มอร. 200-0001-0966

การคำนวณค่ากำลังของเครื่องยนต์ที่ทำงานในสภาวะที่แตกต่าง
จากสภาวะที่อ้างอิงโดยผู้ผลิต

มาตรฐานงานช่างกรมอู่ทหารเรือ

มอร. 200-0001-0966

การคำนวณค่ากำลังของเครื่องยนต์ที่ทำงานในสภาวะที่แตกต่างจากสภาวะที่อ้างอิงโดยผู้ผลิต

แก้ไขครั้งที่ ..... เมื่อ .....

แก้ไขครั้งที่ ..... เมื่อ .....

แก้ไขครั้งที่ ..... เมื่อ .....

ประกาศกรมอู่ทหารเรือ
เรื่อง กำหนดมาตรฐานงานช่างกรมอู่ทหารเรือ
พ.ศ.๒๕๖๖

อาศัยอำนาจความในข้อ ๗.๓ และข้อ ๑๒ แห่งระเบียบกรมอู่ทหารเรือว่าด้วยมาตรฐานงานช่าง พ.ศ. ๒๕๕๑ เจ้ากรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ จึงกำหนดมาตรฐานงานช่าง กรมอู่ทหารเรือ หมายเลข มอร. ๒๐๐-๐๐๐๑-๐๙๖๖ การคำนวณค่ากำลังของเครื่องยนต์ที่ทำงานในสภาวะที่แตกต่างจากสภาวะที่อ้างอิง โดยผู้ผลิต ไว้ดังรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ ๒๗ กันยายน พ.ศ.๒๕๖๖

พลเรือตรี
(กริช ขันธอุบล)
เจ้ากรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

รายการแก้ไข

หมายเลขหน้า การแก้ไขครั้งที่

บันทึกการแก้ไข

วัน เดือน ปี	รายการแก้ไข

มอร. 200-0001-0966
การคำนวณค่ากำลังของเครื่องยนต์ที่ทำงานในสภาวะที่แตกต่างจากสภาวะที่อ้างอิงโดยผู้ผลิต

1. เอกสารอ้างอิงและคำแนะนำทางช่างที่อ้างถึง

ข้อกำหนดต่าง ๆ ในมาตรฐานฉบับนี้ อ้างอิงมาจากมาตรฐานในปัจจุบัน ซึ่งอาจมีการแก้ไขปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอในอนาคต ดังนั้น ผู้ที่ใช้มาตรฐานฉบับนี้ควรตรวจสอบมาตรฐานอ้างอิงที่มีความทันสมัยในขณะนั้นประกอบการพิจารณาประกอบด้วย

ISO 3046-1 Reciprocating internal combustion engines – Performance – Part 1: Declarations of power, fuel and lubricating oil consumptions, and test methods – Additional requirements for engines for general use

2. การแจกจ่าย

ดูหน้าการแจกจ่ายท้ายเล่ม

3. ความมุ่งหมาย

เพื่อเป็นแนวทางในการคำนวณกำลังของเครื่องยนต์ที่ทำงานในสภาพแวดล้อมอื่นที่แตกต่างจากสภาพแวดล้อมมาตรฐาน (298 K และ 100 kPa) หรือสภาวะที่อ้างอิงโดยผู้ผลิต

4. ขอบเขต

มาตรฐานนี้อธิบายวิธีการการคำนวณกำลังของเครื่องยนต์ที่ทำงานในสภาพแวดล้อมอื่นที่แตกต่างจากสภาพแวดล้อมมาตรฐาน (298 K และ 100 kPa) หรือสภาวะที่อ้างอิงโดยผู้ผลิต ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณสามารถนำไปใช้การประมาณกำลังและอัตราสิ้นเปลืองของเครื่องยนต์ในสภาวะแวดล้อมที่ใช้งานจริง รวมถึงการประเมินกำลังและอัตราสิ้นเปลืองของเครื่องยนต์ภายหลังการซ่อมบำรุง

5. ขั้นตอนการการคำนวณค่ากำลังและความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

5.1 การตรวจสอบข้อมูลก่อนการคำนวณ

ตรวจสอบข้อมูลจากผู้ผลิตว่าได้มีการกำหนดและให้ข้อมูลเกี่ยวกับกำลังและความสิ้นเปลืองของเครื่องยนต์ที่ทำงานในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างจากสภาพแวดล้อมมาตรฐาน หรือสภาวะที่ทางผู้ผลิตใช้ในการอ้างอิงไว้แล้วหรือไม่ ทั้งนี้ หากมีข้อมูลข้างต้นกำหนดอยู่ก่อนแล้วให้ใช้ข้อมูลตามที่ผู้ผลิตได้กำหนดไว้ กรณีที่ไม่ได้มีการกำหนดไว้ให้ใช้การคำนวณตามมาตรฐานนี้

5.2 การใช้สมการในการคำนวณ

สมการที่ (1) ใช้สำหรับคำนวณกำลังของเครื่องยนต์ที่ทำงานในสภาวะที่แตกต่างจากสภาวะมาตรฐานหรือสภาวะที่อ้างอิงโดยผู้ผลิตกับสภาวะที่ทำการทดสอบ

$$P_x = \propto P_r \qquad (1)$$

โดยตัวแปรในสมการที่ (1) มีความหมายดังนี้

P_x กำลังของเครื่องยนต์ (Power) ที่สภาวะที่ต้องการทราบค่า (kW)

P_r กำลังของเครื่องยนต์ (Power) ที่สภาวะมาตรฐาน (Standard Reference Conditions) โดยที่สภาวะนี้อุณหภูมิและความกดอากาศมีค่า 298 K และ 100 kPa ตามลำดับ (kW)

$\propto$ ค่าแก้สำหรับเครื่องยนต์ที่ทำงานในภาวะที่แตกต่างจากสภาวะมาตรฐาน (Power Adjustment Factor)

การคำนวณตามสมการที่ (1) จำเป็นต้องใช้ค่าแก้สำหรับเครื่องยนต์ที่ทำงานในภาวะที่แตกต่างจากสภาวะมาตรฐาน (Power Adjustment Factor, $\propto$) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$\propto = k - 0.7(1-k)\left(\frac{1}{\eta_m} - 1\right) \quad (2)$$

โดยตัวแปรในสมการที่ (2) มีความหมายดังนี้

k สัดส่วนของตัวบ่งชี้กำลัง (Ratio of Indicated Power)

η_m ประสิทธิภาพทางกล (Mechanical Efficiency)

ค่าสัดส่วนของตัวบ่งชี้กำลัง (Ratio of Indicated Power, k) ในสมการที่ (2) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3)

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

โดยตัวแปรในสมการที่ (3) มีความหมายดังนี้

p_x ความกดอากาศ (Absolute Pressure, kPa) ณ สภาวะที่ต้องการทราบค่า

p_r ความกดอากาศ (Absolute Pressure, kPa) ณ สภาวะมาตรฐาน 298 K และ 100 kPa

$\emptyset_x$ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Relative Humidity, %) ณ สภาวะที่ต้องการทราบค่า

$\emptyset_r$ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Relative Humidity, %) ณ สภาวะมาตรฐาน 298 K และ 100 kPa

p_{sx} ความดันไอน้ำในบรรยากาศ (Water Vapor Pressure, kPa) ณ สภาวะที่ต้องการทราบค่า

p_{sr} ความดันไอน้ำในบรรยากาศ (Water Vapor Pressure, kPa) ณ สภาวะมาตรฐาน 298 K และ 100 kPa

T_x อุณหภูมิ (Temperature, K) ณ สภาวะที่ต้องการทราบค่า

T_r อุณหภูมิ (Temperature, K) ณ สภาวะมาตรฐาน 298 K และ 100 kPa

T_{cx} อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นอากาศดีเข้าเครื่อง (Charge Air Coolant Temperature, K) ณ สภาวะที่ต้องการทราบค่า

T_{cr} อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นอากาศดีเข้าเครื่อง (Charge air Coolant Temperature, K) ณ สภาวะมาตรฐาน (298 K และ 100 kPa)

a ค่าสัมประสิทธิ์จากแบบของเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบ

m, n และ s ค่าสัมประสิทธิ์จากแบบของเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบ

ในสมการที่ (3) ตัวแปร a, m, n และ s สามารถหาได้จากตารางที่ 1 โดยใช้ข้อมูลของเครื่องยนต์ ในขณะที่เทอม $\emptyset_x p_{sx}$ และ $\emptyset_r p_{sr}$ สามารถหาค่าได้จากตารางที่ 2 โดยใช้ค่าของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาวะที่ต้องการทราบค่า และสภาวะมาตรฐานตามลำดับ (ตัวอย่างการใช้ตารางแสดงในตัวอย่างที่ 1)

ทั้งนี้ การใช้งานสมการที่ (3) ในการคำนวณให้พิจารณาข้อมูลจากผู้ผลิต โดยในกรณีที่ผู้ผลิตไม่ได้ระบุข้อมูลเกี่ยวกับขีดจำกัดการทำงานของเทอร์โบชาร์จ (Turbocharge) หรือระบุว่าเทอร์โบชาร์จ (Turbocharge) ทำงานถึงขีดจำกัดที่สภาวะอ้างอิง ให้ใช้สมการที่ (3) ในการคำนวณ แต่ถ้าหากมีการระบุโดยผู้ผลิตว่าเทอร์โบชาร์จ (Turbocharge) ทำงานยังไม่ถึงขีดจำกัดที่สภาวะอ้างอิง ให้แทนที่ค่าความกดอากาศที่สภาวะมาตรฐาน (p_r) ในสมการที่ (3) ด้วยค่าความกดอากาศที่สภาวะอ้างอิงที่ใช้แทนสภาวะมาตรฐาน (p_{ra}) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4)

$$p_{ra} = p_r \left(\frac{\pi_r}{\pi_{r,max}} \right) \quad (4)$$

โดยตัวแปรในสมการที่ (4) มีความหมายดังนี้

p_{ra} ความกดอากาศ (absolute pressure, kPa) ณ สภาวะอ้างอิงที่ใช้แทนสภาวะมาตรฐาน (Substitute Reference Conditions)

p_r ความกดอากาศ (Absolute Pressure, kPa) ณ สภาวะมาตรฐาน 298 K และ 100 kPa

π_r ค่าสัดส่วนแรงดันเสริม (boost pressure ratio) ณ สภาวะมาตรฐาน (298 K และ 100 kPa)

$\pi_{r,max}$ ค่าสัดส่วนแรงดันเสริม (boost pressure ratio) ที่มากที่สุดที่เทอร์โบชาร์จสามารถรองรับได้

5. <u>ตารางสำหรับการคำนวณ</u>

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ a, m, n และ s ของเครื่องยนต์แต่ละประเภท

ประเภทเครื่องยนต์	รูปแบบ		ตัวแปร	เลขยกกำลัง		
				m	n	s
เครื่องยนต์ดีเซล	ไม่มีเทอร์โบชาร์จ (Non-turbocharged)	ขีดจำกัดกำลังของเครื่องขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศดีที่ถูกส่งเข้าห้องเผาไหม้	1	1	0.75	0
		ขีดจำกัดกำลังของเครื่องไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศดีที่ถูกส่งเข้าห้องเผาไหม้	0	1	1	0
	มีเทอร์โบชาร์จแต่ไม่มีการระบายความร้อนด้วยชาร์จแอร์ (Turbocharged without charge air cooling)	เครื่องแบบ 4 จังหวะ ความเร็วต่ำและปานกลาง (Low and medium speed four-stroke engines)	0	0.7	2	0
	มีเทอร์โบชาร์จและการระบายความร้อนด้วยชาร์จแอร์ (Turbocharged with charge air cooling)	เครื่องแบบ 4 จังหวะ ความเร็วต่ำและปานกลาง (Low and medium speed four-stroke engines)	0	0.7	1.2	1
		เครื่องแบบ 4 จังหวะ ความเร็วต่ำ (Low speed two stroke)	0	nr	nr	nr
เครื่องยนต์เบนซิน	ไม่มีเทอร์โบชาร์จ (Non-turbocharged)	เครื่องแบบ 4 จังหวะ ความเร็วสูง	1	0.86	0.55	0
*** nr หมายถึง ให้ใช้ค่าตามที่ผู้ผลิตกำหนด ***						

ตารางที่ 2 ค่าความดันไอ ($\emptyset_x p_{sx}$ หรือ $\emptyset_r p_{sr}$) ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ

T_x (°C)	Relative humidity ($\emptyset_x$) %								
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
-10	0.30	0.27	0.24	0.21	0.18	0.15	0.12	0.09	0.06
-9	0.30	0.29	0.26	0.23	0.20	0.16	0.13	0.10	0.07
-2	0.35	0.32	0.28	0.25	0.21	0.18	0.14	0.11	0.07
-7	0.38	0.34	0.30	0.27	0.23	0.19	0.15	0.11	0.08
-6	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.12	0.08
-5	0.43	0.39	0.35	0.30	0.26	0.22	0.17	0.13	0.09
-4	0.46	0.41	0.37	0.32	0.28	0.23	0.18	0.14	0.09
-3	0.49	0.44	0.39	0.34	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
-2	0.53	0.47	0.42	0.37	0.32	0.26	0.21	0.16	0.10
-1	0.50	0.50	0.45	0.39	0.34	0.28	0.22	0.17	0.11
0	0.60	0.54	0.48	0.42	0.36	0.30	0.24	0.18	0.12
1	0.60	0.58	0.51	0.45	0.39	0.32	0.26	0.19	0.13
2	0.69	0.62	0.55	0.48	0.41	0.34	0.28	0.21	0.14
3	0.74	0.66	0.59	0.52	0.44	0.37	0.30	0.22	0.15
4	0.79	0.71	0.63	0.55	0.47	0.40	0.32	0.24	0.16
5	0.85	0.76	0.68	0.59	0.51	0.42	0.34	0.2	0.17
6	0.91	0.82	0.73	0.64	0.55	0.46	0.36	0.27	0.18
7	0.98	0.88	0.78	0.68	0.59	0.49	0.39	0.29	0.20
8	1.05	0.94	0.84	0.73	0.63	0.52	0.42	0.31	0.21
9	1.12	1.01	0.90	0.78	0.67	0.56	0.45	0.34	0.22
10	1.20	1.08	0.96	0.84	0.72	0.60	0.48	0.36	0.24
11	1.28	1.16	1.03	0.90	0.77	0.64	0.51	0.49	0.26
12	1.37	1.24	1.10	0.96	0.82	0.69	0.55	0.41	0.27
13	1.47	1.32	1.17	1.03	0.88	0.73	0.59	0.44	0.29
14	1.57	1.41	1.25	1.10	0.94	0.78	0.63	0.47	0.31
15	1.67	1.51	1.34	1.17	1.00	0.84	0.67	0.50	0.33
16	1.79	1.61	1.43	1.25	1.07	0.89	0.71	0.54	0.36
17	1.90	1.71	1.52	1.33	1.14	0.95	0.76	0.57	0.38
18	2.03	1.83	1.62	1.42	1.22	1.01	0.81	0.61	0.41
19	2.16	1.94	1.73	1.51	1.30	1.08	0.86	0.65	0.43
20	2.30	2.07	1.84	1.61	1.38	1.15	0.92	0.69	0.46
21	2.45	2.20	1.96	1.71	1.47	1.22	0.98	0.73	0.49
22	2.60	2.34	2.08	1.82	1.56	1.30	1.04	0.78	0.52
23	2.77	2.49	2.21	1.94	1.66	1.38	1.11	0.83	0.55
24	2.94	2.65	2.35	2.06	1.76	1.47	1.18	0.88	0.59
25	3.12	2.81	2.50	2.19	1.87	1.56	1.25	0.94	0.62
26	3.32	2.98	2.65	2.32	1.99	1.66	1.33	0.99	0.66
27	3.52	3.17	2.82	2.46	2.11	1.76	1.41	1.06	0.70
28	3.73	3.36	2.99	2.61	2.24	1.87	1.49	1.12	0.75
29	3.96	3.56	3.17	2.77	2.38	1.98	1.58	1.19	0.79
30	4.20	3.78	3.36	2.94	2.52	2.10	1.68	1.26	0.84

ตารางที่ 2 (ต่อ) ค่าความดันไอ ($\emptyset_x p_{sx}$ หรือ $\emptyset_r p_{sr}$) ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ

T_x (°C)	Relative humidity ($\emptyset_x$) %								
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
31	4.45	4.01	3.56	3.12	2.67	2.23	1.78	1.34	0.89
32	4.72	4.25	3.78	3.30	2.83	2.36	1.89	1.42	0.94
33	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00
34	5.29	4.76	4.24	3.71	3.18	2.65	2.12	1.59	1.06
35	5.60	5.04	4.48	3.92	3.36	2.80	2.24	1.68	1.12
36	5.93	5.34	4.74	4.15	3.56	2.97	2.37	1.78	1.19
37	6.27	5.64	5.02	4.39	3.76	3.14	2.51	1.88	1.25
38	6.63	5.97	5.30	4.64	3.98	3.32	2.65	1.99	1.33
39	7.01	6.31	5.61	4.90	4.20	3.50	2.80	2.10	1.40
40	7.40	6.66	5.92	5.18	4.44	3.70	2.96	2.22	1.48
41	7.81	7.03	6.25	5.47	4.69	3.91	3.12	2.34	1.56
42	8.24	7.42	6.59	5.77	4.94	4.12	3.30	2.47	1.65
43	8.69	7.82	6.95	6.08	5.21	4.34	3.47	2.61	1.74
44	9.15	8.24	7.32	6.41	5.49	4.58	3.66	2.75	1.86
45	9.63	8.67	7.71	6.74	5.78	4.82	3.85	2.89	1.93
46	10.13	9.12	8.11	7.09	6.08	5.07	4.05	3.04	2.03
47	10.65	9.58	8.52	7.45	6.39	5.33	4.26	3.20	2.13
48	11.18	10.07	8.95	7.83	6.71	5.59	4.47	3.36	2.24
49	11.73	10.56	9.39	8.21	7.04	5.87	4.69	3.52	2.35
50	12.30	11.07	9.84	8.61	7.38	6.15	4.92	3.69	2.46

ตารางที่ 3 ค่าสัดส่วนความกดอากาศ ($\frac{\rho_x - \alpha \emptyset x \rho_{sx}}{\rho_r - \alpha \emptyset_r \rho_{sr}}$) ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความดันไอ และความกดอากาศ ต่าง ๆ

Altitude (m)	Total barometric pressure ρ_x (kPa)	Water Vapor pressure $\emptyset_x \rho_{sx}(kPa)$													
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	101.3	1.02	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89
100	100.0	1.01	1.00	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87
200	98.9	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86
400	96.9	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.94	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84
600	94.4	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.92	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82
800	92.1	0.93	0.92	0.91	0.90	0.88	0.90	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79
1,000	89.9	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.87	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77
1,200	84.7	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.85	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75
1,400	85.6	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.83	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73
1,600	83	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.81	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71
1,800	5	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.79	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69
2,000	81.5	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67
2,200	79.5	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65
2,400	77.6	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63
2,600	75.6	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61
2,800	73.7	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59
3,000	71.9	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57
3,200	68.4	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.58	0.57	0.56	0.55
3,400	66.7	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54
3,600	64.9	0.65	0.64	063	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52
3,800	63.2	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50
4,000	61.5	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.48
4,200	60.1	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47
4,400	58.5	0.89	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.48	0.47	0.46	0.45
4,600	56.9	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44
4,800	55.3	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42
5,000	54.1	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41

6. ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างที่ 1 เครื่องยนต์ดีเซลแบบไม่มีเทอร์โบชาร์จมีขีดจำกัดทางด้านกำลังของเครื่องยนต์อันเนื่องมาจากปริมาณอากาศดีเข้าเครื่องไม่เพียงพอที่สภาวะมาตรฐาน โดยที่สภาวะดังกล่าวเครื่องมีกำลัง 500 kW เครื่องยนต์นี้มีประสิทธิภาพทางกล 85% เครื่องยนต์นี้ควรกำลังเมื่อทำงานที่อุณหภูมิ 45 °c ความกดอากาศ 87 kPa และความชื้นสัมพัทธ์ 80%

จากข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้มา ค่าของตัวแปรสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าของตัวแปรต่าง ๆ จากตัวอย่างที่ 1

สภาวะอ้างอิงตามมาตรฐาน	สภาวะที่ต้องการทราบค่า
$p_r = 100\ kPa$	$p_x = 87\ kPa$
$T_r = 298\ K\ (25°c)$	$T_x = 318\ K\ (45°c)$
$\emptyset_r = 0.3$	$\emptyset_x = 0.8$

การคำนวณเริ่มโดยการเปรียบเทียบข้อมูลของเครื่องยนต์จากข้อมูลที่ให้มากับข้อมูลในตารางที่ 1 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ a, m, n และ s ตามรูปที่ 1 โดยค่าที่ได้จากการตารางคือ $a = 1, m = 1, n = 0.75,$ และ $s = 0$

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ a, m, n และ s ของเครื่องยนต์แต่ละประเภท

ประเภทเครื่องยนต์	รูปแบบ		Factor a	Exponents m	n	s
เครื่องยนต์ดีเซล	ไม่มีเทอร์โบชาร์จ (Non-turbocharged)	ขีดจำกัดกำลังของเครื่องขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศดีที่ถูกส่งเข้าห้องเผาไหม้	1	1	0.75	0
		ขีดจำกัดกำลังของเครื่องไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศดีที่ถูกส่งเข้าห้องเผาไหม้	0	1	1	0
	มีเทอร์โบชาร์จแต่ไม่มีการระบายความร้อนด้วยชาร์จแอร์ (Turbocharged without charge air cooling)	เครื่องแบบ 4 จังหวะ ความเร็วต่ำและปานกลาง (Low and medium speed four-stroke engines)	0	0.7	2	0
	มีเทอร์โบชาร์จและการระบายความร้อนด้วยชาร์จแอร์ (Turbocharged with charge air cooling)	เครื่องแบบ 4 จังหวะ ความเร็วต่ำและปานกลาง (Low and medium speed four-stroke engines)	0	0.7	1.2	1
		(เครื่องแบบ 4 จังหวะ ความเร็วต่ำ) Low speed two stroke	0	nr	nr	nr
เครื่องยนต์เบนซิน	ไม่มีเทอร์โบชาร์จ (Non-turbocharged)	เครื่องแบบ 4 จังหวะ ความเร็วสูง	1	0.86	0.55	0
*** nr หมายถึงให้ใช้ค่าตามที่ผู้ผลิตกำหนด ***						

รูปที่ 1 การใช้ตารางสัมประสิทธิ์ (ตารางที่ 1) ในการแก้ปัญหาของตัวอย่างที่ 1

เนื่องจากเครื่องยนต์เป็นแบบไม่มีเทอร์โบชาร์จ (Turbocharge) ค่าความกดอากาศที่สภาวะมาตรฐาน (p_r) สามารถใช้ในการคำนวณได้ตรง แทนค่าสัมประสิทธิ์ a, m, n และ s ในสมการที่ (3) จะทำให้สมการนี้ลดรูปลง ดังนี้

$$k = \left(\frac{p_x - 1 \times \emptyset_x p_{sx}}{p_r - 1 \times \emptyset_r p_{sr}}\right)^1 \left(\frac{T_r}{T_x}\right)^{0.75} \left(\frac{T_{cr}}{T_{cx}}\right)^0$$

$$= \left(\frac{p_x - \emptyset_x p_{sx}}{p_r - \emptyset_r p_{sr}}\right) \left(\frac{T_r}{T_x}\right)^{0.75}$$

ทั้งนี้จะพบว่าตัวแปรที่ต้องใช้ในการคำนวณมีจำนวนลดลง ค่าของ $\emptyset_x p_{sx}$ สามารถค้นหาและเปรียบเทียบได้จากตารางที่ 2 ตามรูปที่ 2 และ 3 โดยใช้ค่าของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่สภาวะที่ต้องการทราบกำลังเครื่องยนต์ $T_x = 45°c$ และ $\emptyset_x = 0.8$ วิธีการเดียวกันนี้สามารถใช้ในการหาค่า $\emptyset_r p_{sr}$ ที่สภาวะมาตรฐานค่าโดยเปลี่ยนข้อมูลที่ใช้สำหรับค้นหาและเปรียบเทียบเป็นข้อมูลที่สภาวะมาตรฐาน ($T_r = 298\ K\ (20\ °C)$, $\emptyset_r = 0.3$)

ตารางที่ 2 (ต่อ) ค่าความดันไอ ($\emptyset_x p_{sx}$ หรือ $\emptyset_r p_{sr}$) ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ

T_x (°C)	Relative humidity ($\emptyset_x$) %								
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
31	4.45	4.01	3.56	3.12	2.67	2.23	1.78	1.34	0.89
32	4.72	4.25	3.78	3.30	2.83	2.36	1.89	1.42	0.94
33	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00
34	5.29	4.76	4.24	3.71	3.18	2.65	2.12	1.59	1.06
35	5.60	5.04	4.48	3.92	3.36	2.80	2.24	1.68	1.12
36	5.93	5.34	4.74	4.15	3.56	2.97	2.37	1.78	1.19
37	6.27	5.64	5.02	4.39	3.76	3.14	2.51	1.88	1.25
38	6.63	5.97	5.30	4.64	3.98	3.32	2.65	1.99	1.33
39	7.01	6.31	5.61	4.90	4.20	3.50	2.80	2.10	1.40
40	7.40	6.66	5.92	5.18	4.44	3.70	2.96	2.22	1.48
41	7.81	7.03	6.25	5.47	4.69	3.91	3.12	2.34	1.56
42	8.24	7.42	6.59	5.77	4.94	4.12	3.30	2.47	1.65
43	8.69	7.82	6.95	6.08	5.21	4.34	3.47	2.61	1.74
44	9.15	8.24	7.32	6.41	5.49	4.58	3.66	2.75	1.86
45			7.71	6.74	5.78	4.82	3.85	2.89	1.93
46	10.13	9.12	8.11	7.09	6.08	5.07	4.05	3.04	2.03
47	10.65	9.58	8.52	7.45	6.39	5.33	4.26	3.20	2.13
48	11.18	10.07	8.95	7.83	6.71	5.59	4.47	3.36	2.24
49	11.73	10.56	9.39	8.21	7.04	5.87	4.69	3.52	2.35
50	12.30	11.07	9.84	8.61	7.38	6.15	4.92	3.69	2.46

รูปที่ 2 การใช้ตารางหาค่าความดันไอ (ตารางที่ 2) ในการแก้ปัญหาของตัวอย่างที่ 1

ตารางที่ 2 ค่าความดันไอ ($\emptyset_x p_{sx}$ หรือ $\emptyset_r p_{sr}$) ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ

T_x (°C)	Relative humidity ($\emptyset_x$) %								
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
-10	0.30	0.27	0.24	0.21	0.18	0.15	0.12	0.09	0.06
-9	0.30	0.29	0.26	0.23	0.20	0.16	0.13	0.10	0.07
-8	0.35	0.32	0.28	0.25	0.21	0.18	0.14	0.11	0.07
-7	0.38	0.34	0.30	0.27	0.23	0.19	0.15	0.11	0.08
-6	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.12	0.08
-5	0.43	0.39	0.35	0.30	0.26	0.22	0.17	0.13	0.09
-4	0.46	0.41	0.37	0.32	0.28	0.23	0.18	0.14	0.09
-3	0.49	0.44	0.39	0.34	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
-2	0.53	0.47	0.42	0.37	0.32	0.26	0.21	0.16	0.10
-1	0.50	0.50	0.45	0.39	0.34	0.28	0.22	0.17	0.11
0	0.60	0.54	0.48	0.42	0.36	0.30	0.24	0.18	0.12
1	0.60	0.58	0.51	0.45	0.39	0.32	0.26	0.19	0.13
2	0.69	0.62	0.55	0.48	0.41	0.34	0.28	0.21	0.14
3	0.74	0.66	0.59	0.52	0.44	0.37	0.30	0.22	0.15
4	0.79	0.71	0.63	0.55	0.47	0.40	0.32	0.24	0.16
5	0.85	0.76	0.68	0.59	0.51	0.42	0.34	0.25	0.17
6	0.91	0.82	0.73	0.64	0.55	0.46	0.36	0.27	0.18
7	0.98	0.88	0.78	0.68	0.59	0.49	0.39	0.29	0.20
8	1.05	0.94	0.84	0.73	0.63	0.52	0.42	0.31	0.21
9	1.12	1.01	0.90	0.78	0.67	0.56	0.45	0.34	0.22
10	1.20	1.08	0.96	0.84	0.72	0.60	0.48	0.36	0.24
11	1.28	1.16	1.03	0.90	0.77	0.64	0.51	0.39	0.26
12	1.37	1.24	1.10	0.96	0.82	0.69	0.55	0.41	0.27
13	1.47	1.32	1.17	1.03	0.88	0.73	0.59	0.44	0.29
14	1.57	1.41	1.25	1.10	0.94	0.78	0.63	0.47	0.31
15	1.67	1.51	1.34	1.17	1.00	0.84	0.67	0.50	0.33
16	1.79	1.61	1.43	1.25	1.07	0.89	0.71	0.54	0.36
17	1.90	1.71	1.52	1.33	1.14	0.95	0.76	0.57	0.38
18	2.03	1.83	1.62	1.42	1.22	1.01	0.81	0.61	0.41
19	2.16	1.94	1.73	1.51	1.30	1.08	0.86	0.65	0.43
20	2.30	2.07	1.84	1.61	1.38	1.15	0.92	0.69	0.46
21	2.45	2.20	1.96	1.71	1.47	1.22	0.98	0.73	0.49
22	2.60	2.34	2.08	1.82	1.56	1.30	1.04	0.78	0.52
23	2.77	2.09	2.21	1.94	1.66	1.38	1.11	0.83	0.55
24	2.94	2.65	2.35	2.06	1.76	1.47	1.18		0.59
25								0.94	0.62

รูปที่ 3 การใช้ตารางหาค่าความดันไอ (ตารางที่ 2) ในการแก้ปัญหาของตัวอย่างที่ 1

ค่าของ $\emptyset_x p_{sx}$ และ $\emptyset_r p_{sr}$ ที่ได้จากตาราง คือ 7.71 และ 0.94 ตามลำดับ (ตามรูปที่ 2 และ 3) ค่าของตัวแปร k สามารถคำนวณได้จากการแทนค่าตัวแปรดังนี้

$$k = \left(\frac{p_x - \emptyset_x p_{sx}}{p_r - \emptyset_r p_{sr}}\right)\left(\frac{T_r}{T_x}\right)^{0.75}$$

$$k = \left(\frac{87 - 1 \times 7.71}{100 - 1 \times 0.94}\right)^{1}\left(\frac{298}{318}\right)^{0.75}\left(\frac{T_{cr}}{T_{cx}}\right)^{0}$$

$$k = 0.763$$

นำค่าสัดส่วนของตัวบ่งชี้กำลัง (k) และค่าประสิทธิภาพทางกลเข้าไปแทนค่าในสมการที่ (2) เพื่อหาค่าแก้สำหรับเครื่องยนต์ที่ทำงานในสภาวะที่แตกต่างจากสภาวะมาตรฐาน ($\propto$)

$$\propto = k - 0.7(1-k)\left(\frac{1}{\eta_m} - 1\right)$$

$$\propto = 0.763 - (0.7)(1-0.763)\left(\frac{1}{0.85} - 1\right)$$

$$\propto = 0.733$$

กำลังของเครื่องยนต์ที่สภาวะที่ต้องการทราบค่าสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$P_x = \propto P_r$$

$$P_x = 0.733 \times 500$$

$$P_x = 366.8 \text{ kW}$$

ตัวอย่างที่ 2 เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะความเร็วปานกลางแบบมีเทอร์โบชาร์จมีการระบุกำลังที่ 1000 kW ประสิทธิภาพทางกล 90% และค่าสัดส่วนแรงดันเสริม (boost pressure ratio) เท่ากับ 2 ที่สภาวะมาตรฐาน (100 kPa) ทางผู้ผลิตได้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่าความเร็วและอุณหภูมิของเทอร์โบชาร์จยังไม่ถึงขีดจำกัดที่สภาวะอ้างอิงที่อุณหภูมิ 313 K (40 °c) ทั้งนี้ค่าสัดส่วนแรงดันเสริม (boost pressure ratio) ที่มากที่สุดที่เทอร์โบชาร์จสามารถรองรับได้คือ 2.36 จากข้อมูลดังกล่าวจงหาว่ากำลังของเครื่องยนต์ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล 4000 m อุณหภูมิ 323 K (50 °c) โดยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นอากาศดีเครื่องยนต์มีค่าเท่ากับ 310 K (37 °c)

การหาคำตอบเริ่มด้วยวิธีการเดียวกับตัวอย่างที่ 1 คือนำข้อมูลเครื่องยนต์ (แบบมีเทอร์โบชาร์จและระบบน้ำหล่อเย็นอากาศดี) ไปเปรียบเทียบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ a, m, n และ s ตามทีแสดงในรูปที่ 4 โดยค่าที่ได้จากตาราง คือ $a = 0, m = 0.7, n = 1.2,$ และ $s = 1$

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ a, m, n และ s ของเครื่องยนต์แต่ละประเภท

ประเภทเครื่องยนต์	รูปแบบ		Factor a	Exponents m	n	s
เครื่องยนต์ดีเซล	ไม่มีเทอร์โบชาร์จ (Non-turbocharged)	ขีดจำกัดกำลังของเครื่องขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศดีที่ถูกส่งเข้าห้องเผาไหม้	1	1	0.75	0
		ขีดจำกัดกำลังของเครื่องไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศดีที่ถูกส่งเข้าห้องเผาไหม้	0	1	1	0
	มีเทอร์โบชาร์จแต่ไม่มีการระบายความร้อนด้วยชาร์จแอร์ (Turbocharged without charge air cooling)	เครื่องแบบ 4 จังหวะ ความเร็วต่ำและปานกลาง (Low and medium speed four-stroke engines)	0	0.7	2	0
	มีเทอร์โบชาร์จและการระบายความร้อนด้วยชาร์จแอร์ (Turbocharged with charge air cooling)	เครื่องแบบ 4 จังหวะ ความเร็วต่ำและปานกลาง (Low and medium speed four-stroke engines)	0	0.7	1.2	1
		(เครื่องแบบ 4 จังหวะ ความเร็วต่ำ) Low speed two stroke	0	nr	nr	nr
เครื่องยนต์เบนซิน	ไม่มีเทอร์โบชาร์จ (Non-turbocharged)	เครื่องแบบ 4 จังหวะ ความเร็วสูง	1	0.86	0.55	0
*** nr หมายถึงให้ใช้ค่าตามที่ผู้ผลิตกำหนด ***						

รูปที่ 4 การใช้ตารางสัมประสิทธิ์ (ตารางที่ 1) ในการแก้ปัญหาของตัวอย่างที่ 2

เนื่องจากเป็นเครื่องยนต์ที่มีเทอร์โบชาร์จและผู้ผลิตได้กำหนดว่าการทำงานของเทอร์โบชาร์จยังไม่ถึงขีดจำกัดที่สภาวะอ้างอิง ค่าความกดอากาศอ้างอิงที่ใช้แทนสภาวะมาตรฐาน (p_{ra}) สามารถคำนวณได้จาก

$$p_{ra} = p_r \left(\frac{\pi_r}{\pi_{r,max}} \right)$$

$$p_{ra} = 100 \left(\frac{2}{2.36} \right)$$

$$p_{ra} = 84.7 \text{ kPa}$$

สำหรับสภาวะที่ทำการทดสอบเครื่องยนต์ (4000 m จากระดับน้ำทะเล) ค่าความกดอากาศสามารถหาได้จากตารางที่ 3 ตามที่แสดงในรูปที่ 5 โดยค่าที่ได้คือ 61.5 kPa

ตารางที่ 3 ค่าสัดส่วนความกดอากาศ ($\frac{\rho_x - \alpha\emptyset_x\rho_{sx}}{\rho_T - \alpha\emptyset_T\rho_{sT}}$) ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความดันไอ และความกดอากาศ ต่าง ๆ

Altitude (m)	Total barometric pressure ρ_x (kPa)	Water Vapor pressure $\emptyset_x p_{sx}(kPa)$													
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	101.3	1.02	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89
100	100.0	1.01	1.00	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87
200	98.9	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86
400	96.9	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.94	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84
600	94.8	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.92	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82
800	92.1	0.93	0.92	0.91	0.90	0.88	0.90	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79
1,000	89.9	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.87	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77
1,200	84.7	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.85	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75
1,400	85.6	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.83	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73
1,600	83	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.81	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71
1,800	5	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.79	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69
2,000	81.5	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67
2,200	79.5	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65
2,400	77.6	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63
2,600	75.6	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61
2,800	73.7	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59
3,000	71.9	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57
3,200	68.4	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.58	0.57	0.56	0.55
3,400	66.7	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54
3,600	64.9	0.65	0.64	063	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52
3,800	63.2	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50
4,000	61.5	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.48
4,200	60.1	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47

รูปที่ 5 การใช้ตารางความกดอากาศ (ตารางที่ 3) ในการแก้ปัญหาของตัวอย่างที่ 2

ตารางที่ 5 ค่าของตัวแปรต่าง ๆ จากตัวอย่างที่ 2

สภาวะอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO	สภาวะทดสอบ
$p_{ra} = 84.7\ kPa$	$p_x = 61.5\ kPa$
$T_{ra} = 313\ K\ (40°c)$	$T_x = 323\ K\ (50\ °c)$
$T_{cr} = 298\ K\ (25\ °c)$	$T_{cx} = 310\ K\ (37\ °c)$

จากข้อมูลที่โจทย์กำหนดและการหาค่าโดยใช้ตารางที่ 1 และ 3 (รูปที่ 4 และ 5) สามารถสรุปค่าของตัวแปรสามารถสรุปได้ตามที่แสดงในตารางที่ 5 นำค่าสัมประสิทธิ์ a, m, n และ s เข้าไปแทนค่าในสมการที่ (3) จะทำให้สมการนี้ลดรูปลง ดังนี้

$$k = \left(\frac{p_x - 0 \times \emptyset_x p_{sx}}{p_r - 0 \times \emptyset_r p_{sr}}\right)^{0.7} \left(\frac{T_r}{T_x}\right)^{1.2} \left(\frac{T_{cr}}{T_{cx}}\right)^{1}$$

$$k = \left(\frac{p_x}{p_{ra}}\right)^{0.7} \left(\frac{T_r}{T_x}\right)^{1.2} \left(\frac{T_{cr}}{T_{cx}}\right)$$

*** เนื่องจากผู้ผลิตได้กำหนดว่าการทำงานของเทอร์โบชาร์จยังไม่ถึงขีดจำกัดที่สภาวะอ้างอิง ค่าความกดอากาศที่สภาวะอ้าอิง (p_r) จึงถูกแทนค่าด้วยค่าความกดอากาศอ้างอิงที่ใช้แทนสภาวะมาตรฐาน (p_{ra}) ***

นำค่าตัวแปรเข้าไปแทนค่าในสมการที่ลดรูปแล้วเพื่อหาค่าของตัวแปร k ดังนี้

$$k = \left(\frac{p_x}{p_{ra}}\right)^{0.7} \left(\frac{T_r}{T_x}\right)^{1.2} \left(\frac{T_{cr}}{T_{cx}}\right)$$

$$k = \left(\frac{61.5}{84.7}\right)^{0.7} \left(\frac{313}{323}\right)^{1.2} \left(\frac{298}{310}\right)$$

$$k = 0.74$$

นำค่าสัดส่วนของตัวบ่งชี้กำลัง (k) และค่าประสิทธิภาพทางกลเข้าไปแทนค่าในสมการที่ (2) เพื่อหาค่าแก้สำหรับเครื่องยนต์ที่ทำงานในสภาวะที่แตกต่างจากสภาวะมาตรฐาน ($\propto$)

$$\propto = k - 0.7(1 - k)\left(\frac{1}{\eta_m} - 1\right)$$

$$\propto = 0.74 - (0.7)(1 - 0.74)\left(\frac{1}{0.9} - 1\right)$$

$$\propto = 0.72$$

กำลังของเครื่องยนต์ที่สภาวะที่ต้องการทราบค่าสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$P_x = \propto P_r$$

$$P_x = 0.72 \times 1000$$

$$P_x = 720\ \text{kW}$$

ดังนั้น กำลังของเครื่องยนต์ที่สภาวะทดสอบควรมีค่า 720 kW ที่ค่าสัดส่วนแรงดันเสริม (boost pressure ratio) เท่ากับ 2.36

ตัวอย่างที่ 3 เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะแบบมีการลดอุณหภูมิอากาศดีเข้าเครื่องมีกำลัง 640 kW ที่สภาวะที่มีการบันทึกข้อมูลและประสิทธิภาพทางกลเท่ากับ 85% เครื่องยนต์นี้จะมีกำลังเท่าใดที่สภาวะมาตรฐาน และที่สภาวะทดสอบ ทั้งนี้ ความกดอากาศ อุณหภูมิ และอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นอากาศดีเข้าเครื่องมีค่า ดังนี้

ตารางที่ 6 ค่าของตัวแปรต่าง ๆ จากตัวอย่างที่ 3

สภาวะที่บันทึกข้อมูล	สภาวะมาตรฐาน	สภาวะทดสอบ
$p_y = 70\ kPa$	$p_r = 100\ kPa$	$p_x = 100\ kPa$
$T_y = 330\ K\ (57°c)$	$T_r = 298\ K\ (25°c)$	$T_x = 300\ K\ (27°c)$
$T_{cy} = 300\ K\ (27\ °c)$	$T_{cr} = 298\ K\ (25\ °c)$	$T_x = 280\ K\ (7\ °c)$

การคำนวณในขั้นตอนที่ 1 เป็นการหาค่ากำลังของเครื่องยนต์ที่สภาวะมาตรฐาน โดยกรณีนี้แตกต่างจากตัวอย่างที่ 1 และ 2 เนื่องจากเป็นการคำนวณย้อนกลับ ค่าของกำลังของเครื่องยนต์ที่สภาวะมาตรฐาน สามารถหาได้จากสมการที่ (1)

$$P_r = \frac{P_x}{\propto}$$

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ a, m, n และ s ของเครื่องยนต์แต่ละประเภท

ประเภทเครื่องยนต์	รูปแบบ		Factor a	Exponents m	n	s
เครื่องยนต์ดีเซล	ไม่มีเทอร์โบชาร์จ (Non-turbocharged)	ขีดจำกัดกำลังของเครื่องขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศดีที่ถูกส่งเข้าห้องเผาไหม้	1	1	0.75	0
		ขีดจำกัดกำลังของเครื่องไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศดีที่ถูกส่งเข้าห้องเผาไหม้	0	1	1	0
	มีเทอร์โบชาร์จแต่ไม่มีการระบายความร้อนด้วยชาร์จแอร์ (Turbocharged without charge air cooling)	เครื่องแบบ 4 จังหวะ ความเร็วต่ำและปานกลาง (Low and medium speed four-stroke engines)	0	0.7	2	0
	มีเทอร์โบชาร์จและการระบายความร้อนด้วยชาร์จแอร์ (Turbocharged with charge air cooling)	เครื่องแบบ 4 จังหวะ ความเร็วต่ำและปานกลาง (Low and medium speed four-stroke engines)	0	0.7	1.2	1
		(เครื่องแบบ 4 จังหวะ ความเร็วต่ำ) Low speed two stroke	0	nr	nr	nr
เครื่องยนต์เบนซิน	ไม่มีเทอร์โบชาร์จ (Non-turbocharged)	เครื่องแบบ 4 จังหวะ ความเร็วสูง	1	0.86	0.55	0
*** nr หมายถึงให้ใช้ค่าตามที่ผู้ผลิตกำหนด ***						

รูปที่ 6 การใช้ตารางสัมประสิทธิ์ (ตารางที่ 1) ในการแก้ปัญหาของตัวอย่างที่ 3

นำข้อมูลเครื่องยนต์ไปเปรียบเทียบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ a, m, n และ s ตามที่แสดงในรูปที่ 6 โดยค่าที่ได้จากตารางที่ 1 คือ $a = 0, m = 0.7, n = 1.2,$ และ $s = 1$ ค่าสัมประสิทธิ์เหล่านี้คล้ายคลึงกับตัวอย่างที่สอง แต่ทางผู้ผลิตไม่ได้ให้ข้อมูลว่าการทำงานของเทอร์โบชาร์จยังไม่ถึงขีดจำกัดที่สภาวะอ้างอิงจึงไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าของความกดอากาศที่สภาวะอ้างอิง (p_r) สมการที่ใช้ในการคำนวณสำหรับเครื่องยนต์นี้คือสมการที่ลดรูปแล้วของตัวอย่างที่ 2 ค่าของตัวแปรสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$k = \left(\frac{p_x}{p_r}\right)^{0.7}\left(\frac{T_r}{T_x}\right)^{1.2}\left(\frac{T_{cr}}{T_{cx}}\right)$$
$$k = \left(\frac{70}{100}\right)^{0.7}\left(\frac{298}{330}\right)^{1.2}\left(\frac{298}{300}\right)$$
$$k = 0.685$$

นำค่าสัดส่วนของตัวบ่งชี้กำลัง (k) และค่าประสิทธิภาพทางกลเข้าไปแทนค่าในสมการที่ (2) เพื่อหาค่าแก้สำหรับเครื่องยนต์ที่ทำงานในสภาวะที่แตกต่างจากสภาวะมาตรฐาน ($\propto$)

$$\propto = k - 0.7(1-k)\left(\frac{1}{\eta_m} - 1\right)$$
$$\propto = 0.685 - (0.7)(1-0.685)\left(\frac{1}{0.85} - 1\right)$$
$$\propto = 0.646$$

กำลังของเครื่องยนต์ที่สภาวะมาตรฐานมีค่าเท่ากับ

$$P_r = \frac{P_x}{\propto}$$
$$P_r = \frac{640}{0.646}$$
$$P_r = 991 \text{ kW}$$

ในขั้นตอนที่ 2 ข้อมูลที่สภาวะมาตรฐานที่ได้รับการคำนวณในขั้นตอนที่ 1 ถูกนำไปใช้เพื่อคำนวณกำลังเครื่องยนต์ที่สภาวะทดสอบ ขั้นตอนการคำนวณ และค่าของสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ มีค่าคงเดิม ค่าของตัวแปร k ที่สภาวะทดสอบ สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$k = \left(\frac{p_x}{p_{ra}}\right)^{0.7}\left(\frac{T_r}{T_x}\right)^{1.2}\left(\frac{T_{cr}}{T_{cx}}\right)$$
$$k = \left(\frac{100}{100}\right)^{0.7}\left(\frac{298}{300}\right)^{1.2}\left(\frac{298}{280}\right)$$
$$k = 1.056$$

นำค่าสัดส่วนของตัวบ่งชี้กำลัง (k) และค่าประสิทธิภาพทางกลเข้าไปแทนค่าในสมการที่ (2) เพื่อหาค่าแก้สำหรับเครื่องยนต์ที่ทำงานในสภาวะที่แตกต่างจากสภาวะมาตรฐาน ($\propto$)

$$\propto = k - 0.7(1-k)\left(\frac{1}{\eta_m} - 1\right)$$
$$\propto = 1.056 - (0.7)(1-1.056)\left(\frac{1}{0.85} - 1\right)$$
$$\propto = 1.063$$

กำลังของเครื่องยนต์ที่สภาวะที่ต้องการทราบค่าสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$P_x = \propto P_r$$
$$P_x = 1.063 \times 991$$
$$P_x = 1053 \text{ kW}$$

ดังนั้น กำลังของเครื่องยนต์ที่สภาวะทดสอบควรมีค่าเท่ากับ 1053 kW

การแจกจ่าย

หน่วย	จำนวนเล่ม/ไฟล์เอกสาร	เลขทะเบียน
กพช.อร.		
จก.กพช.อร.	1	
ผ.วิชาการ กวจพ.กพช.อร.	1	
ห้องสมุด กวจพ.กพช.อร.	5	
กคภ.กพช.อร.	2 (รวมต้นฉบับ)	
กผช.อร.		
กผงร.กผช.อร.	1	
กอร.กผช.อร.	1	
กอจ.กผช.อร.	1	
กอฟ.กผช.อร.	1	
อธบ.อร.		
กผป.อธบ.อร.	1	
กงน.อธบ.อร.	1	
อจปร.อร.		
ห้องสมุด อจปร.อร.	3	
กพ.อจปร.อร.		
คป.อจปร.อร.		
กผป.อจปร.อร.	1	
กพห.อจปร.อร.		
กอบ.อจปร.อร.	1	
กพด.อจปร.อร.	1	
กคภ.อจปร.อร.	1	
กชส.อจปร.อร.		
กรก.อจปร.อร.	1	
กรล.อจปร.อร.	1	
กบต.อจปร.อร.	1	
กบก.อจปร.อร.		

หน่วย	จำนวนเล่ม/ไฟล์เอกสาร	เลขทะเบียน
อรม.อร.		
กจก.อรม.อร.	1	
กพ.อรม.อร.	1	
กบ.อรม.อร.	1	
กผป.อรม.อร.	1	
กคภ.อรม.อร.	1	
กรก.อรม.อร.	1	
กรล.อรม.อร.	1	
กฟฟ.อรม.อร.	1	
กสน.อรม.อร.		
กพด.อรม.อร.		
กรง.ฐท.สส.		
กผกช.กรง.ฐท.สส.	1	
กงน.กรง.ฐท.สส.	1	
ฐท.สข.		
กงน.ฐท.สข.	1	
ฐท.พง.		
กงน.ฐท.พง.	1	