power (kW)	Crtd Power (kW)	FC (cc/min)	density (kg/m ³)	m _i (kg/s)	Crtd m _i (kg/s)	sfc (g/kW.h)	STEC (MJ/kW.h)	h _i (%)	air Dp (mm H ₂ O)	air Dp (kPa)	m _s (kg/s)
0	1500	0.00	0.00	0.00	0.00	9.58	841.1	0.000134	0.0001347	-	-	-	20.3	198.48	0.01030
500	1500	6.88	6.91	1.08	1.09	10.93	841.1	0.000153	0.0001537	509.95	22.78	15.81	20.5	200.44	0.01030
1000	1500	8.88	8.92	1.40	1.40	12.83	841.1	0.00018	0.0001804	463.71	20.71	17.38	21	205.33	0.01050
1500	1500	13.81	13.87	2.17	2.18	15.74	841.1	0.000221	0.0002215	365.98	16.35	22.03	22.3	218.04	0.01080
2000	1500	17.41	17.51	2.74	2.75	17.84	841.1	0.00025	0.0002513	328.89	14.69	24.51	22.4	219.02	0.01080
2500	1500	20.66	20.80	3.25	3.27	19.88	841.1	0.000279	0.0002803	308.79	13.79	26.10	22.3	218.04	0.01080
3000	1500	24.72	24.89	3.88	3.91	22.93	841.1	0.000321	0.0003233	297.78	13.30	27.07	22.4	219.02	0.01080
3500	1500	28.13	28.32	4.42	4.45	25.48	841.1	0.000357	0.0003594	290.79	12.99	27.72	22.4	219.02	0.01080
4000	1500	31.59	31.81	4.96	5.00	28.19	841.1	0.000395	0.0003976	286.41	12.79	28.14	22.3	218.04	0.01080
4500	1500	34.48	34.72	5.42	5.45	31.37	841.1	0.00044	0.0004424	292.07	13.05	27.60	22.4	219.02	0.01080
FL	1500	39.68	39.95	6.23	6.28	38.40	841.1	0.000538	0.0005415	310.61	13.87	25.95	22	215.11	0.01070

ตารางที่ ง-9 แสดงข้อมูลจากการทดสอบและผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน Alternative Diesel ที่ความเร็วรอบ 1,500 rev/min (ต่อ)

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	F/A	ϕ	Oil T. (°C)	W.T. (°C)	DB T. (°C)	Ex.T. (°C)	A.B.T. (°C)	atm.P. (mm Hg)	Correction Factor			den Air kg/m ³	smoke
											k	a	b		
0	1500	0.00	0.0130	0.19	63	72	29	141	31	752.9	0.9966	0.9961	1.0006	1.146660	0.10
500	1500	6.88	0.0148	0.21	70	75	29	159	32	753	0.9968	0.9962	1.0006	1.146342	0.23
1000	1500	8.88	0.0172	0.25	74	79	29	179	32	753	0.9968	0.9962	1.0006	1.144463	0.51
1500	1500	13.81	0.0205	0.30	77	83	29.2	208	32	753	0.9961	0.9954	1.0007	1.144463	0.82
2000	1500	17.41	0.0231	0.34	81	90	29.5	232	32	753	0.9951	0.9943	1.0009	1.144463	1.11
2500	1500	20.66	0.0258	0.37	85	95	29.8	259	32	753	0.9941	0.9931	1.0010	1.144463	1.49
3000	1500	24.72	0.0298	0.43	87	96	29.8	294	32	753	0.9941	0.9931	1.0010	1.144463	1.83
3500	1500	28.13	0.0331	0.48	88	97	29.8	329	32	753	0.9941	0.9931	1.0010	1.144463	2.14
4000	1500	31.59	0.0367	0.53	90	100	29.8	367	32	753	0.9941	0.9931	1.0010	1.144463	2.42
4500	1500	34.48	0.0407	0.59	93	106	29.8	404	32	753	0.9941	0.9931	1.0010	1.145872	2.82
FL	1500	39.68	0.0502	0.73	96	109	29.8	468	31	753	0.9941	0.9931	1.0010	1.148226	3.78

ตารางที่ 3-10 แสดงข้อมูลจากการทดสอบและผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน Alternative Diesel ที่ความเร็วรอบ 1,800 rev/min

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	Crtd T (Nm)	Power (kW)	Crtd Power (kW)	FC (cc/min)	density (kg/m ³)	m _i (kg/s)	Crtd m _i (kg/s)	sfc (g/kW.h)	STEC (MJ/kW.h)	h _i (%)	air Dp (mm H ₂ O)	air Dp (kPa)	m _s (kg/s)
0	1800	0.00	0.00	0.00	0.00	12.59	841.1	0.000176	0.0001762	-	-	-	28	273.77	0.01210
500	1800	5.24	5.23	0.99	0.99	14.19	841.1	0.000199	0.0001986	725.69	32.41	11.11	28	273.77	0.01210
1000	1800	7.16	7.15	1.35	1.35	15.93	841.1	0.000223	0.0002231	596.05	26.62	13.52	28	273.77	0.01210
1500	1800	11.61	11.60	2.19	2.19	18.29	841.1	0.000256	0.0002562	421.91	18.84	19.11	28	273.77	0.01210
2000	1800	14.95	14.94	2.82	2.82	20.22	841.1	0.000283	0.0002834	362.18	16.18	22.26	28	273.77	0.01210
2500	1800	17.98	17.99	3.39	3.39	22.30	841.1	0.000313	0.0003127	331.92	14.83	24.29	28	273.77	0.01210
3000	1800	20.25	20.25	3.82	3.82	24.47	841.1	0.000343	0.0003431	323.50	14.45	24.92	28	273.77	0.01210
3500	1800	23.28	23.29	4.39	4.39	26.51	841.1	0.000372	0.0003717	304.79	13.61	26.45	27.9	272.79	0.01210
4000	1800	26.25	26.26	4.95	4.95	29.51	841.1	0.000414	0.0004137	300.87	13.44	26.79	27.9	272.79	0.01210
4500	1800	29.00	29.03	5.47	5.47	32.34	841.1	0.000453	0.0004538	298.48	13.33	27.01	27.9	272.79	0.01210
5000	1800	31.73	31.76	5.98	5.99	35.39	841.1	0.000496	0.0004966	298.60	13.34	27.00	27.9	272.79	0.01210
5500	1800	34.70	34.74	6.54	6.55	38.87	841.1	0.000545	0.0005454	299.85	13.39	26.88	27.8	271.82	0.01200
FL	1800	39.92	39.96	7.52	7.53	46.37	841.1	0.00065	0.0006506	310.96	13.89	25.92	27	263.99	0.01190

ตารางที่ ง-10 แสดงข้อมูลจากการทดสอบและผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน Alternative Diesel ที่ความเร็วรอบ 1,800 rev/min (ต่อ)

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	F/A	φ	Oil T. (°C)	W.T. (°C)	DB T. (°C)	Ex.T. (°C)	A.B.T. (°C)	atm.P. (mm Hg)	Correction Factor			den Air kg/m ³	smoke
											k	a	b		
0	1800	0.00	0.0146	0.21	66	75	28.5	162	31	755.25	1.0014	1.0017	0.9998	1.151657	0.19
500	1800	5.24	0.0164	0.24	75	78	28.5	176	32	755.25	1.0014	1.0017	0.9998	1.149767	0.31
1000	1800	7.16	0.0185	0.27	79	80	28.7	193	32	755.25	1.0007	1.0009	0.9999	1.147883	0.40
1500	1800	11.61	0.0212	0.31	82	83	28.7	216	32	755.25	1.0007	1.0009	0.9999	1.147883	0.48
2000	1800	14.95	0.0234	0.34	85	92	28.8	236	32	755.25	1.0004	1.0005	0.9999	1.147883	0.51
2500	1800	17.98	0.0258	0.37	89	96	29	259	32	755.25	0.9997	0.9997	1.0000	1.147092	0.77
3000	1800	20.25	0.0284	0.41	91	96	29	279	32	755.25	0.9997	0.9997	1.0000	1.147883	0.81
3500	1800	23.28	0.0308	0.45	93	97	29	302	33	755.25	0.9997	0.9997	1.0000	1.145537	0.69
4000	1800	26.25	0.0343	0.50	94	99	29	331	33	755.25	0.9997	0.9997	1.0000	1.144573	0.76
4500	1800	29.00	0.0375	0.54	95	101	29.2	356	32	755.25	0.9991	0.9989	1.0002	1.147382	0.76
5000	1800	31.73	0.0411	0.60	96	104	29.2	391	33	755.25	0.9991	0.9989	1.0002	1.145709	1.13
5500	1800	34.70	0.0453	0.66	98	107	29.2	432	33	755.25	0.9991	0.9989	1.0002	1.144133	1.30
FL	1800	39.92	0.0548	0.79	100	107	29.2	478	33	755.25	0.9991	0.9989	1.0002	1.144133	2.05

ตารางที่ ง-11 แสดงข้อมูลจากการทดสอบและผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน Alternative Diesel ที่ความเร็วรอบ 2,000 rev/min

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	Crtd T (Nm)	Power (kW)	Crtd Power (kW)	FC (cc/min)	density (kg/m ³)	m _i (kg/s)	Crtd m _i (kg/s)	sfc (g/kw.h)	STEC (MJ/kw.h)	h _i (%)	air Dp (mm H ₂ O)	air Dp (kPa)	m _s (kg/s)
0	2000	0.00	0.00	0.00	0.00	14.64	841.1	0.000205	0.000206	-	-	-	30.5	298.22	0.01260
500	2000	4.98	4.99	1.04	1.05	15.74	841.1	0.000221	0.000221	760.62	33.97	10.60	31	303.10	0.01280
1000	2000	6.52	6.53	1.37	1.37	16.55	841.1	0.000232	0.000232	611.65	27.32	13.18	31	303.10	0.01280
1500	2000	10.06	10.08	2.11	2.11	18.88	841.1	0.000265	0.000265	452.27	20.20	17.82	33	322.66	0.01320
2000	2000	13.11	13.15	2.75	2.75	20.71	841.1	0.000290	0.000291	380.46	16.99	21.19	34	332.44	0.01340
2500	2000	15.42	15.47	3.23	3.24	22.90	841.1	0.000321	0.000322	357.70	15.98	22.54	33	322.66	0.01320
3000	2000	18.14	18.18	3.80	3.81	24.76	841.1	0.000347	0.000348	328.78	14.68	24.52	33	322.66	0.01320
3500	2000	21.10	21.16	4.42	4.43	28.05	841.1	0.000393	0.000394	320.12	14.30	25.18	33	322.66	0.01320
4000	2000	23.63	23.70	4.95	4.96	30.71	841.1	0.000431	0.000432	313.08	13.98	25.75	37	361.77	0.01390
4500	2000	26.69	26.77	5.59	5.61	34.08	841.1	0.000478	0.000479	307.50	13.73	26.21	36	351.99	0.01370
5000	2000	29.08	29.13	6.09	6.10	36.96	841.1	0.000518	0.000519	306.14	13.67	26.33	36	351.99	0.01370
5500	2000	32.02	32.08	6.71	6.72	40.37	841.1	0.000566	0.000567	303.70	13.56	26.54	36.9	360.79	0.01390
6000	2000	34.96	35.02	7.32	7.33	45.05	841.1	0.000631	0.000633	310.42	13.86	25.97	36.6	357.86	0.01390
FL	2000	36.02	36.08	7.54	7.56	47.74	841.1	0.000669	0.000670	319.31	14.26	25.24	21	205.33	0.01050

ตารางที่ ง-11 แสดงข้อมูลจากการทดสอบและผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน Alternative Diesel ที่ความเร็วรอบ 2,000 rev/min (ต่อ)

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	F/A	φ	Oil T. (°C)	W.T. (°C)	DB T. (°C)	Ex.T. (°C)	A.B.T. (°C)	atm.P. (mm Hg)	Correction Factor				den Air kg/m ³	smoke
											k	a	b			
0	2000	0.00	0.0162	0.24	66	75	28.5	174	30	752.85	0.9982	0.9979	1.0003	1.151785	0.13	
500	2000	4.98	0.0173	0.25	78	80	28.5	187	29	752.85	0.9982	0.9979	1.0003	1.154006	0.29	
1000	2000	6.52	0.0182	0.26	84	81	28.5	201	29	753	0.9984	0.9981	1.0003	1.155827	0.39	
1500	2000	10.06	0.0201	0.29	87	85	28.5	223	29	753	0.9984	0.9981	1.0003	1.155827	0.49	
2000	2000	13.11	0.0217	0.31	88	88	28.8	236	29	753	0.9974	0.9970	1.0005	1.155827	0.62	
2500	2000	15.42	0.0244	0.35	92	92	28.8	256	29	753	0.9974	0.9970	1.0005	1.155827	0.81	
3000	2000	18.14	0.0263	0.38	94	93	28.5	271	29	753	0.9984	0.9981	1.0003	1.155827	0.87	
3500	2000	21.10	0.0299	0.43	94	94	28.8	298	30	753	0.9974	0.9970	1.0005	1.153600	0.95	
4000	2000	23.63	0.0309	0.45	96	96	28.8	316	30	753	0.9974	0.9970	1.0005	1.152014	1.04	
4500	2000	26.69	0.0348	0.50	98	101	28.8	343	30	753	0.9974	0.9970	1.0005	1.152014	1.08	
5000	2000	29.08	0.0377	0.55	99	104	28.5	371	30	753	0.9984	0.9981	1.0003	1.152014	1.18	
5500	2000	32.02	0.0407	0.59	101	106	28.5	396	30	753	0.9984	0.9981	1.0003	1.152014	1.55	
6000	2000	34.96	0.0456	0.66	102	107	28.5	442	30	753	0.9984	0.9981	1.0003	1.152307	1.68	
FL	2000	36.02	0.0638	0.92	103	108	28.5	471	30	753	0.9984	0.9981	1.0003	1.152014	1.83	

ตารางที่ ง-12 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน Alternative Diesel ที่ความเร็วรอบ 2,400 rev/min

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	Crtd T (Nm)	Power (kW)	Crtd Power (kW)	FC (cc/min)	density (kg/m ³)	m _i (kg/s)	Crtd m _i (kg/s)	sfc (g/kW.h)	STEC (MJ/kW.h)	h _i (%)	air Dp (mm H ₂ O)	air Dp (kPa)	m _s (kg/s)
0	2400	0.00	0.00	0.00	0.00	17.05	841.1	0.000239	0.0002402	-	-	-	48.2	471.28	0.01590
500	2400	4.44	4.47	1.12	1.12	18.96	841.1	0.000266	0.0002672	855.90	38.23	9.42	49.4	483.01	0.01610
1000	2400	5.82	5.85	1.46	1.47	20.49	841.1	0.000287	0.0002888	706.77	31.57	11.41	49.4	483.01	0.01610
1500	2400	8.77	8.83	2.20	2.22	22.54	841.1	0.000316	0.0003176	515.49	23.02	15.64	49.4	483.01	0.01610
2000	2400	11.22	11.28	2.82	2.84	24.23	841.1	0.00034	0.0003414	433.36	19.36	18.60	49	479.10	0.01600
2500	2400	13.40	13.48	3.37	3.39	26.52	841.1	0.000372	0.0003737	396.95	17.73	20.31	49.2	481.06	0.01600
3000	2400	15.28	15.37	3.84	3.86	28.05	841.1	0.000393	0.0003953	368.32	16.45	21.89	47.8	467.37	0.01580
3500	2400	17.63	17.74	4.43	4.46	31.23	841.1	0.000438	0.0004401	355.32	15.87	22.69	47.8	467.37	0.01580
4000	2400	19.93	20.05	5.01	5.04	33.39	841.1	0.000468	0.0004705	336.16	15.01	23.98	48.8	477.15	0.01600
4500	2400	22.20	22.34	5.58	5.61	36.51	841.1	0.000512	0.0005145	329.89	14.73	24.43	48.5	474.21	0.01600
5000	2400	24.07	24.22	6.05	6.09	39.30	841.1	0.000551	0.0005538	327.48	14.63	24.61	48.5	474.21	0.01600
5500	2400	26.66	26.74	6.70	6.72	43.09	841.1	0.000604	0.0006056	324.40	14.49	24.85	48.5	474.21	0.01600
6000	2400	29.24	29.32	7.35	7.37	46.78	841.1	0.000656	0.0006574	321.12	14.34	25.10	48.25	471.77	0.01600
6500	2400	31.62	31.71	7.95	7.97	49.90	841.1	0.0007	0.0007013	316.78	14.15	25.45	48.8	477.15	0.01610
FL	2400	33.39	33.50	8.39	8.42	53.26	841.1	0.000747	0.0007485	320.07	14.30	25.18	48	469.32	0.01590

ตารางที่ ง-12 แสดงข้อมูลจากการทดสอบและผลการคำนวณจากเครื่องยอนดีที่ใช้ น้ำมัน Alternative Diesel ที่ความเร็วรอบ 2,400 rev/min (ต่อ)

LOAD (N)	Speed (rpm)	T (Nm)	F/A	ϕ	Oil T. (°C)	W.T. (°C)	DB T. (°C)	Ex.T. (°C)	A.B.T. (°C)	atm.P. (mm Hg)	Correction Factor				den Air kg/m ³	smoke
											k	a	b			
0	2400	0.00	0.0150	0.22	81	84	28.8	191	30	751	0.9948	0.9939	1.0009	1.148955	0.06	
500	2400	4.44	0.0165	0.24	90	87	28.8	206	30	751	0.9948	0.9939	1.0009	1.148955	0.09	
1000	2400	5.82	0.0179	0.26	93	88	28.8	219	30	751	0.9948	0.9939	1.0009	1.148955	0.17	
1500	2400	8.77	0.0197	0.28	96	91	28.8	234	30	751	0.9948	0.9939	1.0009	1.148955	0.25	
2000	2400	11.22	0.0212	0.31	96	92	28.8	253	30	751	0.9948	0.9939	1.0009	1.148955	0.27	
2500	2400	13.40	0.0232	0.34	98	94	28.8	267	30	751	0.9948	0.9939	1.0009	1.149553	0.27	
3000	2400	15.28	0.0249	0.36	99	96	28.8	282	30	751	0.9948	0.9939	1.0009	1.149429	0.25	
3500	2400	17.63	0.0277	0.40	101	98	28.8	300	30	751	0.9948	0.9939	1.0009	1.150581	0.31	
4000	2400	19.93	0.0293	0.42	102	100	28.8	319	30	751	0.9948	0.9939	1.0009	1.149903	0.34	
4500	2400	22.20	0.0321	0.46	102	101	28.8	339	29	751	0.9948	0.9939	1.0009	1.152757	0.45	
5000	2400	24.07	0.0344	0.50	103	101	28.8	355	28	751	0.9948	0.9939	1.0009	1.157984	0.71	
5500	2400	26.66	0.0377	0.55	104	102	28	377	27	751	0.9974	0.9970	1.0005	1.160439	0.77	
6000	2400	29.24	0.0410	0.59	104	102	28	403	27	751	0.9974	0.9970	1.0005	1.161407	1.30	
6500	2400	31.62	0.0436	0.63	105	105	28	435	27	751	0.9974	0.9970	1.0005	1.160791	1.41	
FL	2400	33.39	0.0469	0.68	105	107	28	468	27	751	0.9974	0.9970	1.0005	1.160439	1.87	

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายจักร์กฤษ ตั้งรัตนโสภณ เกิดเมื่อวันที่ 24 เดือน สิงหาคม พุทธศักราช 2523 ที่โรงพยาบาลกรุงเทพคริสเตียน จังหวัดกรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2544 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2546