

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญกราฟ	ฉ
ลำดับสัญลักษณ์	ณ
บทที่ 1 บทนำ	
ที่มาและความสำคัญของ โครงการงาน	1
วัตถุประสงค์ของ โครงการงาน	1
ขอบข่ายของ โครงการงาน	1
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ระยะเวลาการดำเนินงาน	2
งบประมาณที่ใช้	2
กิจกรรมการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 สมการนาเวียร์-สโตกส์	4
2.2 แรงกดอากาศและแรงยกของอากาศ	6
2.2.1 แรงกดอากาศ (Drag force)	8
2.2.2 แรงยกอากาศ (Lift force)	9
2.2.3 แรงกดอากาศ (Downforce)	9
2.3 Computational Fluid Dynamics (CFD)	10
2.4 อุโมงค์ลม	11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 โปรแกรม COMSOL Multiphysics™	15
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 การสร้างแบบจำลองรถฟอร์มูล่าด้วย โปรแกรม SolidWorks® เพื่อ import เข้าโปรแกรม COMSOL Multiphysics™	16
3.2 การทำการทดลองในอุโมงค์ลมกับแบบจำลองรถฟอร์มูล่าย่อส่วน	18
3.2.1 การสร้างแบบจำลองรถฟอร์มูล่าขนาดย่อส่วนเพื่อใช้ในการทดลอง ในอุโมงค์ลม	18
3.2.2 การทดลองในอุโมงค์ลม	20
3.3 ยืนยันผลการจำลองการไหลจากโปรแกรม COMSOL Multiphysics™ กับการทดลองในอุโมงค์ลม	22
3.4 การจำลองการไหลของอากาศผ่านแบบจำลองรถฟอร์มูล่าด้วยโปรแกรม COMSOL Multiphysics™	25
3.4.1 การ Import Flow domain และรถฟอร์มูล่า	25
3.4.2 การกำหนดค่าคงที่	26
3.4.3 การกำหนด boundary	26
3.4.4 การแบ่งเอลิเมนต์	28
3.4.5 การตั้งโปรแกรมคำนวณผล (Solve)	28
3.4.6 การแสดงผล (Postprocessing)	29
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	
4.1 ผลการทดลอง	30
4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล โครงการและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	37
5.2 ข้อเสนอแนะ	38
บรรณานุกรม	39
รายการภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	41
ภาคผนวก ข	49
ภาคผนวก ค	56
ประวัติผู้จัดทำโครงการ	62



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	5
รูปที่ 2.2 กฎการอนุรักษ์มวล	6
รูปที่ 2.3 แรงจุดแรงกดและแรงยกอากาศ	7
รูปที่ 2.4 รูปแสดงแรงจุดอากาศ (Drag)	8
รูปที่ 2.5 แรงยกอากาศ (Lift force)	9
รูปที่ 2.6 แรงกดอากาศ (Downforce)	10
รูปที่ 2.7 การวัดความดันสถิตย์	12
รูปที่ 2.8 การวัดความดัน Stagnation ด้วย Stagnation probe (Pitot tube)	14
รูปที่ 2.9 การวัดความดัน Stagnation และความดันสถิตย์	14
รูปที่ 3.1 รูปร่าง 2 มิติ	16
รูปที่ 3.2 ยึดแบบรถฟอร์มูล่าเป็น 3 มิติ	17
รูปที่ 3.3 แบบรถฟอร์มูล่าที่วาดเพิ่มเติมส่วนยึดล้อ	17
รูปที่ 3.4 แบบรถฟอร์มูล่าที่เสร็จสมบูรณ์	18
รูปที่ 3.5 คินน้ำมันที่ป็นย่อส่วน	18
รูปที่ 3.6 ทำการหล่อแบบจำลอง	19
รูปที่ 3.7 แบบจำลองรถฟอร์มูล่าที่เสร็จสมบูรณ์	19
รูปที่ 3.8 ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลอง	20
รูปที่ 3.9 การวัดค่าโดยใช้ Pilot Tube	21
รูปที่ 3.10 ค่าความดันต่างที่ได้	21
รูปที่ 3.11 การกำหนด Cross-section Plot Parameters	24
รูปที่ 3.12 การ Import Flow domain และ รถฟอร์มูล่า	26
รูปที่ 3.13 การกำหนด ค่า Boundary Setting	27
รูปที่ 3.14 การกำหนด Boundaries 1	27
รูปที่ 3.15 การกำหนด Boundaries 4	27
รูปที่ 3.16 การกำหนด Boundaries 63	28
รูปที่ 3.17 การกำหนด Boundaries 2, 3, 5, 6, 7, 8 และ 10-62	28
รูปที่ 3.18 การแบ่งเอลิเมนต์	28

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.19 รูปที่ได้จากการคำนวณผล	29
รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ที่ความเร็ว 1.47 m/s	30
รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ที่ความเร็ว 27.78 m/s	30
รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ที่ความเร็ว 41.67 m/s	30
รูปที่ 4.4 การไหลแบบปั่นป่วนที่ด้านท้ายรถฟอร์มูล่าและด้านหลังล้อรถฟอร์มูล่า	31
รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์แรงกดอากาศ	33
รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์แรงยกอากาศ	35



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 กิจกรรมดำเนินงาน	3
ตารางที่ 3.1 ค่าการเปรียบเทียบความเร็วลมของอุโมงค์ลมกับโปรแกรม COMSOL Multiphysics™	24
ตารางที่ 3.2 ความเร็วระหว่าง m/s กับ km/hr	25
ตารางที่ 3.3 การกำหนดค่าคงที่	26
ตารางที่ 4.1 ค่าความดันที่ได้จากโปรแกรม	31



สารบัญกราฟ

	หน้า
กราฟที่ 4.1 ค่าความเร็วเทียบกับแรงต้านอากาศ	32
กราฟที่ 4.2 ค่าความเร็วเทียบกับแรงยกอากาศ	32
กราฟที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียกำลังจากแรงต้านอากาศ	34
กราฟที่ 4.4 น้ำหนักที่กระทำต่อล้อที่ความเร็วต่างๆ	36



ลำดับสัญลักษณ์

A_D	พื้นที่หน้าตัดด้านหน้ารถฟอร์มูล่า, (m^2)
A_L	พื้นที่หน้าตัดด้านบนของตัวรถฟอร์มูล่า, (m^2)
C_D	สัมประสิทธิ์แรงฉุดอากาศ
C_L	สัมประสิทธิ์แรงยกอากาศ
d	พื้นที่หน้าตัดทางเข้า, (m)
D	แรงฉุดอากาศที่กระทำกับตัวรถฟอร์มูล่า, (N)
h	ความดันต่าง, mmH ₂ O
L	แรงยกที่กระทำกับตัวรถฟอร์มูล่า, (N)
μ	ค่าความหนืดของอากาศ, (Pa·s)
N	ค่าน้ำหนักที่ส่งผ่านไปล้อรถฟอร์มูล่า, (N)
P	ความดันสถิตย์, (Pa)
P_0	ความดัน Stagnation, (Pa)
Power loss	กำลังที่เกิดจาก Drag force, (w)
ρ	ความหนาแน่นของอากาศ, (kg/m^3)
t	เวลา, (sec)
U	ความเร็วของอากาศ, (m/s)
V	ความเร็วของการไหล, (m/s)