



บทที่ 5 ผลการคำนวณ

เนื้อหาในส่วนนี้จะแสดงผลจากการคำนวณที่ได้ ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

- 5.1) ผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม Indicate
- 5.2) ผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม Engine
- 5.3) ผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม Optimum

5.1) ผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม Indicate

การคำนวณผลการเปลี่ยนแปลงตัวแปรการออกแบบที่มีผลต่อ Net indicated power และ การคำนวณหาตัวแปรการออกแบบที่ทำให้เกิด Net indicated power มากที่สุดในช่วงตัวแปรการออกแบบที่พิจารณา โดยการป้อนข้อมูลอิสระเข้าโปรแกรม Indicate โดยช่วงการคำนวณของตัวแปรต่างๆคือ

- ก) Spark advance , θ_s อยู่ในช่วง -30 ถึง -20 degree crank angle
- ข) Combustion duration , θ_b อยู่ในช่วง 36 ถึง 44 degree crank angle
- ค) Connecting rod length , l อยู่ในช่วง 0.12 ถึง 0.16 m.
- ง) Compression ratio , R_c อยู่ในช่วง 8.5 ถึง 10.5

สามารถแสดงผลได้ดังต่อไปนี้

* ENTER HEAT ADDITION (J/cycle/cylinder) :	100
* ENTER ENGINE SPEED TO CALCULATION (rev/min) :	2600
* ENTER AMOUNT OF INTERVAL OF PARAMETERS (TIMES) :	5

การคำนวณการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่อ Net indicated Power จากสมการ 3.1.1.3 คือ

$$P_{net-im} = G_1(\theta_s, \theta_b, R_c, l, n_{cyl}, N)$$

สามารถแสดงผลได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1.1 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของ Spark advance , Combustion duration ,
Connecting rod length , Compression ratio ต่อ Net indicated power

Net indicated power (kW)						
Spark advance (degree crank angle)	Combustion duration (degree crank angle)					
	36	37.6	39.2	40.8	42.4	44
Compression ratio 8.5						
connecting rod length 0.12 m						
-30	28.28	27.32	26.27	25.13	23.93	22.7
-28	27.08	26	24.85	23.64	22.4	21.15
-26	25.72	24.55	23.34	22.09	20.84	19.59
-24	24.24	23.02	21.77	20.51	19.27	18.05
-22	22.68	21.43	20.17	18.93	17.72	16.54
-20	21.06	19.81	18.58	17.37	16.21	15.09
connecting rod length 0.128 m						
-30	28.3	27.36	26.32	25.19	24.01	22.78
-28	27.12	26.05	24.91	23.72	22.49	21.25
-26	25.77	24.62	23.42	22.18	20.94	19.7
-24	24.31	23.1	21.86	20.62	19.38	18.17
-22	22.76	21.52	20.28	19.05	17.84	16.67
-20	21.16	19.92	18.69	17.49	16.33	15.21
connecting rod length 0.136 m						
-30	28.32	27.39	26.36	25.25	24.07	22.86
-28	27.15	26.1	24.97	23.79	22.57	21.34
-26	25.82	24.68	23.49	22.27	21.03	19.8
-24	24.37	23.17	21.94	20.71	19.48	18.27
-22	22.83	21.6	20.37	19.15	17.95	16.78
-20	21.25	20.01	18.79	17.6	16.44	15.33
connecting rod length 0.144 m						
-30	28.33	27.42	26.4	25.3	24.13	22.93
-28	27.18	26.14	25.02	23.85	22.64	21.42
-26	25.86	24.73	23.55	22.34	21.11	19.89
-24	24.42	23.23	22.02	20.79	19.57	18.37
-22	22.9	21.68	20.45	19.24	18.04	16.88
-20	21.32	20.1	18.88	17.7	16.54	15.43
connecting rod length 0.152 m						
-30	28.35	27.44	26.43	25.34	24.19	23
-28	27.2	26.17	25.07	23.9	22.71	21.49
-26	25.9	24.78	23.61	22.4	21.18	19.97
-24	24.47	23.29	22.08	20.86	19.65	18.45
-22	22.96	21.75	20.53	19.32	18.13	16.97
-20	21.39	20.17	18.97	17.78	16.63	15.52

ตารางที่ 5.1.1 (ต่อ) แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของ Spark advance , Combustion duration , Connecting rod length , Compression ratio ต่อ Net indicated power

Net indicated power (kW)						
Spark advance (degree crank angle)	Combustion duration (degree crank angle)					
	36	37.6	39.2	40.8	42.4	44
Compression ratio 8.5						
connecting rod length 0.16 m						
-30	28.36	27.46	26.46	25.38	24.24	23.05
-28	27.23	26.2	25.11	23.95	22.76	21.55
-26	25.93	24.82	23.66	22.46	21.25	20.04
-24	24.51	23.34	22.14	20.93	19.72	18.53
-22	23.01	21.81	20.59	19.39	18.21	17.05
-20	21.45	20.24	19.04	17.86	16.71	15.61
Compression ratio 8.9						
connecting rod length 0.12 m						
-30	30.18	29.13	27.97	26.73	25.42	24.07
-28	28.87	27.69	26.42	25.1	23.75	22.38
-26	27.38	26.11	24.78	23.42	22.05	20.7
-24	25.77	24.43	23.07	21.71	20.36	19.04
-22	24.07	22.71	21.34	20	18.69	17.42
-20	22.32	20.96	19.62	18.32	17.07	15.87
connecting rod length 0.128 m						
-30	30.2	29.17	28.03	26.79	25.5	24.16
-28	28.91	27.74	26.49	25.19	23.85	22.49
-26	27.44	26.18	24.86	23.52	22.16	20.82
-24	25.84	24.52	23.17	21.82	20.48	19.17
-22	24.16	22.81	21.46	20.12	18.82	17.56
-20	22.42	21.08	19.75	18.45	17.2	16
connecting rod length 0.136 m						
-30	30.22	29.21	28.07	26.86	25.57	24.25
-28	28.94	27.79	26.56	25.26	23.93	22.59
-26	27.49	26.24	24.94	23.61	22.26	20.93
-24	25.91	24.6	23.26	21.92	20.59	19.28
-22	24.24	22.9	21.56	20.23	18.94	17.68
-20	22.52	21.18	19.86	18.57	17.32	16.13
connecting rod length 0.144 m						
-30	30.24	29.24	28.12	26.91	25.64	24.33
-28	28.98	27.84	26.61	25.33	24.01	22.68
-26	27.54	26.3	25.01	23.69	22.35	21.02
-24	25.97	24.67	23.34	22.01	20.68	19.39
-22	24.31	22.98	21.65	20.33	19.04	17.79
-20	22.6	21.27	19.96	18.67	17.43	16.24
connecting rod length 0.152 m						
-30	30.26	29.26	28.15	26.96	25.7	24.39
-28	29.01	27.88	26.66	25.39	24.08	22.76
-26	27.58	26.35	25.07	23.76	22.43	21.11
-24	26.02	24.73	23.41	22.09	20.77	19.48
-22	24.37	23.05	21.73	20.42	19.13	17.88
-20	22.67	21.35	20.04	18.77	17.53	16.34

ตารางที่ 5.1.1 (ค) แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของ Spark advance , Combustion duration , Connecting rod length , Compression ratio ต่อ Net indicated power

Net indicated power (kW)						
Spark advance (degree crank angle)	Combustion duration (degree crank angle)					
	36	37.6	39.2	40.8	42.4	44
Compression ratio 8.9						
connecting rod length 0.16 m						
-30	30.27	29.29	28.19	27	25.75	24.46
-28	29.03	27.91	26.71	25.45	24.15	22.83
-26	27.62	26.4	25.13	23.82	22.5	21.19
-24	26.07	24.79	23.48	22.16	20.85	19.56
-22	24.43	23.12	21.8	20.5	19.22	17.97
-20	22.74	21.42	20.12	18.85	17.62	16.43
Compression ratio 9.3						
connecting rod length 0.12 m						
-30	32.09	30.95	29.68	28.32	26.9	25.43
-28	30.66	29.37	28	26.56	25.09	23.61
-26	29.05	27.65	26.21	24.73	23.25	21.79
-24	27.29	25.84	24.36	22.89	21.43	20.01
-22	25.45	23.97	22.5	21.05	19.64	18.28
-20	23.56	22.09	20.65	19.26	17.91	16.63
connecting rod length 0.128 m						
-30	32.12	30.99	29.74	28.4	26.99	25.53
-28	30.71	29.44	28.07	26.65	25.19	23.73
-26	29.11	27.73	26.3	24.84	23.38	21.92
-24	27.38	25.94	24.47	23.01	21.56	20.15
-22	25.55	24.09	22.62	21.19	19.78	18.43
-20	23.68	22.22	20.79	19.4	18.06	16.77
connecting rod length 0.136 m						
-30	32.14	31.03	29.8	28.47	27.07	25.63
-28	30.75	29.49	28.14	26.73	25.29	23.83
-26	29.17	27.81	26.39	24.94	23.48	22.04
-24	27.45	26.02	24.57	23.12	21.68	20.27
-22	25.64	24.18	22.73	21.3	19.91	18.56
-20	23.78	22.33	20.91	19.52	18.18	16.91
connecting rod length 0.144 m						
-30	32.17	31.06	29.84	28.53	27.14	25.71
-28	30.79	29.54	28.2	26.81	25.38	23.93
-26	29.22	27.87	26.46	25.02	23.58	22.14
-24	27.51	26.1	24.66	23.21	21.78	20.38
-22	25.72	24.27	22.83	21.41	20.02	18.67
-20	23.87	22.43	21.01	19.63	18.3	17.02
connecting rod length 0.152 m						
-30	32.18	31.09	29.88	28.58	27.2	25.79
-28	30.82	29.58	28.26	26.87	25.45	24.01
-26	29.26	27.92	26.53	25.1	23.66	22.24
-24	27.57	26.17	24.74	23.3	21.88	20.48
-22	25.79	24.35	22.92	21.5	20.12	18.78
-20	23.95	22.52	21.11	19.73	18.4	17.13

ตารางที่ 5.1.1 (ต่อ) แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของ Spark advance , Combustion duration ,
Connecting rod length , Compression ratio ที่ Net indicated power

Net indicated power (kW)						
Spark advance (degree crank angle)	Combustion duration (degree crank angle)					
	36	37.6	39.2	40.8	42.4	44
Compression ratio 9.3						
connecting rod length 0.16 m						
-30	32.2	31.12	29.92	28.63	27.26	25.85
-28	30.85	29.62	28.31	26.93	25.52	24.09
-26	29.3	27.98	26.59	25.17	23.74	22.32
-24	27.62	26.23	24.81	23.38	21.96	20.57
-22	25.85	24.42	23	21.59	20.21	18.87
-20	24.02	22.6	21.19	19.82	18.5	17.23
Compression ratio 9.7						
connecting rod length 0.12 m						
-30	34.02	32.78	31.4	29.92	28.37	26.78
-28	32.47	31.06	29.57	28.01	26.42	24.82
-26	30.71	29.2	27.63	26.04	24.44	22.87
-24	28.81	27.24	25.64	24.05	22.49	20.97
-22	26.83	25.23	23.65	22.09	20.58	19.13
-20	24.79	23.21	21.67	20.17	18.74	17.37
connecting rod length 0.128 m						
-30	34.05	32.82	31.46	30	28.47	26.9
-28	32.52	31.13	29.65	28.11	26.53	24.95
-26	30.78	29.29	27.74	26.16	24.57	23.01
-24	28.9	27.35	25.76	24.19	22.63	21.11
-22	26.93	25.35	23.78	22.23	20.73	19.28
-20	24.92	23.35	21.81	20.32	18.89	17.53
connecting rod length 0.136 m						
-30	34.08	32.86	31.52	30.08	28.56	27
-28	32.56	31.19	29.73	28.2	26.64	25.06
-26	30.85	29.37	27.83	26.26	24.69	23.14
-24	28.98	27.44	25.87	24.3	22.76	21.25
-22	27.03	25.46	23.9	22.36	20.86	19.42
-20	25.03	23.47	21.94	20.46	19.03	17.67
connecting rod length 0.144 m						
-30	34.1	32.9	31.57	30.14	28.64	27.09
-28	32.6	31.25	29.8	28.28	26.73	25.17
-26	30.9	29.43	27.91	26.36	24.79	23.25
-24	29.05	27.52	25.96	24.41	22.87	21.37
-22	27.11	25.56	24	22.47	20.98	19.54
-20	25.12	23.57	22.05	20.57	19.15	17.79
connecting rod length 0.152 m						
-30	34.12	32.94	31.62	30.2	28.71	27.17
-28	32.64	31.29	29.86	28.35	26.81	25.26
-26	30.95	29.5	27.98	26.44	24.89	23.35
-24	29.12	27.6	26.05	24.5	22.97	21.47
-22	27.19	25.64	24.1	22.57	21.09	19.66
-20	25.21	23.67	22.16	20.68	19.26	17.91

ตารางที่ 5.1.1 (ค) แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของ Spark advance , Combustion duration ,
Connecting rod length , Compression ratio คือ Net indicated power

Net indicated power (kW)						
Spark advance (degree crank angle)	Combustion duration (degree crank angle)					
	36	37.6	39.2	40.8	42.4	44
Compression ratio 9.7						
connecting rod length 0.16 m						
-30	34.14	32.97	31.66	30.25	28.77	27.24
-28	32.67	31.34	29.91	28.42	26.89	25.34
-26	31	29.55	28.05	26.51	24.97	23.44
-24	29.18	27.66	26.13	24.59	23.06	21.57
-22	27.26	25.72	24.18	22.66	21.19	19.76
-20	25.29	23.76	22.25	20.78	19.36	18.01
Compression ratio 10.1						
connecting rod length 0.12 m						
-30	35.96	34.61	33.12	31.51	29.84	28.13
-28	34.28	32.76	31.14	29.45	27.74	26.02
-26	32.38	30.74	29.05	27.33	25.62	23.93
-24	30.33	28.63	26.91	25.21	23.53	21.9
-22	28.19	26.48	24.77	23.11	21.5	19.95
-20	26.01	24.32	22.67	21.07	19.54	18.09
connecting rod length 0.128 m						
-30	35.99	34.66	33.19	31.6	29.95	28.25
-28	34.33	32.83	31.23	29.56	27.86	26.16
-26	32.46	30.84	29.16	27.46	25.76	24.08
-24	30.43	28.75	27.04	25.35	23.68	22.06
-22	28.31	26.61	24.92	23.26	21.66	20.12
-20	26.15	24.46	22.82	21.23	19.71	18.26
connecting rod length 0.136 m						
-30	36.02	34.71	33.25	31.68	30.04	28.36
-28	34.38	32.9	31.31	29.66	27.97	26.28
-26	32.53	30.92	29.26	27.57	25.89	24.22
-24	30.52	28.85	27.16	25.47	23.82	22.21
-22	28.41	26.72	25.04	23.4	21.8	20.27
-20	26.26	24.59	22.96	21.37	19.86	18.41
connecting rod length 0.144 m						
-30	36.05	34.75	33.31	31.75	30.13	28.46
-28	34.42	32.95	31.38	29.75	28.07	26.39
-26	32.59	31	29.35	27.68	26	24.34
-24	30.59	28.94	27.26	25.59	23.94	22.33
-22	28.5	26.83	25.16	23.52	21.93	20.4
-20	26.37	24.71	23.08	21.5	19.99	18.54
connecting rod length 0.152 m						
-30	36.07	34.79	33.36	31.82	30.21	28.55
-28	34.46	33.01	31.45	29.83	28.16	26.49
-26	32.64	31.07	29.43	27.77	26.1	24.45
-24	30.66	29.02	27.35	25.69	24.05	22.45
-22	28.59	26.92	25.26	23.63	22.04	20.52
-20	26.46	24.81	23.19	21.62	20.1	18.66

ตารางที่ 5.1.1 (ต่อ) แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของ Spark advance , Combustion duration ,
Connecting rod length , Compression ratio ต่อ Net indicated power

Net indicated power (kW)						
Spark advance (degree crank angle)	Combustion duration (degree crank angle)					
	36	37.6	39.2	40.8	42.4	44
Compression ratio 10.1						
connecting rod length 0.16 m						
-30	36.09	34.82	33.4	31.88	30.27	28.63
-28	34.5	33.05	31.51	29.9	28.24	26.58
-26	32.69	31.13	29.5	27.85	26.19	24.55
-24	30.72	29.09	27.44	25.78	24.15	22.55
-22	28.66	27	25.35	23.73	22.15	20.62
-20	26.55	24.9	23.29	21.72	20.21	18.77
Compression ratio 10.5						
connecting rod length 0.12 m						
-30	37.91	36.45	34.84	33.11	31.3	29.46
-28	36.09	34.45	32.7	30.89	29.05	27.2
-26	34.05	32.28	30.46	28.62	26.78	24.98
-24	31.85	30.02	28.17	26.35	24.56	22.83
-22	29.55	27.71	25.89	24.11	22.4	20.76
-20	27.22	25.41	23.65	21.95	20.34	18.8
connecting rod length 0.128 m						
-30	37.95	36.51	34.91	33.21	31.42	29.6
-28	36.15	34.53	32.8	31.01	29.18	27.35
-26	34.13	32.39	30.58	28.76	26.93	25.14
-24	31.95	30.14	28.31	26.5	24.72	23
-22	29.68	27.85	26.04	24.28	22.57	20.94
-20	27.37	25.57	23.81	22.12	20.51	18.98
connecting rod length 0.136 m						
-30	37.98	36.56	34.98	33.29	31.52	29.72
-28	36.21	34.6	32.89	31.11	29.3	27.49
-26	34.21	32.48	30.69	28.88	27.07	25.29
-24	32.04	30.25	28.44	26.63	24.86	23.15
-22	29.79	27.98	26.18	24.42	22.72	21.09
-20	27.49	25.7	23.96	22.28	20.67	19.14
connecting rod length 0.144 m						
-30	38.01	36.6	35.04	33.37	31.62	29.82
-28	36.25	34.67	32.97	31.21	29.41	27.61
-26	34.27	32.56	30.79	28.99	27.19	25.42
-24	32.13	30.35	28.55	26.75	24.99	23.28
-22	29.89	28.09	26.3	24.55	22.86	21.23
-20	27.6	25.83	24.09	22.41	20.8	19.28
connecting rod length 0.152 m						
-30	38.03	36.64	35.1	33.44	31.7	29.92
-28	36.3	34.72	33.04	31.29	29.51	27.71
-26	34.33	32.63	30.87	29.08	27.3	25.53
-24	32.2	30.43	28.65	26.86	25.11	23.41
-22	29.98	28.19	26.41	24.67	22.98	21.36
-20	27.71	25.94	24.21	22.53	20.93	19.4

ตารางที่ 5.1.1 (ต่อ) แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของ Spark advance , Combustion duration , Connecting rod length , Compression ratio ต่อ Net indicated power

Net indicated power (kW)						
Spark advance (degree crank angle)	Combustion duration (degree crank angle)					
	36	37.6	39.2	40.8	42.4	44
Compression ratio 10.5						
connecting rod-length 0.16 m						
-30	38.06	36.68	35.15	33.5	31.77	30
-28	36.33	34.77	33.11	31.37	29.59	27.81
-26	34.38	32.7	30.95	29.17	27.39	25.64
-24	32.27	30.51	28.73	26.96	25.21	23.52
-22	30.06	28.28	26.51	24.77	23.09	21.47
-20	27.8	26.04	24.31	22.64	21.04	19.52

จากการคำนวณหาตัวแปรในช่วงที่พิจารณา ที่ทำให้เกิด Net indicated power สูงที่สุด คำนวณที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2600 รอบต่อนาที จะได้ว่า

มุม Spark advance เท่ากับ -30 degree crank angle จากช่วงตัวแปรที่พิจารณา (-30) - (-20)

มุม Combustion duration เท่ากับ 36 degree crank angle จากช่วงตัวแปรที่พิจารณา 36 - 44

Connecting Rod length เท่ากับ 0.16 m. จากช่วงตัวแปรที่พิจารณา 0.12 - 0.16 m.

Compression Ratio เท่ากับ 10.5 จากช่วงตัวแปรที่พิจารณา 8.5-10.5

จากการปรับปรุงตัวแปรทางเทอร์โมไดนามิกส์ต่างๆ สามารถทำให้ Net indicated เพิ่มขึ้นจากค่า 26.4 kW ของ baseline engine data ไปเป็น 38.06 kW เพิ่มขึ้น 44.16 %

5.2) ผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม Engine

ผลการคำนวณที่ได้เป็นผลการคำนวณหาค่าพลังงานสูญเสียจากการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรทีละตัวของตัวแปรการออกแบบในแต่ละองค์ประกอบของกำลังงานสูญเสีย ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ ทั้งตัวแปรการออกแบบในส่วน of เครื่องยนต์และในส่วน of ขานยนต์ ซึ่งได้แสดงรายละเอียดของโปรแกรมไว้ในภาคผนวก ง โดยผลการคำนวณประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ

ส่วน of กำลังงานสูญเสียในเครื่องยนต์ และ ส่วน of กำลังงานสูญเสียในขานยนต์

สำหรับผลการคำนวณที่ได้ในหัวข้อ 5.2 นี้ ได้จากการป้อนข้อมูลอิสระเข้าโปรแกรม Engine ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ENTER AMOUNT OF INTERVAL OF PARAMETERS (TIMES) : 5
 ENTER ENGINE UPPER LIMIT SPEED (rev/min) : 5000
 ENTER ENGINE LOWER LIMIT SPEED (rev/min) : 1000
 ENTER AMOUNT OF INTERVAL OF ENGINE SPEED (TIMES) : 5
 ENTER AMBIENT PRESSURE (In.HG) : 30
 ENTER LOWER MANIFOLD PRESSURE LIMIT (In.HG) : 10
 ENTER AMOUNT OF INTERVAL OF MANIFOLD PRESSURE (TIMES) : 5

5.2.1. ผลการคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรขององค์ประกอบกำลังงานสูญเสียต่างๆของเครื่องยนต์ ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดต่อไปนี้

5.2.1ก) ผลการคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรขององค์ประกอบกำลังงานสูญเสียจาก Connecting rod bearing จากสมการ 3.2.1.5

$$P_{\text{con-rod}} = F_1(\mu, R_{\text{big}}, L_{\text{big}}, C_{\text{big}}, R_{\text{small}}, L_{\text{small}}, C_{\text{small}}, a, l, n_{\text{cyl}}, N)$$

สามารถแสดงผลของตัวแปรต่างๆได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.2.1ก.1 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆใน Connecting rod ที่มีต่อกำลังงานสูญเสีย

ความหนืดหล่อลื่น (Pa.s)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.012	68.96	223.43	466.16	797.16	1216.43	1723.96
0.0126	72.41	234.60	489.47	837.02	1277.25	1810.16
0.0132	75.85	245.77	512.78	876.88	1338.07	1896.36
0.0138	79.30	256.94	536.08	916.73	1398.89	1982.56
0.0144	82.75	268.11	559.39	956.59	1459.71	2068.75
0.015	86.20	279.28	582.70	996.45	1520.53	2154.95

ตารางที่ 5.2.1ก.2 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่าความยาว crank arm ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆใน Connecting rod ที่มีต่อกำลังงานสูญเสีย

ความยาว crank arm (m)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.0346	77.48	251.04	523.77	895.68	1366.76	1937.02
0.03608	77.73	251.83	525.43	898.52	1371.10	1943.17
0.03756	77.98	252.67	527.17	901.49	1375.63	1949.60
0.03904	78.25	253.54	528.98	904.60	1380.37	1956.31
0.04052	78.53	254.44	530.88	907.83	1385.31	1963.30
0.042	78.82	255.39	532.85	911.20	1390.45	1970.59

ตารางที่ 5.2.1ก.3 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงความยาวก้านชัก ที่ความเร็วรอบเครื่องชนคต่างๆ
ใน Connecting rod ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

ความยาวก้านชัก (m)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องชนค (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.12	79.43	257.36	536.96	918.24	1401.18	1985.8
0.128	78.85	255.46	533	911.45	1390.83	1971.14
0.136	78.36	253.9	529.73	905.87	1382.32	1959.07
0.144	77.96	252.59	527.02	901.23	1375.23	1949.02
0.152	77.62	251.5	524.73	897.31	1369.26	1940.56
0.16	77.33	250.56	522.78	893.99	1364.18	1933.36

ตารางที่ 5.2.1ก.4 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงรัศมีแบร็ง ที่ความเร็วรอบเครื่องชนคต่างๆ ใน
Connecting rod (big-end) ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

รัศมีแบร็ง (m)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องชนค (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.021	52.54	170.22	355.16	607.34	926.77	1313.45
0.022	60.32	195.45	407.79	697.35	1064.12	1508.1
0.023	68.85	223.08	465.43	795.92	1214.53	1721.28
0.024	78.15	253.22	528.31	903.45	1378.62	1953.82
0.025	88.26	285.97	596.66	1020.32	1556.96	2206.58
0.026	99.22	321.46	670.7	1146.93	1750.16	2480.38

ตารางที่ 5.2.1ก.5 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงช่องว่างแนวรัศมีแบร็ง ที่ความเร็วรอบเครื่องชนค
ต่างๆ ใน Connecting rod (big-end) ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

ช่องว่างแนวรัศมีแบร็ง (m)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องชนค (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
3.15×10^{-5}	86.78	281.1	586.6	1003.1	1530.7	2169.3
3.29×10^{-5}	83.11	269.2	561.8	960.71	1466	2077.6
3.43×10^{-5}	79.74	258.3	539.02	921.76	1406.5	1993.4
3.57×10^{-5}	76.63	248.2	518.03	885.86	1351.7	1915.7
3.71×10^{-5}	73.76	238.9	498.62	852.67	1301.1	1844.0
3.85×10^{-5}	71.1	230.3	480.62	821.89	1254.1	1777.4

ตารางที่ 5.2.1ก.6 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงระยะหน้ากว้างแบร้ง ที่ความเร็วรอบเครื่อง
ชนิดต่างๆ ใน Connecting rod (big-end) ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

หน้ากว้างแบร้ง (m)	กำลังงานสูญเสีย , W					
	ความเร็วรอบเครื่องชนิด (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.0200	71.1	230.36	480.62	821.89	1254.17	1777.45
0.0208	73.92	239.5	499.7	854.52	1303.95	1848
0.0216	76.74	248.64	518.78	887.14	1353.73	1918.55
0.0224	79.56	257.79	537.85	919.76	1403.51	1989.1
0.0232	82.39	266.93	556.93	952.38	1453.29	2059.65
0.0240	85.21	276.07	576	985	1503.06	2130.19

ตารางที่ 5.2.1ก.7 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงรัศมีแบร้ง ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิดต่างๆ
ใน Connecting rod (small-end) ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

รัศมีแบร้ง (m)	กำลังงานสูญเสีย , W					
	ความเร็วรอบเครื่องชนิด (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.0100	78.02	252.77	527.39	901.87	1376.2	1950.4
0.0104	78.07	252.94	527.74	902.46	1377.12	1951.69
0.0108	78.12	253.12	528.11	903.11	1378.1	1953.09
0.0112	78.18	253.31	528.52	903.8	1379.16	1954.59
0.0116	78.25	253.52	528.96	904.55	1380.29	1956.2
0.0120	78.32	253.75	529.42	905.35	1381.51	1957.93

ตารางที่ 5.2.1ก.8 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงช่องว่างแนวรัศมีแบร้ง ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิด
ต่างๆ ใน Connecting rod (small-end) ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

ช่องว่างแนวรัศมีแบร้ง (m)	กำลังงานสูญเสีย , W					
	ความเร็วรอบเครื่องชนิด (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
1.62×10^{-5}	78.21	253.41	528.73	904.15	1379.7	1955.35
1.7×10^{-5}	78.19	253.32	528.54	903.84	1379.21	1954.67
1.77×10^{-5}	78.16	253.24	528.37	903.55	1378.77	1954.04
1.85×10^{-5}	78.14	253.17	528.22	903.28	1378.37	1953.47
1.92×10^{-5}	78.12	253.1	528.07	903.04	1377.99	1952.94
2×10^{-5}	78.1	253.04	527.94	902.81	1377.65	1952.45

ตารางที่ 5.2.1ก.9 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงระยะหน้ากว้างแบร็ง ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์
ต่างๆ ใน Connecting rod (small-end) ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

หน้ากว้างแบร็ง (m)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.0200	78.1	253.05	527.98	902.87	1377.74	1952.57
0.0208	78.12	253.12	528.11	903.1	1378.09	1953.07
0.0216	78.14	253.18	528.25	903.33	1378.44	1953.57
0.0224	78.16	253.25	528.38	903.56	1378.79	1954.07
0.0232	78.18	253.31	528.52	903.8	1379.15	1954.57
0.0240	78.2	253.38	528.65	904.03	1379.5	1955.07

ตารางที่ 5.2.1ก.10 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนกันชักคอรัคมีเทลาข้อเหวี่ยง ที่
ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ ใน Connecting rod ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

อัตราส่วนกันชักคอ รัคมีเทลาข้อเหวี่ยง	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
2.86	80.33	260.28	543.05	928.65	1417.07	2008.32
3.21	79.13	256.4	534.95	914.8	1395.94	1978.37
3.56	78.29	253.64	529.21	904.98	1380.95	1957.14
3.92	77.66	251.62	524.99	897.76	1369.94	1941.52
4.27	77.19	250.09	521.79	892.29	1361.59	1929.7
4.62	76.82	248.9	519.31	888.05	1355.12	1920.52

5.2.1ข) ผลการคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรขององค์ประกอบกำลังงานสูญเสียจาก
Crankshaft bearing จากสมการ 3.2.2.2

$$P_{\text{crank}} = F_2(\mu, R_{\text{crank}}, L_{\text{crank}}, C_{\text{crank}}, n_b, N)$$

สามารถแสดงผลของตัวแปรต่างๆ ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.2.1ข.1 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงความหนืดน้ำมันหล่อลื่น ที่ความเร็วรอบ
เครื่องยนต์ต่างๆ ใน Crankshaft bearing ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

ความหนืดน้ำมันหล่อลื่น (Pa.s)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.012	120.19	389.41	812.46	1389.36	2120.09	3004.67
0.0126	126.2	408.88	853.09	1458.83	2226.1	3154.9
0.0132	132.21	428.35	893.71	1528.3	2332.1	3305.14
0.0138	138.21	447.82	934.33	1597.76	2438.11	3455.37
0.0144	144.22	467.29	974.96	1667.23	2544.11	3605.6
0.015	150.23	486.76	1015.58	1736.7	2650.12	3755.84

ตารางที่ 5.2.1ข.2 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงรัศมีแบร็ง ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิดต่างๆ ใน Crankshaft bearing ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

รัศมีแบร็ง (m)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องชนิด (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.0210	91.25	295.65	616.86	1054.86	1609.67	2281.28
0.0220	104.92	339.93	709.24	1212.85	1850.75	2622.94
0.0230	119.88	388.43	810.42	1385.87	2114.77	2997.12
0.0240	136.21	441.33	920.79	1574.61	2402.77	3405.29
0.0250	153.96	498.82	1040.75	1779.75	2715.81	3848.94
0.0260	173.18	561.11	1170.7	2001.97	3054.92	4329.53

ตารางที่ 5.2.1ข.3 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงหน้ากว้างแบร็ง ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิดต่างๆ ใน Crankshaft bearing ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

หน้ากว้างแบร็ง (m)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องชนิด (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.0200	123.83	401.21	837.08	1431.46	2184.34	3095.72
0.0208	128.78	417.25	870.57	1488.72	2271.71	3219.55
0.0216	133.74	433.3	904.05	1545.98	2359.09	3343.38
0.0224	138.69	449.35	937.53	1603.24	2446.46	3467.21
0.0232	143.64	465.4	971.02	1660.49	2533.83	3591.04
0.0240	148.59	481.45	1004.5	1717.75	2621.21	3714.86

ตารางที่ 5.1ข.4 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงช่องว่างแนวรัศมีแบร็ง ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิดต่างๆ ใน Crankshaft bearing ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

ช่องว่างแนวรัศมีแบร็ง (m)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องชนิด (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
2.2×10^{-5}	148.59	481.45	1004.5	1717.75	2621.21	3714.86
2.3×10^{-5}	142.13	460.51	960.83	1643.07	2507.24	3553.35
2.4×10^{-5}	136.21	441.33	920.79	1574.61	2402.77	3405.29
2.5×10^{-5}	130.76	423.67	883.96	1511.62	2306.66	3269.08
2.6×10^{-5}	125.73	407.38	849.96	1453.48	2217.95	3143.35
2.7×10^{-5}	121.08	392.29	818.48	1399.65	2135.8	3026.93

5.2.1ค) ผลการคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรขององค์ประกอบกำลังงานสูญเสียจาก Piston จากสมการ 3.2.3.ก3 และ 3.2.3.ข8

$$P_{skt} = F_3(\mu, B, L_{skt}, C_p, a, n_{cyl}, N)$$

$$P_{ring} = F_4(\mu, B, b'_{pms}, b'_{oil}, a, n_{pms}, D_{oil}, n_{cyl}, N)$$

สามารถแสดงผลของตัวแปรต่างๆ ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.2.1ค.1 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ ใน Piston skirt ที่มีต่อกำลังงานสูญเสีย

ความหนืดน้ำมันหล่อลื่น (Pa.s)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.012	45.98	148.98	310.83	531.54	811.1	1149.52
0.0126	48.28	156.43	326.37	558.12	851.66	1207
0.0132	50.58	163.88	341.91	584.69	892.21	1264.47
0.0138	52.88	171.32	357.46	611.27	932.77	1321.95
0.0144	55.18	178.77	373	637.85	973.32	1379.43
0.015	57.48	186.22	388.54	664.42	1013.88	1436.9

ตารางที่ 5.2.1ค.2 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงช่องว่างระหว่างกระบอกสูบกับลูกสูบ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ ใน Piston skirt ที่มีต่อกำลังงานสูญเสีย

ช่องว่างระหว่าง กระบอกสูบกับลูกสูบ (mm)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.06	60.8	196.98	410.99	702.81	1072.4	1519.9
0.064	57	184.67	385.3	658.89	1005.4	1424.9
0.068	53.64	173.81	362.64	620.13	946.29	1341.1
0.072	50.66	164.15	342.49	585.68	893.71	1266.6
0.076	48	155.51	324.46	554.85	846.68	1199.9
0.08	45.6	147.74	308.24	527.11	804.34	1139.9

ตารางที่ 5.2.1ค.3 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงความยาวของ skirt ในระบอบสูบ ที่ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ ใน Piston skirt ที่มีต่อกำลังงานสูญเสีย

ความยาว skirt (m)	กำลังงานสูญเสีย , W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.036	46.9	151.96	317.05	542.17	827.32	1172.51
0.0376	48.98	158.71	331.14	566.27	864.09	1224.62
0.0392	51.07	165.46	345.23	590.36	900.86	1276.73
0.0408	53.15	172.22	359.32	614.46	937.63	1328.85
0.0424	55.24	178.97	373.41	638.56	974.4	1380.96
0.044	57.32	185.73	387.5	662.65	1011.17	1433.07

ตารางที่ 5.2.1ค.4 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงระยะ crank arm ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ ที่มีต่อกำลังงานสูญเสียจาก Piston skirt

ระยะ crank arm (m)	กำลังงานสูญเสีย , W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.0346	42.09	136.37	284.52	486.55	742.44	1052.22
0.0361	45.77	148.28	309.38	529.06	807.32	1144.16
0.0376	49.6	160.7	335.28	573.35	874.91	1239.95
0.039	53.58	173.61	362.23	619.43	945.22	1339.59
0.0405	57.72	187.02	390.21	667.28	1018.24	1443.09
0.042	62.02	200.94	419.24	716.92	1093.98	1550.43

ตารางที่ 5.2.1ค.5 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงขนาดของ piston bore ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ ที่มีต่อกำลังงานสูญเสียจาก Piston skirt

piston bore (m)	กำลังงานสูญเสีย , W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.070	45.03	145.91	304.43	520.6	794.41	1125.87
0.074	47.61	154.25	321.83	550.35	839.81	1190.2
0.078	50.18	162.59	339.23	580.1	885.2	1254.54
0.082	52.75	170.93	356.62	609.85	930.6	1318.87
0.086	55.33	179.26	374.02	639.6	975.99	1383.21
0.090	57.9	187.6	391.42	669.34	1021.39	1447.55

ตารางที่ 5.2.1ค.6 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น ที่ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ต่างๆ ใน Piston ring ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

ความหนืดน้ำมันหล่อลื่น (Pa.s)	กำลังงานสูญเสีย , W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.0120	122.5	397.1	828.64	1417.0	2162.3	3064.5
0.0126	128.7	417.0	870.08	1487.8	2270.4	3217.7
0.0132	134.8	436.8	911.51	1558.7	2378.5	3370.9
0.0138	140.9	456.7	952.94	1629.5	2486.6	3524.1
0.0144	147.1	476.5	994.37	1700.4	2594.7	3677.4
0.0150	153.2	496.4	1035.8	1771.2	2702.9	3830.6

ตารางที่ 5.2.1ค.7 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงขนาดของ pressure ring depth ที่กระบอกสูบ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ ใน Piston ring ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

pressure ring depth (mm)	กำลังงานสูญเสีย , W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
3	121.61	394.02	822.09	1405.83	2145.22	3040.28
3.17	127.49	413.07	861.84	1473.8	2248.94	3187.27
3.34	133.38	432.14	901.63	1541.84	2352.77	3334.42
3.51	139.27	451.24	941.47	1609.98	2456.75	3481.78
3.68	145.18	470.37	981.39	1678.24	2560.91	3629.4
3.85	151.09	489.54	1021.39	1746.64	2665.29	3777.34

ตารางที่ 5.2.1ค.8 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงขนาดของ oil ring depth ที่กระบอกสูบ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ ใน Piston ring ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

oil ring depth (mm)	กำลังงานสูญเสีย , W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
1	137.51	445.52	929.55	1589.58	2425.63	3437.68
1.042	138.1	447.44	933.55	1596.43	2436.07	3452.48
1.084	138.7	449.37	937.58	1603.32	2446.59	3467.4
1.126	139.3	451.32	941.65	1610.28	2457.2	3482.43
1.168	139.9	453.29	945.75	1617.29	2467.91	3497.61
1.21	140.52	455.28	949.9	1624.38	2478.72	3512.93

ตารางที่ 5.2.1ค.9 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกสูบ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ ใน Piston ring ที่มีต่อกำลังงานสูญเสีย

เส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกสูบ (ม)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.07	234.9	761.3	1588.5	2716.4	4145.1	5874.6
0.074	198.9	644.4	1344.5	2299.3	3508.6	4972.5
0.078	169.8	550.3	1148.1	1963.4	2996.0	4246.1
0.082	146.1	473.6	988.19	1689.8	2578.6	3654.5
0.086	126.7	410.5	856.62	1464.8	2235.3	3167.9
0.09	110.5	358.2	747.4	1278.1	1950.3	2764.0

ตารางที่ 5.2.1ค.10 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงระยะ crank arm ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ ใน Piston ring ที่มีต่อกำลังงานสูญเสีย

ระยะ crank arm (ม)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.0346	129.21	418.65	873.47	1493.69	2279.3	3230.3
0.03608	137.59	445.79	930.11	1590.55	2427.1	3439.77
0.03756	146.14	473.5	987.93	1689.41	2577.96	3653.57
0.03904	154.87	501.76	1046.89	1790.24	2731.82	3871.63
0.04052	163.75	530.56	1106.98	1893	2888.63	4093.86
0.042	172.81	559.9	1168.18	1997.66	3048.33	4320.19

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.1ง) ผลการคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรขององค์ประกอบกำลังงานสูญเสียจาก Cam system จากสมการ 3.2.4.7

$$P_{cam} = F_s(K, L_{cam}, R, r, P_s, m, N)$$

สามารถแสดงผลของตัวแปรต่างๆ ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.2.1ง.1 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงขนาดมวลเวลาตัวความ ที่ความเร็วรอบเครื่อง
ยนต์ต่างๆ ในระบบการขับ Cam ที่มีต่อกำลังงานสูญเสีย

มวลเวลาตัวความ (kg)	กำลังงานสูญเสีย , W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.09	208.98	291.44	372.78	452.65	530.76	606.76
0.102	208.87	291.14	372.12	451.46	528.79	603.74
0.114	208.76	290.83	371.47	450.27	526.82	600.71
0.126	208.64	290.52	370.81	449.07	524.85	597.68
0.138	208.53	290.21	370.16	447.88	522.88	594.66
0.15	208.42	289.9	369.51	446.69	520.91	591.63

ตารางที่ 5.2.1ง.2 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่า spring stiffness ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์
ต่างๆ ในระบบการขับ Cam ที่มีต่อกำลังงานสูญเสีย

spring stiffness (N/m)	กำลังงานสูญเสีย , W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
21600	198.29	276.34	353.15	428.34	501.55	572.44
22560	202.53	282.28	360.78	437.67	512.58	585.16
23520	206.77	288.22	368.41	447	523.6	597.88
24480	211.01	294.15	376.05	456.32	534.63	610.6
25440	215.25	300.09	383.68	465.65	545.66	623.32
26400	219.49	306.03	391.31	474.98	556.68	636.05

ตารางที่ 5.2.1.3 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่า valve preload ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์
ต่างๆในระบบการขับ Cam ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

valve preload (N)	กำลังงานสูญเสีย , W					
	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
140	198.84	277.12	354.15	429.56	503	574.1
146	202.86	282.75	361.38	438.4	513.45	586.16
152	206.88	288.37	368.61	447.24	523.89	598.21
158	210.9	294	375.85	456.08	534.34	610.27
164	214.91	299.62	383.08	464.92	544.79	622.32
170	218.93	305.25	390.31	473.76	555.24	634.38

ตารางที่ 5.2.1.4 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่า base radius และค่า tip radius ที่ความเร็วรอบ
เครื่องยนต์ต่างๆในระบบการขับ Cam ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

Tip radius (mm)	กำลังงานสูญเสีย , W					
	Base radius (mm)					
	14	14.7	15.4	16.1	16.8	17.5
1000 (rev/min)						
2.2	196.26	200.6	205.05	209.24	213.84	218.19
2.31	196.84	201.08	205.1	209.63	214.21	218.54
2.42	196.72	201.08	205.53	210.03	214.28	218.89
2.53	197.34	201.58	205.97	210.44	214.65	219.25
2.64	198.04	202.1	206.42	210.5	215.04	219.62
2.75	197.78	202.05	206.45	210.91	215.43	219.68
1400 (rev/min)						
2.2	273.78	279.8	286.07	291.59	298.18	304.07
2.31	274.91	280.67	285.78	292.25	298.8	304.65
2.42	274.14	280.24	286.52	292.93	298.59	305.24
2.53	275.38	281.14	287.3	293.63	299.22	305.84
2.64	276.83	282.11	288.11	293.37	299.87	306.45
2.75	275.62	281.54	287.75	294.09	300.53	306.23
1800 (rev/min)						
2.2	350.33	357.94	366.07	372.57	381.33	388.55
2.31	352.33	359.41	365.09	373.62	382.31	389.44
2.42	350.29	358.11	366.3	374.71	381.49	390.36
2.53	352.51	359.64	367.57	375.84	382.49	391.3
2.64	355.18	361.31	368.91	374.91	383.51	392.26
2.75	352.19	359.7	367.76	376.07	384.57	391.45

ตารางที่ 5.2.1จ.4 (ต่อ) แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่า base radius และค่า tip radius ที่ความเร็วรอบเครื่องชดต่างๆในระบบการขับ Cam ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

Tip radius (mm)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	Base radius (mm)					
	14	14.7	15.4	16.1	16.8	17.5
2200 (rev/min)						
2.2	425.61	434.75	444.78	451.81	462.93	471.23
2.31	428.9	437.07	442.65	453.41	464.4	472.56
2.42	424.8	434.33	444.51	455.06	462.6	473.92
2.53	428.47	436.76	446.48	456.79	464.09	475.32
2.64	432.98	439.45	448.58	454.76	465.63	476.75
2.75	427.13	436.14	446.12	456.52	467.23	474.96
2600 (rev/min)						
2.2	499.36	509.91	521.91	528.93	542.66	551.71
2.31	504.44	513.4	518.06	531.24	544.79	553.61
2.42	497.32	508.54	520.81	533.66	541.51	555.56
2.53	503.02	512.21	523.73	536.19	543.66	557.57
2.64	510.09	516.29	526.86	532.51	545.89	559.65
2.75	500.07	510.48	522.47	535.1	548.21	556.38
3000 (rev/min)						
2.2	571.29	583.13	597.17	603.52	620.17	629.59
2.31	578.76	588.17	590.94	606.78	623.15	632.23
2.42	567.47	580.37	594.85	610.19	617.81	634.95
2.53	575.88	585.68	599.02	613.76	620.82	637.75
2.64	586.4	591.62	603.5	607.8	623.96	640.64
2.75	570.66	582.35	596.42	611.46	627.22	635.34

ตารางที่ 5.2.1จ.5 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงระยะชกเวลาที่ความเร็วรอบเครื่องชดต่างๆในระบบการขับ Cam ที่มีคอกำลังงานสูญเสีย

ระยะชกเวลา (mm)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องชด (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
9	189.05	263.83	337.76	410.6	482.12	552.06
9.4	196.73	274.29	350.72	425.7	498.9	570
9.8	204.89	285.79	365.62	444.09	520.9	595.73
10.2	213.3	297.67	381.09	463.28	543.98	622.91
10.6	221.49	308.66	394.39	478.29	559.93	638.92
11	230.33	321.13	410.61	498.38	584.08	667.31

5.2.10) ผลการคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรขององค์ประกอบกำลังงานสูญเสียจาก Accessories load จากสมการ 3.2.5.ก4 และ 3.2.5.ข2

$$P_{air-comp} = F_c(\text{cooling load}, N)$$

$$P_{fan} = F_f(D_a, L_a, N)$$

$$P_{pump} = F_p(N)$$

สามารถแสดงผลของตัวแปรค่าๆได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.2.10.1 แสดงผลการเปลี่ยนแปลง Cooling load ในระบบปรับอากาศของรถยนต์ ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิดต่างๆที่มีคือกำลังงานสูญเสีย

ความเร็วรอบ เครื่องชนิด (rev/min)	กำลังงานสูญเสีย, W Cooling load 2300 W	ความเร็วรอบ เครื่องชนิด (rev/min)	กำลังงานสูญเสีย, W Cooling load 2380 W	ความเร็วรอบ เครื่องชนิด (rev/min)	กำลังงานสูญเสีย, W Cooling load 2460 W
1000	1130.99	1000	1130.99	1000	1130.99
1076.14	1217.11	1085.74	1227.97	1095.35	1238.83
1152.28	1303.22	1171.49	1324.95	1190.7	1346.67
1228.42	1389.33	1257.23	1421.92	1286.05	1454.51
1304.56	1475.45	1342.98	1518.9	1381.4	1562.35
1380.7	1561.56	1428.72	1615.87	1476.75	1670.19
1620.82	1561.56	1620.82	1615.87	1620.82	1670.19
1816.66	1561.56	1816.66	1615.87	1816.66	1670.19
2012.49	1561.56	2012.49	1615.87	2012.49	1670.19
2208.33	1561.56	2208.33	1615.87	2208.33	1670.19
2404.16	1561.56	2404.16	1615.87	2404.16	1670.19
2600	1561.56	2600	1615.87	2600	1670.19
	Cooling load 2340 W		Cooling load 2620 W		Cooling load 2700 W
1000	1130.99	1000	1130.99	1000	1130.99
1104.95	1249.69	1114.56	1260.56	1124.16	1271.42
1209.91	1368.4	1229.12	1390.12	1248.33	1411.85
1314.86	1487.1	1343.68	1519.69	1372.49	1552.28
1419.82	1605.8	1458.24	1649.25	1496.66	1692.71
1524.77	1724.51	1572.8	1778.82	1620.82	1833.14
1620.82	1724.51	1620.82	1778.82	1620.82	1833.14
1816.66	1724.51	1816.66	1778.82	1816.66	1833.14
2012.49	1724.51	2012.49	1778.82	2012.49	1833.14
2208.33	1724.51	2208.33	1778.82	2208.33	1833.14
2404.16	1724.51	2404.16	1778.82	2404.16	1833.14
2600	1724.51	2600	1778.82	2600	1833.14

ตารางที่ 5.2.1จ.2 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ rotor ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิดต่างๆที่มีต่อกำลังงานสูญเสีย

เส้นผ่าศูนย์กลาง ของ rotor (m)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องชนิด (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.1	612.06	624.14	641.53	664.85	694.64	731.43
0.105	614.3	628.63	649.26	676.92	712.27	755.9
0.11	616.83	633.69	657.97	690.52	732.12	783.47
0.115	619.67	639.37	667.73	705.76	754.36	814.35
0.12	622.82	645.69	678.61	722.75	779.15	848.78
0.125	626.33	652.71	690.69	741.6	806.67	886.99

ตารางที่ 5.2.1จ.3 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาวของ rotor ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิดต่างๆที่มีต่อกำลังงานสูญเสีย

ความยาว rotor (m)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	ความเร็วรอบเครื่องชนิด (rev/min)					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
0.09	618.66	637.35	664.26	700.34	746.44	803.35
0.094	619.07	638.17	665.67	702.54	749.66	807.82
0.098	619.47	638.97	667.05	704.7	752.81	812.2
0.102	619.86	639.76	668.41	706.82	755.89	816.48
0.106	620.25	640.53	669.74	708.89	758.92	820.69
0.11	620.62	641.29	671.04	710.93	761.89	824.81

ตารางที่ 5.2.1จ.4 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงกำลังงานสูญเสียของบีมในรอนดที่ความเร็วรอบเครื่องชนิดต่างๆ

ความเร็วรอบเครื่องชนิด (rev/min)	กำลังงานสูญเสีย (W)
1000	34.92
1800	151.78
2600	380.6
3400	744.27
4200	1262.28
5000	1951.9

5.2.1ด) ผลการคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงหัวแปรขององค์ประกอบกำลังงานสูญเสียจาก
Pumping losses จากสมการ 3.2.6.2

$$P_{\text{pump}} = F_p(R_o, D_p, \Delta h, N)$$

สามารถแสดงผลของหัวแปรต่างๆ ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.2.1ด.1 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงขนาดควาลวไอดี ที่ความเร็วรอบเครื่องชนค
ต่างๆ และ manifold pressure ต่างๆ ที่มีต่อกำลังงานสูญเสีย

ขนาดควาลวไอดี (m)	กำลังงานสูญเสีย, W					
	Manifold Pressure, (in.Hg)					
	10	14	18	22	26	30
1000 (rev/min)						
0.027	1134.92	1006.73	873.46	737.45	599.94	461.68
0.0282	1129.94	1000.49	866.17	729.25	590.92	451.91
0.0294	1125.66	995.12	859.91	722.2	583.16	443.5
0.0306	1121.96	990.49	854.5	716.11	576.46	436.24
0.0318	1118.75	986.46	849.79	710.81	570.63	429.92
0.033	1115.94	982.93	845.67	706.18	565.53	424.4
1600 (rev/min)						
0.027	1874.68	1695.55	1509.72	1322.13	1135.36	950.92
0.0282	1856.97	1673.35	1483.8	1292.96	1103.26	916.14
0.0294	1841.75	1654.27	1461.52	1267.89	1075.67	886.25
0.0306	1828.59	1637.78	1442.26	1246.21	1051.82	860.4
0.0318	1817.15	1623.43	1425.51	1227.36	1031.08	837.93
0.033	1807.15	1610.89	1410.86	1210.88	1012.94	818.29
2200 (rev/min)						
0.027	2697.61	2502.44	2301.23	2103.07	1912.57	1732.43
0.0282	2655.77	2449.99	2239.98	2034.13	1836.72	1650.26
0.0294	2619.81	2404.91	2187.34	1974.9	1771.54	1579.64
0.0306	2588.72	2365.94	2141.83	1923.68	1715.19	1518.58
0.0318	2561.69	2332.05	2102.26	1879.13	1666.18	1465.48
0.033	2538.05	2302.42	2067.66	1840.19	1623.34	1419.06
2800 (rev/min)						
0.027	3632.29	3467.64	3301.07	3147.78	3015.36	2908.22
0.0282	3552.05	3367.05	3183.61	3015.58	2869.9	2750.63
0.0294	3483.1	3280.61	3082.67	2901.98	2744.91	2615.21
0.0306	3423.48	3205.88	2995.39	2803.75	2636.84	2498.11
0.0318	3371.63	3140.88	2919.5	2718.33	2542.86	2396.28
0.033	3326.31	3084.07	2853.15	2643.66	2460.7	2307.26
3400 (rev/min)						
0.027	4705.53	4629.16	4559.69	4520.82	4524.23	4576.7
0.0282	4570	4459.25	4361.28	4297.52	4278.54	4310.5
0.0294	4453.53	4313.25	4190.79	4105.63	4067.41	4081.76
0.0306	4352.83	4187	4043.36	3939.71	3884.86	3883.96
0.0318	4265.25	4077.22	3915.16	3795.42	3726.11	3711.96
0.033	4188.69	3981.25	3803.09	3669.28	3587.33	3561.6

ตารางที่ 5.2.1ฉ.1 (ต่อ) แสดงผลการเปลี่ยนแปลงขนาดวาล์วไอศ ที่ความเร็วรอบเครื่องชนค
ต่างๆ และ manifold pressure ต่างๆ ที่มีต่อกำลังงานสูญเสีย

ขนาดวาล์วไอศ (m)	กำลังงานสูญเสีย , W					
	Manifold Pressure , (in.Hg)					
	10	14	18	22	26	30
4000 (rev/min)						
0.027	5942.85	6023.33	6125.59	6284.53	6517.25	6833.66
0.0282	5732.65	5759.84	5817.89	5938.22	6136.22	6420.82
0.0294	5552.03	5533.41	5553.48	5640.63	5808.8	6066.07
0.0306	5395.85	5337.62	5324.85	5383.31	5525.69	5759.32
0.0318	5260.04	5167.37	5126.03	5159.55	5279.49	5492.58
0.033	5141.31	5018.53	4952.22	4963.93	5064.26	5259.38

ตารางที่ 5.2.1ฉ.2 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนกำลังอัด ที่ความเร็วรอบเครื่องชนค
ต่างๆ และค่าManifold pressure ต่างๆ ที่มีต่อกำลังงานสูญเสีย

อัตราส่วนกำลังอัด	กำลังงานสูญเสีย , W					
	Manifold Pressure , (in.Hg)					
	10	14	18	22	26	30
1000 (rev/min)						
8.5	1114.67	981.98	844.92	705.57	565.04	424.01
8.9	1118.38	986.37	849.9	711.08	571.03	430.44
9.3	1121.98	990.64	854.74	716.43	576.84	436.69
9.7	1125.49	994.78	859.44	721.63	582.5	442.76
10.1	1128.9	998.82	864.02	726.69	588	448.67
10.5	1132.22	1002.75	868.48	731.62	593.36	454.43
1600 (rev/min)						
8.5	1821.36	1629.67	1433.33	1236.52	1041.42	849.34
8.9	1826.92	1636.24	1440.79	1244.77	1050.39	858.97
9.3	1832.31	1642.62	1448.01	1252.76	1059.07	868.31
9.7	1837.53	1648.8	1455.03	1260.51	1067.5	877.36
10.1	1842.61	1654.81	1461.84	1268.04	1075.69	886.15
10.5	1847.54	1660.65	1468.46	1275.36	1083.65	894.71
2200 (rev/min)						
8.5	2586.46	2364.31	2140.62	1922.77	1714.53	1518.13
8.9	2593.54	2372.69	2150.12	1933.27	1725.95	1530.39
9.3	2600.38	2380.78	2159.3	1943.42	1736.98	1542.24
9.7	2607	2388.62	2168.18	1953.25	1747.66	1553.71
10.1	2613.41	2396.21	2176.79	1962.76	1758.01	1564.83
10.5	2619.63	2403.57	2185.14	1972	1768.04	1575.61
2800 (rev/min)						
8.5	3432.16	3218.16	3010.55	2821.34	2656.58	2519.8
8.9	3440.41	3227.93	3021.62	2833.58	2669.89	2534.09
9.3	3448.36	3237.34	3032.29	2845.38	2682.71	2547.87
9.7	3456.03	3246.41	3042.58	2856.76	2695.08	2561.16
10.1	3463.44	3255.18	3052.52	2867.75	2707.03	2574
10.5	3470.6	3263.66	3062.13	2878.38	2718.59	2586.41

ตารางที่ 5.2.1ด.2(ต่อ) แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนกำลังอัด ที่ความเร็วรอบเครื่อง
ต่างๆ และค่าManifold pressure ต่างๆ ที่มีต่อกำลังงานสูญเสีย

อัตราส่วนกำลังอัด	กำลังงานสูญเสีย , W					
	Manifold Pressure , (in.Hg)					
	10	14	18	22	26	30
3400 (rev/min)						
8.5	4379.4	4221.86	4084.95	3987.1	3937.43	3941.25
8.9	4388.47	4232.59	4097.11	4000.55	3952.05	3956.95
9.3	4397.17	4242.88	4108.79	4013.45	3966.08	3972.03
9.7	4405.52	4252.78	4120	4025.85	3979.56	3986.51
10.1	4413.56	4262.29	4130.79	4037.78	3992.53	4000.44
10.5	4421.31	4271.45	4141.19	4049.27	4005.02	4013.86
4000 (rev/min)						
8.5	5448.21	5404.86	5404.28	5473.33	5625.17	5867.46
8.9	5457.71	5416.11	5417.03	5487.42	5640.5	5883.92
9.3	5466.78	5426.84	5429.21	5500.88	5655.13	5899.64
9.7	5475.45	5437.1	5440.85	5513.75	5669.12	5914.67
10.1	5483.75	5446.92	5451.98	5526.06	5682.51	5929.05
10.5	5491.69	5456.33	5462.65	5537.86	5695.33	5942.82

5.2.2 ผลการคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรขององค์ประกอบกำลังงานสูญเสียต่างๆของ
ยานยนต์ ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดต่อไปนี้

สำหรับความเร็วของยานยนต์คำนวณจาก การใช้อัตราทดกับความเร็วรอบเครื่องยนต์
ตามรูปแบบมาตรฐานการขับ^[39] สามารถประมาณได้ว่า

- ก) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 0 - 1200 รอบต่อนาที ใช้อัตราทดเกียร์ 1
- ข) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1200 - 1800 รอบต่อนาที ใช้อัตราทดเกียร์ 2
- ค) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1800 - 2000 รอบต่อนาที ใช้อัตราทดเกียร์ 3
- ง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 - 2200 รอบต่อนาที ใช้อัตราทดเกียร์ 4
- จ) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ มากกว่า 2200 รอบต่อนาที ใช้อัตราทดเกียร์ 5

5.2.2ก) ผลการคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรขององค์ประกอบกำลังงานสูญเสียจาก

Air resistance จากสมการ 3.3.1.4

$$P_{air\ resist} = F_{10}(C_d, A_f, G_T, N)$$

สามารถแสดงผลของตัวแปรต่างๆได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.2.2ก.1 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่า drag coefficient ที่ความเร็วยานยนต์ต่างๆ ที่มีต่อกำลังงานสูญเสียจากแรงต้านทานอากาศของยานยนต์

drag coefficient	กำลังงานสูญเสีย , W					
	ความเร็วยานยนต์ (km/hr)					
	8.25	24.62	83.28	108.9	134.53	160.15
0.3	4.09	109.69	4214.97	9425.65	17767.35	29976.76
0.312	4.25	114.08	4383.57	9802.68	18478.04	31175.83
0.324	4.42	118.46	4552.17	10179.71	19188.73	32374.9
0.336	4.58	122.85	4720.77	10556.73	19899.43	33573.97
0.348	4.75	127.24	4889.37	10933.76	20610.12	34773.04
0.36	4.91	131.63	5057.97	11310.78	21320.81	35972.11

ตารางที่ 5.2.2ก.2 แสดงผลการเปลี่ยนแปลง frontal area ที่ความเร็วยานยนต์ต่างๆ ที่มีต่อกำลังงานสูญเสียจากแรงต้านทานอากาศของยานยนต์

frontal area (m ²)	กำลังงานสูญเสีย , W					
	ความเร็วยานยนต์ (km/hr)					
	8.25	24.62	83.28	108.9	134.53	160.15
1.75	4.06	108.84	4182.38	9352.77	17629.9	29744.9
1.8	4.18	111.95	4301.88	9620	18133.6	30594.8
1.85	4.29	115.06	4421.38	9887.22	18637.4	31444.6
1.9	4.41	118.17	4540.87	10154.4	19141.1	32294.5
1.95	4.52	121.28	4660.37	10421.6	19644.8	33144.4
2	4.64	124.39	4779.87	10688.8	20148.5	33994.2

5.2.2ข) ผลการคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรขององค์ประกอบกำลังงานสูญเสียจาก

Rolling resistance จากสมการ 3.3.2.2

$$P_{roll} = F_{11}(f, m_v, G_T, N)$$

สามารถแสดงผลของตัวแปรต่างๆ ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.2.2ข.1 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่า rolling coefficient ที่ความเร็วยานยนต์ต่างๆ ที่มีต่อกำลังงานสูญเสียจากแรงต้านทานการหมุน

rolling coefficient	กำลังงานสูญเสีย , W					
	ความเร็วยานยนต์ (km/hr)					
	8.25	24.62	83.28	108.9	134.53	160.15
0.0145	361.64	1082.4	3652.57	4776.44	5900.31	7024.17
0.01496	373.11	1116.7	3768.45	4927.97	6087.49	7247.01
0.01542	384.58	1151.0	3884.32	5079.5	6274.67	7469.85
0.01588	396.05	1185.4	4000.19	5231.02	6461.85	7692.68
0.01634	407.53	1219.7	4116.07	5382.55	6649.03	7915.52
0.0168	419	1254.0	4231.94	5534.08	6836.22	8138.35

ตารางที่ 5.2.2ข.2 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่า vehicle mass ที่ความเร็วยานยนต์ต่างๆ ที่มีต่อกำลังงานสูญเสียจากแรงต้านทานการหมุน

vehicle mass (kg)	กำลังงานสูญเสีย , W					
	ความเร็วยานยนต์ (km/hr)					
	8.25	24.62	83.28	108.9	134.53	160.15
1000	345.12	1032.97	3485.77	4558.32	5630.86	6703.41
1040	358.93	1074.29	3625.2	4740.65	5856.1	6971.54
1080	372.73	1115.61	3764.63	4922.98	6081.33	7239.68
1120	386.54	1156.93	3904.06	5105.31	6306.56	7507.81
1160	400.34	1198.25	4043.49	5287.65	6531.8	7775.95
1200	414.15	1239.57	4182.93	5469.98	6757.03	8044.09

5.3) ผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม Optimum

การคำนวณที่ได้จากโปรแกรม Optimum เป็นผลการคำนวณหาตัวแปรที่ทำให้เกิดกำลังงานสูญเสียต่ำสุดจากช่วงตัวแปรที่พิจารณา และแสดงผลการเปรียบเทียบกำลังงานสูญเสียจากข้อมูล baseline data กับข้อมูลตัวแปรที่หาได้จากโปรแกรม Optimum ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ ในส่วนของเครื่องยนต์และในส่วนของยานยนต์ โดยโปรแกรม Optimum สามารถรายละเอียดในภาคผนวก ฉ ซึ่งผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม Optimum ประกอบไปด้วย

5.3.1) ผลการคำนวณหาค่าตัวแปรการออกแบบที่ทำให้กำลังงานการสูญเสียต่ำสุด (optimum data) ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิดต่างๆ ทั้งในส่วนของตัวแปรการออกแบบของเครื่องชนิด และ ชานชนิด

5.3.2) ผลการคำนวณหาสัดส่วนของกำลังสูญเสียในแต่ละองค์ประกอบตามข้อมูลจาก base line engine data

5.3.3) ผลการคำนวณหาลำดับงานสูญเสียของแต่ละองค์ประกอบในส่วนของเครื่องชนิดและ ชานชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบเครื่องชนิด ตามข้อมูล baseline engine data และ optimum data

5.3.4) ผลการคำนวณการเปรียบเทียบกำลังงานสูญเสียจากข้อมูล optimum data กับข้อมูล baseline data และ ผลการคำนวณการแจกแจงสัดส่วนของแต่ละองค์ประกอบที่มีบทบาทใน ส่วนลดของกำลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงตัวแปรการออกแบบ สำหรับผลการคำนวณที่ได้ในหัวข้อ 5.3 นี้ ได้จากการป้อนข้อมูลอิสระเข้าโปรแกรม Optimum ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

* ENTER ENGINE DISPLACEMENT VOLUME (CC)	:	1587
* ENTER AMOUNT OF INTERVAL OF PARAMETERS (TIMES)	:	5
* ENTER ENGINE UPPER LIMIT SPEED (rev/min)	:	5000
* ENTER ENGINE LOWER LIMIT SPEED (rev/min)	:	1000
* ENTER AMOUNT OF INTERVAL OF ENGINE SPEED (TIMES)	:	5
* ENTER AMBIENT PRESSURE (In.HG)	:	30
* ENTER LOWER MANIFOLD PRESSURE LIMIT (In.HG)	:	10
* ENTER AMOUNT OF INTERVAL OF MANIFOLD PRESSURE (TIMES)	:	5
* ENTER OPERATION ENGINE SPEED (rev/min)	:	2600

5.3.1) ผลการคำนวณหาค่าตัวแปรการออกแบบที่ทำให้กำลังงานการสูญเสียต่ำสุด (optimum data) โดยคำนวณที่ความเร็วรอบเครื่องชนิดต่างๆ ทั้งในส่วนของตัวแปรการออกแบบของ เครื่องชนิด และชานชนิด

สำหรับค่าความดันท่อรวม ไอดีกับความเร็วยรอบเครื่องชนิดที่เกิดขึ้นจริงในการขับที่ รดชนิด⁽⁴⁸⁾ ประมาณได้ดังต่อไปนี้

ก) ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิดน้อยกว่า 1300 รอบต่อนาที กำหนดให้ความดันท่อรวม ไอดี

9.9 นิ้วปรอท

ข) ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิด 1300 - 1700 รอบต่อนาที กำหนดให้ความดันท่อรวมไอดี

10.2 นิ้วปรอท

- ค) ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิด 1700 - 2000 รอบต่อนาที กำหนดให้ความดันต่อรวมไอคือ 11 นิ้วปรอท
- ง) ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิด 2000 - 2400 รอบต่อนาที กำหนดให้ความดันต่อรวมไอคือ 12 นิ้วปรอท
- จ) ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิด 2400 - 2700 รอบต่อนาที กำหนดให้ความดันต่อรวมไอคือ 13 นิ้วปรอท
- ฉ) ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิด 2700 - 3000 รอบต่อนาที กำหนดให้ความดันต่อรวมไอคือ 13.7 นิ้วปรอท
- ช) ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิด 3000 - 3400 รอบต่อนาที กำหนดให้ความดันต่อรวมไอคือ 14.9 นิ้วปรอท
- ซ) ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิด 3400 - 3700 รอบต่อนาที กำหนดให้ความดันต่อรวมไอคือ 15.9 นิ้วปรอท
- ฌ) ที่ความเร็วรอบเครื่องชนิด 3700 - 4000 รอบต่อนาที กำหนดให้ความดันต่อรวมไอคือ 16.5 นิ้วปรอท
- ซึ่ง สามารถแสดงผลการคำนวณได้ดังตารางต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3.1 แสดงผลจากการหาตัวแปรการออกแบบที่ทำให้กำลังงานสูญเสียต่ำสุดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)	ตัวแปรการออกแบบที่ทำให้กำลังงานสูญเสียต่ำสุด					
	1000	1800	2600	3400	4200	5000
Radius of bearing in crankshaft (m)	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021
Bearing width in crankshaft (m)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Radius clearance in crankshaft (m)	2.7×10^{-5}	2.7×10^{-5}	2.7×10^{-5}	2.7×10^{-5}	2.7×10^{-5}	2.7×10^{-5}
Cooling load (W)	2350	2350	2350	2350	2350	2350
Rotor diameter in alternator(m)	0.1	0.1	0.1			
Rotor length in alternator(m)	0.09	0.09	0.09			
Piston clearance (m)	8×10^{-5}	8×10^{-5}	8×10^{-5}	8×10^{-5}	8×10^{-5}	8×10^{-5}
Skirt length (m)	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036
Pressure ring depth (mm)	3	3	3	3	3	3
Oil ring depth (mm)	1	1	1	1	1	1
Radius bearing at big-end (m)	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021
Radius clearance at big-end (m)	3.8×10^{-5}	3.8×10^{-5}	3.8×10^{-5}	3.8×10^{-5}	3.8×10^{-5}	3.8×10^{-5}
Bearing width at big-end (m)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Radius bearing at small end (m)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Radius clearance at small-end (m)	2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}
Bearing width at small-end (m)	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021
Absolute viscosity (Pa.s)	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
Bore (m)	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Crank arm (m)	0.03118	0.03118	0.03118	0.03118	0.03118	0.03118
Drag coefficient	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Frontal area (m ²)	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
Rolling coefficient	0.0145	0.0145	0.0145			
Vehicle mass (kg)	1000	1000	1000			
Valve follower mass (kg)	0.15	0.15	0.15			
Spring stiffness (N/m)	21600	21600	21600			
Valve preload (N)	140	140	140			
Base radius (mm)	14	14	14			
Tip radius (mm)	2.2	2.42	2.42			
Valve lift (mm)	9	9	9			
ความดันท่อรวมไอดี (นิ้วปรอท)	ตัวแปรการออกแบบที่ทำให้กำลังงานสูญเสียต่ำสุด					
	9.9	11	13	14.9		
Inlet valve diameter (m)	0.033	0.033	0.033	0.033		

5.3.2) ผลการคำนวณหาสัดส่วนของกำลังสูญเสียในแต่ละองค์ประกอบตามข้อมูลจาก base line engine data ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.3.2 แสดงผลการคำนวณของสัดส่วนของกำลังงานสูญเสียในเครื่องยนต์ของแต่ละองค์ประกอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2600 รอบต่อนาที

องค์ประกอบกำลังงานสูญเสีย	สัดส่วนของกำลังงานสูญเสีย, %
Crank-shaft bearing	10.05
Air conditioning	18.52
Pump	4.23
Alternator	8.89
Pumping loss	32.69
Piston skirt	3.84
Piston ring	10.25
Connecting rod	5.76
Cam system	5.77

5.3.3) ผลการคำนวณหา กำลังงานสูญเสียของแต่ละองค์ประกอบในส่วนของเครื่องยนต์และยานยนต์ต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบเครื่องยนต์ตามข้อมูล baseline engine data และ optimum data ซึ่งสามารถแสดงผลการคำนวณได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.3.3ก แสดงผลการคำนวณกำลังงานสูญเสียแต่ละองค์ประกอบของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ จาก baseline data

ความเร็วรอบ (rev/min)	กำลังงานสูญเสียแต่ละองค์ประกอบของเครื่องยนต์, W									
	P_{crank}	$P_{air-comp.}$	P_{pump}	P_{alt}	P_{pump}	P_{skirt}	P_{ring}	$P_{con-rod}$	P_{cam}	P_{total}
1000	136.2	1130.99	35.6	619.6	1126.9	52.1	138.9	78.2	208.9	3527.5
1800	441.3	1697.35	154.6	685.4	2033.9	168.8	450.1	253.2	372.2	6257.1
2600	920.8	1697.35	387.8	814.3	2996.0	352.3	939.1	528.3	529.1	9165.1
3400	1574.6	1697.35	758.3		4215.2	602.4	1606	903.4		
4200	2402.8	1697.35	1286.1			919.2	2450.6	1378.6		
5000	3405.3	1697.35	1988.7			1302.8	3473.1	1953.8		

ตารางที่ 5.3.3b แสดงผลการคำนวณกำลังงานสูญเสียแต่ละองค์ประกอบของเครื่องยนต์ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ จาก optimum data

ความเร็วรอบ (rev/min)	กำลังงานสูญเสียแต่ละองค์ประกอบของเครื่องยนต์, W									
	P_{crank}	$P_{\text{air-comp}}$	P_{pump}	P_{skt}	P_{trump}	P_{skit}	P_{ring}	$P_{\text{cool-rad}}$	P_{cam}	P_{total}
1000	65.1	1130.9	35.6	611.4	1126.5	26.4	77.3	37.3	159.4	3271.1
1800	210.8	1561.5	154.6	649.7	2007.3	85.5	250.5	121.0	283.1	5324.2
2600	439.8	1561.5	387.8	724.6	2892.7	178.4	522.6	252.5	400.3	7360.3
3400	752.1	1561.5	758.3		3961.8	305.1	893.6	431.8		
4200	1147.7	1561.5	1286.1			465.6	1363.6	658.9		
5000	1626.6	1561.5	1988.7			659.8	1932.5	933.7		

ตารางที่ 5.3.3c แสดงผลการคำนวณกำลังงานสูญเสียยานยนต์ ที่ความเร็วยานยนต์ต่างๆ จาก baseline data

ความเร็วยานยนต์ (km/hr)	กำลังงานสูญเสีย (W)		
	$P_{\text{air-resist}}$	P_{roll}	P_{Tloss}
8.25	4.5	383.09	96.9
24.62	120.66	1146.6	316.81
83.3	4636.47	3869.21	945.08
108.9	10368.22	5059.73	1714.22
134.5	19544.08	6250.26	2866.04
160.2	32974.44	7440.78	4490.58

ตารางที่ 5.3.3g แสดงผลการคำนวณกำลังงานสูญเสียยานยนต์ ที่ความเร็วยานยนต์ต่างๆ จาก optimum data

ความเร็วยานยนต์ (km/hr)	กำลังงานสูญเสีย (W)		
	$P_{\text{air-resist}}$	P_{roll}	P_{Tloss}
8.25	3.69	325.8	82.37
24.62	98.95	975.14	268.52
83.3	3802.17	3290.6	788.09
108.9	8502.52	4303.1	1422.85
134.5	16027.24	5315.59	2371.43
160.2	27040.89	6328.08	3707.67

5.3.4) ผลการคำนวณการเปรียบเทียบกำลังงานสูญเสียจาก baseline engine data กับ optimum data และ ผลการคำนวณการแจกแจงสัดส่วนของแต่ละองค์ประกอบที่มีบทบาทในส่วนลดของกำลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงตัวแปรการออกแบบ ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.3.4ก แสดงผลการคำนวณของสัดส่วนการลดลงของกำลังงานสูญเสียในเครื่องยนต์ของแต่ละองค์ประกอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2600 รอบต่อนาที

องค์ประกอบ กำลังงานสูญเสีย	กำลังงานสูญเสีย , W		
	Baseline data	Optimum data	การลดกำลังงานสูญเสีย , %
Crank-shaft	920.79	439.83	52.23
Air conditioning	1697.35	1561.56	8
Alternator	814.35	724.68	11.01
pump	387.8	387.8	
Pumping losses	2996.03	2892.68	3.45
Piston skirt	352.27	178.42	49.35
Piston ring	939.13	522.56	44.35
Connecting rod	528.31	252.56	52.21
Cam system	529.12	400.31	24.34
Total Power loss	9165.15	7360.29	19.69

ตารางที่ 5.3.4ข แสดงผลการคำนวณของสัดส่วนการลดลงของกำลังงานสูญเสียในยานยนต์ของแต่ละองค์ประกอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2600 รอบต่อนาที

องค์ประกอบ กำลังงานสูญเสีย	กำลังงานสูญเสีย , W		
	Baseline data	Optimum data	การลดกำลังงานสูญเสีย , %
Air resistance	4636.47	3802.17	17.99
Rolling resistance	3869.21	3290.6	14.95
Road load	8505.68	7092.77	16.61

ตารางที่ 5.3.4ค แสดงผลการคำนวณสัดส่วนการลดลงของกำลังงานสูญเสียในเครื่องยนต์
ของแต่ละองค์ประกอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2600 รอบต่อนาที

องค์ประกอบกำลังงานสูญเสีย	สัดส่วนการลดกำลังงานสูญเสีย , %
Crank-shaft bearing	26.65
Piston ring	23.08
Connecting rod	15.28
Piston skirt	9.63
Air conditioning	7.52
Cam system	7.14
Pumping loss	5.73
Alternator	4.97

ตารางที่ 5.3.4ง แสดงผลสรุปสัดส่วนการลดกำลังงานสูญเสียรวมในแต่ละตัวแปรการ
ออกแบบในส่วน of เครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2600 รอบต่อนาที

ตัวแปรการออกแบบ	สัดส่วนการลดกำลังงานสูญเสีย , %
Absolute viscosity	17.57
Radius of crankshaft	16.52
Radius bearing (Con-rod)	9.42
Piston Bore	8.29
Cooling load	7.38
Pressure ring depth	6.37
Radius clearance in crankshaft	5.57
Bearing width in crankshaft	4.55
Rotor diameter in alternator	4.51
Inlet valve diameter	3.04
Con-rod bearing width	2.63
Valve follower lift	2.61
Radius clearance at big-end	2.60
Piston clearance	2.39
Skirt length	1.90
Valve preload	1.47
Spring stiffness	1.09
Rotor length in alternator	0.60
Valve followe.mass	0.54
Oil ring depth	0.52
ตัวแปรอื่นที่เหลือ	0.43

ตารางที่ 5.3.40 แสดงผลสรุปสัดส่วนการลดกำลังงานสูญเสียรวมในแต่ละตัวแปรการ
ออกแบบในส่วนของการคำนวณที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2600 รอบต่อนาที

ตัวแปรการออกแบบ	สัดส่วนการลดกำลังงานสูญเสีย , %
frontal area	30.77
drag coefficient	28.57
vehicle mass	25.98
rolling coefficient	14.68



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย