รายการอ้างอิง

1. พูลพร แสงบางปลา. ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2537.
2. ปราโมทย์ เดชะอำไพ. ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2537.
3. บริษัท น้ำมันคาลเท็กซ์ (ไทย) จำกัด (ฝ่ายวิจัยพัฒนา) .(บจม.). น้ำมันดีเซล
4. บริษัท ตรีเพชรอีซูซุเซลส์ จำกัด. คู่มือการซ่อมรถยนต์อีซูซุตระกูล TF. กรุงเทพมหานคร, 2541.
5. Heywood, J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals. Mc GRAW-HILL,1988
6. Watson, N. Dynamic Turbocharged Diesel Engine Simulator for Electronic Control System Development. ASME Journal of Dynamic Systems,Measurement,and Control.,Vol 106,.pp.27-44,1984.
7. Winterbone, D.E. and Loo, W.Y. A Dynamic Simulation of a Two - Stroke Turbocharged Diesel Engine. SAE Paper No. 810337 , 1981.
8. Watson, N. and Janota, M.S. Turbocharging the Internal Combustion Engine. Macmillan Press, 1982.
9. Geene A.B. , Lucas G.G. The Testing of Internal Combustion Engine. The English Universities Press Ltd. , 1969
10. Benson, R.S. and Whitehouse N.D. Internal Combustion Engines. Pergamon Press, 1979.
11. Annand, W.J.D. Heat transfer in the cylinder of reciprocating internal combustion engines. Proc. Inst .Mech.Engrs. , Vol. 177, No.36 ,.pp. 973 - 990 , 1963.
12. Whitehouse, N.D. and Way, R.J.B. A simple method for the calculation of heat release rates in diesel engines based on the fuel injection rate. SAE Paper No. 710134, 1971.
13. Tennant, D.W.H. Friction and combustion effects during the transient response of a turbocharged diesel engine. M.sc. Thesis, UMIST, 1975.
14. Samai Jai - In , Lt. Control studies of a turbocharged diesel engine. M.sc. Thesis, UMIST , 1987.

15. Winterbone, D.E. , Thiruarooran, C. , and Wellstead , P.E. A Wholly dynamic model of a turbocharged diesel engine for transfer function evaluation .
SAE Paper No.770124 , 1977.

16. Thiruarooran, C. Control studies of a turbocharged diesel engine.
Ph.D. Thesis, UMIST , 1978.

17. Benson, R.S. A computer program for calculating the performance of an internal combustion engine exhaust system. Proc.Inst.Mech.Engrs., 182 ,Pt.3L., 1968.

18. Ogawa, T. A general simulation of turbocharged diesel engines.
M.sc. Thesis, UMIST , 1980.

19. Broome, D. , and Khan, I.M. The mechanism of soot release from combustion of hydrocarbon fuels with particular reference to the diesel engine . Proc. Inst.Mech.Engrs. , Paper C140/71 , 1971.

20. Khan, I.M. Formation and combustion of carbon in a diesel engine . Proc. Inst.Mech. Engrs., 184 , Pt.3J ,1970.

21. L.J.Kastner, T.J. William and J.B. White , Poppet inlet valve characteristics and their influence on the induction process , Proc.Inst .Mech .Engrs. ,178, Pt.1,1963.

22 . G.H. Trenggrouse ,B.W. Imire and D.H. Male, Comparison of unsteady flow discharge coefficients for sharp edged orifices with steady flow values ,
J.Mech. Engng.Sci., 8 No.3 ,1966.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ข้อมูลดิบของการทดสอบเครื่องยนต์อีซูซุ รุ่น 4JA1L

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลการทดสอบเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซลอีซูซุ รุ่น 4JA1L 4 จังหวะ 4 สูบ ขนาดความจุกระบอกสูบ 2500 cc. Direct Injection

ใช้น้ำมันดาลเท็กซ์ เพาเวอร์ ดีเซล 0.05

วันที่ทำการทดลอง : ธันวาคม 2540

Condition : %	Engine Speed : rev/min	Palm : mmHg	Dry Bulb Temp : °C	Wet Bulb temp : °C	Weight :kg	fuel consumption			air consumption		Boost pressure : mmHg	Exhaust Manl Pressure : mmHg	Cooling		Inlet Manl Temp : °C	Exhaust Temp : °C	Lub. oil	Fuel Temp : °C	Smoke : %
						Volume: cc	Time : sec	Time : sec	Pressure drop across orifice ΔH : in H_2O				Inlet : °C	Outlet : °C			pressure : kPa		
Noload	800	770	28.6	27.4	0.30	18	101.78	101.66	0.6		1	18	70	83	42	145	2.2	28	5
25%	800	770	29	27.4	5.05	18	70.1	70.17	0.39		1	18	77	85	42	180	2.4	28	14
50%	800	770	29	27.2	9.80	18	53.3	54.93	0.54		2	17	77	85	43	216	2.3	28	22
75%	800	770	28.8	27.4	14.55	18	41.64	41.15	0.54		4	18	78	86	43	263	2.3	28	50
100%	800	770	28.6	27.4	19.30	18	29.16	29.06	0.6		6	19	78	86	43	336	2.3	28	68
Noload	1000	770	29	27.2	0.50	18	82.09	81.9	0.94		2	25	75	84	41	139	2.5	28	2
25%	1000	769	29	27.6	9.00	18	43.51	44.38	0.55		5	25	77	85	43	224	2.5	28	7
50%	1000	769	29	27.6	17.50	18	29.52	29.87	0.53		9	27	77	86	43	299	2.5	28	17
75%	1000	769	29	27.6	26.00	18	22	21.83	0.57		19	34	78	85	45	375	2.4	28	46
100%	1000	769	29	27.4	34.50	18	17.77	17.63	0.85		25	38	79	86	45	455	2.4	28	56
Noload	1500	769	29	27.2	0.90	18	51.77	52.99	1.39		18	57	78	85	42	164	2.3	28	3
25%	1500	767	30.6	29	11.53	18	26.02	26.26	1.48		32	67	77	85	46	253	2.6	29	9
50%	1500	767	30	27.8	19.50	18	17.91	18.07	1.46		45	79	78	86	48	336	2.6	29	17
75%	1500	768	30	27.4	32.78	18	12.12	12.39	1.5		63	85	77	86	55	475	2.5	29	25
100%	1500	768	29.4	27.6	43.40	18	9.15	9.22	1.56		85	109	79	86	582	2.5	2.5	28	46

ตารางที่ ก.1(ต่อ) ข้อมูลการทดสอบเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซลอีซูซุ รุ่น 4JA1L 4 จังหวะ 4 สูบ ขนาดความจุกระบอกสูบ 2500 cc. Direct Injection

ใช้น้ำมันคาลเท็กซ์ เพาเวอร์ ดีเซล 0.05

วันที่ทำการทดลอง : ธันวาคม 2540

Condition : %	Engine Speed : rev/min	Patm : mmHg	Dry Bulb Temp : °C	Wet Bulb temp : °C	Wieght :kg	fuel consumption			air consumption		Boost pressure : mmHg	Exhaust Mani Pressure : mmHg	Cooling		Inlet Mani Temp : °C	Exhaust Temp : °C	Lub. oil	Fuel Temp : °C	Smoke : %
						Volume: cc	Time : sec	Time : sec	Pressure drop across orifice ΔH : in H_2O				Inlet : °C	Outlet : °C			pressure : kPa		
Noload	1800	769	27.6	26.4	1.50	18	38.66	38.53	2.34		28	94	78	85	42	209	3.1	26	5
25%	1800	769	29.8	28	12.25	18	21.76	21.51	2.48		53	103	78	86	54	282	2.9	28	5
50%	1800	766	30	28.8	23.00	18	13.07	13.22	2.66		83	124	78	86	56	400	2.8	28	8
75%	1800	769	30	28.6	33.75	18	10.31	10.4	2.79		102	140	78	86	58	479	2.7	28	17
100%	1800	767	29.6	27.4	44.50	18	7.19	7.22	3.14		148	167	78	86	53	626	2.8	27	19
Noload	2500	766	30.2	28.6	2.30	18	23.39	23.07	5.12		68	167	77	86	53	247	3.8	28	5
25%	2500	769	28.6	27.2	12.60	18	13.44	13.43	8.72		56	154	78	86	53	337	3.8	27	10
50%	2500	769	29.4	27.4	22.90	18	9.01	9.01	9.53		80	178	78	86	61	438	3.5	28	13
75%	2500	769	30.4	28.2	33.20	18	7.12	7.14	9.98		107	194	78	87	67	518	3.3	28	20
100%	2500	769	28.2	26.6	43.50	18	5.25	5.3	9.75		148	235	78	86	48	651	3.6	26	24
Noload	3000	769	30.6	28.6	2.80	18	16.88	16.71	10.62		90	228	78	87	60	298	4.2	28	7
50%	3000	769	31.2	29.2	21.95	18	7.64	7.31	12.37		113	243	78	86	59	463	4	29	10
75%	3000	769	31.4	28.8	31.53	18	5.73	5.62	12.14		127	247	78	87	63	557	3.8	29	15
100%	3000	769	31	28.8	41.10	18	4.75	4.7	12.49		150	257	78	87	67	673	3.6	29	35

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ข้อมูลการทดสอบเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซลอีซูซุ รุ่น 4JA1L 4 จังหวะ 4 สูบ ขนาดความจุกระบอกสูบ 2500 cc. Direct Injection

ใช้น้ำมันคาลเท็กซ์ เพาเวอร์ ดีเซล 0.05

วันที่ทำการทดลอง : ธันวาคม 2540

Condition : %	Engine Speed : rev/min	Patm : mmHg	Dry Bulb Temp : °C	Wet Bulb temp : °C	Weight :kg	fuel consumption			air consumption	Boost pressure : mmHg	Exhaust Mani Pressure : mm	Cooling		Inlet Mani Temp : °C	Exhaust Temp : °C	Lub. oil	Fuel Temp : °C	Smoke : %
						Volume: cc	Time : sec	Time : sec	Pressure drop across orifice ΔH : in H_2O			Inlet : °C	Outlet : °C			pressure : kPa		
Noload	3800	768	32	28.2	4.3	18	10.23	10.13	11.34	65	238	78	88	59	395	4.6	29	12
50%	3800	768	32.2	31.4	20.35	18	5.51	5.64	11.86	100	279	78	88	58	529	4.6	31	22
75%	3800	768	32.4	29.8	28.375	18	4.56	4.69	12.43	120	297	78	89	58	616	4.5	31	32
100%	3800	768	31.4	28.8	36.4	18	3.68	3.68	12.98	152	322	78	88	68	732	4.4	30	40
Noload	4000	767	32.6	30	4.2	18	8.96	9.06	11.29	64	251	78	88	57	422	4.6	31	15
50%	4000	767	33.2	30.2	18.8	18	4.7	4.78	13.33	112	310	77	88	60	599	4.6	32	26
75%	4000	767	33.4	30.6	26.1	18	4.43	4.34	13.58	124	310	78	88	62	646	4.5	32	29
100%	4000	767	32.2	30	33.4	18	3.53	3.67	14.48	146	349	78	88	56	751	4.6	31	35

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ข้อมูลดิบของการทดสอบเทอร์โบชาร์จเจอร์ IHI รุ่น RH5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข.1 ข้อมูลการทดสอบคอมเพรสเซอร์ ของเทอร์โบชาร์จเจอร์ IHI รุ่น RHF 5

วันที่ทำการทดลอง : เมษายน 2541

Test No.	Turbo Speed (rpm)	Inlet Temperature	Outlet Temperature	Air density (kg/m3)	Ambient Pressure (mmHg)	Outlet Pressure (mmHg)	Air flow (kg/s)	Mass flow parameter	Pressure ratio
1	100000	29	67.8	1.17	762	65	0.088	1.514	1.084
2	100000	29	67.8	1.17	762	119	0.080	1.375	1.154
3	100000	29	68	1.17	762	202	0.066	1.133	1.262
4	100000	29	68.2	1.17	762	228	0.058	1	1.295
5	100000	29	68.3	1.17	762	244	0.052	0.9	1.316
6	100000	28.5	70	1.17	762	283	0.041	0.7	1.367
7	100000	28.5	71.4	1.17	762	290	0.035	0.6	1.376
8	100000	29	71.9	1.17	762	293	0.028	0.486	1.38
1	80000	28	58.9	1.17	765	41	0.070	1.193	1.053
2	80000	27.5	59	1.17	765	81	0.063	1.078	1.105
3	80000	28	59.2	1.17	765	144	0.053	0.9	1.186
4	80000	28.5	59.3	1.17	765	165	0.047	0.8	1.214
5	80000	28.5	59.4	1.17	765	174	0.044	0.75	1.225
6	80000	28	60.2	1.17	765	208	0.034	0.589	1.27
7	80000	28.5	61.4	1.17	765	221	0.025	0.424	1.286
8	80000	28	62	1.17	765	223	0.012	0.2	1.289
1	60000	28.5	49.2	1.17	765	20	0.044	0.759	1.026
2	60000	28.5	49.3	1.17	765	31	0.042	0.719	1.04
3	60000	28.5	49.2	1.17	765	62	0.038	0.65	1.08
4	60000	28.5	50.7	1.17	765	79	0.032	0.55	1.103
5	60000	28.5	52.8	1.17	765	108	0.023	0.398	1.14
6	60000	28.5	53.6	1.17	765	116	0.020	0.35	1.15
7	60000	28.5	54.3	1.17	765	120	0.018	0.303	1.156
8	60000	28.5	55.1	1.17	765	122	0.005	0.09	1.158
1	40000	27.5	42.2	1.17	768	77	0.005	0.08	1.1
2	40000	28	41.6	1.17	768	66	0.016	0.26	1.085
3	40000	28	42.5	1.17	768	63	0.018	0.3	1.082
4	40000	27.5	42.7	1.17	768	54	0.023	0.4	1.07
5	40000	28	44	1.17	768	42	0.026	0.45	1.055
6	40000	28.5	44.7	1.17	768	23	0.028	0.48	1.03
7	40000	28	44.2	1.17	768	8	0.032	0.55	1.01

ตาราง ข.2 ข้อมูลการทดสอบ เทอร์ไบน์ ของเทอร์โบชาร์จเจอร์ IHI รุ่น RHF 5

ทดลอง : เมษายน 2541

Test No.	Turbo Speed (rpm)	Inlet Temperature (celcius)	Outlet Temperature (celcius)	Air density (kg/m3)	Ambient Pressure (mmHg)	Inlet Pressure (mmHg)	Air flow (m^3/s)	Pressure ratio
1	20000	33	47	1.103	763	299	0.094	1.388
2	20000	32.5	49	1.096	763	297	0.091	1.3851
3	20000	33	55	1.076	763	296	0.090	1.3837
4	20000	31	56	1.073	762.5	292	0.089	1.3782
5	20000	31.5	58	1.067	764	296	0.090	1.384
1	40000	31.5	61	1.057	764	331	0.109	1.4292
2	40000	31.5	61.5	1.055	764	331	0.108	1.4284
3	40000	31.5	59.4	1.062	765	330	0.108	1.4271
4	40000	31.5	57.2	1.069	765	327	0.107	1.4243
1	60000	32	74.3	1.017	766	363	0.118	1.4702
2	60000	31.5	70.5	1.028	766	362	0.117	1.4689
3	60000	31.5	69.1	1.032	766	360	0.116	1.4671
4	60000	32	67.4	1.037	766	359	0.116	1.4645
5	60000	31.5	64.1	1.047	766	356	0.115	1.4616
1	80000	31.5	75.7	1.012	765	403	0.128	1.5219
2	80000	31	72.8	1.021	764	402	0.128	1.5203
3	80000	31.5	72.1	1.023	764	401	0.127	1.5189
4	80000	31.5	71.2	1.026	764	399	0.127	1.517
5	80000	31.5	70.6	1.027	764	398	0.126	1.5152
1	100000	32	85.3	0.985	764	451	0.140	1.584
2	100000	32	81	0.997	764	450	0.139	1.5825
3	100000	32	78.4	1.005	764	440	0.136	1.5706
4	100000	32	75.9	1.012	764	436	0.135	1.565

ภาคผนวก ค

ข้อมูลป้อนเข้าโปรแกรมแบบจำลอง Filling and Emptying

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4 CYL 4JA1L TURBOCHARGED ENGINE 4000 RPM

E N G I N E D A T A

4STROKE ENGINE

VSW(M**3) 0.62499999E-03 VCL(M**3) 0.35699999E-04

D(M) 0.93000002E-01 ALUR 0.33000000E+01

THEVO(DEG) 0.12600000E+03 THEVC(DEG) 0.38600000E+03

THIVO(DEG) 0.33550000E+03 THIVC(DEG) 0.59550000E+03

P H A S E D A T A

NUMBER OF CYLINDER 4

PHASE ANGLE (DEG)

0.00000 180.00000 360.00000 540.00000

1 V A L V E D A T A

NE 23

XTHE YPHE

0.12600000E+03 0.00000000E+00

+

0.13781821E+03 0.43000000E-05

+

0.14963640E+03 0.23200000E-04

+

0.16145450E+03 0.58000001E-04

+

0.17327271E+03 0.11000000E-03

+

0.18509090E+03 0.18100000E-03

+

0.19690910E+03 0.27600001E-03

+

0.20872729E+03 0.39700000E-03

+

0.22054550E+03 0.53399999E-03

+

0.23236360E+03 0.63400000E-03

+

0.24416179E+03 0.69700001E-03

+

0.25600000E+03 0.72499999E-03

+

0.26781821E+03 0.69700001E-03

+

0.27963641E+03 0.63400000E-03
+
0.29145450E+03 0.53399999E-03
+
0.30327271E+03 0.39700000E-03
+
0.31509091E+03 0.27600001E-03
+
0.32690909E+03 0.18100000E-03
+
0.33872729E+03 0.11000000E-03
+
0.35054550E+03 0.58000001E-04
+
0.36236359E+03 0.23200000E-04
+
0.37418179E+03 0.43000000E-05
+
0.38600000E+03 0.00000000E+00
+
23
0.33550000E+03 0.00000000E+00
+
0.34731821E+03 0.49199998E-05
+
0.35913641E+03 0.26500000E-04
+
0.37095450E+03 0.66300003E-04
+
0.38277271E+03 0.12600000E-03
+
0.39459091E+03 0.20700000E-03
+
0.40640909E+03 0.31500001E-03
+
0.41822729E+03 0.45399999E-03
+
0.43004550E+03 0.60999999E-03
+
0.44186359E+03 0.72499999E-03
+
0.45368179E+03 0.79700002E-03
+
0.46550000E+03 0.82800002E-03

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

+

0.47731821E+03 0.79700002E-03

+

0.48913641E+03 0.72499999E-03

+

0.50095450E+03 0.60999999E-03

+

0.51277271E+03 0.45399999E-03

+

0.52459088E+03 0.31500001E-03

+

0.53640912E+03 0.20700000E-03

+

0.54822729E+03 0.12600000E-03

+

0.56004547E+03 0.66300003E-04

+

0.57186359E+03 0.26500000E-04

+

0.58368182E+03 0.49199998E-05

+

0.59550000E+03 0.00000000E+00

1

T U R B O C H A R G I N G D A T A

NUMBER OF TURBOCHARGER 1

INLET MANIFOLD AND TURBOCHARGER

NO OF T/C NO OF INLET MAN

1 1

EXHAUST MANIFOLD AND TURBOCHARGER

NO OF EXHAUST MAN NO OF T/C

1 1

PERFORMANCE CURVE

VOLUME OF EXHAUST MANIFOLD (M**3)

0.41075001E-03

VOLUME OF INLET MANIFOLD (M**3)

0.24045000E-02

TURBINE EFFECTIVE AREA (1E-3*M**2)

0.15900000E+01

INTERCOOLER DATA

ETACOL 0.00000 TCW 290.00000

1 TURBOCHARGER DATA

COMPRESSOR DATA (NO.1)

0 N/SQRT(T)= 8515.940

MF	1.900	1.867	1.779	1.656	1.450	1.300	1.200	1.109	1.000	0.900
MF	0.794	0.550								
PR	1.200	1.604	1.814	2.098	2.336	2.453	2.538	2.549	2.609	2.650
PR	2.660	2.670								
EF	0.450	0.480	0.630	0.660	0.682	0.584	0.581	0.580	0.570	0.550
EF	0.540	0.500								

0 N/SQRT(T)= 7504.790

MF	1.810	1.800	1.768	1.857	1.479	1.400	1.300	1.200	1.000	0.900
MF	0.741	0.600								
PR	1.150	1.250	1.354	1.614	1.919	1.961	2.056	2.126	2.166	2.230
PR	2.270	2.300								
EF	0.400	0.500	0.636	0.651	0.680	0.690	0.603	0.608	0.607	0.603
EF	0.590	0.500								

0 N/SQRT(T)= 6498.360

MF	1.790	1.760	1.650	1.500	1.425	1.300	1.191	1.100	0.900	0.753
MF	0.658	0.420								
PR	1.050	1.100	1.220	1.307	1.473	1.536	1.604	1.692	1.768	1.775
PR	1.810	1.820								
EF	0.450	0.500	0.570	0.653	0.660	0.702	0.708	0.722	0.638	0.620
EF	0.582	0.550								

0 N/SQRT(T)= 5439.280

MF	1.440	1.430	1.414	1.375	1.249	1.133	1.000	0.795	0.700	0.600
MF	0.486	0.350								
PR	1.030	1.050	1.084	1.199	1.263	1.394	1.443	1.525	1.534	1.544
PR	1.570	1.600								
EF	0.400	0.500	0.657	0.705	0.750	0.761	0.743	0.766	0.740	0.680
EF	0.650	0.550								

0 N/SQRT(T)= 5121.670

MF	1.220	1.200	1.193	1.078	1.000	0.900	0.849	0.750	0.589	0.500
MF	0.424	0.300								
PR	1.018	1.020	1.053	1.105	1.148	1.186	1.210	1.225	1.236	1.243
PR	1.296	1.355								
EF	0.380	0.400	0.670	0.690	0.715	0.720	0.738	0.750	0.740	0.615
EF	0.600	0.550								

```
0          N/SQRT(T)= 4046.950
             MF   0.770  0.759  0.719  0.650  0.600  0.550  0.493  0.450  0.398  0.350
             MF   0.305  0.200
             PR   1.016  1.026  1.079  1.080  1.092  1.103  1.105  1.116  1.118  1.119
             PR   1.120  1.250
             EF   0.600  0.710  0.721  0.722  0.724  0.717  0.708  0.704  0.702  0.691
             EF   0.680  0.650
0          N/SQRT(T)= 3500.350
             MF   0.520  0.500  0.450  0.400  0.350  0.300  0.250  0.200  0.150  0.140
             MF   0.130  0.120
             PR   1.015  1.020  1.040  1.060  1.080  1.100  1.120  1.140  1.160  1.160
             PR   1.200  1.220
             EF   0.600  0.700  0.720  0.740  0.760  0.780  0.760  0.740  0.720  0.700
             EF   0.680  0.560
0          N/SQRT(T)=   0.000
             MF   0.220  0.200  0.180  0.160  0.140  0.120  0.100  0.080  0.060  0.050
             MF   0.040  0.038
             PR   1.001  1.001  1.002  1.003  1.004  1.005  1.006  1.007  1.008  1.009
             PR   1.010  1.011
             EF   0.400  0.400  0.400  0.400  0.400  0.400  0.400  0.400  0.400  0.400
             EF   0.400  0.400
1          TURBINE DATA (NO.1)
0          N/SQRT(T)= 8515.940
             EFI  0.000 0.430 0.690 0.770 0.820 0.820 0.780 0.500 0.000
             U/C  0.004 0.300 0.450 0.550 0.650 0.750 0.800 0.950 1.000
0          N/SQRT(T)= 6498.360
             EFI  0.000 0.430 0.690 0.770 0.820 0.820 0.780 0.500 0.000
             U/C  0.004 0.300 0.450 0.550 0.650 0.750 0.800 0.950 1.000
0          N/SQRT(T)= 4221.670
             EFI  0.000 0.430 0.690 0.770 0.820 0.820 0.780 0.500 0.000
             U/C  0.004 0.300 0.450 0.550 0.650 0.750 0.800 0.950 1.000
0          N/SQRT(T)= 3507.740
             EFI  0.000 0.430 0.690 0.770 0.820 0.820 0.780 0.500 0.000
             U/C  0.004 0.300 0.450 0.550 0.650 0.750 0.800 0.950 1.000
0          N/SQRT(T)= 2500.000
             EFI  0.000 0.430 0.690 0.770 0.820 0.820 0.760 0.500 0.000
             U/C  0.004 0.300 0.450 0.550 0.650 0.750 0.800 0.950 1.000
0          N/SQRT(T)= 1500.000
             EFI  0.000 0.430 0.690 0.770 0.820 0.820 0.760 0.500 0.000
             U/C  0.004 0.300 0.450 0.550 0.650 0.750 0.600 0.950 1.000
0          N/SQRT(T)=   0.000
             EFI  0.000 0.330 0.590 0.670 0.720 0.720 0.680 0.400 0.000
             U/C  0.004 0.200 0.350 0.450 0.550 0.650 0.700 0.850 1.000
           MEAN DIAMETER OF TURBINE (M)
```

0.02500

1

DYNAMIC DATA

MOMENT OF INERTIA OF MOVING ENGINE PARTS (KG.M**2) 0.75000E+00

MOMENT OF INERTIA OF ROTOR SHAFT(KG.M**2)

0.22299999E-01

1.000000 303.8000 2.040000 295.0000 520.0000

CLOSED PERIOD DATA

POLYTROPIC INDEX FOR COMPRESSION 0.13700000E+01

POLYTROPIC INDEX FOR EXPANSION 0.13068000E+01

CALORIFIC VALUE OF FUEL(KJ/KG) 0.43000000E+05

INITIAL RELEASE AND MANIFOLD DATA

PR1(BAR) 7.73400 TR1(DEG.K) 1500.00000

0 NO OF EXMAN PEMI(BAR) TEMI(DEG.K)

1 1.20000 1024.00000

0 NO OF INMAN PIMI(BAR) TIMI(DEG.K)

1 1.37800 343.00000

0 INTER TURBINE BACK PRESSURE(BAR) 1.00000

INITIAL CYLINDER DATA

PRESSURE(BAR)

5.000 3.000 10.000 6.000

FUEL INJECTION DATA

XTHF(DEG) YFPD(KG/CYC/CYL)

-0.18500000E+02 0.00000000E+00

0.00000000E+00 0.50999999E-04

TRAPPED AIR FUEL RATIO 25.20

INITIAL SPEED DATA

NE(RPM) 4000.00

0 TURBOCHARGER SPEED(RPM)

140000.00

LOAD AND FRICTION DATA

AFRIC(BAR/RPM) 0.25000000E-01 BLOAD(BAR) 0.88000002E+01

0 DTH(DEG) 0.20000000E+01 DTHD(DEG) 0.20000000E+01

GAMMA 0.13068000E+01 AMU(NS/M**2) 0.59959999E-04

CONDUC(N/M/DEG.K) 0.11620E+00 AFRCUT 0.22500000E+02

NSTAB 31

PREPARATION RATE DATA

AKD 0.12000000E-01 AIND1 0.15000001E+00

AIND2 0.85000002E+00 AIND3 0.40000001E+00

REACTION RATE DATA

AKDD 0.70000002E+14 ACT 0.18000000E+05

FACTOR FOR CHANGES IN MOL E NUMBER

ZAMOL 0.32740001E-01

ZAMOLO 0.10485000E+00 ZAMOLC 0.72109997E-01

FACTOR FOR HEAT TRANSFER THROUGH EXHAUST MANIFOLD WALL

AHTFEM 0.94999999E+00

0.778220E-03 0.778220E-03 0.785857E-03 0.797404E-04

0.139496E+01

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

โปรแกรมแบบจำลองไอเสีย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      PROGRAM MREGRESS
C*****A MULTIPLE REGRESSION PROGRAM
      DIMENSION X(100,100),Y(1,100)
      DIMENSION A(100,100),B(100),XX(100)
C
C*****READ NUMBER OF DATA SETS N,
C*****NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES K,
C*****AND DATA OF X(I,K) AND Y(I):
C
      OPEN(UNIT=7 , FILE ='smoke11.txt',STATUS='OLD')
      READ(7,*) N,K
      DO 10 I = 1,N
      READ(7,*)  (X(I,J), J=1,K), Y(I)
C     WRITE(6,*)(X(I,J),J=1,K),Y(I)
C
   10 CONTINUE
c     DO  20 IA = 1,N
c       Y(IA) = ALOG10(Y(IA))
c     DO  30 JA = 1,K
c     X(IA,JA) = ALOG10(X(IA,JA))
c  30 CONTINUE
c  20 CONTINUE
c     DO 1000 IB=1,N
c     WRITE(6,*)(X(IB,JA),JA=1,3),Y(IB)
c 1000 CONTINUE
      DO 50 IR = 1,10
      B(IR) = 0.
      DO 50 IC = 1,10
      A(IR,IC) = 0.
   50 CONTINUE
C
C*****COMPUTE SQUARE MATRIC ON LHS AND
C*****VECTOR ON RHS OF SYSTEM EQUATIONS:
C*****CALL SUBROUTINE FOR SOLVING SYSTEM EQS:
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
C     DO 100 I=1,N
C     DO 200 IR=1,K+1
C     IF (IR.EQ.1)  FR = 1.
C     IF (IR.GT.1)  FR = X(I,IR-1)
C     DO 300 IC = 1,K+1
C     IF (IC.EQ.1)  FC = 1.
C     IF (IC.GT.1)  FC = X(I,IC-1)
C     A(IR,IC) = A(IR,IC) + FR*FC
C  300 CONTINUE
C     B(IR) = B(IR) + FR*Y(I)
C  200 CONTINUE
C  100 CONTINUE
C     KP1 = K + 1
      CALL GAUSS(KP1,A,B,XX)
C*****PRINT OUT COEFFICIENTS:
      WRITE(6,500)
  500 FORMAT(/,
     * ' COEFFICIENT OF FITTED FUNCTION ARE :')
      DO 600 I=1,K+1
      IM1 = I-1
      WRITE(6,700)  IM1,XX(I)
  700 FORMAT(' A(', I1, ') =',E20.10)
  600 CONTINUE
      STOP
      END
C*************************************************
      SUBROUTINE  GAUSS(N,A,B,X)
      DIMENSION  A(100,100),B(100),X(100)
C*****PERFORM SCALING:
       CALL SCALE(N,A,B)
C*****FORWARD ELIMINATION PERFORM ACCORDING TO
C*****THE ORDER OF 'PRIME' FROM 1 TO N-1:
      DO 100 IP =1,N-1
C*****PERFORM PARTIAL PIVOTING:
```

```
      CALL PIVOT(N,A,B,IP)
C*****LOOP OVER EACH EQUATION STARTING FROM THE
C*****ONE THAT CORESPONDS WITH THE ORDER OF
C******'PRIME' PLUS ONE:
C
     DO 200 IE=IP+1,N
     RATIO  =A(IE,IP)/A(IP,IP)
C
C*****COMPUTE NEW COEFF. OF THE EQ. CONSIDERED:
C
     DO 300 IC=IP+1,N
     A(IE,IC) = A(IE,IC) - RATIO*A(IP,IC)
  300 CONTINUE
     B(IE) = B(IE) - RATIO*B(IP)
  200 CONTINUE
C*****SET COEFF. ON LOWER LEFT PORTION TO ZERO:
C
      DO 400 IE =IP+1,N
      A(IE,IP) =0.
  400 CONTINUE
  100 CONTINUE
C*****BACK SUBSTITUTION:
C*****COMPUTE SOLUTION OF THE LAST EQUATION:
      X(N) = B(N)/A(N,N)
C*****COMPUTE SOLUTION FROM EQUATION N-1 TO 1:
C
      DO 500 IE = N-1,1,-1
      SUM = 0.
      DO 600 IC=IE+1,N
      SUM = SUM + A(IE,IC)*X(IC)
  600 CONTINUE
     X(IE) = (B(IE) - SUM)/A(IE,IE)
  500 CONTINUE
     RETURN
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      END
C
C*************************************************************
      SUBROUTINE  SCALE(N,A,B)
      DIMENSION   A(100,100),B(100)
C*****PERFORM SCALING:
       DO 10 IE=1, N
       BIG = ABS(A(IE,1))
       DO 20 IC=2,N
       AMAX = ABS(A(IE,IC))
       IF (AMAX.GT.BIG)  BIG = AMAX
   20 CONTINUE
       DO 30  IC=1,N
       A(IE,IC)  = A(IE,IC)/BIG
   30 CONTINUE
       B(IE)  = B(IE)/BIG
   10 CONTINUE
       RETURN
       END
C
C*************************************************************
      SUBROUTINE PIVOT(N,A,B,IP)
      DIMENSION A(100,100), B(100)
C*****PERFORM PATIAL PIVOTING:
       JP = IP
       BIG  = ABS(A(IP,IP))
       DO 10 I=IP+1,N
       AMAX = ABS(A(I,IP))
       IF (AMAX.GT.BIG)   THEN
            BIG = AMAX
            JP  = I
        ENDIF
   10 CONTINUE
      IF(JP.NE.IP)   THEN
```

```
      DO 20 J = IP, N
      DUMY   = A(JP,J)
      A(JP,J) = A(IP,J)
      A(IP,J) = DUMY
   20 CONTINUE
      DUMY   = B(JP)
      B(JP)  = B(IP)
      B(IP)  = DUMY
        ENDIF
      RETURN
      END
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

รายละเอียดของเครื่องยนต์อีซูซุ รุ่น 4JA1L

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลและข้อกำหนดที่สำคัญ

รายการ	ข้อมูลรายละเอียด
แบบเครื่องยนต์	อีซูซุดีเซลเทอร์โบ 4 สูบเรียง , 4 จังหวะ , ลิ้นอยู่บนฝาสูบ, หล่อเย็นหรือ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
แบบห้องเผาไหม้	แบบเปิดหรือฉีดตรง (ไดเร็กอินเจ็กชั่น)
แบบปลอกสูบ	ปลอกสูบเหล็กกล้าชุบโครเมียม (ปลอกสูบโครมาร์ด) แบบแห้ง
ระบบขับเคลื่อนเพื่องไทมิ่ง	ขับด้วยเฟือง
ความโตกระบอกสูบ x ช่วงชัก	93 มม. X 92 มม.
จำนวนแหวนลูกสูบ	แหวนอัด 2 ตัว , แหวนน้ำมัน 1 ตัว
ความจุกระบอกสูบทั้งหมด	2,499 ซีซี.
อัตราส่วนการอัด (ต่อ 1)	18.5
กำลังอัดในกระบอกสูบ	31 กก./ซม.^{2} (441 ปอนด์/นิ้ว$^{2)}$)) ที่ 200 รอบ/นาที
กำลังสูงสุด	58 กิโลวัตต์/3,900 รอบ ต่อนาที
แรงบิดสูงสุด	176 นิวตัน-เมตร/1,800 รอบต่อนาที
น้ำหนักเครื่องยนต์	ประมาณ 226 กก.
ลำดับการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและจุดระเบิด	1-3-4-2
จังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนศูนย์ตายบน	12 องศา
น้ำมันเชื้อเพลิงที่กำหนดให้ใช้	น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (SAE NO.2)
	ค่าซีเทน (CETANE NUMBER) 45 หรือมากกว่า
รอบหมุนเดินเบา (ความเร็วรอบเดินเบา)	750 รอบ/นาที
ระยะห่างลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย (เครื่องเย็น)	0.40 มม. (0.016 นิ้ว)
จังหวะการเปิด - ปิดของลิ้น	
ลิ้นไอดี	เปิดก่อนศูนย์ตายบน 24.5 องศา
	ปิดหลังศูนย์ตายล่าง 55.5 องศา
ลิ้นไอเสีย	เปิดหลังศูนย์ตายล่าง 54.0 องศา
	ปิดหลังศูนย์ตายบน 26.0 องศา

ข้อมูลและข้อกำหนดที่สำคัญ (ต่อ)

รายการ	ข้อมูลรายละเอียด
แบบปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	แบบจานจ่าย/ปั๊มกลม (VE type) ลูกปั๊มเดี่ยว
แบบกาวานา (เครื่องควบคุมความเร็ว)	แบบกลไก (VARIABLE SPEED)
แบบหัวฉีด	แบบรู (5 รู)
ความดันเริ่มฉีดของหัวฉีด (แรงดันหัวฉีด)	185 กก./ซม.^{2} (2,631 ปอนด์/นิ้ว^2)
แบบหม้อกรองน้ำน้ำมันเชื้อเพลิง	แบบไส้กรอกกระดาษเปลี่ยนทั้งลูกและกรองดักน้ำ
ระบบหล่อลื่น	
วิธีการหล่อลื่น	แบบหมุนเวียนด้วยความดัน
แบบปั๊มน้ำมันเครื่อง	แบบเฟือง
แบบไส้กรองน้ำมันเครื่อง	แบบไส้กรองกระดาษเปลี่ยนทั้งลูก
น้ำมันเครื่องที่กำหนดให้ใช้	แบบร์ (SAE) 40,เกรด ซีดี (CD)
ความจุน้ำมันเครื่อง (เครื่องยนต์แห้ง)	5.2 ลิตร
แบบออยล์คูลเลอร์	แบบหล่อเย็นด้วยน้ำ
ระบบหล่อเย็นหรือระบายความร้อน	
แบบปั๊มน้ำ	แบบหอยโข่ง
แบบวาล์วน้ำ (เทอร์โมสตัต)	แวกซ์เพลเล็ต ไม่มีจิกเกิลวาล์ว
แบบหม้อกรองอากาศ	ไส้กรองกระดาษแห้ง
ระบบไฟฟ้า	
แบบ	ระบบ12 โวลต์ ขั้วลบลงดิน
แบตเตอรี่	12 โวลต์ 70 แอมแปร์ - ชั่วโมง
ออลเตอร์เนเตอร์	12 โวลต์ 40 แอมแปร์
มอเตอร์สตาร์ต	12 โวลต์ 2.0 กิโลวัตต์
รุ่นเทอร์โบชาร์จเยอร์	IHI RHF5
แบบปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	แบบจานจ่าย (ปั๊มกลม) (VE type)
ความโตภายนอกของลูกปั๊ม	11 มม.

ข้อมูลและข้อกำหนดที่สำคัญ(ต่อ)

รายการ	ข้อมูลรายละเอียด
ช่วงชักก่อนฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Pre - stroke) ของลูกปั๊ม	0.45 มม.
แบบกาวานา	กลไกเปลี่ยนความเร็วได้
แบบออโตเมติกไทเมอร์	ความดันน้ำมัน (แบบไฮดรอลิก)
แบบปั๊มป้อนน้ำมันเชื้อเพลิง (ฟีดปั๊ม)	ใบปั๊ม (vane) พร้อมเพลารับกำลัง
แบบหัวฉีด	แบบรู
จำนวนรูหัวฉีด	5 รู
ความโตของรูหัวฉีด	0.21 มม.
แรงดันหัวฉีด (แรงดันเริ่มฉีดของหัวฉีด)	185 กก./ซม.^{2} (2,631 ปอนด์/นิ้ว^2)
แบบหม้อกรองน้ำมันเชื้อเพลิงหลัก	ไส้กรองกระดาษเปลี่ยนทั้งลูก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ข้อมูลน้ำมันดีเซลคาลเท็กซ์ไฮเพาเวอร์ 0.05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

POWER DIESEL 0.05

TEST	LIMIT	MOC SPEC	TYPICAL TEST
1.Specific gravity at 15.6/15.6 °C	min	0.81	0.843
	max	0.67	
2.Cetane Number or	min	47	52.0
Calculated cetane Index	max	47	
3.Viscosity at 40° C ,cSt	min	1.8	2.92
	max	4.1	
4.Pour Point, °C	max	1	-8
5.Sulphur Content, % wt	max	0.25	< 0.05
6.Copper Strip Corrosion,number	max no.	1	1a
7.Carbon Residue, % wt	max	0.05	<0.01
8.Water and Sediment, % vol	max	0.05	<0.005
9.Ash, % wt	max	0.01	0.002
10.Flash Point, ° C	min	52	74
11.Distillation(90% recovered, ° C	max	357	350
12.Color, ASTM	max	4	<1.0
13.Detergent Additive		x	x

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฌ

ผลการคำนวณสมรรถนะจากการทดสอบเครื่องยนต์อีซูซุ รุ่น 4JA1L

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ฌ 1 ตารางแสดงผลการคำนวณสมรรถนะเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซลอีซูซุ 4JA1L

Load (%)	Speed (rev/min)	Inlet Manifold Temperature (OC)	Bo	Pv (kPa)	Pa (kPa)	Ambient T emperature (OC)	Inlet Manifold Pressure (mmHg)	Po (kPa)	q	r	q/r	fm	fa	Corrected Brake Power (kW)	Air fuel ratio	bsfc (g/kW.h)	air density (kg/m3)	Fuel mass flow (g/s)	Air mass flow (g/s)	Torque (N.m)	Power (kW)	Power (hp)	bsfc (g/hp.hr)	bmep (bar)	Thermal Efficiency (%)
0	800	42	770	3.5	97.83	28.6	2	101.59	8.95	0.99	9.05	0.30	1.03	0.09	133.29	6070.18	1.12	0.15	19.88	1.05	0.09	0.12	4564.32	0.05	1.32
25	800	42	770	3.5	97.83	29.0	2	101.59	12.99	0.99	13.12	0.30	1.03	1.49	74.10	522.69	1.12	0.22	16.03	17.64	1.48	1.98	393.26	0.88	15.37
50	800	43	770	3.5	97.83	29.0	4	101.86	16.83	0.99	16.96	0.30	1.03	2.89	67.17	349.08	1.12	0.28	18.83	34.23	2.87	3.84	262.64	1.71	23.02
75	800	43	770	3.5	97.83	28.8	8	102.39	21.95	1.00	22.01	0.30	1.03	4.29	51.50	306.72	1.12	0.37	18.83	50.81	4.26	5.71	230.70	2.54	26.20
100	800	52	770	3.5	97.83	28.6	16	103.45	42.02	1.01	41.69	0.30	1.03	10.75	27.97	234.32	1.09	0.70	19.58	127.31	10.67	14.30	176.19	6.37	34.29
0	1000	41	770	3.5	97.83	29	2	101.86	8.89	0.99	8.96	0.30	1.03	0.19	134.70	3643.32	1.12	0.19	24.93	1.75	0.18	0.25	2717.92	0.09	2.21
25	1000	43	769	3.7	97.63	29	5	102.66	16.58	1.00	16.56	0.30	1.03	3.39	55.05	377.66	1.12	0.35	19.01	31.43	3.29	4.41	281.74	1.56	21.28
50	1000	43	769	3.7	97.63	29	9	103.72	24.54	1.01	24.25	0.30	1.03	6.59	36.51	287.43	1.12	0.51	18.66	61.12	6.40	8.58	214.42	3.03	27.96
75	1000	45	769	3.7	97.63	29	19	106.38	33.25	1.04	32.04	0.30	1.03	9.80	27.86	262.14	1.11	0.69	19.29	90.80	9.51	12.75	195.56	4.51	30.65
100	1000	51	769	3.5	97.83	29	25	107.98	45.31	1.05	43.03	0.41	1.03	15.09	21.29	231.57	1.09	0.94	20.09	140.14	14.67	19.66	172.75	6.95	34.70
0	1500	42	769	3.5	97.83	29	18	106.11	9.27	1.04	8.96	0.3	1.03	0.51	104.47	2112.30	1.12	0.29	30.26	3.14	0.49	0.66	1575.78	0.16	3.80
25	1500	46	767	4	97.33	30.6	32	109.84	18.58	1.07	17.30	0.3	1.04	6.58	53.46	330.53	1.11	0.58	31.03	40.25	6.32	8.48	246.58	2.00	24.31
50	1500	50	767	3.7	97.63	30	45	113.30	31.56	1.11	28.49	0.3	1.04	12.58	31.49	292.11	1.09	0.99	31.05	77.36	12.15	16.29	217.92	3.84	27.51
75	1500	55	768	3.5	97.83	30	63	118.09	39.64	1.15	34.37	0.3	1.03	18.59	24.88	247.92	1.08	1.24	30.81	114.46	17.98	24.10	184.95	5.68	32.41
100	1500	53	768	3.7	97.63	29.4	95	126.60	46.42	1.24	37.54	0.21	1.03	25.41	21.74	212.02	1.08	1.45	31.52	156.80	24.62	33.00	158.17	7.78	37.90

ตาราง ฌ 1(ต่อ) ตารางแสดงผลการคำนวณสมรรถนะเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซลอีซูซุ 4JA1L

Load (%)	Speed (rev/min)	Inlet Manifold Temperature (0C)	Bo	Pv (kPa)	Pa (kPa)	Ambient T emperature (0C)	Inlet Manifold Pressure (mmHg)	Po (kPa)	q	r	q/r	fm	fa	Corrected Brake Power (kW)	Air fuel ratio	bsfc (g/kW.h)	air density (kg/m3)	Fuel mass flow (g/s)	Air mass flow (g/s)	Torque (N.m)	Power (kW)	Power (hp)	bsfc (g/hp.hr)	bmep (bar)	Thermal Efficiency (%)
0	1800	50	769	3.36	97.97	27.6	28	108.77	9.65	1.06	9.09	0.30	1.02	0.60	97.12	2197.64	1.09	0.36	35.13	3.14	0.59	0.79	2197.64	0.16	3.66
25	1800	54	769	3.78	97.55	29.8	53	115.43	18.71	1.13	16.62	0.30	1.03	8.35	56.57	313.10	1.08	0.70	39.68	42.78	8.06	10.81	313.10	2.12	25.66
50	1800	55	766	4.00	97.33	30	83	123.41	32.27	1.21	26.70	0.30	1.04	15.71	32.42	287.60	1.08	1.21	39.21	80.32	15.14	20.30	287.60	3.99	27.94
75	1800	58	769	4	97.33	30	102	128.46	39.09	1.25	31.20	0.30	1.04	23.05	28.54	237.44	1.07	1.47	41.83	117.87	22.22	29.78	237.44	5.85	33.84
100	1800	59	767	3.5	97.83	29.6	148	140.70	53.09	1.38	38.58	0.30	1.03	34.29	22.27	215.59	1.06	1.99	44.31	176.40	33.23	44.54	215.59	8.75	37.27
0	2500	53	766	3.7	97.63	30.2	38	111.43	12.55	1.09	11.50	0.30	1.04	2.18	67.41	1118.25	1.08	0.65	57.10	8.03	2.10	2.82	834.21	0.40	7.19
25	2500	53	769	3.5	97.83	28.6	56	116.22	21.69	1.13	19.14	0.30	1.03	11.83	65.97	352.94	1.08	1.13	74.51	44.00	11.52	15.44	263.30	2.18	22.77
50	2500	61	769	3.5	97.83	29.4	80	122.61	32.35	1.20	27.05	0.30	1.03	21.58	45.70	289.57	1.06	1.68	76.96	79.98	20.94	28.07	216.02	3.97	27.75
75	2500	67	769	3.77	97.56	30.4	107	129.79	40.88	1.27	32.29	0.30	1.04	31.51	36.68	252.40	1.04	2.13	78.06	115.95	30.35	40.69	188.29	5.75	31.84
100	2500	68	769	3.5	97.83	28.2	148	140.70	55.25	1.37	40.26	0.31	1.02	44.67	26.78	237.57	1.04	2.88	77.04	166.60	43.59	58.43	177.23	8.26	33.82
0	3000	59	769	4	97.33	30.6	90	125.27	14.95	1.22	12.24	0.30	1.04	2.97	71.03	1178.80	1.06	0.93	66.34	9.08	2.85	3.82	879.39	0.45	6.82
50	3000	59	769	4	97.33	31.2	113	131.39	32.49	1.28	25.35	0.30	1.04	25.14	43.32	303.45	1.06	2.03	87.94	76.66	24.08	32.28	226.37	3.80	26.48
75	3000	63	769	4	97.33	31.4	127	135.11	42.06	1.32	31.91	0.30	1.04	36.14	32.96	273.48	1.05	2.63	86.60	110.10	34.59	46.36	204.02	5.46	29.38
100	3000	67	769	4	97.33	31	150	141.23	51.40	1.38	37.32	0.30	1.04	50.37	27.19	239.31	1.04	3.21	87.32	153.86	48.31	64.76	178.53	7.63	33.58

ตาราง ฌ 1(ต่อ) ตารางแสดงผลการคำนวณสมรรถนะเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซลอีซูซุ 4JA1L

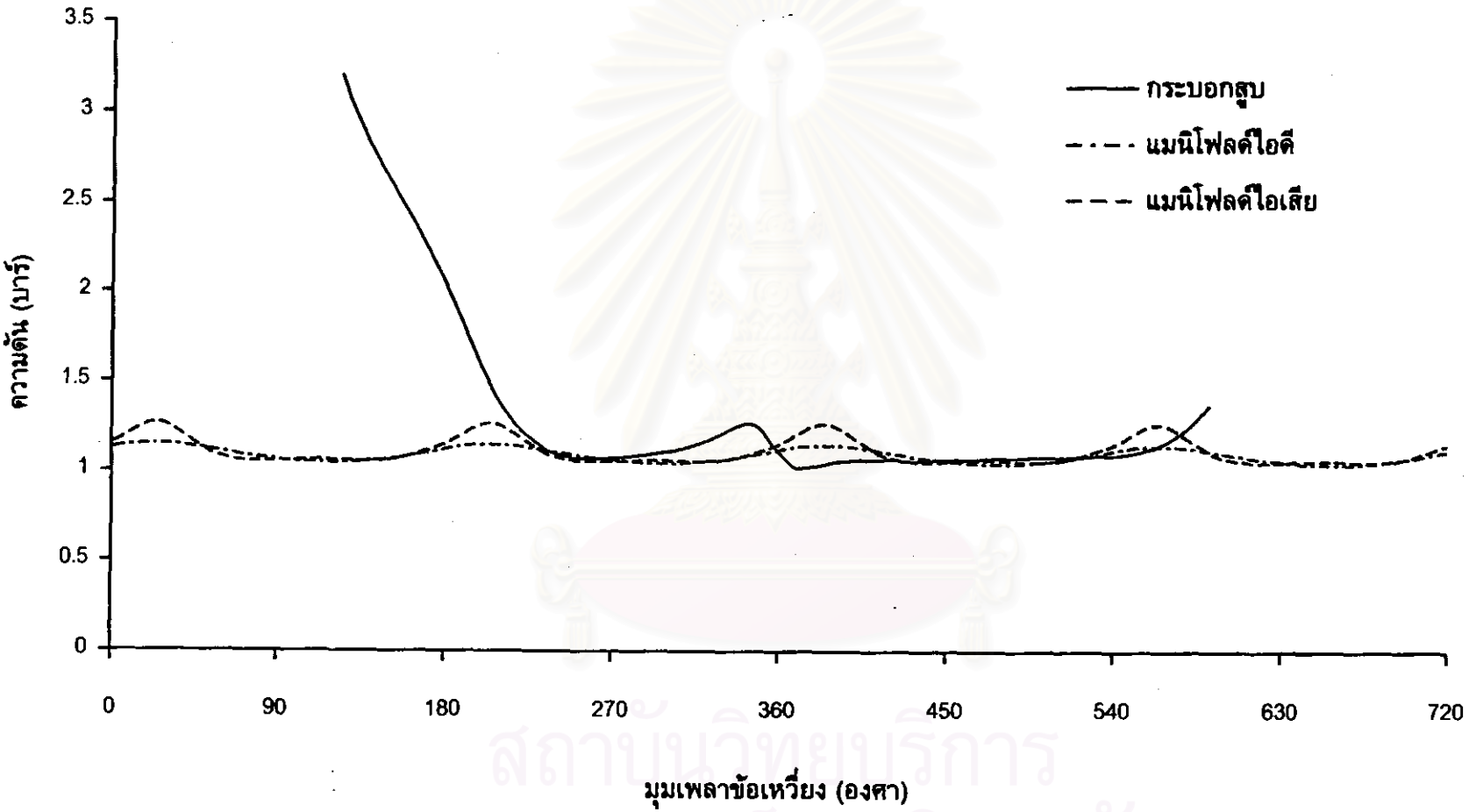
Load (%)	Speed (rev/min)	Inlet Manifold Temperature (0C)	Bo	Pv (kPa)	Pa (kPa)	Ambient T emperature (0C)	Inlet Manifold Pressure (mmHg)	Po (kPa)	q	r	q/r	fm	fa	Corrected Brake Power (kW)	Air fuel ratio	bsfc (g/kW.h)	air density (kg/m3)	Fuel mass flow (g/s)	Air mass flow (g/s)	Torque (N.m)	Power (kW)	Power (hp)	bsfc (g/hp.hr)	bmep (bar)	Thermal Efficiency (%)
0	3800	58	768	3.778	97.547	32	65	118.62	18.17	1.16	15.68	0.3	1.05	6.25	56.39	866.05	1.07	1.44	81.07	15.02	5.98	8.01	646.08	0.75	9.28
50	3800	58	768	4	97.325	32.2	100	127.93	34.39	1.25	27.53	0.3	1.05	29.66	31.69	346.47	1.07	2.72	86.24	71.07	28.28	37.91	258.46	3.53	23.19
75	3800	58	768	4.24	97.085	32.4	120	133.25	41.46	1.30	31.86	0.3	1.05	41.47	26.91	299.52	1.07	3.28	88.29	99.10	39.43	52.86	223.44	4.92	26.83
100	3800	68	768	4	97.325	31.4	152	141.76	52.11	1.38	37.63	0.3	1.04	57.88	21.56	267.94	1.04	4.12	88.89	139.16	55.40	74.26	199.89	6.91	29.99
0	4000	57	767	4.24	97.085	32.6	64	118.35	20.22	1.16	17.47	0.3	1.05	6.47	50.04	886.78	1.07	1.68	84.27	14.67	8.14	8.24	736.14	0.73	8.14
50	4000	60	767	4.24	97.085	33.2	112	131.12	38.43	1.28	29.97	0.3	1.06	29.04	28.47	419.04	1.06	3.20	91.15	65.66	27.50	36.87	312.61	3.26	19.18
75	4000	62	767	4.5	96.825	33.4	124	134.31	41.54	1.31	31.63	0.3	1.06	40.43	26.51	326.28	1.05	3.46	91.73	91.15	38.18	51.18	243.40	4.52	24.63
100	4000	70	767	4.24	97.085	32.2	146	140.17	50.60	1.37	36.91	0.3	1.05	55.90	22.21	285.23	1.03	4.22	93.61	135.24	53.20	71.31	212.78	6.30	28.17

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ญ

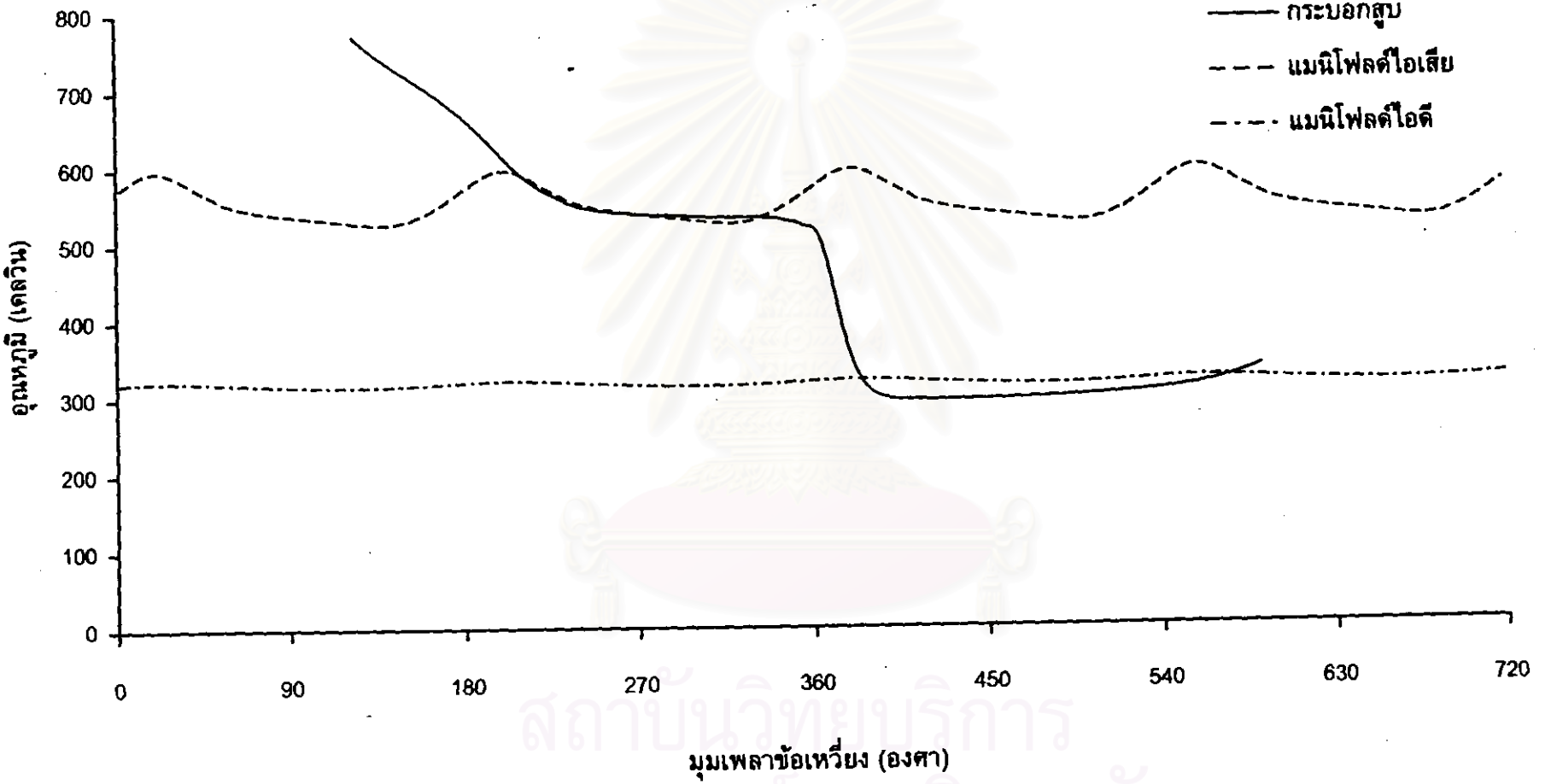
ผลการคำนวณความดันและอุณหภูมิในวัฏจักรจากโปรแกรมแบบจำลอง Filling and Empty

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



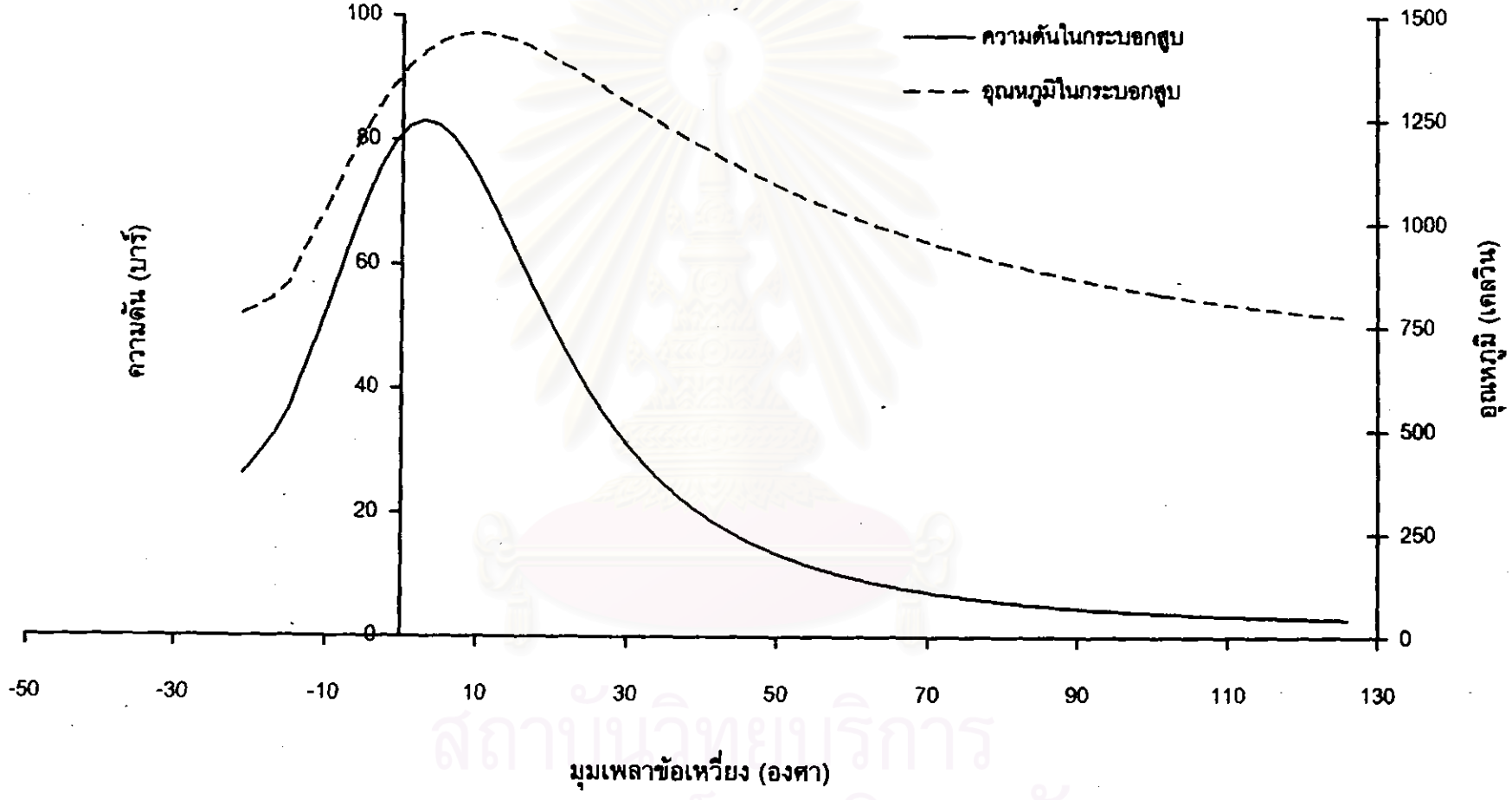
รูปที่ ญ.1 แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที (ภาระ 50%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



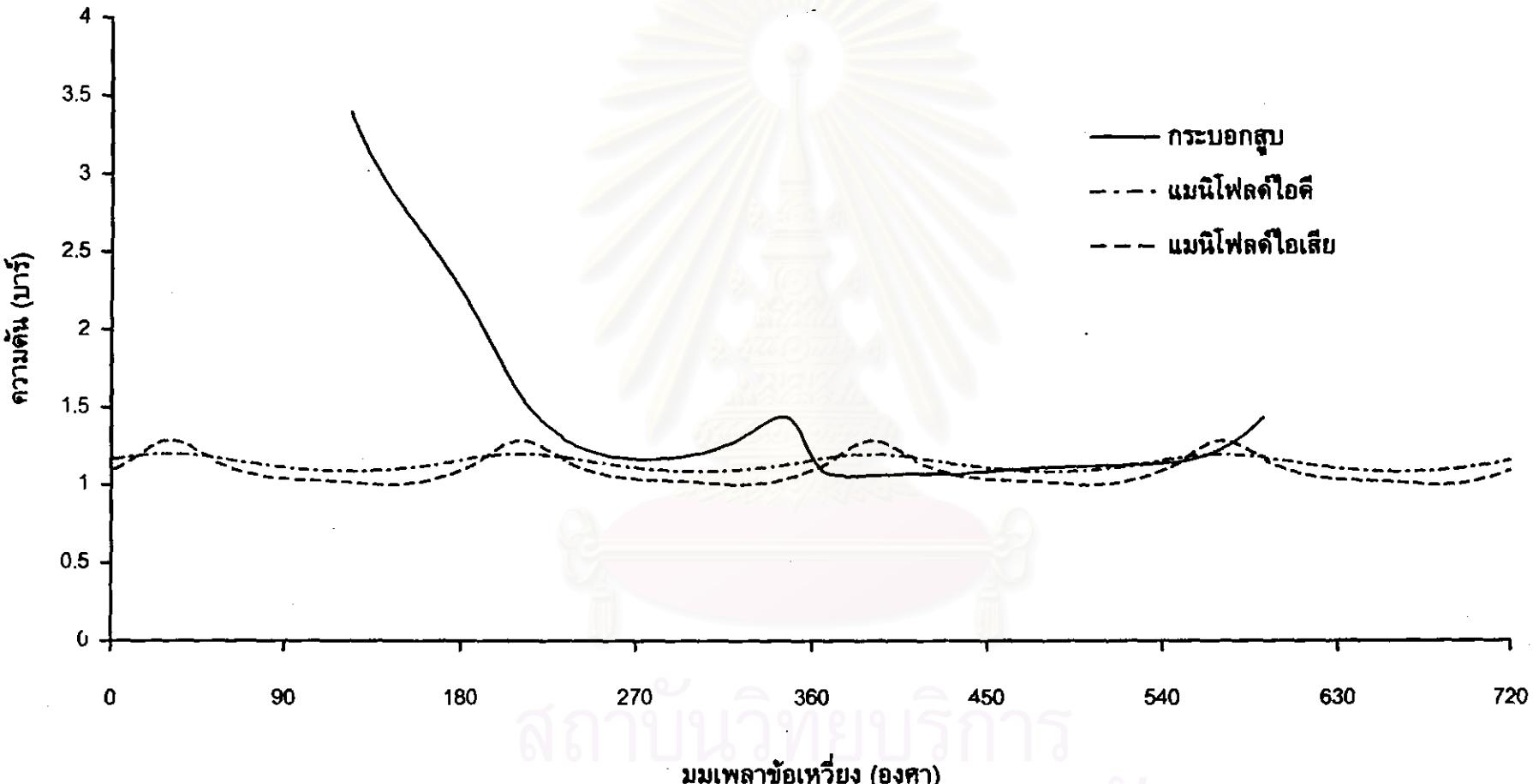
รูปที่ ญ.1(ต่อ) แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที (ภาระ 50 %)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



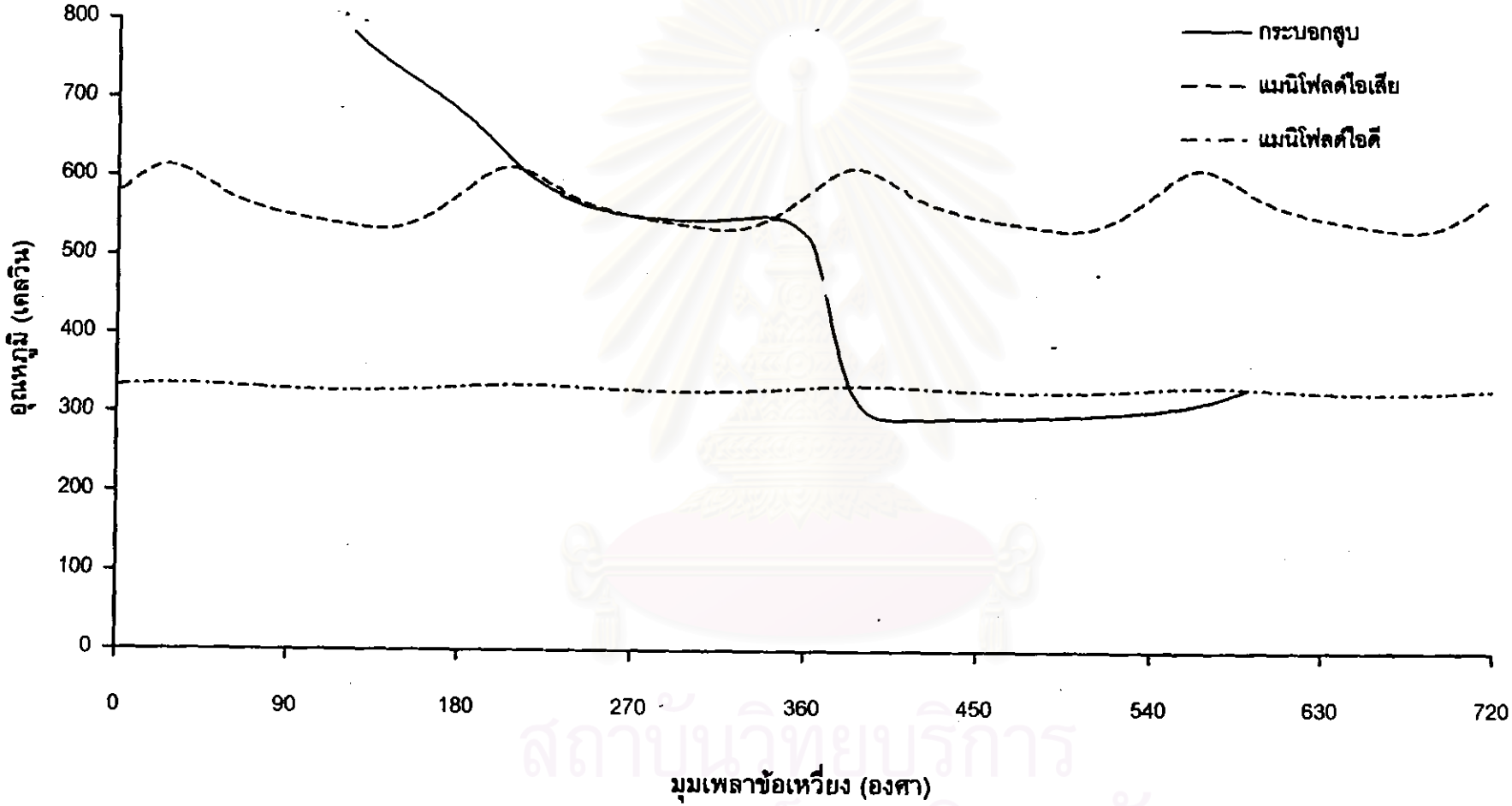
รูปที่ ญ.1(ต่อ) แสดงผลการคำนวณช่วงคาบปิดที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที (ภาระ 50%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



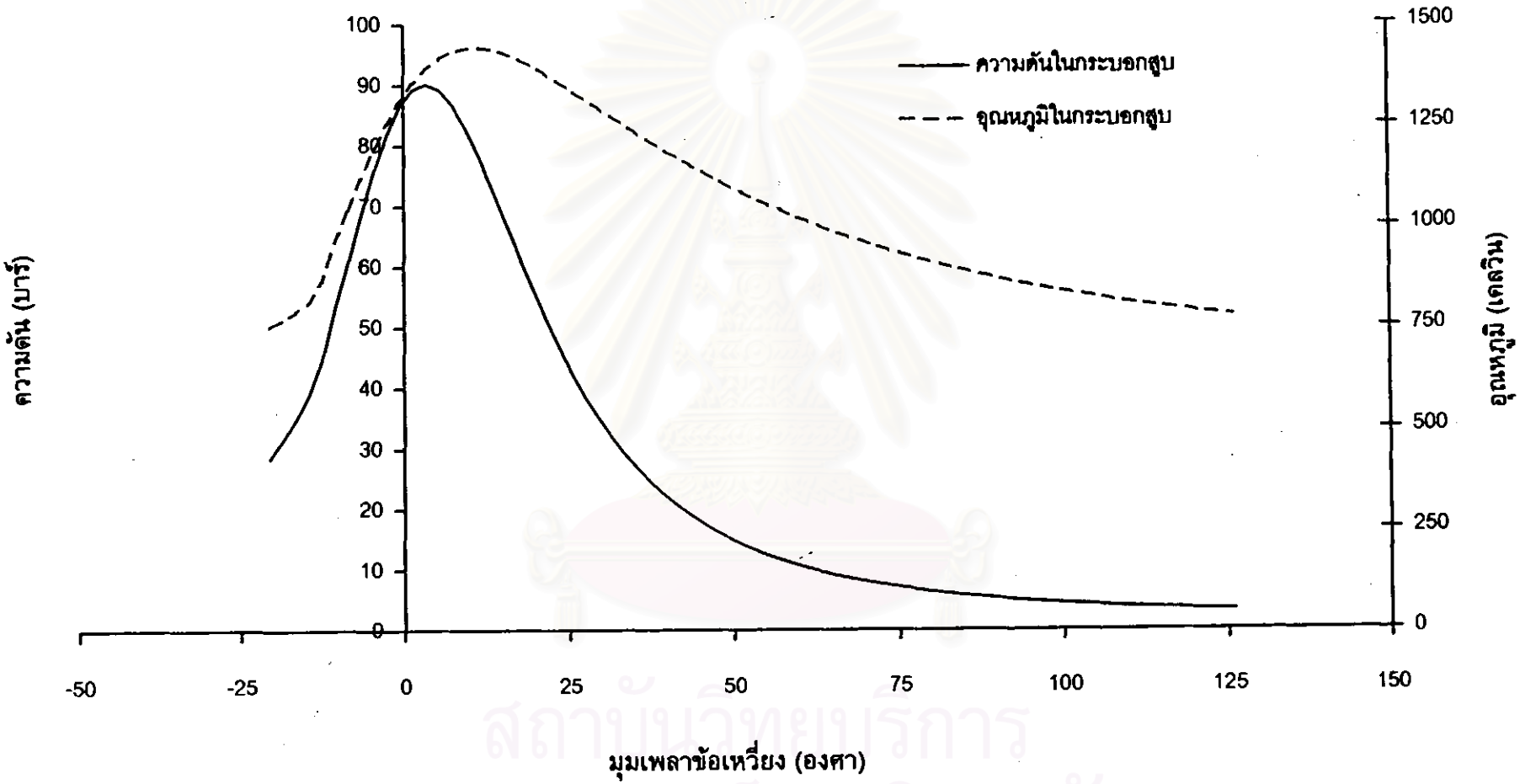
รูปที่ ญ.2 แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที (ภาระ 50%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



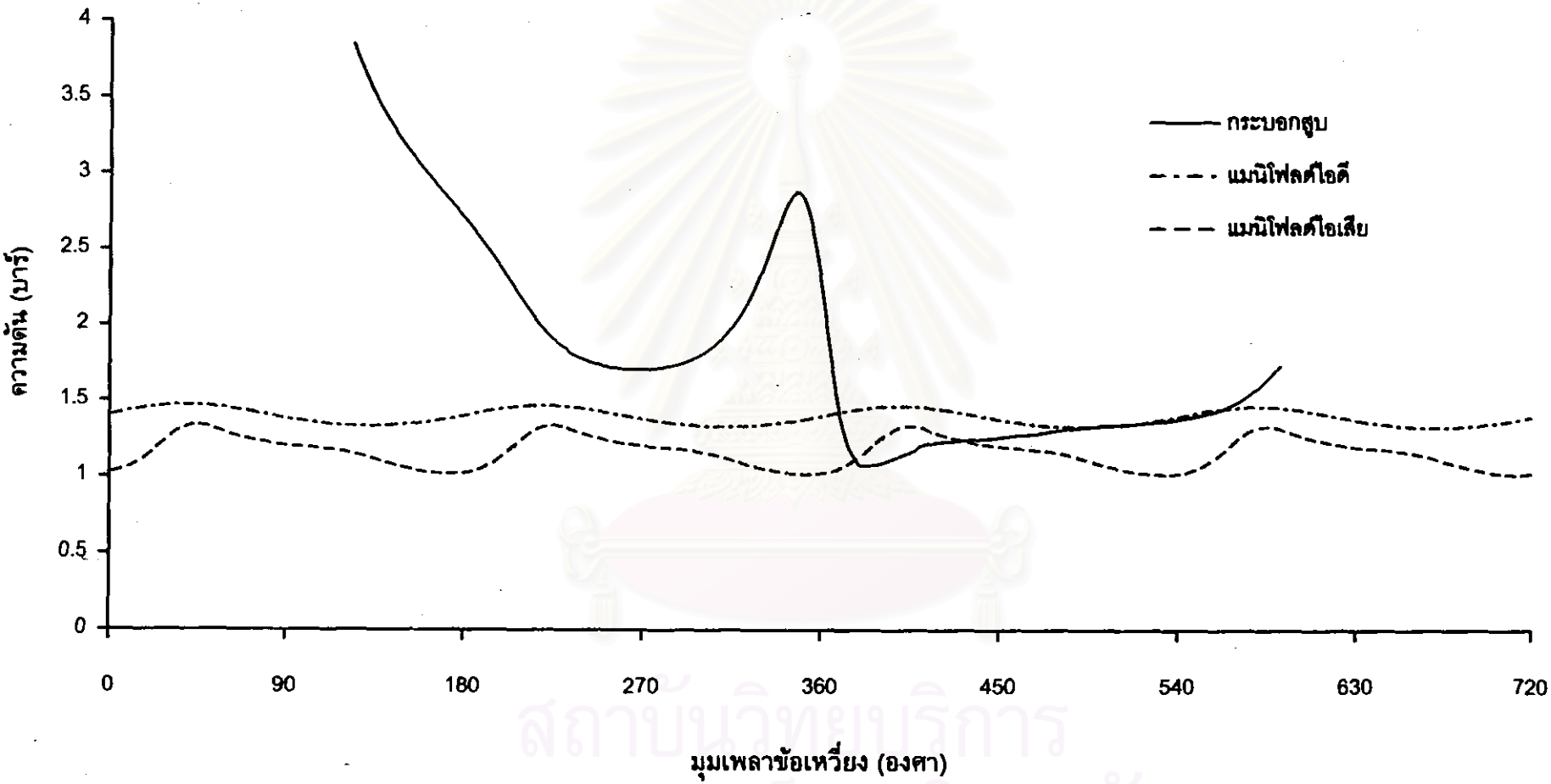
รูปที่ ญ.2(ต่อ) แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที (ภาระ 50 %)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



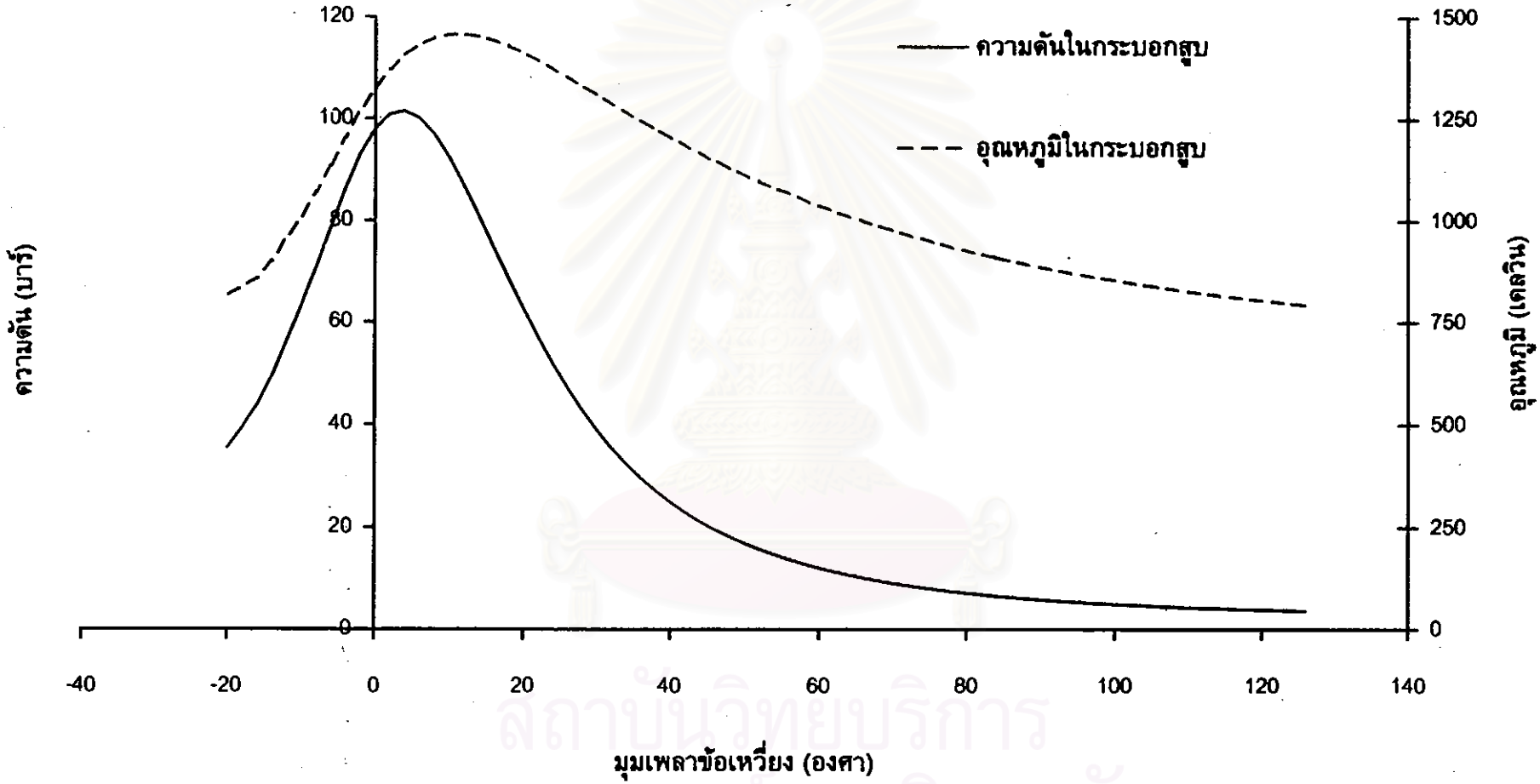
รูปที่ ญ.2(ต่อ) แสดงผลการคำนวณช่วงคาบปิดที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที (ภาระ 50%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



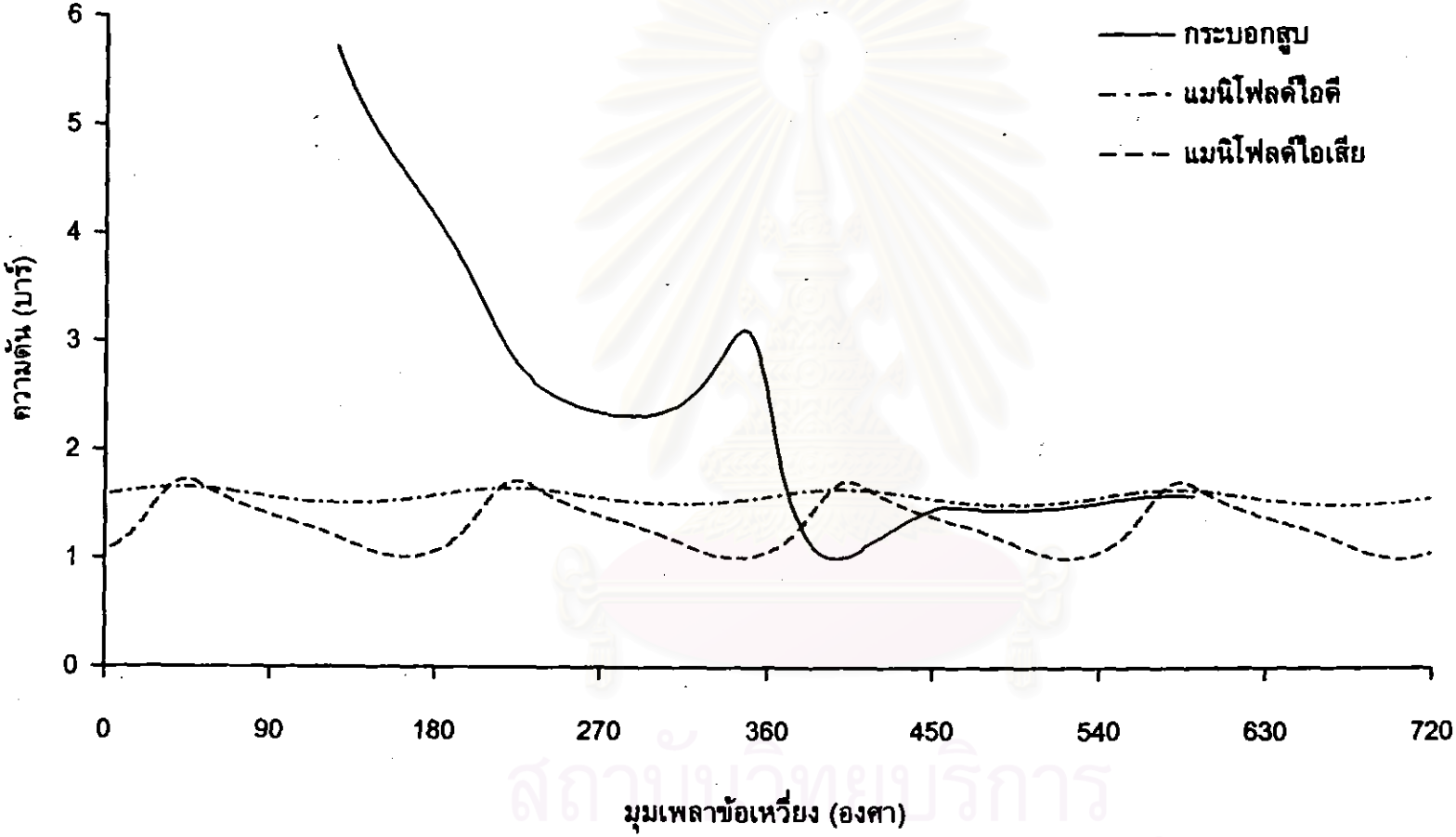
รูปที่ ญ.3 แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที (ภาระ 50 %)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



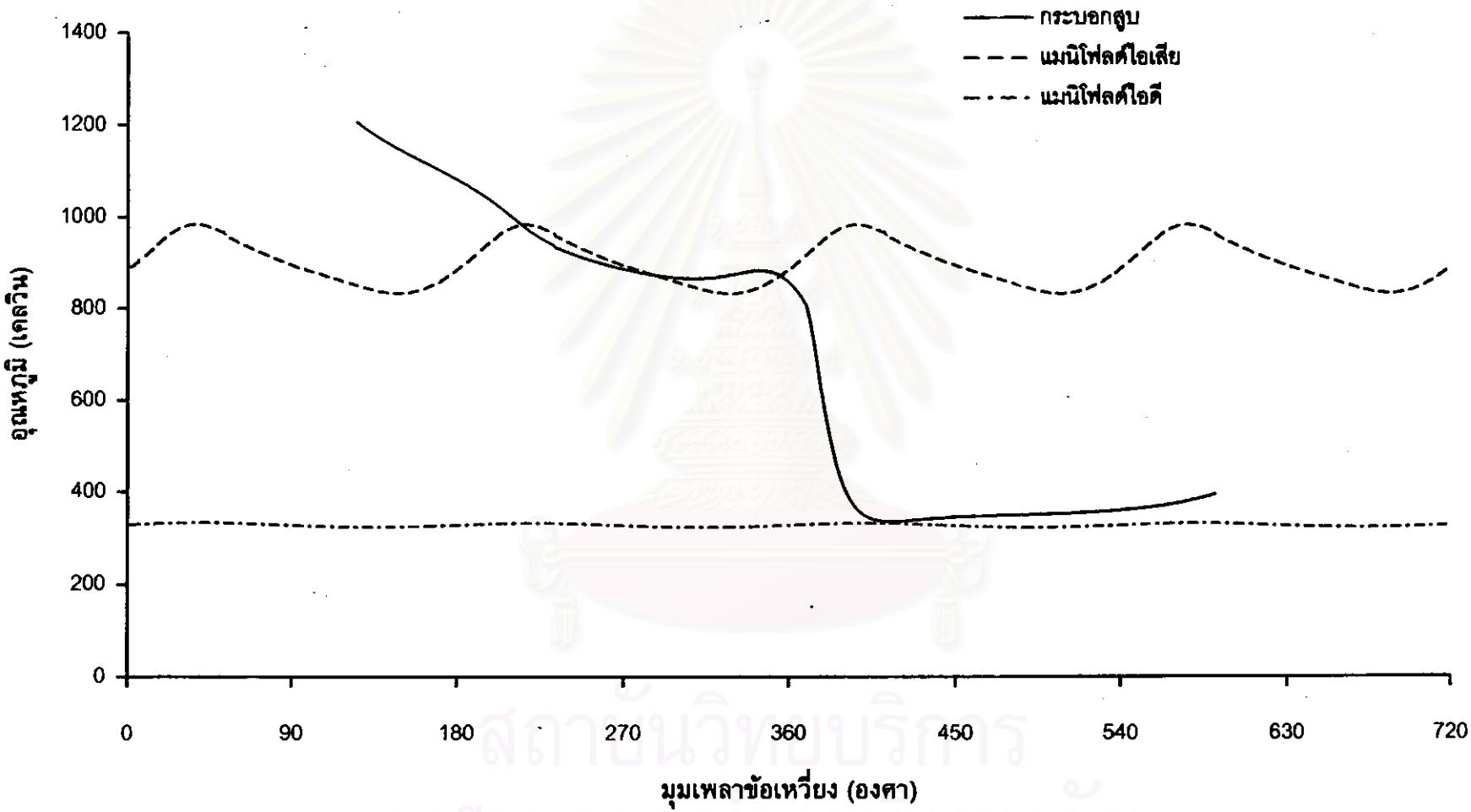
รูปที่ ญ.3(ต่อ) แสดงผลคำนวณช่วงคาบปิดที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที (ภาระ 50%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



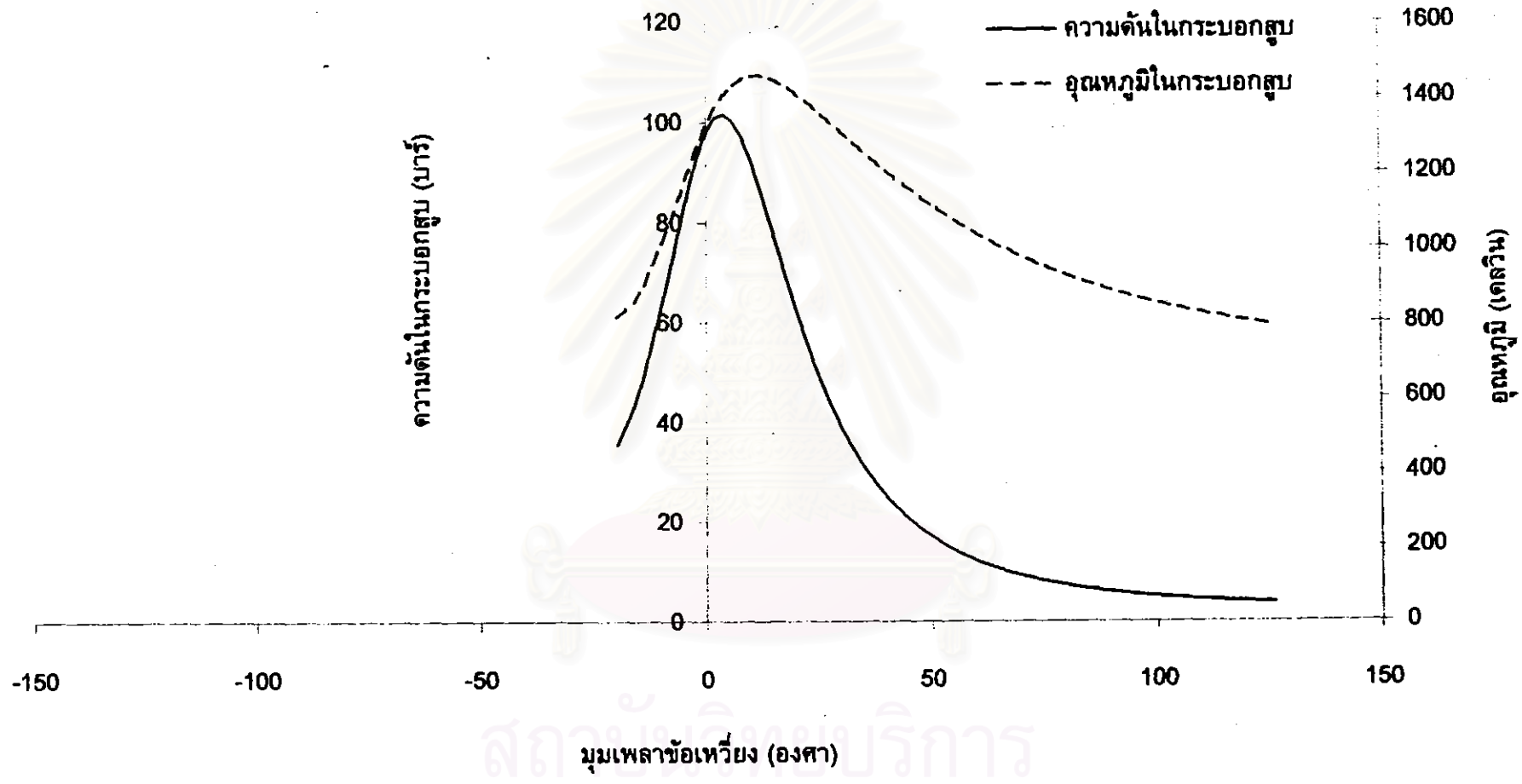
รูปที่ ญ.4 แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที (ภาระ 50%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



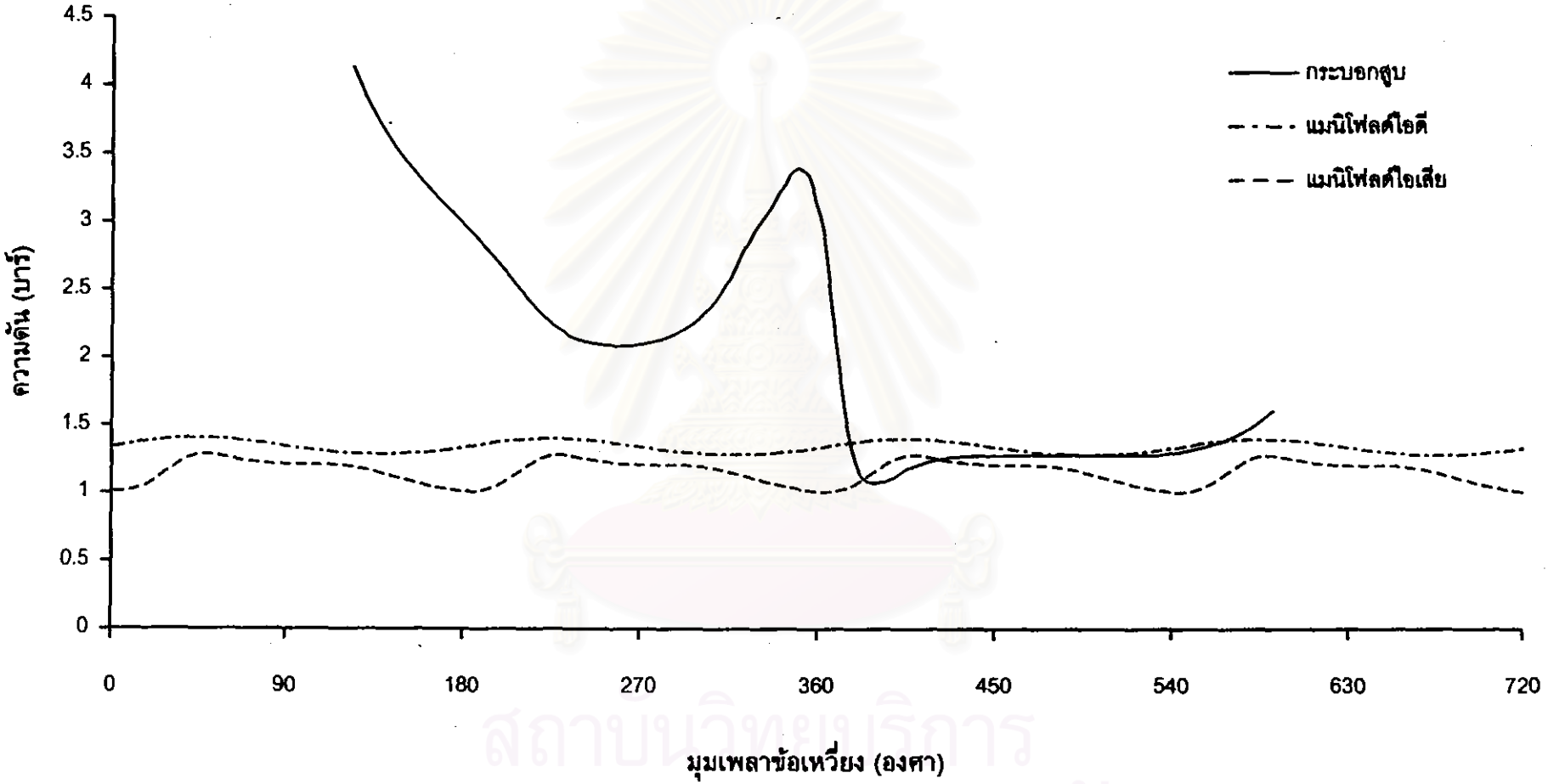
รูปที่ ญ.4(ต่อ) แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที (ภาระ 50%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



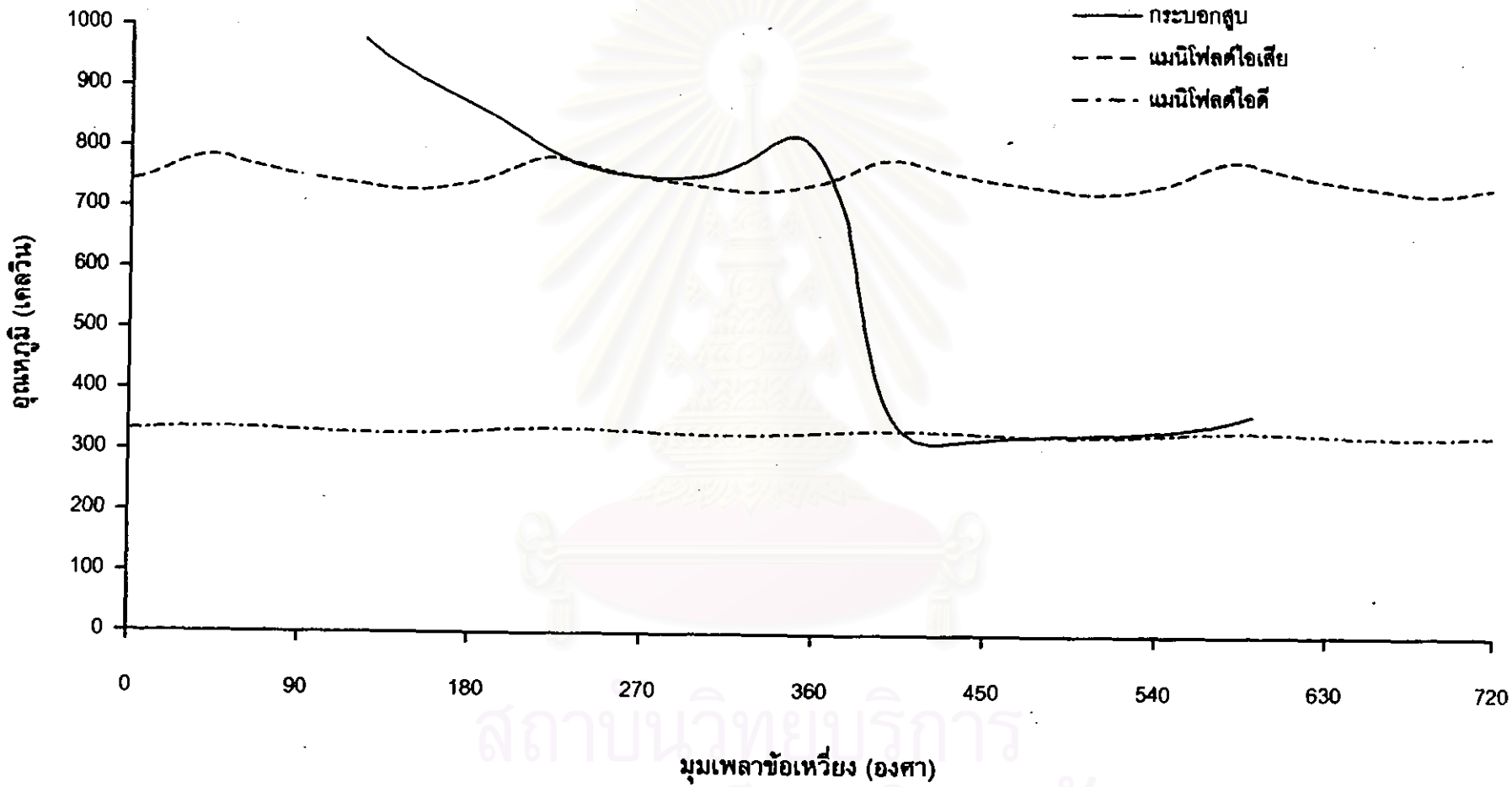
รูปที่ ญ.4(ต่อ) แสดงผลการคำนวณช่วงคาบปิดที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที (ภาระ 50%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



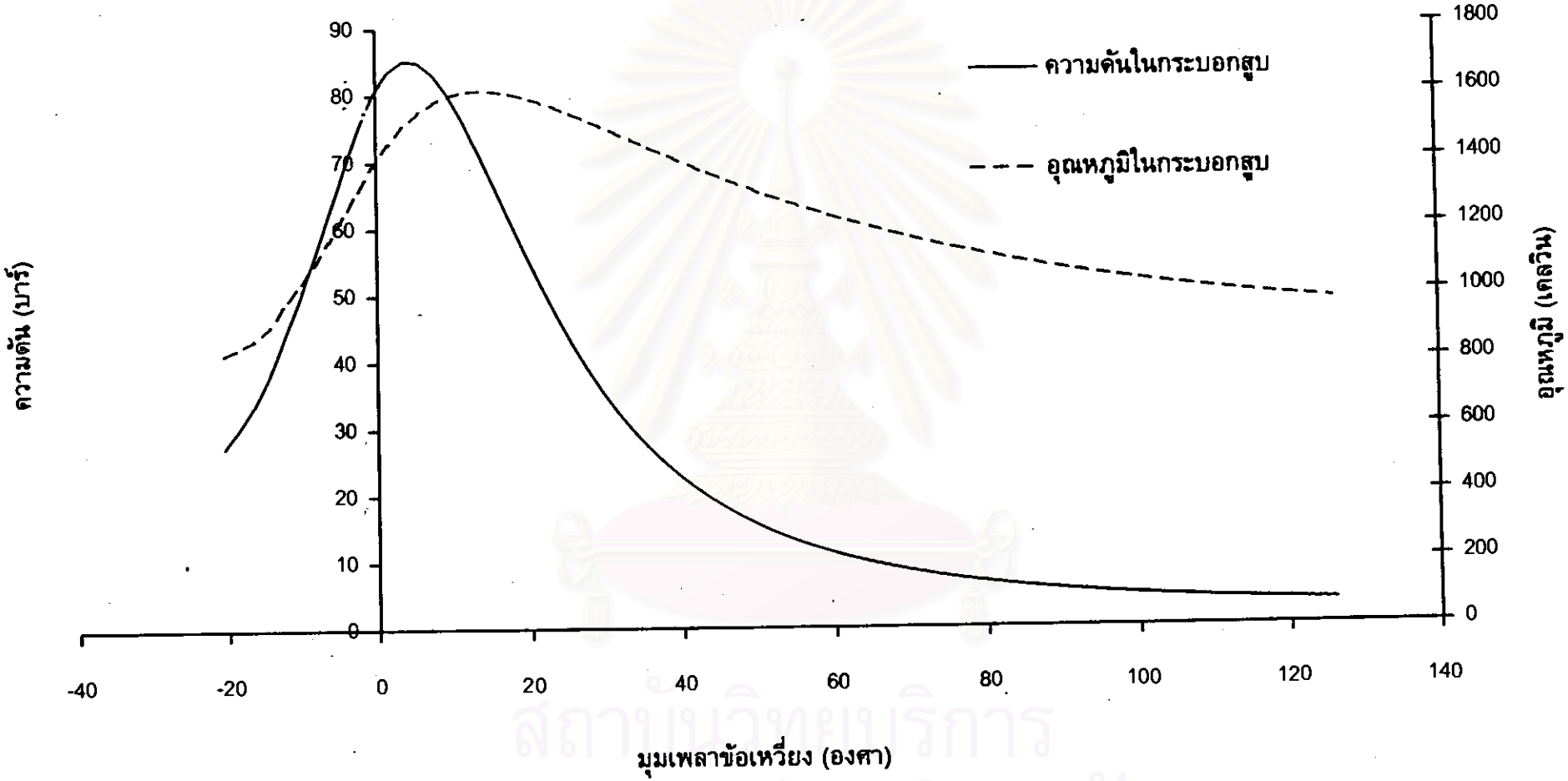
รูปที่ ญ.5 แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 3800 รอบต่อนาที (ภาระ 50%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



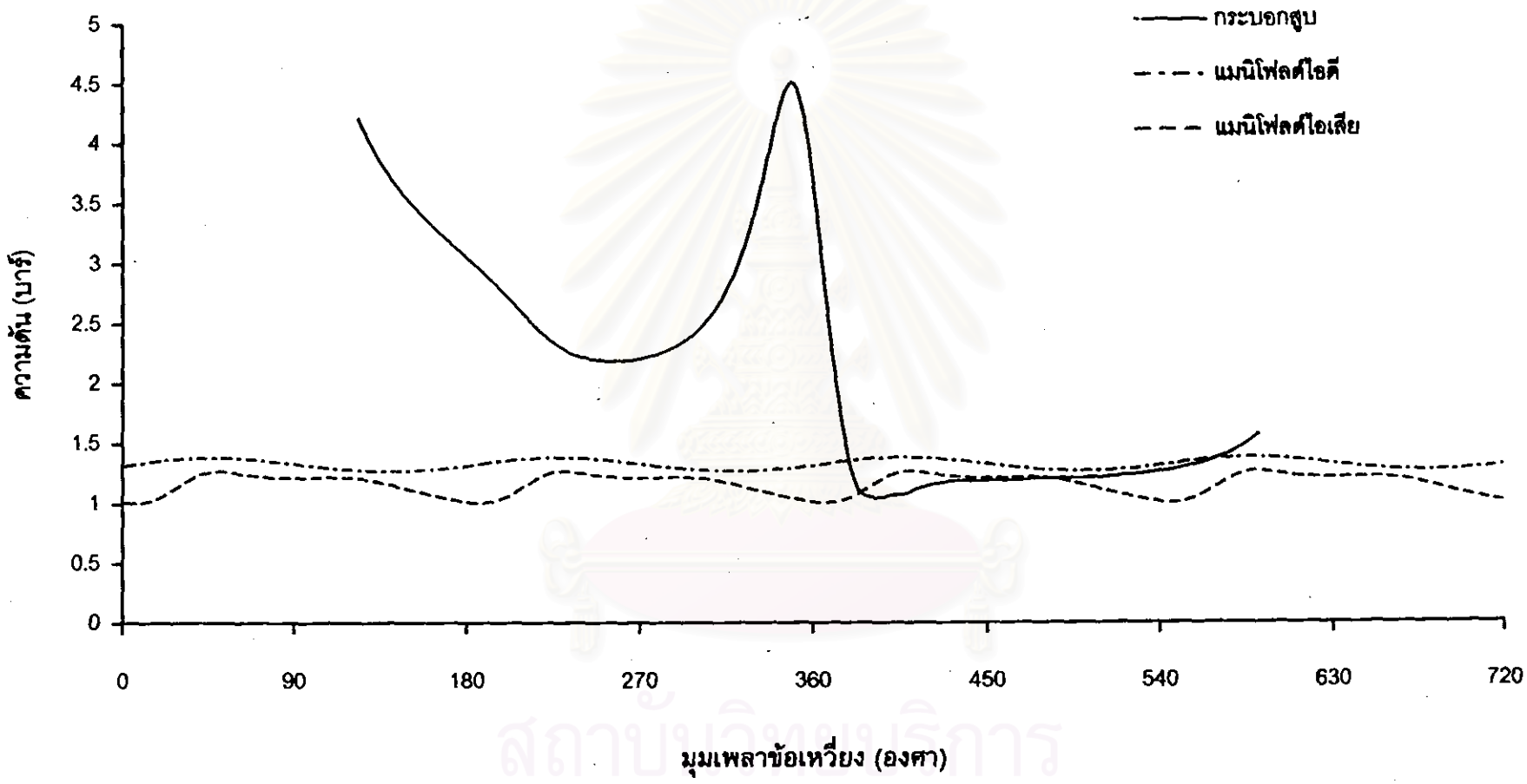
รูปที่ ญ.5(ต่อ) แสดงผลการคำนวณคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 3800 รอบต่อนาที (ภาระ 50 %)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



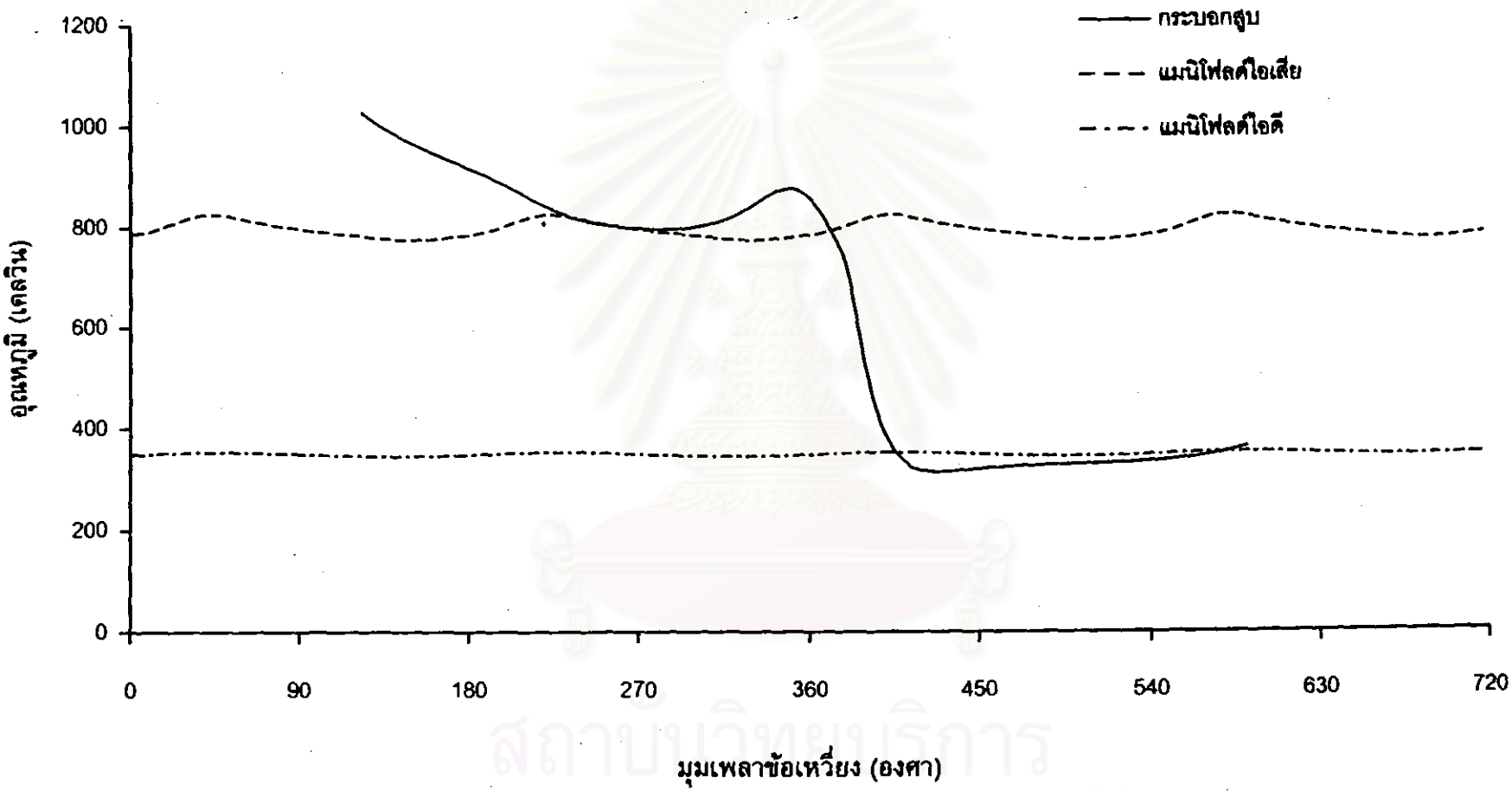
รูปที่ ญ.5(ต่อ) แสดงผลการคำนวณคาบปิดที่ความเร็วรอบ 3800 รอบต่อนาที (ภาระ 50%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



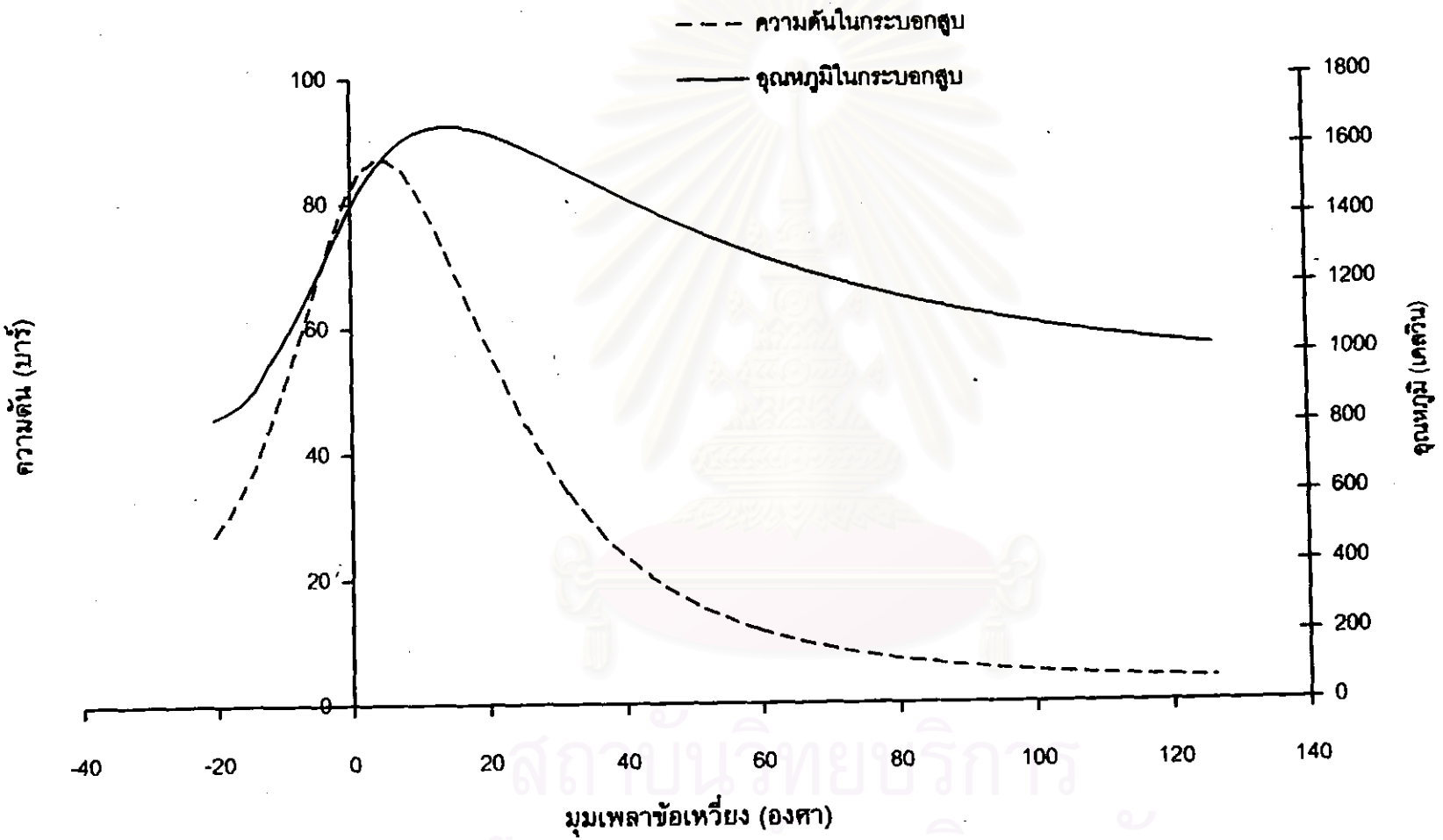
รูปที่ ญ.6 แสดงผลการคำนวณคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที (ภาระ 50 %)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



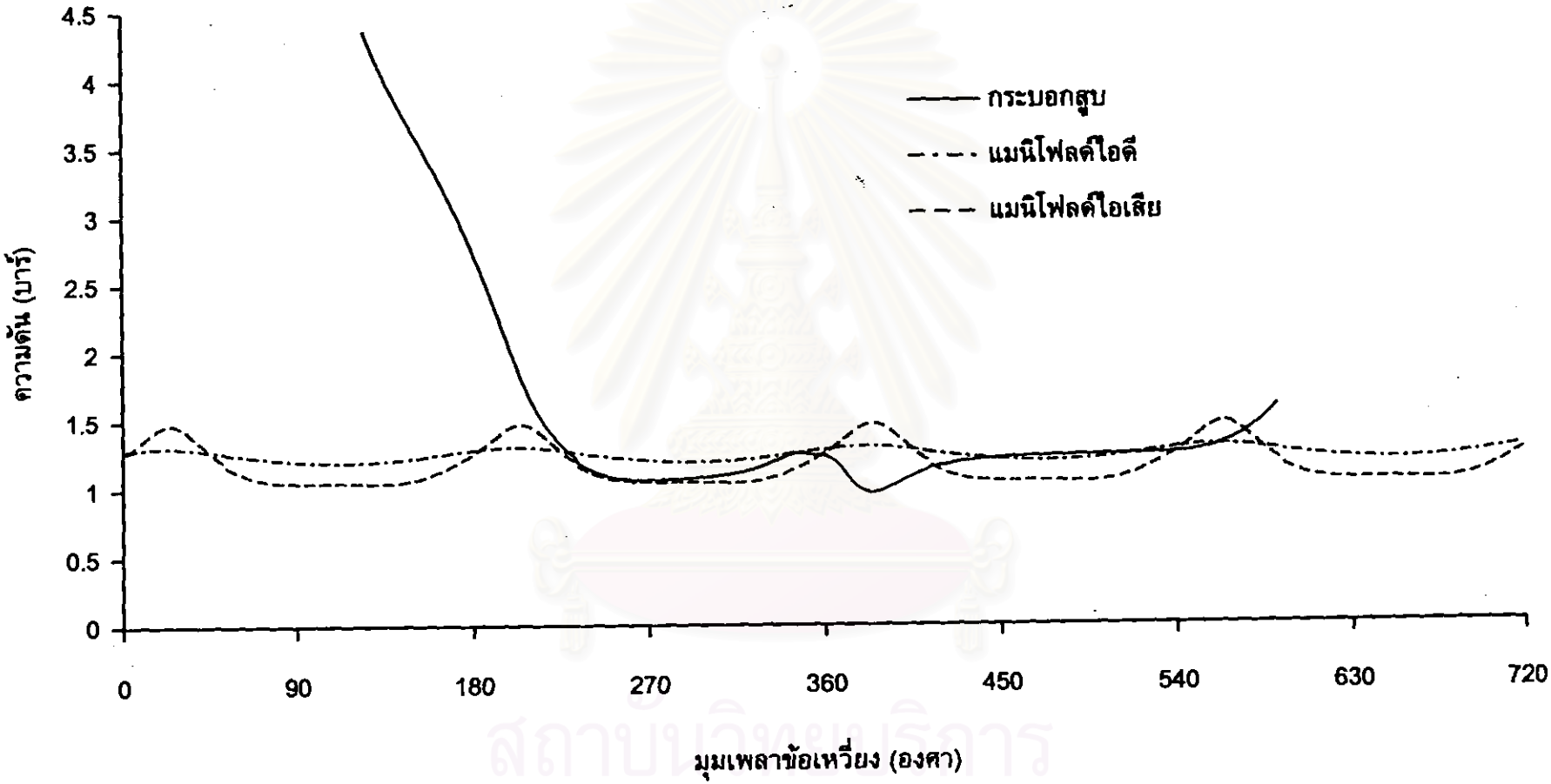
รูปที่ ญ.6(ต่อ) แสดงผลการคำนวณคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที (ภาระ 50%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



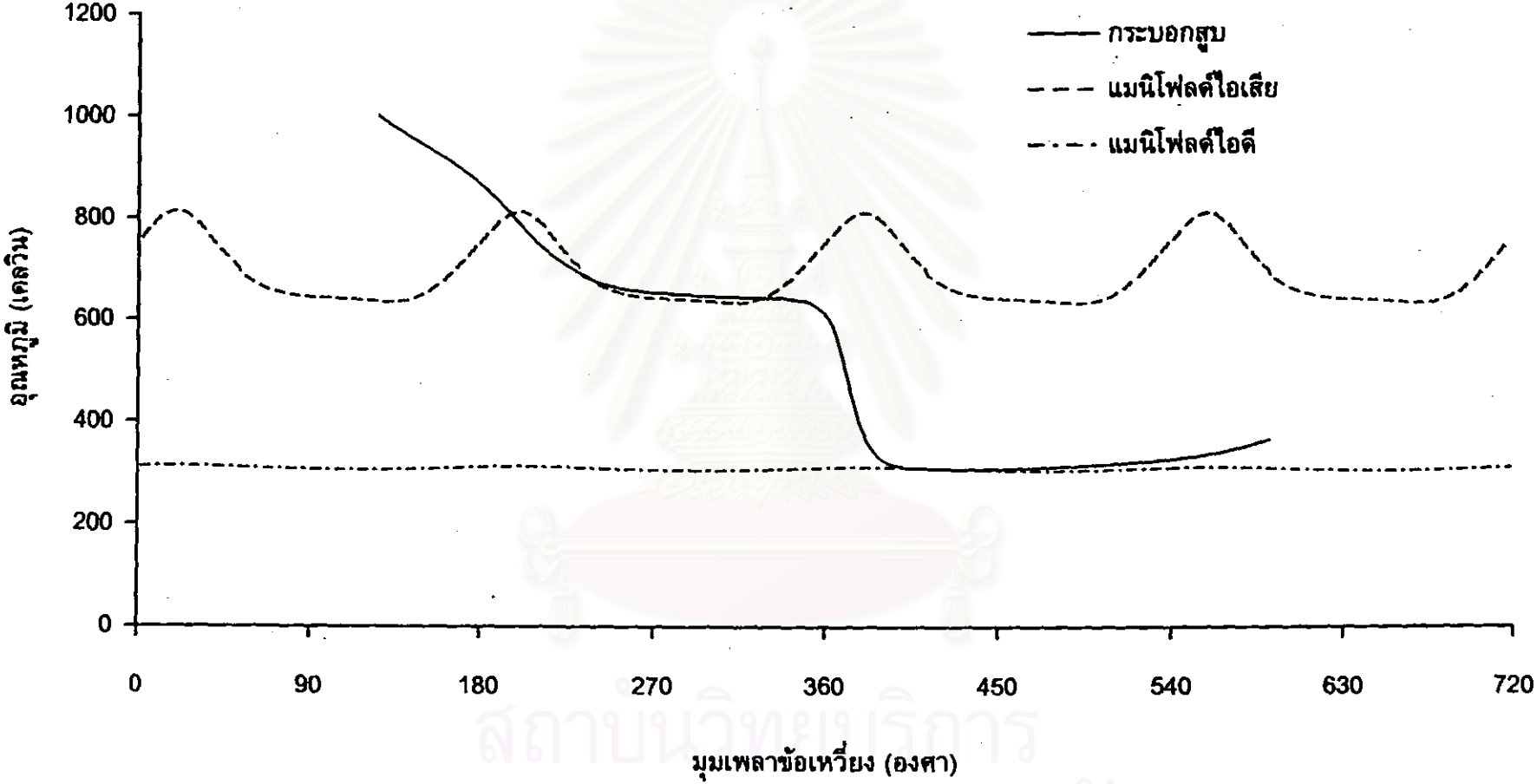
รูปที่ ญ.6(ต่อ) แสดงการคำนวณช่วงคาบปิด ที่ความเร็วรอบ 4000 รอบ/นาที (ภาระ 50 %)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

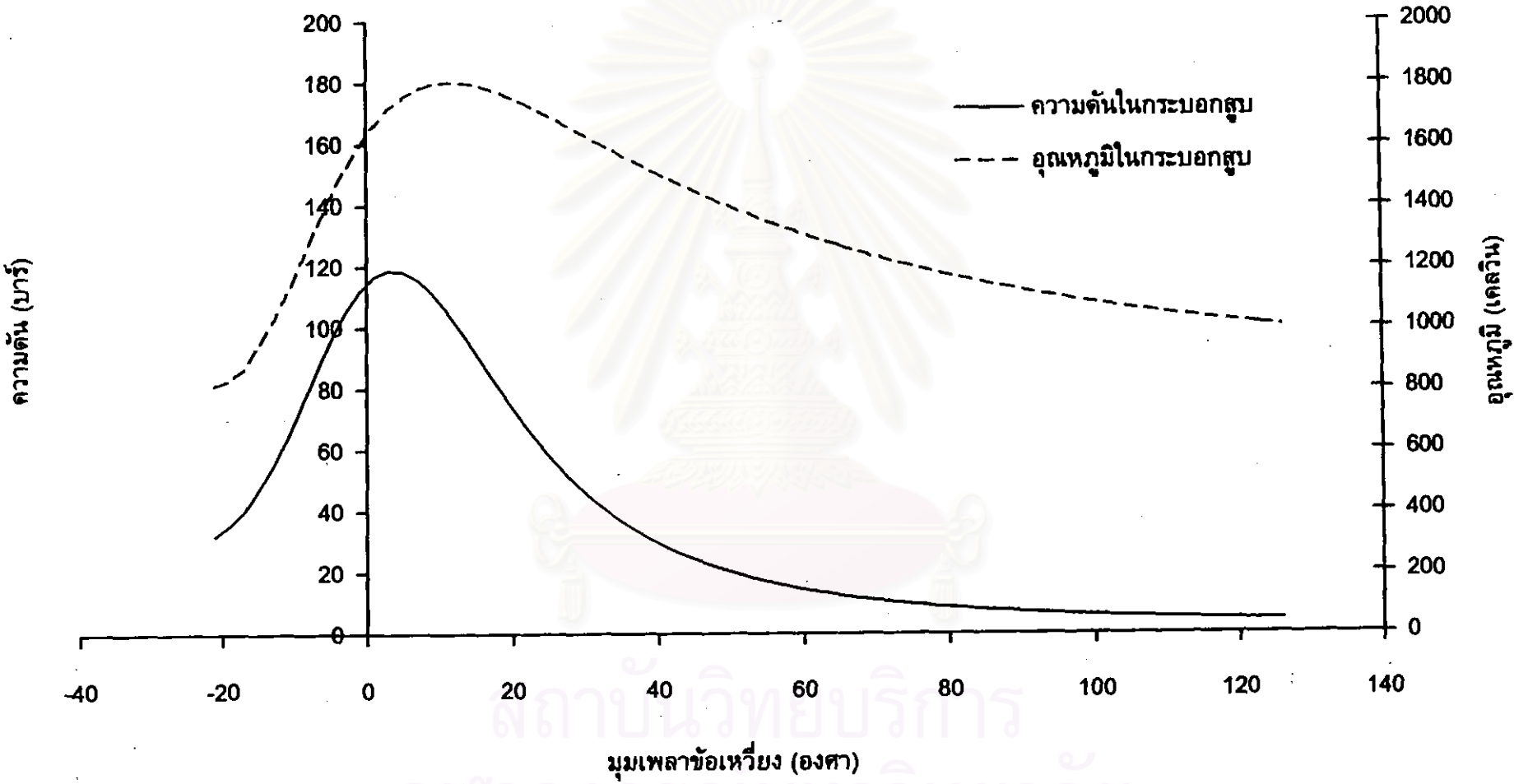


รูปที่ ญ.7 แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที (ภาระ 100%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

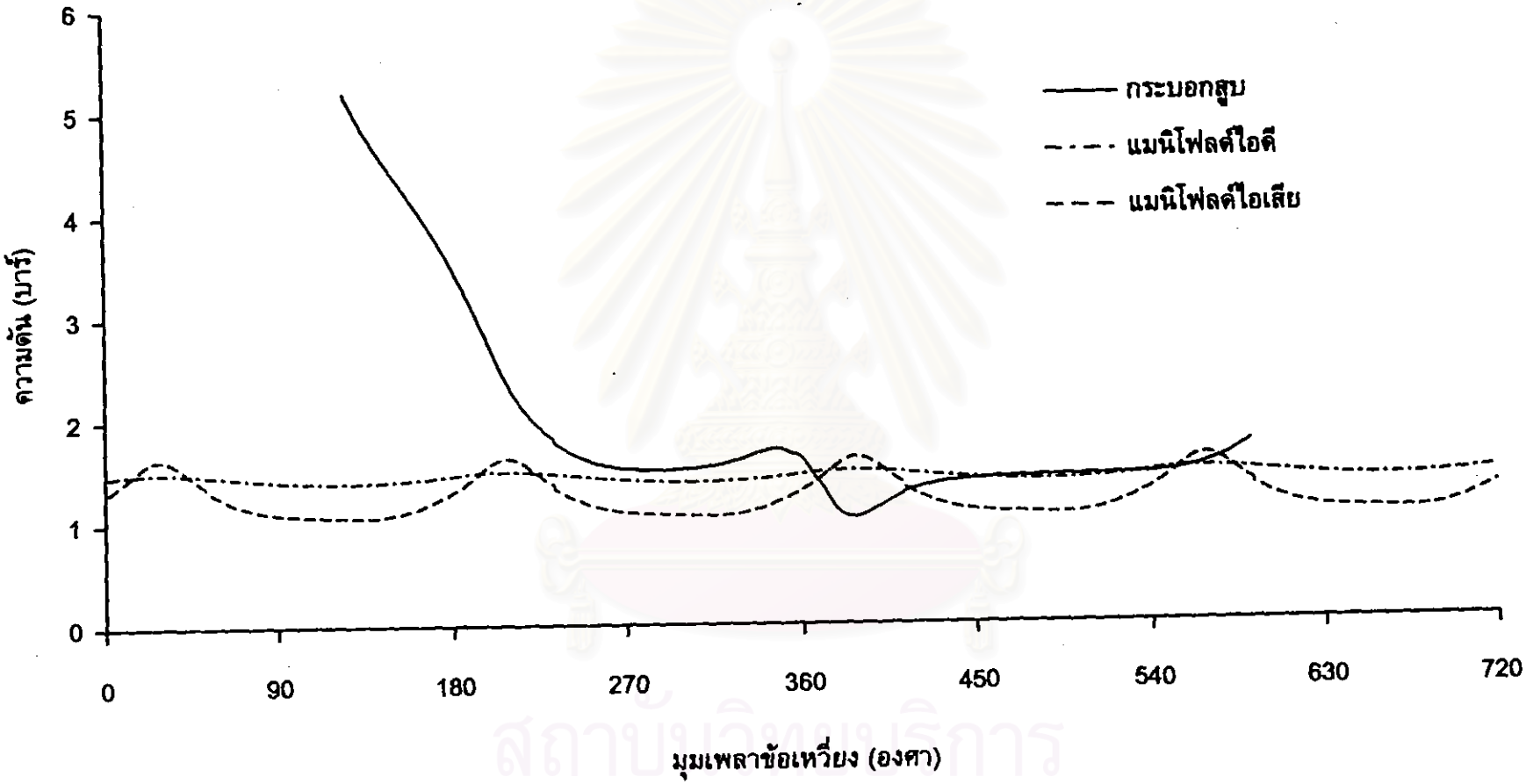


รูปที่ ญ.7(ต่อ) แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที (ภาระ 100%)



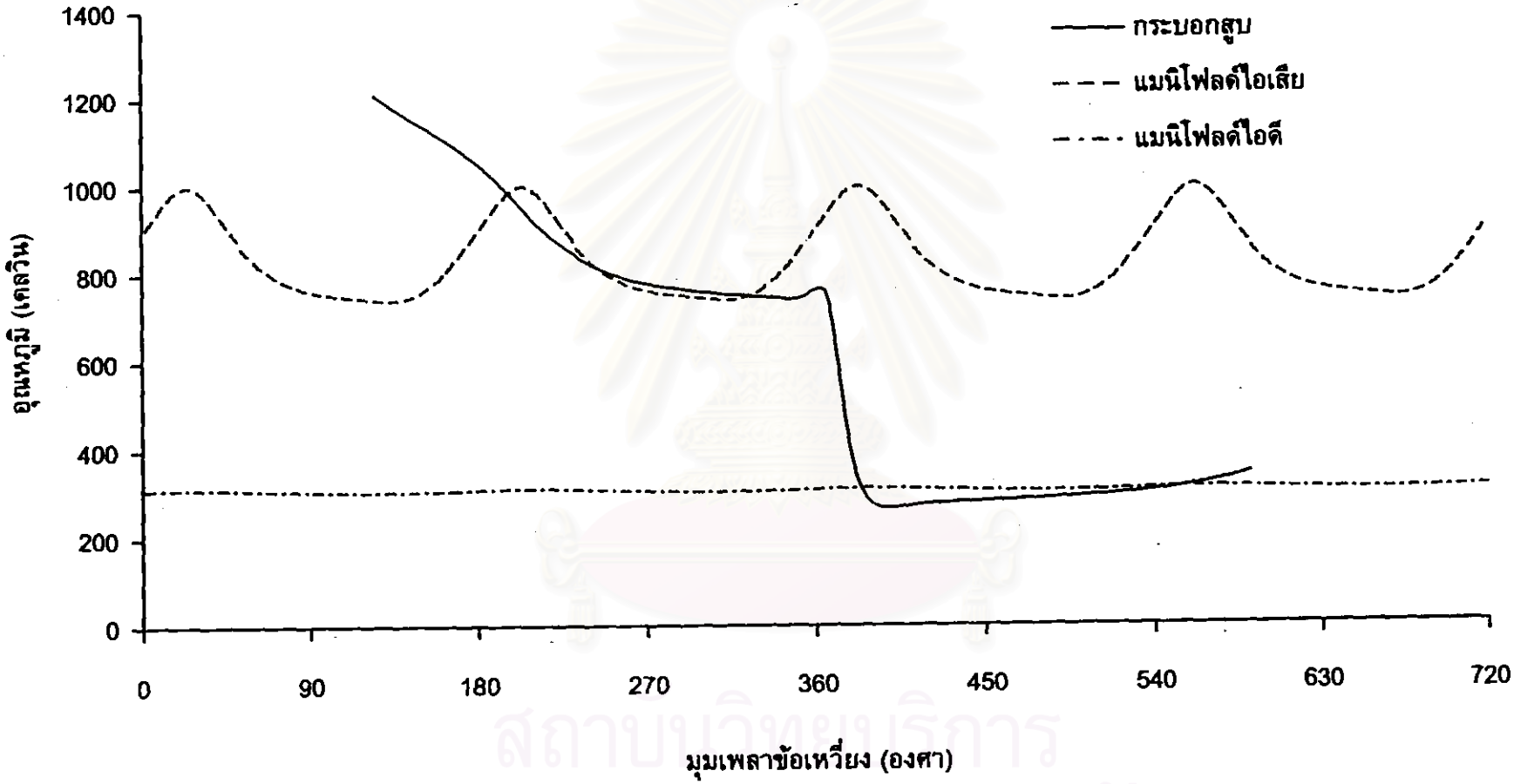
รูปที่ ญ.7 (ต่อ) แสดงผลการคำนวณช่วงคาบปิดที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที (ภาระ100%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



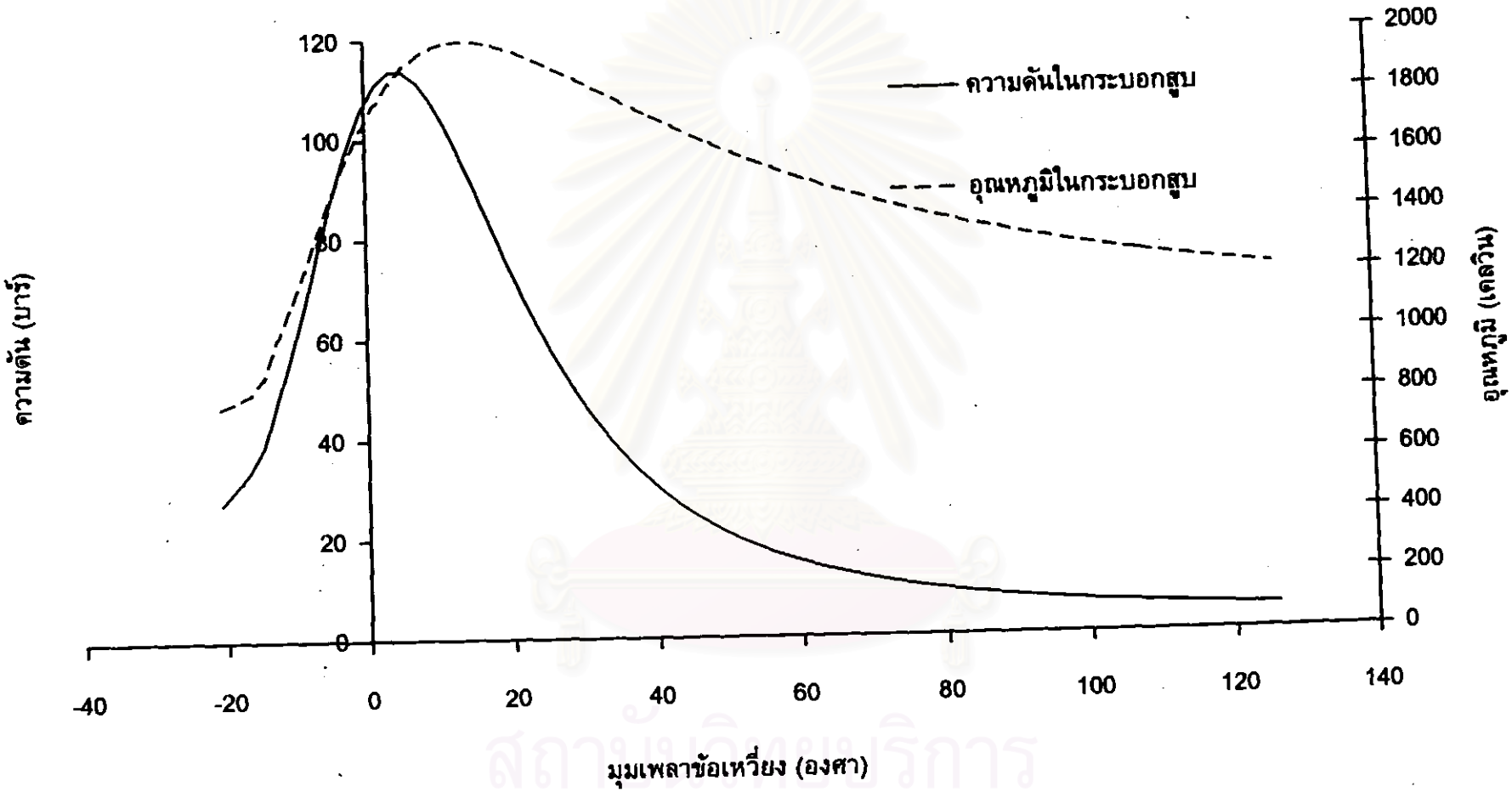
รูปที่ ญ.8 แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที (ภาระ100%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



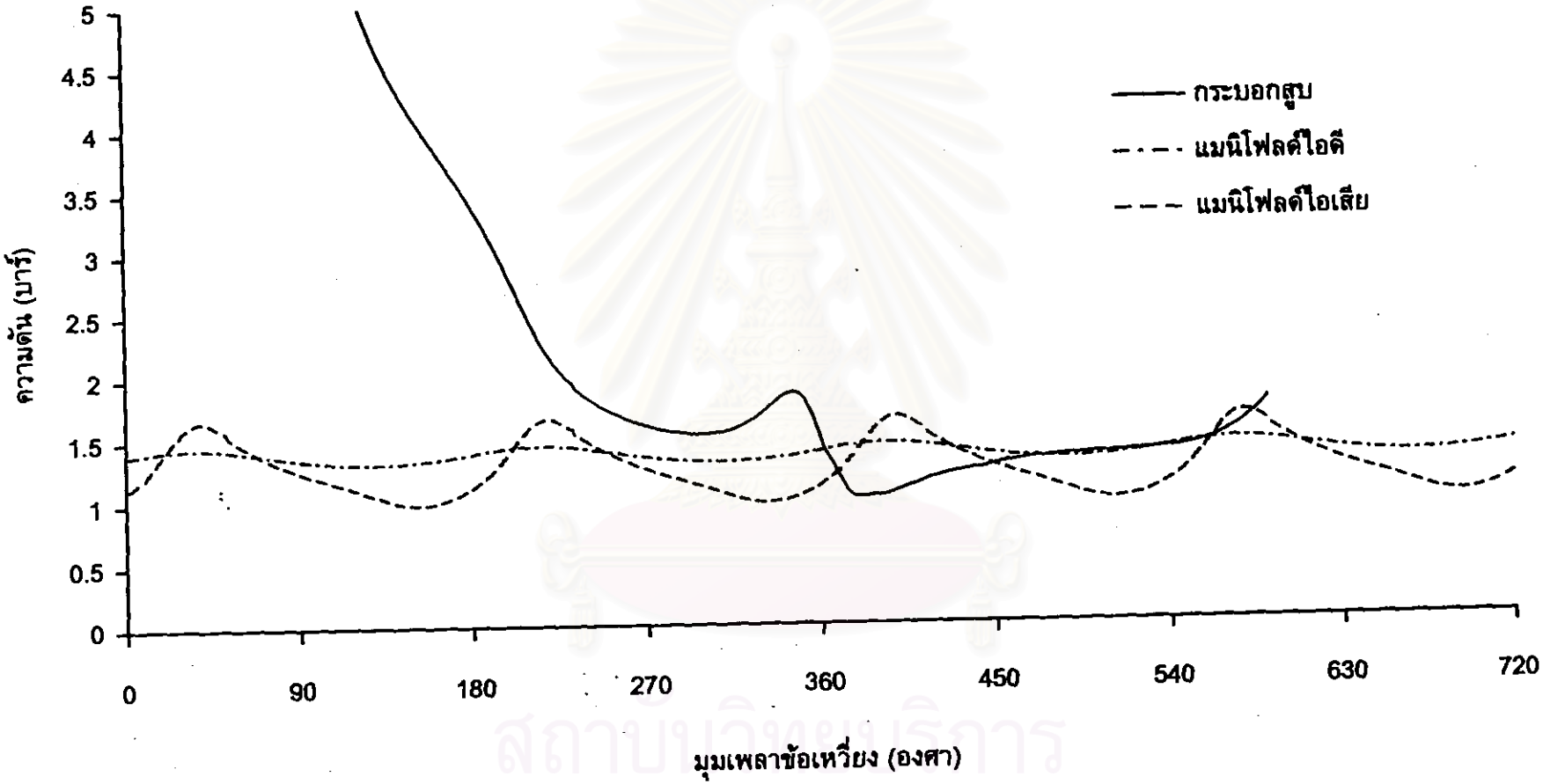
รูปที่ ญ.8 (ต่อ)แสดงการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที (ภาระ 100 %)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



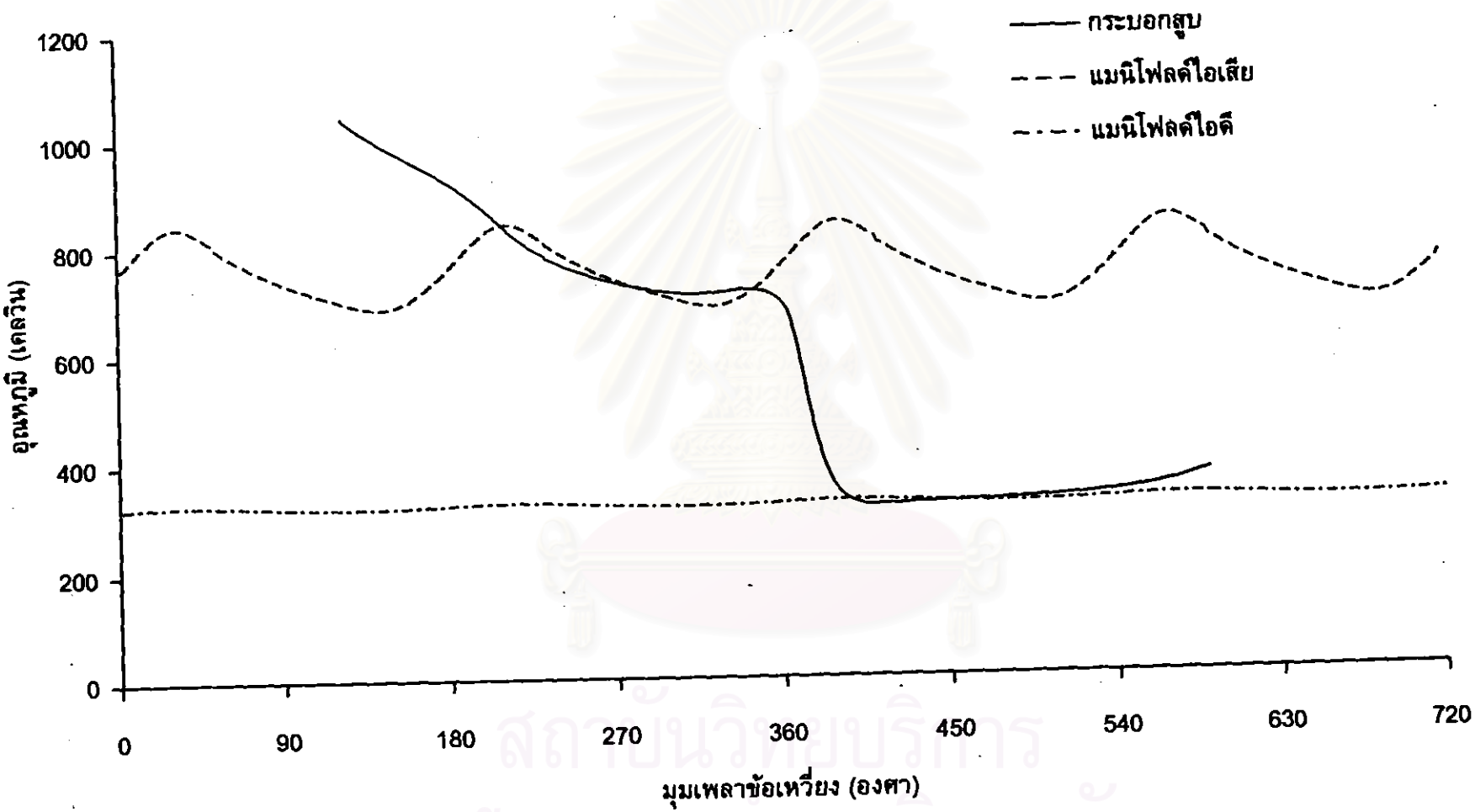
รูปที่ ญ.8(ต่อ) แสดงผลการคำนวณช่วงคาบปิดที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที (ภาระ 100 %)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



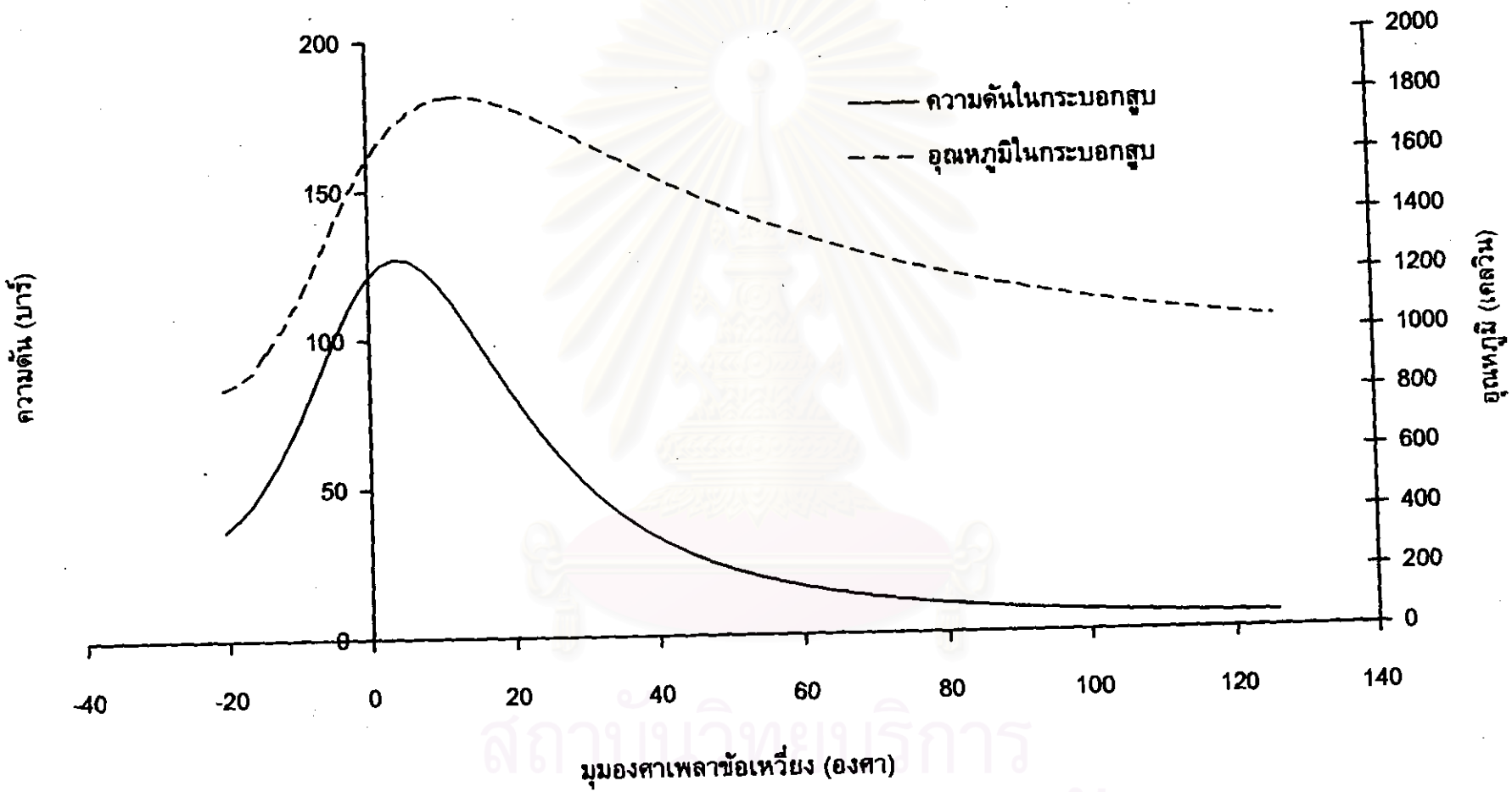
รูปที่ ญ.9 แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที (ภาระ 100%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

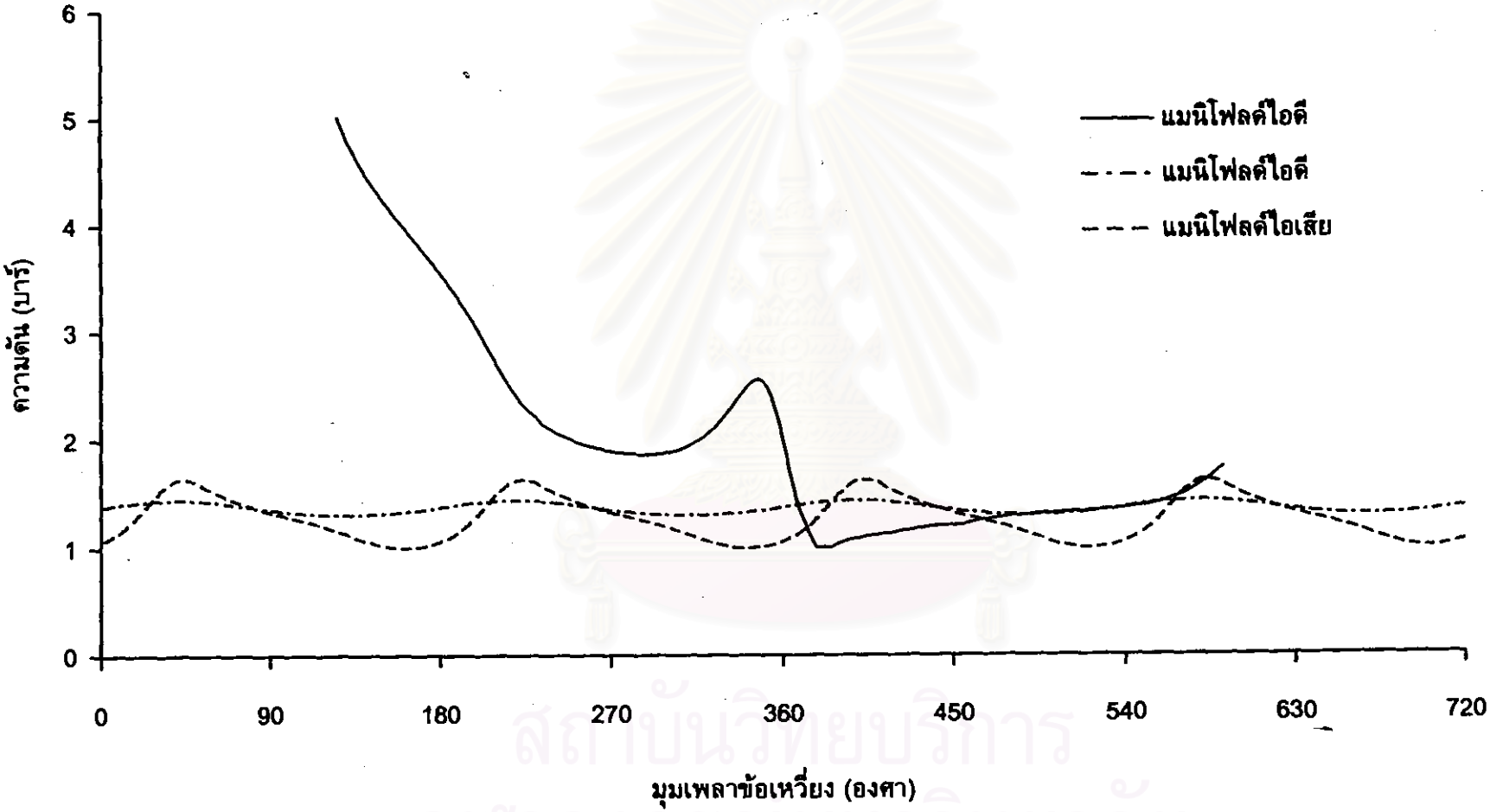


รูปที่ ญ.9 (ต่อ) แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที (ภาระ 100 %)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

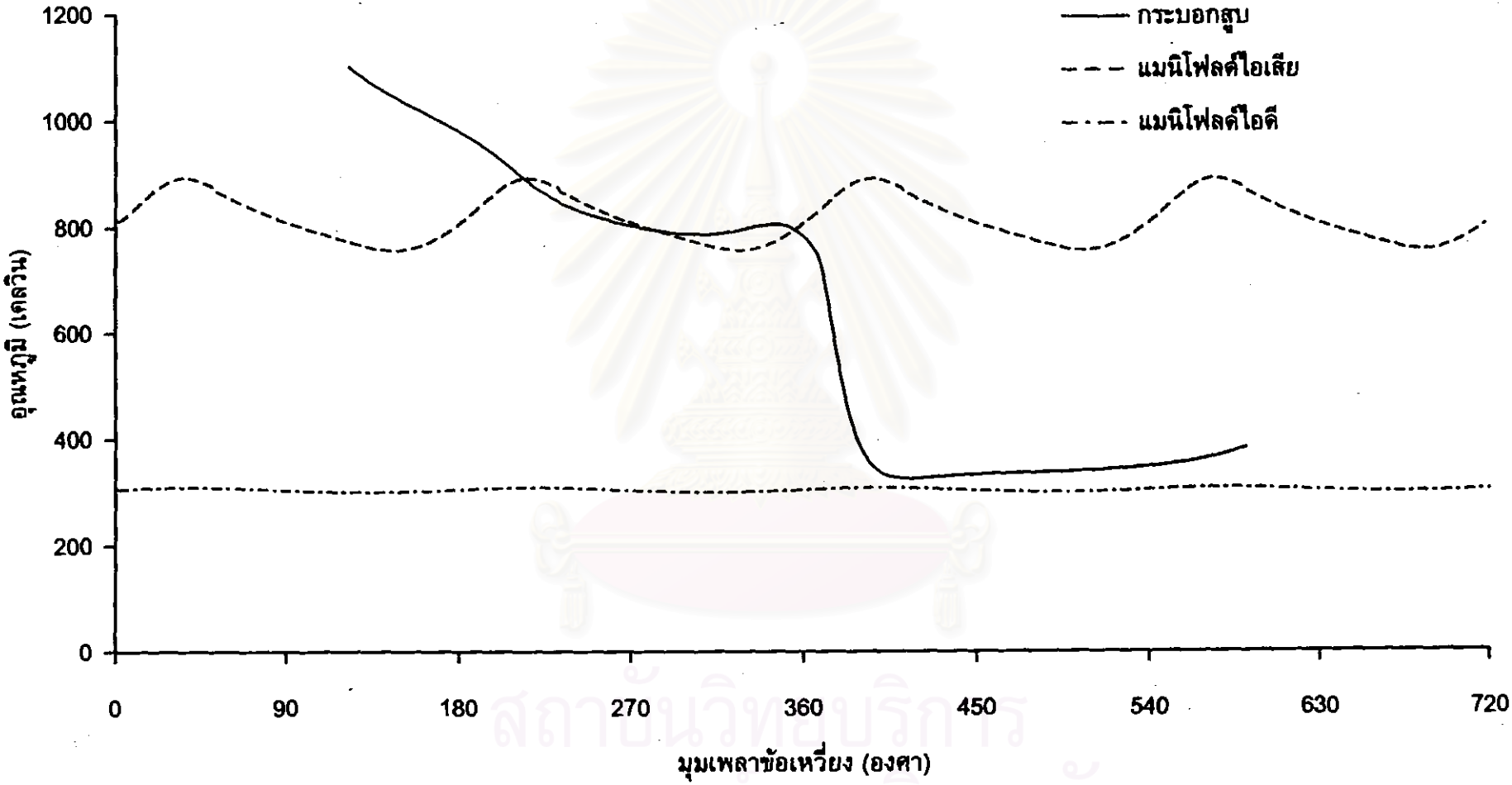


รูปที่ ญ.9 (ต่อ) แสดงผลการคำนวณช่วงคาบปิดที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที (ภาระ 100%)

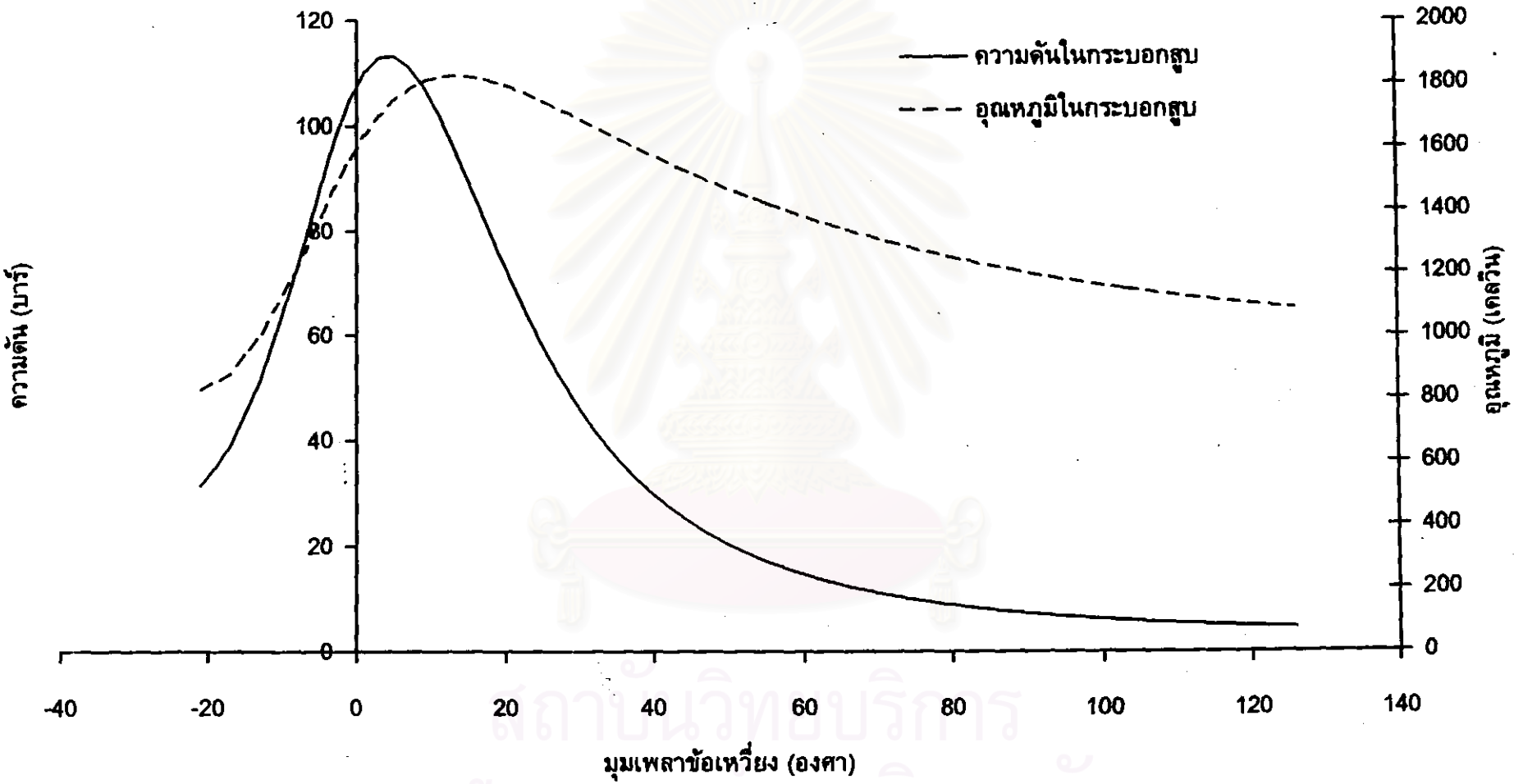


รูปที่ ญ.10 แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที (ภาระ 100 %)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

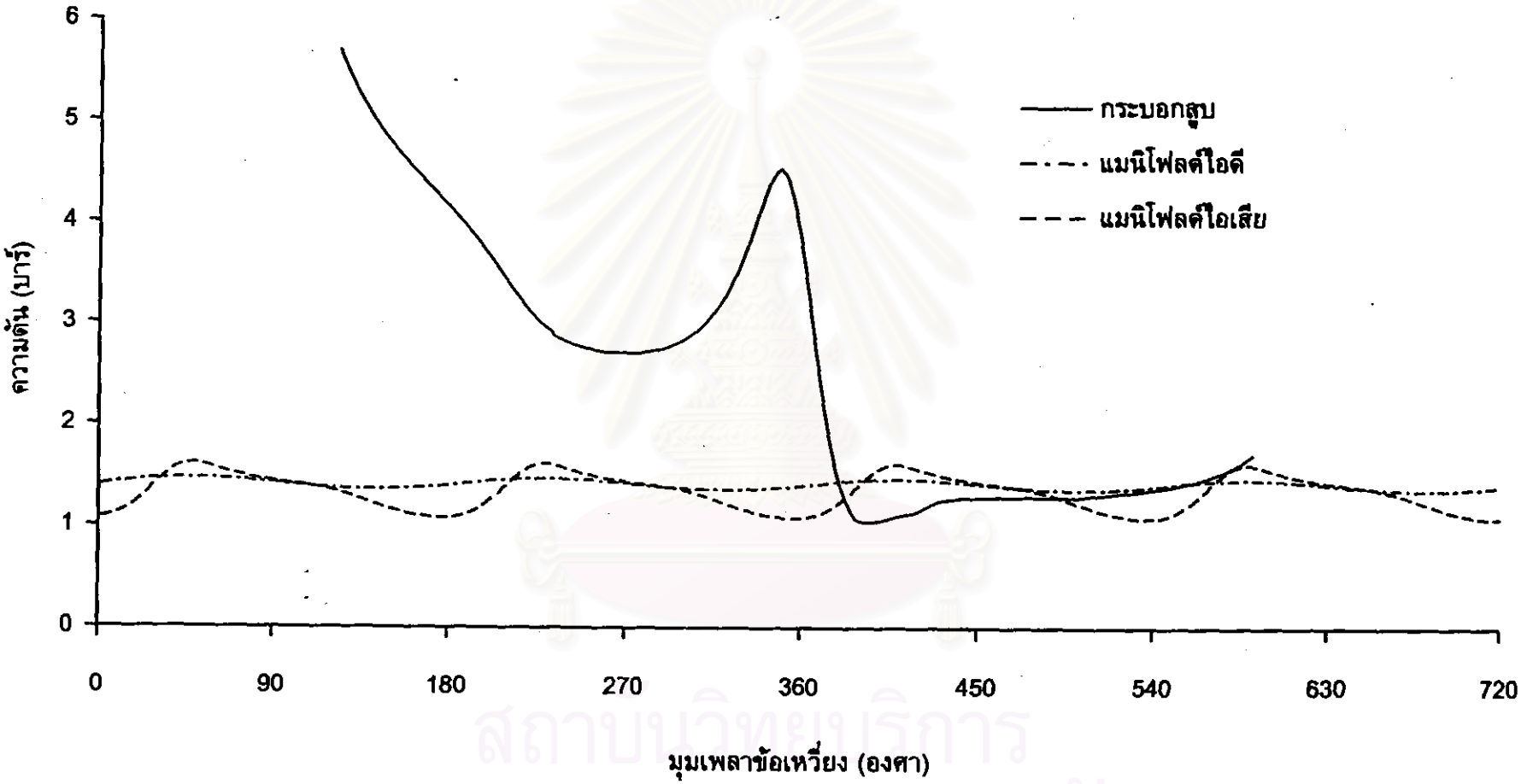


รูปที่ ญ.10 (ต่อ) แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที (ภาระ 100%)



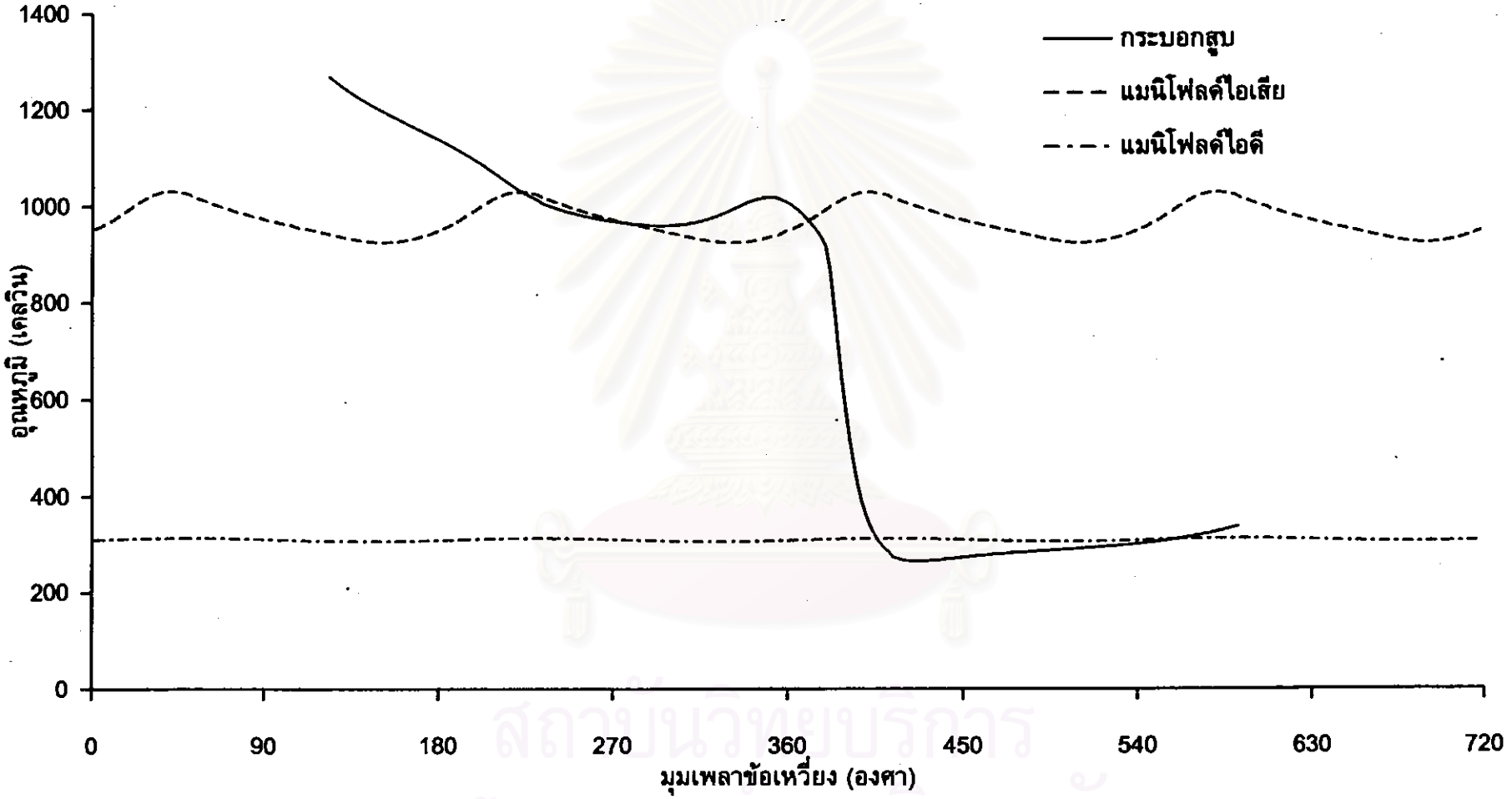
รูปที่ ญ.10 (ต่อ) แสดงผลการคำนวณช่วงคาบปิดที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที (ภาระ 100%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

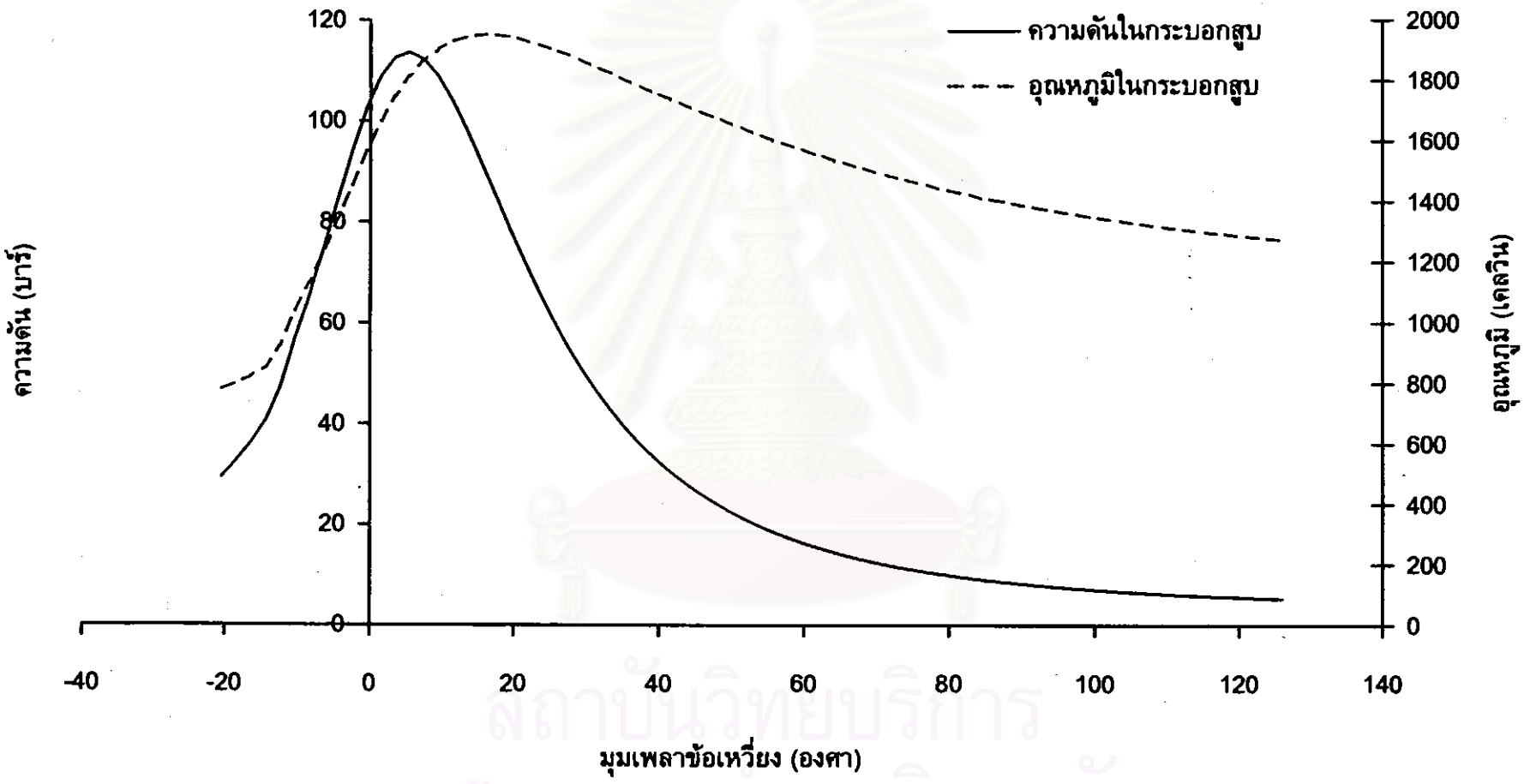


รูปที่ ญ.11 แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 3800 รอบต่อนาที (ภาระ 100 %)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

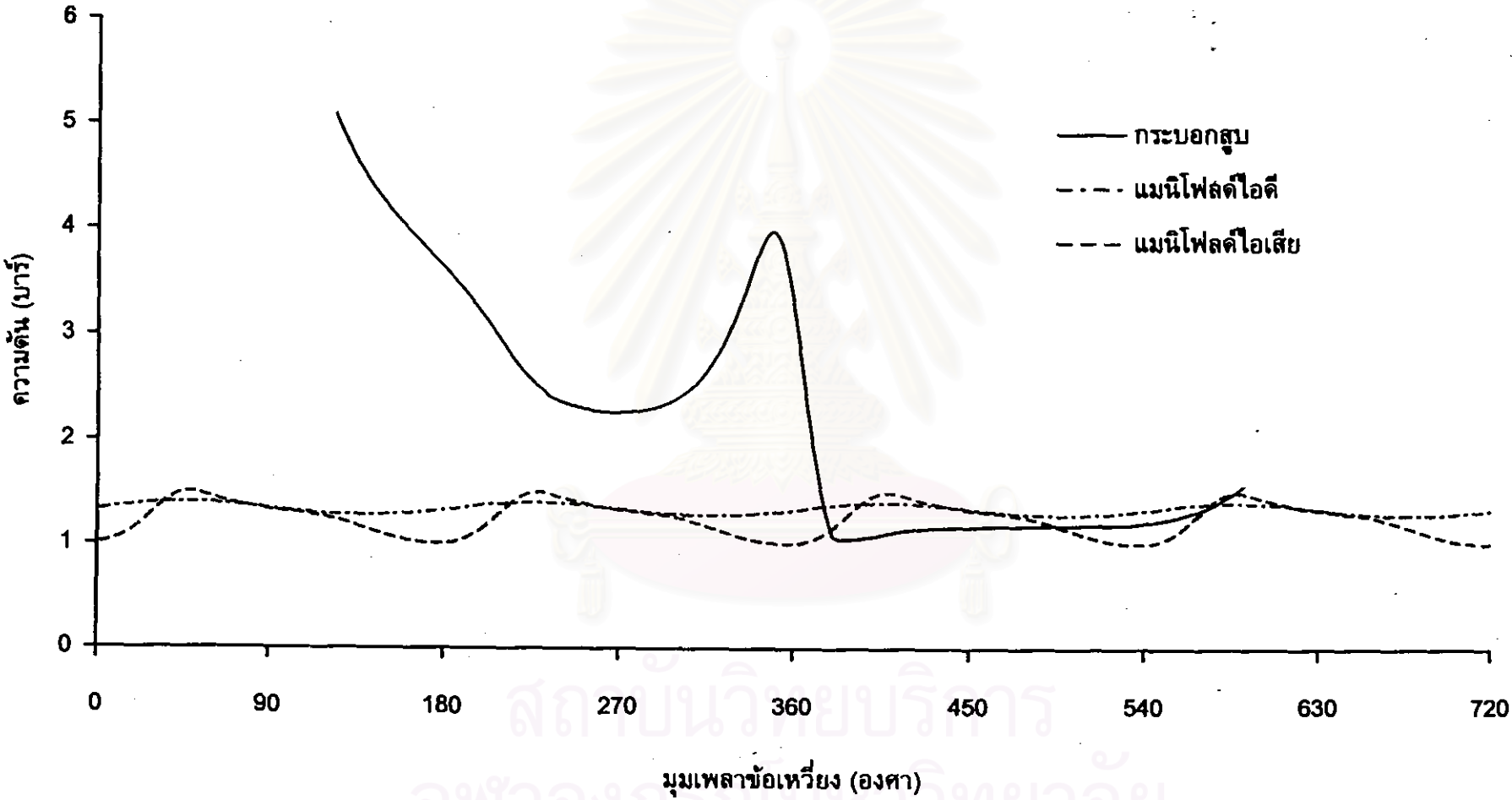


รูปที่ ญ.11 (ต่อ) แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 3800 รอบต่อนาที (ภาระ 100 %)



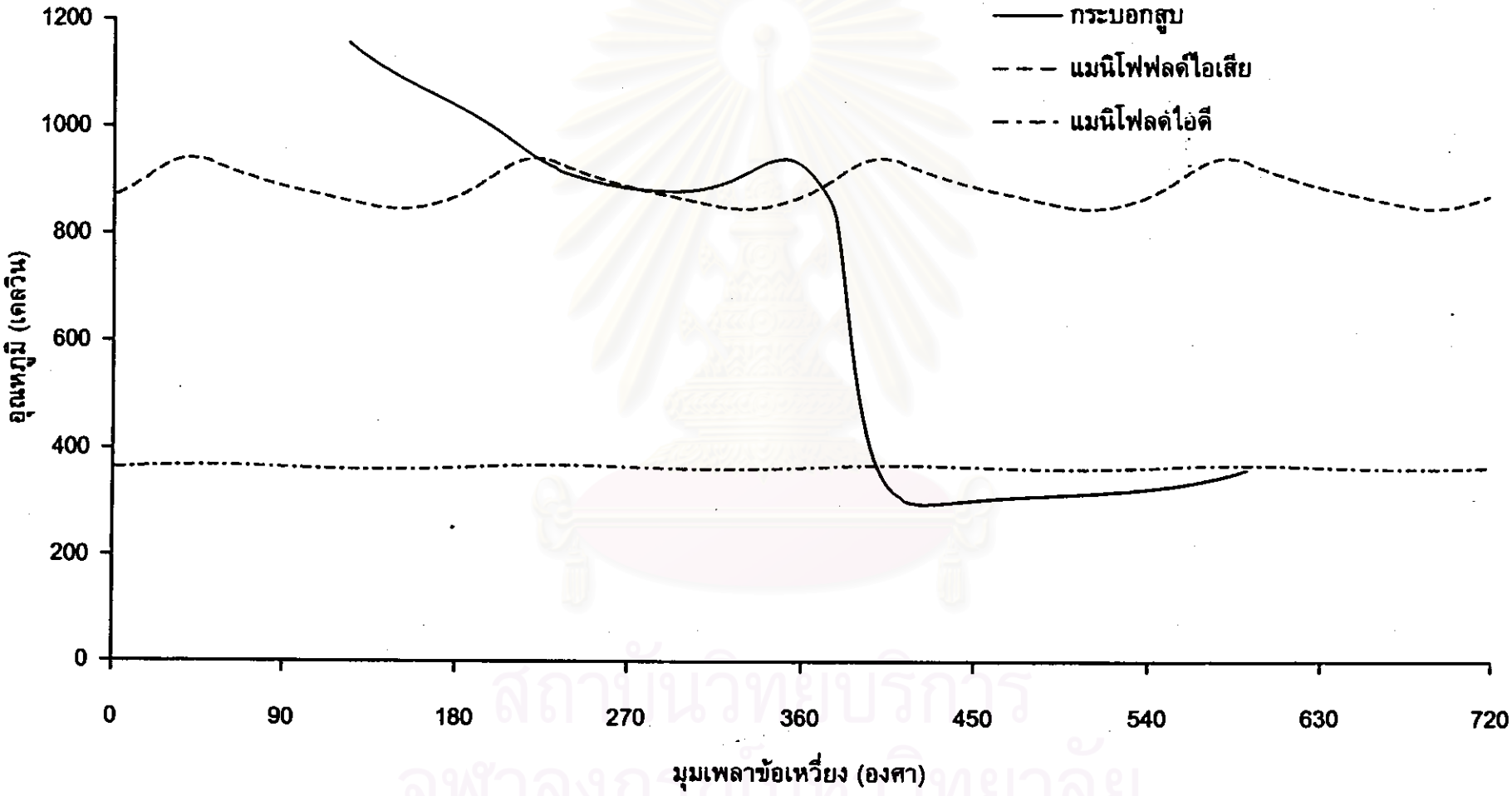
รูปที่ ญ.11(ต่อ) แสดงผลการคำนวณช่วงคาบปิดที่ความเร็วรอบ 3800 รอบต่อนาที (ภาระ 100%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

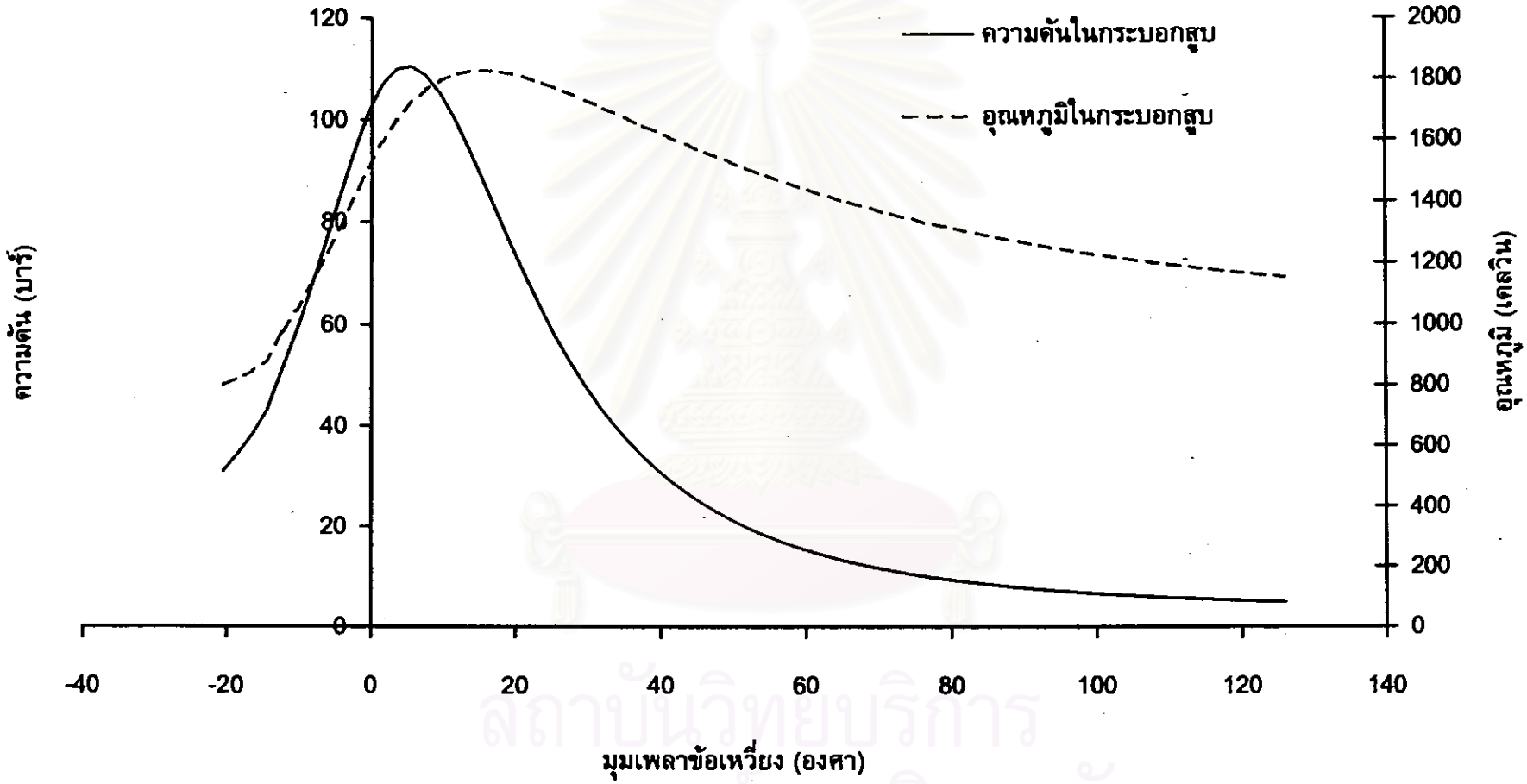


รูปที่ ญ.12 แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที (ภาระ 100%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

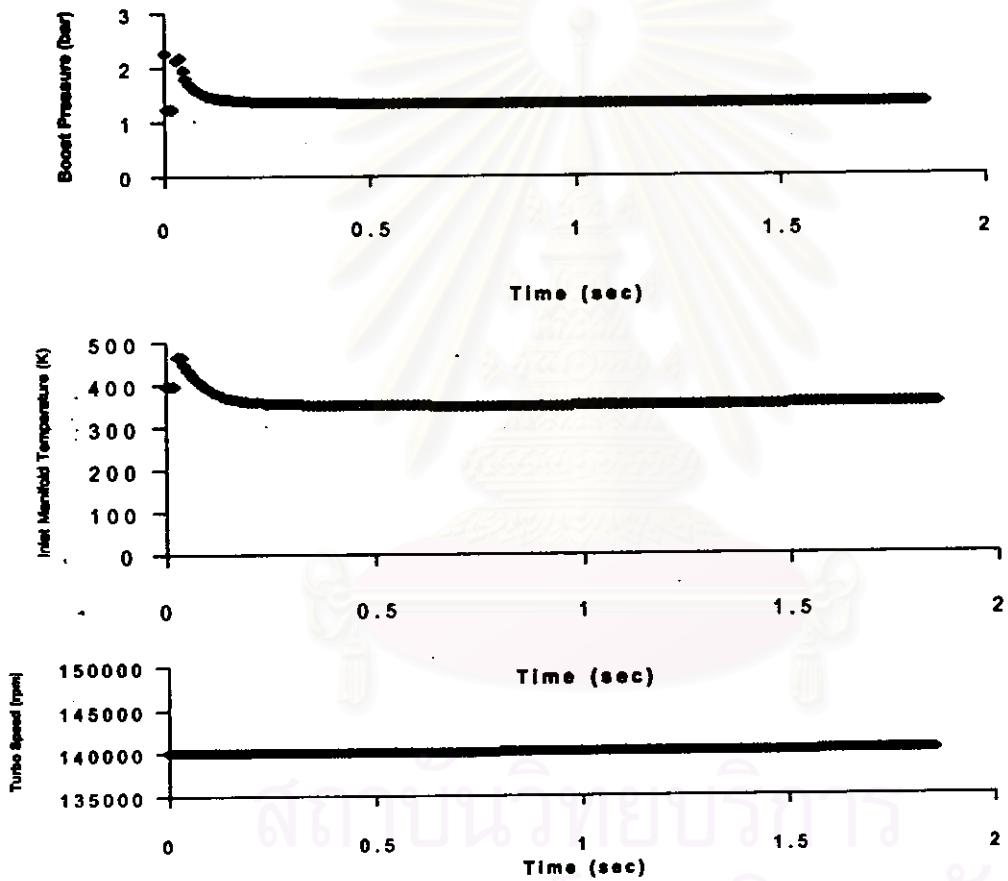


รูปที่ ญ.12 (ต่อ) แสดงผลการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที (ภาระ 100%)

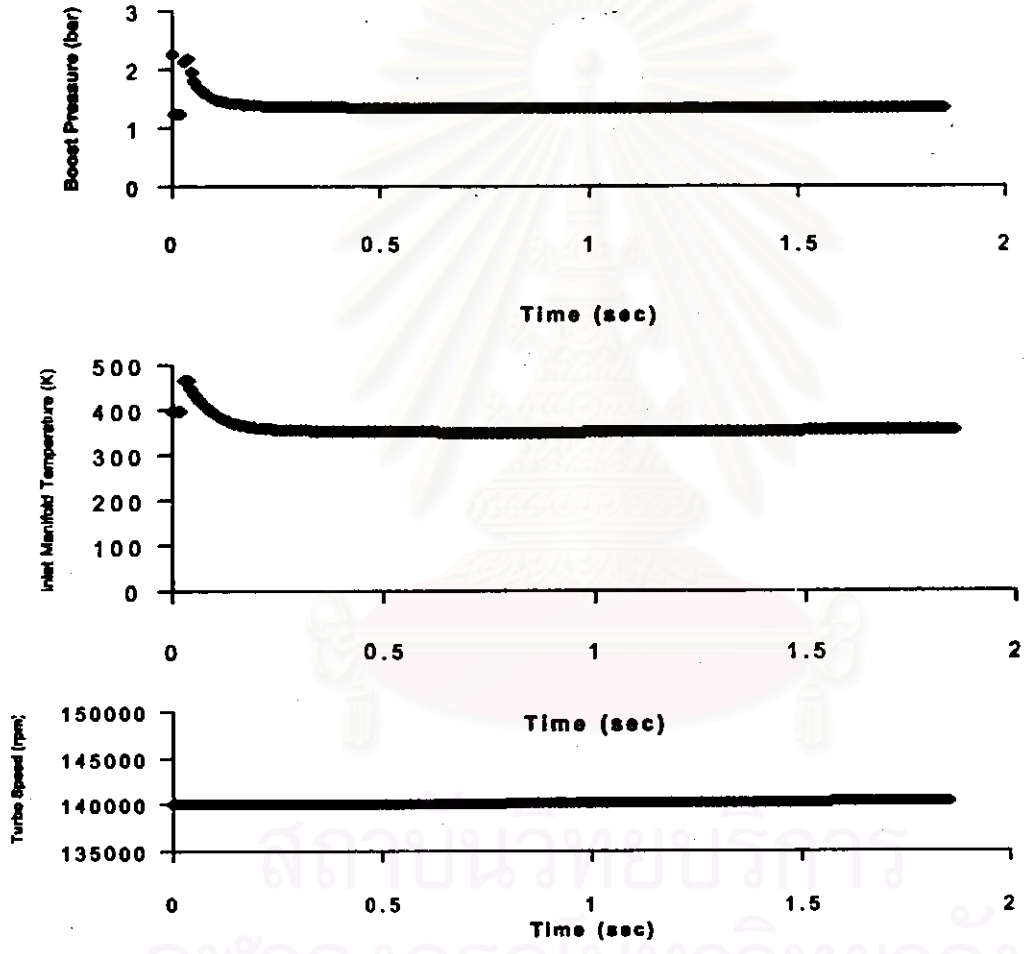


รูปที่ ญ.12 (ต่อ) แสดงผลการคำนวณคาบปิดที่ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที (ภาระ 100%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ญ.13 Initialization Calculation ที่ความเร็วรอบ 3800 รอบต่อนาที (ภาระ 100%)



รูปที่ ญ.13 (ต่อ) Initialization Calculation ที่ความเร็วรอบ 3800 รอบต่อนาที (ภาระ 100%)

ภาคผนวก ฐ

มาตรฐานการทดสอบเครื่องยนต์ SAE J1349

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ENGINE POWER TEST CODE-SPARK IGNITION AND DIESEL-SAE J1349 JUN 85

Contents

1. Scope
2. Field of Application
3. References
4. Terminology
5. Presentation of Results
6. Standard Inlet Air Conditions
7. Power Corrections
8. Computations
9. Data
10. Instrumentation Accuracy
11. Engine Equipment
12. Fuels and Lubricants
13. Adjustment and Run In
14. Pressure and Temperature Measurement
15. Test Operating Conditions

1. ***Scope***- This standard has been adopted by SAE to specify:
   1.1 A basis for engine power rating.
   1.2 Standard inlet air conditions.
   1.3 A method for correcting observed power at full load.
   1.4 A basis for determining full load engine power with a dynamometer
2. ***Field of Application***- This standard test code is applicable to four-stroke and two-stroke cycle spark ignition and diesel engines, naturally aspirated and pressure charged, with and without charge air cooling
3. ***References***
   3.1 This test code supersedes:
      3.1.1 SAE J816b- Engine Test Code-Spark Ignition and Diesel (last issued in 1981 Handbook).

3.1.2 SAE J245- Engine Rating Code-Spark Ignition (last issued in 1981 Handbook).

3.1.3 SAE J270- Engine Rating Code-diesel (last issued in 1981 Handbook).

3.1.4 SEA J607a- Small Spark Ignition Engine Test Code (last issued in the 1984 Handbook).

3.2 Relationship to ISO Standards 1585, 2534, and 3046:

ISO 1585 (1982)- Road Vehicles-Engine Test Code- Net Power. SAE J1349 differs from ISO 1585 in several items, among which the most important are:

This SAE Standard encompasses both gross and net power and has a wider application range.

This SAE Standard specifies fuel inlet temperature for diesel engines.

This SAE Standard provides an optional instantaneous power rating method for spark ignition engines.

This SAE Standard does not recommend conformance tolerances.

ISO 2534 (1974)-Road Vehicles-Engine Test Code-Gross Power ISO 3046... I (1981), II (1977), III (1979), IV (1978), V (1978), VI (1982) - Reciprocating Internal Combustion Engines-Performance. SAE J1349 is not in agreement with either ISO 3046 or ISO 2534.

ENGINE POWER RATING

4. Terminology

4.1 Net Brake Power-The measured power of a "fully equipped" engine as defined in paragraphs 4.4.2 and 11.11.

4.2 Gross Brake Power- The measured power of a "basic" Engine as defined in paragraphs 4.4.1 and 11.2.

4.3 Rated Power- May be net or gross and is declared by the manufacturer at a rated engine speed.

4.4 Associated Terminology

4.4.1A basic engine is an engine equipped only with its built-in accessories such as fuel, oil, and cooling pumps plus built-in emission control equipment

4.4.2 A fully equipped engine is an engine equipped with accessories necessary to perform its intended service. This includes, but is not restricted to, the basic engine of paragraph 4.4.1 , plus intake air system, exhaust system, cooling system, generator(alternator), starter, emissions, and noise and RFI control equipment (see paragraph 11.1)

Accessories which are not necessary for the operation of the engine, but may be engine mounted, are not considered part of a fully equipped engine. These items include, but are not restricted to, power steering pump system. vacuum pumps, and compressor systems for air conditioning, brakes, and suspensions. When these accessories are integral with the engine, the power absorbed in an unloaded condition may be determined and added to the net brake power.

4.4.3 Observed Brake Power-The power developed by an engine under the actual inlet air conditions existing during the test.

4.4.4 Corrected Brake Power-The observed power adjusted to standard inlet air conditions using the correction methods specified in Sections 7 and 8

4.4.5 Friction Power-The power required to drive the engine alone as equipped for the power test. Friction power may be established by on of the following methods (the value is needed for power correction of spark ignition engines):

(a) Hot Motoring Friction-Record friction torque at wide open throttle at each test speed run on the power test. All readings are to be taken at the same coolant and oil temperature as observed on the power test point ± 3 K.

(b) Assume 85% mechanical efficiency.

Hot motoring friction method is preferred.

4.4.6 Indicated power is the power developed in the cylinders. It is defined as the sum of the brake power and friction power for the purposes of this standard.

5. Presentation of Results- Reported corrected data must be designated as either net or gross and shall carry the notation: "Performance obtained and corrected in accordance with SAE J1349 ." Any deviation from this standard and its limits shall be noted. In particular, power measurements made in accordance with the optional procedure described in paregraph 15.1 must be labeled as "Instantaneous."

STANDARD CONDITIONS

6 Standard Inlet Air Conditions

Inlet Air Pressure (Absolute)	100 kPa
Inlet Air Temperature	25° C
Dry Inlet Air Pressure (Absolute)	99 kPa

6.1 Useful Equivalents- see SAE J916.

CORRECTING OBSERVED POWER

7. Power Corrections - The performance of diesel and spark ignition engines is affected by the pressure, temperature, and humidity of the inlet air. Therefore, in order to provide a common basis of comparison, it is necessary to apply a correction factor to account for the difference between standard inlet air conditions and those at which the test data were observed.

It is recommended that only test data obtained within the range of 80-100 kPa dry absolute inlet air pressure and 10-40°C inlet air temperature be used. If test data obtained outside this range are corrected, the in let air conditions under which the test was performed shall be shown with the corrected results (see Section 5)

For aftercooled engines, if an auxiliary cooler is employed for test purposes, it should simulate the in-service air or mixture temperature in the inlet manifold, as if the inlet air temperature were 25°C ,In this case, no temperature correction shall be made. The correction formulas are not intended for attitude derating

8. Computations

8.1 Spark Ignition Engines-Correction of brake power at wide open throttle. If friction power (see paragraph 4.4.5) is measured:

$$ip_o = fp_o + bp_o$$

$$ip_c = ip_o \left(\frac{99}{B_{do}}\right)\left(\frac{t+273}{298}\right)^{0.5}$$

$$b_{pc} = i_{pc} - fp_o$$

if 85% mechanical efficiency is assumed:

$$bp_c = bp_o \left(1.18\left(\frac{99}{B_{do}}\right)\left(\frac{t+273}{298}\right)^{0.5} - 0.18\right)$$

The limits for bp_c/bp_o shall be 0.93 to 1.07

If these limits are exceeded, the corrected value obtained shall be given and the test conditions(temperature and pressure) stated in the presentation of results.

8.2 Diesel Engines-Correction of Brake Power with throttle lever in full load position:

$$bp_c = bp_o(fa)^{fm}$$

where:

$$fa = \left(\frac{99}{B_{do}}\right)\left(\frac{t+273}{298}\right)^{0.7}$$ for naturally aspirated and mechanically supercharged engines

$$fa = \left(\frac{99}{B_{do}}\right)^{0.7}\left(\frac{t+273}{298}\right)^{1.5}$$ for turbocharged and turbocharged aftercooled engines

where:

$fm = (0.036 * q/r) - 1.14$ for value of q/r between 40 and 50

$fm = 0.3$ for value of q/r less than 40

$fm = 1.2$ for value of q/r greater than 65

where:

$q = 120{,}000\ F/DN$ for four-stroke cycle engines

and

$q = 60{,}000\ F/DN$ for two-stroke cycle engines

where the pressure ratio is:

$r = P_o/B_o$ (r= 1 for naturally aspirated engines)

The limits for bp_c/bp_o shall be 0.90 to 1.10

If these limits are exceeded, the corrected value obtained shall be given and the test conditions (temperature and pressure) stated in the presentation of results.

8.3 Symbols and Units:

B	Inlet air pressure (absolute)	kPa
D	Engine displacement	L (dm^3)
F	Fuel flow	g/s
N	Engine Speed	r/min
P	Inlet manifold pressure (absolute)	kPa
t	Inlet air temperature	Celsius
fa	Atmospheric factor	
fm	Engine factor	
bp	brake power	kW
fp	Friction power	kW
ip	Indicated power	kW
q	Fuel delivery	mg/L cycle
r	Pressure ratio (Po/Bo)	

Subscripts:

c	Refers to data corrected to standard inlet air conditions
d	Refers to the dry air portion of the total pressure
	Refers to data observed at the actual test conditions

TEST PROCEDURES

This section contains the required test procedures for determining engine power

9. Data

9.1 Gross and Net Brake Power-Record data for at least five approximately evenly spaced operating speeds to define the power curve between 600 r/min (or the lowest stable speed) and the maximum engine speed recommended by the manufacturer. One of the operating speeds must be the rated speed.

9.2 Data to be Recorded for test Documentation (for accuracies see Section 10)

1) Brake torque (labeled " instantaneous," if applicable) (see paragraph 15.1).
2) Speed (see paragraph 15.1).
3) Friction torque (If measured) (see paragraph 4.4.5)
4) Ambient air pressure (see paragraph 15.4)
5) Inlet air water vapor pressure.
6) Inlet air pressure and temperature (see paragraphs 14.4 and 15.4).
7) Pressure drop across engine inlet air system.
8) Inlet-manifold air pressure and temperature (for pressure charged engines(see paragraph 14.2).
9) Fuel supply pressure.
10) Fuel flow and temperature (see paragraph 14.5)
11) Ignition and/or injection timing.
12) Oil pressure and temperature (see paragraph 14.4)
13) Coolant temperature (see paragraph 14.3)
14) Exhaust pressure (see paragraphs 14.6 and 15.4)
15) Pressure drop across engine exhaust system (net test only).
16) Exhaust smoke (for diesel engines).
17) Engine equipment (see Section 11)

10. Instrumentation Accuracy

10.1 Torque - ± 0.5% of measured value.

10.2 Speed - ± 0.2% of rated speed.

10.3 Temperatures - ± 2K.

10.4 Inlet Air Pressures - ± 0.1 kPa

10.5 Other Gas Pressure - ± 0.5kPa

10.6 Fuel Flow - ± 1% of measured value

11.Engine equipment

11.1 Net Brake Power - A fully equipped engine is used for this test (see paragraph 4.4.2)

1) Air preheat (if applicable)-on.
2) Inlet system-on , or a system providing equivalent restriction at all speeds and loads
3) Air cleaner-on
4) Radiator-not used.
5) Fan-not used, but losses accounted for-liquid cooled.
6) Fan or blower-on , air control mechanism operating normally-air cooled
7) Exhaust system-on, or system providing equivalent restriction at all speeds and loads.
8) Heat valve-open
9) Timing-manufacturer's specification.
10) Spark advance-manufacturer's specification-for engines equipped with knock sensors and/ or electronic controls, the spark advance must be representative of in-vehicle conditions established with the minimum octane fuel recommended by the manufacturer.
11) Fuel pump setting-manufacturer's specification.
12) Carburetor or fuel metering control setting-manufacturer's specification.
13) Boost pressure control setting-manufacturer's specification-for spark ignition engines equipped with variable boost as a function of charge(or inlet) air temperature and/or engine speed, the boost pressure must be representative of in-vehicle conditions established with the minimum octane fuel as recommended by the manufacturer.
14) Emission, noise, and RFI control equipment-manufacturer's specification ..
15) Governor-on, if integral part of engine
16) Generator (alternator)-on, but not charging (see exceptions paragraph 15.5)

17) Spark plugs-manufacturer's specification or colder.

11.2 Gross Brake Power -A basic engine is used for this test (see paragraph 4.4.1) using the same equipment and settings as for Net Brake Power, with the following exceptions:

18) Air preheat-not used.

19) Inlet system-laboratory system which provides ambient air the inlet of the engine.

20) Radiator-not used--liquid-cooled engine only.

21) Fan--not used—liquid-cooled engine only.

22) Exhaust system-a laboratory system which removes exhaust gas from the outlet of the engine.

23) Emission, noise, and RFI controls integral with engine-manufacture's specification.

24) Generator (alternator) -not used unless required to drive built-in equipment. If used, the power absorbed by the unloaded generator may be added to the corrected power.

12. Fuels and Lubricants

12.1 Fuel used shall conform to the manufacturer's recommendation.

12.1.1 Spark Ignition Engines

Liquid Fuel-Record Research and Motor Octane Numbers, Lower heating value (LHV) in MJ/kg, and density at 15° C.

Gaseous Fuel-Record the composition and lower heating value (LHV) in kJ/m^3 at 15° C and 101 kPa

12.1.2 Diesel Engines-record ASTM or other fuel grades, cetane number, lower heating value (LHV) in mJ/kg. viscosity at 40 C, and density at 15 C

NOTE: The power corrections for changes in fuel properties and/or conditions are not addressed in this standard.

13. Adjustment and Run-In

13.1 Adjustment Shall be made before the test in accordance with the manufacturer's instructions. No changes or adjustments shall be made during the test.

13.2 The engine shall be run-in according to the manufacturer's recommendation. If no such recommendation is available, the engine shall be run-in until corrected brake power is repeatable within 1% over 4 period.

14. Pressure and Temperature Measurement

14.1 Pressure and temperature of the inlet air shall be measured in a manner to obtain the time and cross-sectional average, total (stagnation) condition at the inlet to the engine system (defined in paragraphs 4.4.1 and 4.4.2)

14.2 Inlet -manifold pressure and temperature shall be measured as static values with proves located in a section common to several cylinders.

14.3 Coolant temperatures in liquid-cooled engines shall be measured at the inlet and outlet of the engine in air-cooled engines at points specified by the manufacturer.

14.4 Oil pressure and temperature shall be measured near the entrance to the main oil gallery.

14.5 Fuel temperature shall be measured at the outlet of the volumetric flow meter for gaseous fuel and at the inlet to the carburetor or to injection pump for liquid fuel, unless the manufacturer specifies other wise.

14.6 Exhaust pressure shall be measured in a manner to obtain the total (stagnation) pressure at a location within 150 mm downstream of the exhaust manifold of turbocharger outlet.

15. Test operating Conditions

15.1 No data shall be taken until torque and speed have been maintained within 1% and temperatures have been maintained within 2 K for at least 1 min. An optional procedure for spark-ignited engines may be used in place of the steady-state test .

This procedure consists of stabilizing speed and temperature for 1 min at 50% of full load, then rapidly opening the throttle to wide-open position. The torque is then recorded 5 s after opening the throttle. Power measurements made in accordance with this optional procedure shall be defined as " instantaneous."

15.2 Engine speed shall not deviate from the nominal speed by more than ±1% or ±10 r/min, whichever is greater .

15.3 Coolant outlet temperature for a liquid-cooled engine shall be controlled to within ± 3K of the nominal thermostat value specified by the manufacturer. Coolant inlet air temperature for an air-cooled engine is regulated to 35 °C ± 5K.

15.4 The inlet supply pressure must not deviate from the ambient pressure by more than 0.05 kPa. The exhaust gas should be vented to ambiant or to a laboratory system within 0.75 kPa of ambient.

15.5 The generator (alternator) shall be disconnected electrically if an external power source is used for ignition and/or certain accessories, such as the injectors and fuel pump, are electrically driven, the generator (alternator) shall operate at a load sufficient to power them.

15.6 Fuel temperature for diesel fuel injection shall be controlled to 40° C ± 2K.(see paragraph 14.5)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฒ

มาตรฐานการทดสอบเทอร์โบชาร์จเจอร์ SAE J1826

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TURBOCHARGER GAS STAND TEST CODE - SAE J1826 APR89

1.Purpose - The purpose of this SAE Recommended Practice is to provide a recommended laboratory test procedure and presentation format for establishing the component performance for a turbocharger .It is intended that this test procedure be used to determined turbocharger compressor and turbine performance characteristics. The resulting data are intended for use in turbocharger component performance assessment and development and for engine turbocharger matching .

2.Scope - The test procedures outlined in this recommended practice are applicable to single rotor turbochargers having either fixed - or variable geometry with the following caveat :

At this stage in the development of variable geometry (VG) turbocharger ,it would be impractical to generate a detail practice to cover all types of VG turbochargers which may evolve . However, there is a requirement to quote performance data within a stipulated degree of accuracy and to furnish comprehensive performance information . This will form a basis for this document where further refinements may be added as experience and necessity dictated .

3.Terminology - .(See also SAE J922 ,section 2.)

3.1 Turbocharger Hardware

3.1.1 FIXED - GEOMETRY TUROBOCHARGER - Turbocharger having no moving parts in the aerodynamic flow path other than the compressor impeller and turbine rotor .

3.1.2.VARIABLE - GEOMETRY TURBOCHARGER - Turbocharger incorporating moving parts such as , but not limited to , compressor inlet guide vanes, variable - geometry compressor diffuser ,moveable turbine inlet nozzle vanes and/or a waste gate.

3.1.3 AUXILIARY EQUIPMENT - Equipment not directly associated with the compression or expansion process , but necessary for proper turbocharger/engine system operation ,such as:

a. actuator for variable geometry device (example : wastegate actuator).

3.2 Turbocharger Performance

3.2.1 Flow

Compressor air mass flow = kg/s of air mass flow through the compressor

$$\text{Corrected compressor air mass flow} = \frac{\dot{m}_c \sqrt{T_c}}{P_c}$$

$\dot{m}_c$ = Air mass flow through the compressor

T_c = Compressor - inlet total absolute temperature(K)/298

P_c = Compressor inlet total absolute pressure(kPa)/100 kPa

Turbine gas flow = kg/s of gas flow through the turbine

$$\text{Turbine gas flow parameter} = \frac{\dot{m}_t \sqrt{T_t}}{P_t}$$

$\dot{m}_t$ = Turbine gas flow

T_t = Turbine - inlet total absolute temperature(K)

P_t = Turbine inlet total absolute pressure(kPa)

3.2.2 PRESSURE RATIO (Expansion Ratio)

$$\text{Compressor pressure ratio} = \frac{\text{Outlet - air static absolute pressure (kPa)}}{\text{Inlet - air total absolute pressure(kPa)}}$$

$$\text{Turbine Expansion Ratio} = \frac{\text{Inlet gas total absolute pressure (kPa)}}{\text{Outlet - gas static absolute pressure (kPa)}}$$

3.2.3 EFFICIENCY

$$\text{Compressor Efficiency} = \frac{\text{Isentropic enthalpy rise across compressor stage calculated using compressor pressure ratio}}{\text{Actual total enthalpy rise across compressor stage}}$$

3.2.4 SPEED PARAMETER

$$\text{Corrected Compressor Speed} = \frac{\text{Compressor impeller speed (rpm)}}{\text{Compressor - inlet total absolute temperature(K)/298}}$$

$$\text{Turbine speed parameter} = \frac{\text{Turbine rotor speed (rpm)}}{\text{Turbine - inlet total absolute temperature(K)}}$$

3.2.5 SURGE - A line on the left hand side of a compressor map as determined on a steady - flow test stand. Surge is the boundary of an area of severe flow reversal combined with audible coughing and banging.

4. Test Measurement and Accuracy - The test measurements below are required in turbocharger performance determination. The measurement accuracies specified do not include human or other probable errors in the reading.

4.1 Air flow ± 1%

4.2 Pressure ± 0.5%

4.3 Temperature ± 0.5%

4.4 Speed ± 0.5%

4.5 Duct diameters at static pressure measuring stations ± 0.5%

5. Apparatus/Test Stand

5.1 2 - Loop Hot gas Stand - The most commonly used test stand is the independent gas circuit (2-loop) hot gas stand

5.2 1 - Loop (Bootstrap) Hot gas stand - Less frequency used for component development and performance . Useful for extended durability testing.

5.3 Turbine Dynamometer - Used for extended maping of turbocharger turbine well outside the range of matched compressor and turbine flow and power.

6. Test Procedure

6.1 Installation - The test turbocharger shall be representative of the manufacturer's production units Extraordinary nonproduction gasket, sealants, etc.shall not be used.

6.1.1 Leak checking - In many production turbocharger, some small leakage is expected. However, leakage in the test stand and instrumentation shall be limited to that of good laboratory practice.

6.1.2 Insulation - The compressor housing (cover) shall be insulated.

6.2 Lubrication - The turbocharger shall be supplied with SAE 30 Lubricating oil at 350 kPa and 100 ^{0}C unless otherwise specified by the manufacturer.

6.3 Cooling Liquid - Normally turbocharger housings are tested dry, with no insulation (except as noted in paragraph 6.1.2). However , if any turbocharger housing are ordinary liquid cooled in the end application , testing can be performed with a supply of the appropriate coolant , In this event , the supply conditions (pressure, temperature and flow rate) shall be agree upon by the tester and end user, and recorded on the performance maps.

6.4 Operating Conditions - Operating speeds and the number of data points per speedline vary with the turbocharger manufacturer. However , good practice dictates that point and line spacing be sufficiently close that undue interpolation is not necessary. Common practice is to begin testing at the lowest desired speed and move from high flow to low flow (surge) on the speed line.

6.4.1 STABILIZATION CRITERIA - Data shall not be taken until reasonable thermal stability is achieved (Example :successive computations of compressor ($\Delta T / T((T_{out} - in)/ T_{in})$ vary by less than $\frac{1}{2}$ %)

7.Data acquisition and Computations

7.1Minimum data to be recorded . The instrumentation list accompanying can be used with appropriate test stand schematic to identify necessary data.

7.2 Gas properties - Most 2 - loop gas stands use diesel fuel as the source of heat for the turbine inlet gas. The following are useful relationships for computation of the gas properties:

7.3 Nomenclature

T - Temperature , K

K = 273.15 + ^{0}C

^{0}C = Degree Celsius

K = Degree Kelvin

C_p = Specific Heat $(\frac{kJ}{kg.K})$

γ = Ratio of specific heats

A/F= Gravimetric Air - to Fuel Ratio

h = Enthalpy kJ/kg

R = Gas Constant $(\frac{kJ}{kg.K})$

7.4 Air

$\gamma_a = 1.42592 - 8.03974 \times 10^{-5} T$

$h_a = 0.919848\ T^{1.01457}$

$R_a = 0.28699$

7.5 Combustion Products

$h_c = 2.3260(0.1284 + 2.3 \times 10^{-4}\ A/F)(1.8\ T)^A$

where $A = 1.0954 - 2.967 \times 10^{-4}\ A/F$

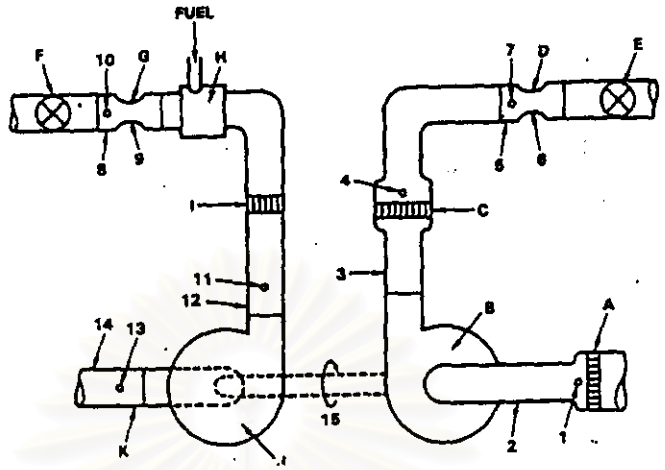
$R_c = 5.38038 \times 10^{-3} (53.341 - 0.4425 / A/F)$

$Cp_c = 4.1868(0.0717 + A/F \times 10^{-4} (1.8\ T)^B$

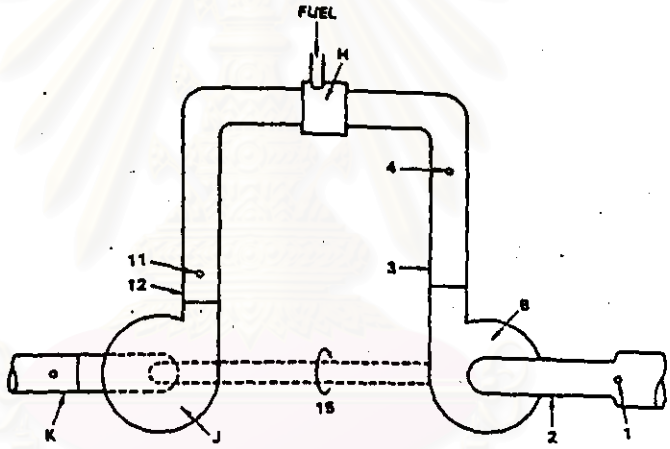
where $B = 0.1883 - 2.903 \times 10^{-4}\ A/F$

$\gamma_c = Cp_c / (Cp_c - R_c)$

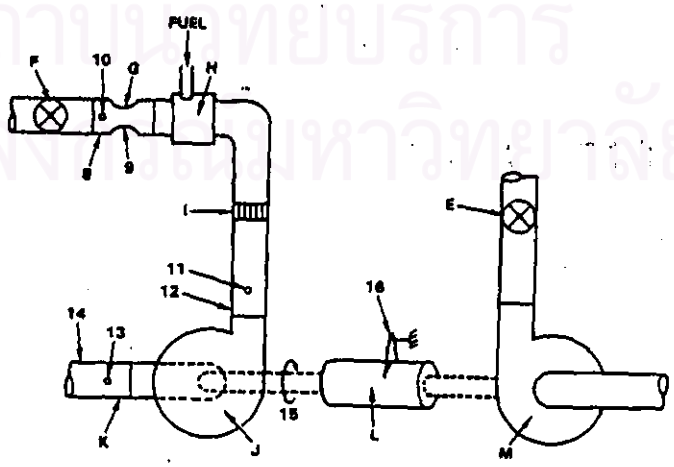
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



2 - LOOP HOT GAS STAND



1- LOOP (BOOTSTRAP) HOT GAS STAND



TURBINE DYNAMOMETER

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPONENTS

A COMPRESSOR INLET FLOW STRAIGHTENER
B COMPRESSOR STAGE
C COMPRESSOR DISCHARGE FLOW STRAIGHTENER
D COMPRESSOR FLOW MEASURING SECTION
E COMPRESSOR THROTTLE VALVE
F TURBINE THROTTLE VALVE
G TURBINE FLOW MEASURING SECTION
H BURNER
I TURBINE INLET FLOW STRAIGHTENER
J TURBINE STAGE
K DISCHARGE DUCT
L DYNAMOMETER
M LOAD COMPRESSOR (OPTIONAL)

INSTRUMENTATION

1 COMPRESSOR INLET TOTAL TEMPERATURE
2 COMPRESSOR INLET STATIC PRESSURE
3 COMPRESSOR DISCHARGE STATIC PRESSURE (TOTAL OPTIONAL)
4 COMPRESSOR DISCHARGE
5 FLOW MEASURING SECTION INLET STATIC
6 PRESSURE DIFFERENTIAL
7 FLOW MEASURING SECTION TOTAL TEMPERATURE
8 FLOW MEASURING SECTION INLET STATIC PRESSURE
9 PRESSURE DIFFERENTIAL
10 FLOW MEASURING SECTION TOTAL TEMPERATURE
11 TURBINE INLET TOTAL TEMPERATURE
12 TURBINE INLET TOTAL PRESSURE
13 TURBINE DISCHARGE TOTAL TEMPERATURE
14 TURBINE DISCHARGE STATIC TEMPERATURE
15 SHAFT SPEED
16 TORQUE

Note . Recommended Turbine Discharge Pipe Diameter (D_2) to be between 1.0 and 1.5 times the rotor exit diameter (D_1) .Static Pressure taps to be placed 2 to 3 pipe diameters (L) Downstream of Rotor.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้วิจัย

นายเกียรติศักดิ์ ไชโพธิ์ เกิดเมื่อวันที่ 6 เดือน มิถุนายน พุทธศักราช 2514 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปีการศึกษา 2357 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2538

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย