

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หุ่นยนต์ไต่ผนัง

WALL CLIMBING ROBOT



ไชยวิวัฒน์ ชูวิเชียร  
เนติ ยอดไธวั  
ปรีชา ภมรรัตนกุล

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 62638  
วัน,เดือน,ปี..... 21 ส.ค. 2549

b. 11627402  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หุ่นยนต์ไต่ผนัง**  
**WALL CLIMBING ROBOT**



**ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**  
**ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล**  
**คณะวิศวกรรมศาสตร์**  
**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**  
**ปีการศึกษา 2548**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2538

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หุ่นยนต์ไต่ผนัง

WALL CLIMBING ROBOT

ผู้จัดทำ

1. นาย ไชยวีรธรรม์ ชูวิเชียร รหัสประจำตัว 45010204
2. นาย เนติ ยอดไสว รหัสประจำตัว 45010411
3. นาย ปรีชา ภนรรัตนกุล รหัสประจำตัว 45010451



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. อานาจ คณะรัฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หุ่นยนต์ไต้ผิ้ง

นายไชยวิวรรณ ชูวิเชียร 45010204

นาย เนติ ยอดไสว 45010411

นาย ปรีชา กมรรัตนกุล 45010451

ดร. อำนาจ คณะรัฐ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2548

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการใช้หุ่นยนต์ในการทำงานในบริเวณที่หุ่นยนต์ทั่วไปเข้าไม่ถึง การใช้หุ่นยนต์เฉพาะทางในการทำงานเหล่านี้ นอกจากสามารถสร้างความปลอดภัยในการทำงานของมนุษย์แล้วยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานอีกด้วย

บทความนี้กล่าวการออกแบบหุ่นยนต์ไต้ผิ้งที่สามารถไต่ผิ้งก่อนข้างเรียบได้ทุกพื้นผิวเพื่อนำมาใช้งานแทนมนุษย์ในบริเวณซึ่งอันตราย และยากต่อการเข้าถึง

สำหรับการศึกษาโครงการวิศวกรรมนี้จะศึกษา ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ไต้ผิ้ง โดยอาศัยหลักการทำงานแบบตัวดูดกระแสไหลวน และพัฒนาหุ่นยนต์ไต้ผิ้ง เพื่อนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งทางด้านระยะเวลาและลักษณะพื้นผิวของการใช้งาน

**WALL CLIMBING ROBOT**

Chaiyawiwat Choovichian

Ne Yodsawai

Preecha Pamornrattanakul

**Abstract**

Many applications call for robots to perform tasks in workspaces where traditional robots can not access. Using specially designed robots to perform these tasks can not only offer better human safety but also yield lower operation cost.


This paper focuses on designing of a wall climbing robot that can climb on any kind of wall material with relatively flat surface. The robot can be used in place of human in hazardous environments and difficult-to-access areas.

The primary goal of this project is to investigate, design, and construct a wall climbing robot using a vortex attractor to generate attraction force between the robot and a wall, and also improve the efficiency of the robot in terms of stability, mission time and surface type to operation.

### กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์เรื่อง หุ่นยนต์ไต่ผนัง ไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรก คือ ดร.อำนาจ คณะรัฐ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญาานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ด้วยดี ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือมาโดยตลอด ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณ คณาจารย์ และบุคลากร ของภาคเครื่องกล ที่คอยให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



ไชยวิวรรณ ชูวิเชียร  
เนตย์ ยอดไสว  
ปริธา ภมรรัตนกุล

## สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	5
1.1.3 ขอบเขตของโครงการ	6
1.1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการ	6
1.1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	7
2.1 ทฤษฎีโมเมนต์ของแรง (Moment)	7
2.1.1 โมเมนต์ของแรงคู่ควบ	8
2.1.2 แรงเสียดทาน	10
2.1.3 สมดุล	13
2.2 หลักการทำงานของตัวดูดกระแสไหลวน (Vortex Attractor)	15
2.2.1 สมการ (Bernoulli Equation)	15
2.2.2 แรงกระทำในการขีดเกาะ	16
2.3 มอเตอร์	18
2.3.1 แรงดันไฟฟ้า	18
2.3.2 การไหลของกระแสไฟฟ้า	10
2.3.3 อัตราเร็ว	20
2.3.4 แรงบิด	20
2.3.5 การใช้มอเตอร์ที่มีเฟืองทดรอบ	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
2.4 แบตเตอรี่	21
2.4.1 ประเภทของแบตเตอรี่	22
2.4.2 ระดับของแบตเตอรี่	24
2.4.3 อัตราการอัดประจุใหม่	26
บทที่ 3 การคำนวณและการออกแบบสร้าง	28
3.1 การออกแบบตัวดูดกระแสไหลวน	28
3.1.1 ใบพัด	28
3.1.2 มอเตอร์	29
3.1.3 แบตเตอรี่	30
3.1.4 วงจรควบคุมความเร็วรอบใบพัดกวนอากาศ	30
3.1.5 ชุดตัวดูดกระแสไหลวน	31
3.2 การออกแบบหุ่นยนต์ใต้น้ำ	33
3.2.1 มอเตอร์	33
3.2.2 แบตเตอรี่	34
3.2.3 โครงสร้างหุ่นยนต์ใต้น้ำ	35
3.2.4 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ใต้น้ำ	37
3.3 การคำนวณความสมดุลของหุ่นยนต์ใต้น้ำ	38
3.3.1 วิเคราะห์แรงกระทำอิสระของหุ่นยนต์ใต้น้ำ	38
3.3.2 โมเมนต์ของหุ่นยนต์ใต้น้ำ	39
3.4 พลังงานการใช้งาน	41
3.4.1 คำนวณพลังงานการใช้งาน	41
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	42
4.1 ทดลองตัวดูดกระแสไหลวน (Vortex Attractor)	42
4.1.1 ทดลองประสิทธิภาพของใบพัดในลักษณะต่างๆ	42
4.1.2 ผลการทดลองประสิทธิภาพของใบพัดในลักษณะต่างๆ	47
4.2 ทดลองโครงสร้างของหุ่นยนต์ใต้น้ำ	62
4.2.1 คุณลักษณะของหุ่นยนต์ใต้น้ำ	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
4.2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่	62
4.3 ทดลองภาควงจรและการควบคุม	63
4.3.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ หุ่นยนต์ไต่ผนัง	63
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	66
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	66
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข	67
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ	68
หนังสืออ้างอิง	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่	
รูปที่ 1.1	หุ่นขี้คืดที่อาศัย ถ้วยดูดสูญญากาศ	1
รูปที่ 1.2	ถ้วยดูดสูญญากาศ	2
รูปที่ 1.3	จานดูดแม่เหล็ก	3
รูปที่ 1.4	แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นจานดูดแม่เหล็ก	3
รูปที่ 1.5	หุ่นยนต์ไต่ผนังขี้คืด	3
รูปที่ 1.6	ตัวดูดกระแสไหลวน	4
รูปที่ 1.7	ทิศทางกรไหลของอากาศภายในตัวดูด [รูปจาก Patent]	4
รูปที่ 2.1	โมเมนต์ลัพธ์ของระบบแรงที่อยู่ในระนาบเดียวกัน	7
รูปที่ 2.2	แรงคู่ควบ	8
รูปที่ 2.3	โมเมนต์ของแรงคู่ควบ	9
รูปที่ 2.4	แรง $F$ และ $f_s$ กระทำต่อแท่งเหล็ก	11
รูปที่ 2.5	กราฟระหว่างแรงเสียดทานกับแรงภายนอกกระทำต่อวัตถุ	11
รูปที่ 2.6	แสดงการไหลวนของอากาศภายใน	15
รูปที่ 2.7	แสดงความแตกต่างของความดันภายในตัวดูดกระแสไหลวน	16
รูปที่ 2.8	ใบพัดคววนอากาศภายใน	17
รูปที่ 2.9	ตัวดูดกระแสไหลวน	17
รูปที่ 2.10	แสดงการทำงานของตัวดูดกระแสไหลวน	18
รูปที่ 2.11	แสดงภาพประกอบหุ่นยนต์ไต่ผนังกับตัวดูดกระแสไหลวน	18
รูปที่ 2.12	ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ได้รับจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ โหลดที่เพลลาของมอเตอร์	20
รูปที่ 2.13	เวลาในการคายประจุของแบตเตอรี่แบบ Ni-cad, lead-cell, gel-cell และ Alkaline ต่อการอัดประจุไฟหนึ่งครั้ง	24
รูปที่ 2.14	เวลาในการคายประจุของแบตเตอรี่แบบ 1Ah เมื่อมีการใช้งานเป็นเวลา 3, 5 และ 7 ชั่วโมง	26
รูปที่ 2.15	ระยะเวลาในการอัดประจุและคายประจุของแบตเตอรี่แบบ lead-acid หรือ gel-cell	27
รูปที่ 3.1	ซี่ใบพัดคววนอากาศภายใน	28
รูปที่ 3.2	ใบพัด	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้าที่	
รูปที่ 3.3	มอเตอร์ขับเคลื่อนปั๊มผ่านชุดเฟืองทด 1 ต่อ 1.4	29
รูปที่ 3.4	แบตเตอรี่ 8 เซลล์ ขนาด 9.6 โวลต์	30
รูปที่ 3.5	กรอบครอบตัวชุดกระแสไหลวน	31
รูปที่ 3.6	โครงค้ำยัน	31
รูปที่ 3.7	ภาพประกอบ ตัวชุดกระแสไหลวน	32
รูปที่ 3.8	ใบพัดกวนอากาศ	32
รูปที่ 3.9	ตัวชุดกระแสไหลวน	33
รูปที่ 3.10	มอเตอร์ขับเคลื่อน ความเร็วรอบ 30 รอบต่อวินาที	34
รูปที่ 3.11	แบตเตอรี่ นิกเกิล – แคดเมียม 10 เซลล์ ขนาด 12 โวลต์ 700 มิลลิแอมแปร์	34
รูปที่ 3.12	แบบโครงสร้างหุ่นยนต์ใต้ผนัง	35
รูปที่ 3.13	แผงวงจรควบคุมการเคลื่อนที่	37
รูปที่ 3.14	เครื่องควบคุมวิทยุบังคับ	37
รูปที่ 3.15	แรงกระทำอิสระที่กระทำกับหุ่นยนต์ใต้ผนัง	38
รูปที่ 3.16	หาแรงปฏิกิริยาดังฉาก Nx	40
รูปที่ 4.1	ตัวชุดกระแสไหลวน	42
รูปที่ 4.2	DC Power Supply	43
รูปที่ 4.3	Tachometer	43
รูปที่ 4.4	เครื่องชั่งน้ำหนัก	44
รูปที่ 4.5	ชุดการทดลอง	44
รูปที่ 4.6	แสดงการวัดความเร็วรอบของใบพัดกวนอากาศ	45
รูปที่ 4.7	ทำการเติมน้ำเสมือนแรงดึงตัวชุดกระแสไหลวน	45
รูปที่ 4.8	เครื่องชั่งน้ำหนัก	46
รูปที่ 4.9	ใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 1	50
รูปที่ 4.10	ใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 2	51
รูปที่ 4.11	ใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 3	52
รูปที่ 4.12	ใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 4	53
รูปที่ 4.13	ใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 5	54
รูปที่ 4.14	ใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 6	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้าที่	
รูปที่ 4.15	ใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 7	56
รูปที่ 4.16	ใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 8	57
รูปที่ 4.17	ใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 9	58
รูปที่ 4.18	กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพใบพัดแต่ละแบบ ที่ความเร็วรอบ 3250 รอบต่อนาที	59
รูปที่ 4.19	กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพใบพัดแต่ละแบบ ที่ความเร็วรอบ 3500 รอบต่อนาที	60
รูปที่ 4.20	กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพใบพัดแต่ละแบบ ที่ความเร็วรอบ 3750 รอบต่อนาที	61
รูปที่ 4.21	แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไต่ผนัง	63
รูปที่ 4.22	หุ่นยนต์ไต่ผนัง และวิทยุบังคับ	65

## สารบัญตาราง

	หน้าที่	
ตารางที่ 1.1	แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ ต่าง ๆ ในปัจจุบัน	5
ตารางที่ 2.1	สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต $\mu_s$ และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ $\mu_k$	13
ตารางที่ 4.1	ผลการทดลอง ประสิทธิภาพตัวดูดกระแสไหลวน ความเร็วรอบ 3250 รอบต่อนาที	47
ตารางที่ 4.2	ผลการทดลอง ประสิทธิภาพตัวดูดกระแสไหลวน ความเร็วรอบ 3500 รอบต่อนาที	48
ตารางที่ 4.3	ผลการทดลอง ประสิทธิภาพตัวดูดกระแสไหลวน ความเร็วรอบ 3750 รอบต่อนาที	49
ตารางที่ 4.4	ผลการทดลองของใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 1	50
ตารางที่ 4.5	ผลการทดลองของใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 2	51
ตารางที่ 4.6	ผลการทดลองของใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 3	52
ตารางที่ 4.7	ผลการทดลองของใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 4	53
ตารางที่ 4.8	ผลการทดลองของใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 5	54
ตารางที่ 4.9	ผลการทดลองของใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 6	55
ตารางที่ 4.10	ผลการทดลองของใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 7	56
ตารางที่ 4.11	ผลการทดลองของใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 8	57
ตารางที่ 4.12	ผลการทดลองของใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 9	58
ตารางที่ 4.13	คุณลักษณะของหุ่นยนต์ไต่ผนัง	62
ตารางที่ 4.14	ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไต่ผนัง	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 บทนำ

##### 1.1.1 ความสำคัญและที่มา

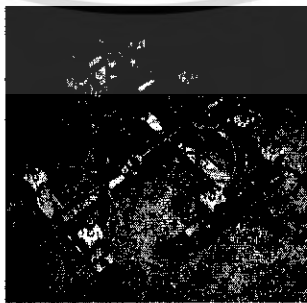
ในปัจจุบันหุ่นยนต์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตของเราไม่ว่าจะเป็นทางด้านการศึกษา การแพทย์ งานบริการ หรือเทคโนโลยี เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปเทคโนโลยีของหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่นั้นส่วนใหญ่จะเป็นหุ่นยนต์จำพวก ล้อ ขา และตีนตะขาบ ซึ่งจะเป็นการเคลื่อนที่บนผิวระนาบ และผิวเรียบ จึงทำให้เกิดแนวความคิดที่จะพัฒนาหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ในแนวตั้ง จากที่ผ่านมา เทคโนโลยีหุ่นยนต์ใต้น้ำ มีหลากหลายรูปแบบ อาทิเช่น ด้วยชุดสูญญากาศ จานดูดแม่เหล็ก ผิวยึดติด ตัวดูดกระแสไหลวน โดยเทคโนโลยีเหล่านี้ ต่างก็เป็นเทคโนโลยีที่ถูกนำมาพัฒนาใช้เพื่อการยึดติดกับผนัง ซึ่งเทคโนโลยีแต่ละแบบก็ยังมีขอบเขตของการใช้ในแต่ละชนิด เพราะฉะนั้นเทคโนโลยีของหุ่นยนต์ใต้น้ำ จึงควรได้รับการพัฒนาเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

โครงการหุ่นยนต์ใต้น้ำ จึงเป็นโครงการที่น่าสนใจ เพื่อใช้เป็นต้นแบบสำหรับการศึกษาและสร้างหุ่นยนต์ใต้น้ำที่สามารถใช้งานได้จริงต่อไปในอนาคต

จากการศึกษาถึงเทคโนโลยีแบบต่างๆ โครงการวิศวกรรมนี้ จะศึกษา ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ใต้น้ำ โดยอาศัยหลักการทำงานของตัวดูดกระแสไหลวน เป็นหลักการทำงานที่อาศัยมอเตอร์ในการขับใบพัดเพื่อกววนอากาศให้เกิดแรงกดเนื่องจากความแตกต่างของความดันภายในและภายนอกของตัวหุ่นยนต์ใต้น้ำ ซึ่งจะทำให้ตัวรถนั้นสามารถยึดติดกับผนังได้

ในปัจจุบันหุ่นยนต์ใต้น้ำแต่ละชนิด มีทฤษฎีและหลักการทำงานต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 4 แบบ ดังนี้

##### 1.1.1.1 ด้วยชุดสูญญากาศ



**รูปที่ 1.1** หุ่นยึดติดที่อาศัย ด้วยชุดสูญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



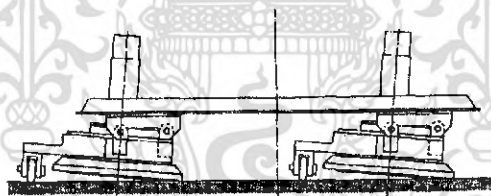
### รูปที่ 1.2 ถ้วยดูดสุญญากาศ

หลักการทํางาน การทํางานของถ้วยดูดสุญญากาศนั้นจะอาศัยการทํางานของระบบนิวเมติก สร้างสภาวะสุญญากาศในถ้วยเพื่อการยึดติดกับผนัง ดังรูปที่ 2 [2]

ข้อดี สามารถรับน้ำหนักได้ค่อนข้างมาก

ข้อจำกัด สามารถยึดติดได้เฉพาะผิวเรียบ การเคลื่อนที่ช้า และระบบการทํางานค่อนข้างยุ่งยาก

#### 1.1.1.2 งานดูดแม่เหล็ก



### รูปที่ 1.3 งานดูดแม่เหล็ก

หลักการทํางาน การทํางานของงานดูดแม่เหล็กนั้นจะอาศัยแรงยึดติดจาก แม่เหล็กในการยึดติดกับผนังที่เป็นโลหะ และจะเคลื่อนที่โดยอาศัยมอเตอร์ 2 ตัว ในการขับเคลื่อน ดังรูป

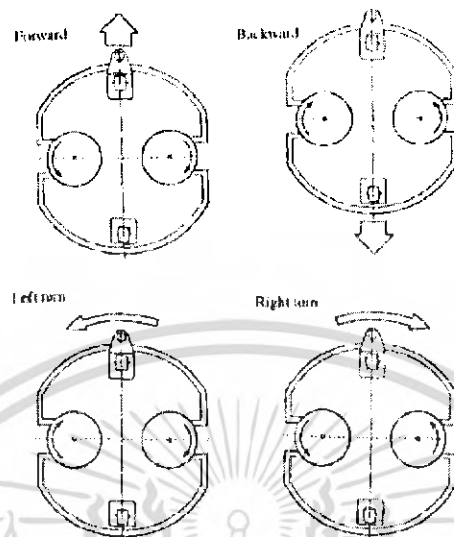


Fig.6 Running modes of Disk Rover

### รูปที่ 1.4 แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นงานดุมแม่เหล็ก

ในการเคลื่อนที่ในทิศทางข้างหน้าหรือข้างหลังมอเตอร์ทั้ง 2 ตัว จะทำงานคนละทิศกันเพื่อขับให้งานดุมแม่เหล็กเคลื่อนที่ แต่ในการเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวา มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวทำงานไปในทิศทางเดียวกันเพื่อหมุนงานดุมแม่เหล็กและจึงเคลื่อนที่ไปในทิศทางข้างหน้าต่อไป [4]

ข้อดี สามารถรับน้ำหนักได้สูง

ข้อจำกัด สามารถยึดติดได้เฉพาะผิวโลหะเท่านั้น

#### 1.1.1.3 ผิวยึดติด



### รูปที่ 1.5 หุ่นยนต์ไถผนังผิวยึดติด

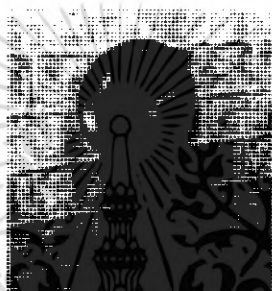
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทํางาน การทํางานของผิวยึดติดจะใช้นาโนเทคโนโลยี เพื่อเลียนแบบการยึดเกาะผนังแบบเท้าของจิ้งจก [3]

ข้อดี สามารถได้ผนังได้ทุกประเภท

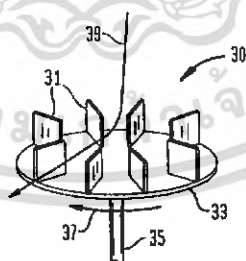
ข้อจำกัด รับนํ้าหนักได้น้อย วัสดุมีราคาแพง

#### 1.1.1.4 ตัวดูดกระแสไหลวน



รูปที่ 1.6 ตัวดูดกระแสไหลวน

หลักการทํางาน การทํางานของตัวดูดกระแสไหลวนจะอาศัยมอเตอร์ขับใบพัด ในการสร้างความแตกต่างของความดันภายในถ้วยครอบ เพื่อให้เกิดแรงกดจากความดันอากาศภายนอก ซึ่งจะทำให้ตัวดูดสามารถยึดเกาะผนังและเพดานได้



รูปที่ 1.7 ทิศทางการไหลของอากาศภายในตัวดูด [รูปจาก Patent]

ใบพัดจะกววนอากาศให้เกิดกระแสไหลวนภายในตัวดูด เมื่อความเร็วของกระแสไหลวนของอากาศมาก จะทำให้เกิดการลดลงของความดันมากขึ้นด้วย [1]

ข้อดี สามารถใช้งานได้หลายพื้นผิว ราคาไม่แพงมากนัก

ข้อจำกัด ไม่สามารถใช้งานในพื้นที่ผิวที่ขรุขระมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการของเทคโนโลยีแต่ละแบบที่ได้กล่าวมาแล้วทำให้สามารถเขียนตารางได้คร่าวๆ ดังนี้

	การรับ น้ำหนัก	การควบคุม	ความยืดหยุ่น	พื้นที่ของ ผนัง	ความเร็ว
ถ้วยดูด สูญญากาศ	***	***	*	*	*
จานดูด แม่เหล็ก	*****	***	**	*	***
ผิวยึดติด	*	***	***	***	***
ตัวดูดกระแส ไหลวน	**	*****	*****	*****	****

### ตารางที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ ต่าง ๆ ในปัจจุบัน

หมายเหตุ	ดีเยี่ยม	= *****
	ดีมาก	= ****
	ดี	= ***
	ปานกลาง	= **
	พอใช้	= *

จากการศึกษาข้างต้นทำให้โครงการวิศวกรรมนี้ จะเลือกออกแบบหุ่นยนต์ไต่เพดานโดยอาศัยหลักการของตัวดูดกระแสไหลวนในการยึดเกาะกับพื้นผิวของผนัง เนื่องจากตัวดูดกระแสไหลวนนั้นมีข้อดีมากกว่าการใช้หลักการอื่นๆ

#### 1.1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ไต่ผนังที่สามารถ นำมาใช้ไต่ผนังหรือเพดานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 1.1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.1.3.1 ทำการศึกษาทฤษฎี หลักการและเทคโนโลยีของหุ่นยนต์ใต้น้ำในปัจจุบันและ นำมาประยุกต์ใช้ พัฒนาจุดบกพร่องที่มีได้ โดยในที่นี้ จะออกแบบหุ่นยนต์ใต้น้ำที่สามารถใต้น้ำได้บนทุกพื้นผิว

1.1.3.2 สามารถสร้างหุ่นยนต์ใต้น้ำต้นแบบขึ้นมาใช้งานได้จริง

### 1.1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

1.1.4.1 ศึกษาทฤษฎีของหุ่นยนต์ใต้น้ำ ถึงการออกแบบการเคลื่อนที่ การยึดติดและระบบควบคุม

1.1.4.2 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลจากหุ่นยนต์ใต้น้ำชนิดต่างๆ ที่ได้ถูกผลิตขึ้นมาแล้วเพื่อวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพ ปัญหา และคุณสมบัติ ของหุ่นยนต์ใต้น้ำแต่ละแบบ

1.1.4.3 หาข้อมูลทางอุปกรณ์ที่ใช้ในตลาด โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพและราคา

1.1.4.4 ทำการออกแบบส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ใต้น้ำ

1.1.4.5 ออกแบบและสร้างระบบกลไกการขับเคลื่อนที่

1.1.4.6 ติดตั้งระบบควบคุมหุ่นยนต์ใต้น้ำ

1.1.4.7 ทำการทดลอง

1.1.4.8 สรุปผลและทำการเขียนรายงานการจัดทำโครงการ พร้อมทั้งนำเสนอผลงาน

### 1.1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.1.5.1 สามารถสร้างหุ่นยนต์ใต้น้ำได้

1.1.5.2 สามารถพัฒนาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ใต้น้ำ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.1.5.3 เพื่อเพิ่มประสบการณ์และความรู้แก่นักศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

### 2.1 ทฤษฎีโมเมนต์ของแรง (Moment)

โมเมนต์ (Moment) ของแนวรอบจุดหรือแกนเป็นการวัดแนวโน้มของวัตถุว่าจะหมุนรอบจุดหรือหมุนรอบแกนไปทิศทางใด ผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับระยะทางจากจุดหมุนไปตั้งฉากกับแนวแรง เรียกว่า **โมเมนต์ของแรง (Moment)** หรือ **ทอร์ก (Torque)** และเรียกจุดที่ตรงอยู่กับที่ว่า **จุดหมุน (Fulcrum)**

โมเมนต์ลัพธ์ของระบบแรงอยู่ในระนาบ  $x - y$  ดังนั้น โมเมนต์ที่เกิดจากแรงรอบจุดหมุน  $O$  ที่มีทิศทางตามแกน  $Z$  ดังรูปที่ 2.1 ดังนั้น โมเมนต์ลัพธ์  $M_{RO}$  ของระบบหาได้โดยการบวกหรือลบโมเมนต์ของแต่ละแรงตามทิศทางการหมุนของรอบแกน เนื่องจากเวกเตอร์โมเมนต์ทั้งหมดอยู่ในแนวเดียวกัน ผลรวมเวกเตอร์สามารถเขียนในรูป

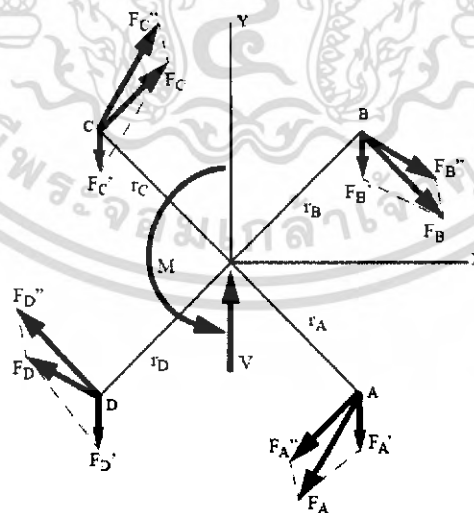
$$M_{RO} = \sum Fd$$

เมื่อ

$M$  เป็นโมเมนต์ของแรง

$F$  หน่วยเป็นนิวตัน-เมตร

$d$  เป็นระยะทางจากจุดหมุนไปตั้งฉากกับแนวแรง  $F$

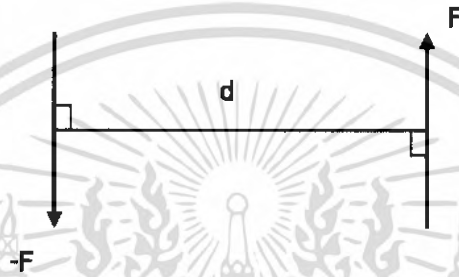


รูปที่ 2.1 โมเมนต์ลัพธ์ของระบบแรงที่อยู่ในระนาบเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1 โมเมนต์ของแรงคู่ควบ (Moment of a Couple)

แรงคู่ควบ (Couple) คือ แรงสองขนานกันและมีขนาดเท่ากัน โดยมีทิศทางตรงข้ามกันและห่างกัน โดยระยะตั้งฉาก  $d$  ดังรูปที่ 2.2 เนื่องจากแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ประกอบเป็นแรงคู่ควบมีค่าเท่ากับศูนย์ ผลของแรงคู่ควบมีค่าเท่ากับศูนย์ แต่ผลของแรงคู่ควบจะทำให้เกิดการหมุนในทิศทางตามแนวของแรงคู่ควบ



รูปที่ 2.2 แรงคู่ควบ

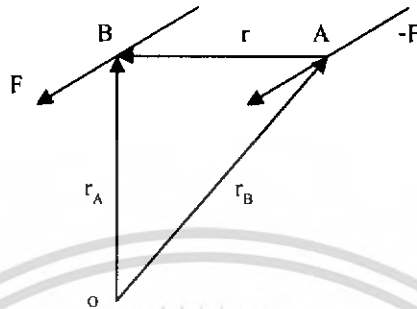
โมเมนต์ที่เกิดจากแรงคู่ควบ เรียกว่า โมเมนต์ของแรงคู่ควบ (Couple Moment) มีค่าเท่ากับ ผลรวมของโมเมนต์ของแรงคู่ควบทั้งคู่หอรอบจุด  $O$  ในอาณาบริเวณใดๆ สำหรับการพิสูจน์โดยพิจารณาเวกเตอร์ระบุตำแหน่ง  $r_A$  และ  $r_B$  ทิศทาง  $O$  ไปยังจุด  $A$  และ  $B$  ที่อยู่บนแนวการกระทำของ  $-F$  และ  $F$  ดังรูปที่ XX โมเมนต์คู่ควบรอบ  $O$  ดังนี้

$$\begin{aligned} M &= r_A \times (-F) + r_B \times F \\ &= (r_B - r_A) \times F \end{aligned}$$

จากกฎรูปสามเหลี่ยมของการบวกเวกเตอร์  $r_A + r = r_B$  หรือ  $r = r_B - r_A$  จะได้ว่า

$$M = r \times F$$

ผลดังกล่าวบ่งบอกว่าโมเมนต์แรงคู่ควบเป็นเวกเตอร์อิสระ (Free Vector) นั่นคือ เป็นเวกเตอร์กระทำที่จุดใด ๆ ก็ได้และสามารถเคลื่อนย้ายไปที่จุดใดก็ได้เนื่องจาก  $M$  ขึ้นอยู่กับเวกเตอร์ระบุตำแหน่งที่มีทิศระหว่างแรงทั้งสอง ซึ่งไม่ใช่เวกเตอร์ระบุตำแหน่ง และ ที่มีทิศทางจากจุด  $O$  ไปยังแรง หลักการนี้ไม่เหมือนโมเมนต์ของแรงที่มีจุดหรือ แกนของโมเมนต์แน่นอนที่จะต้องคำนวณหาโมเมนต์รอบจุดหรือแกนที่แน่นอนนั้น



**รูปที่ 2.3** โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

**รูปสมการสเกลาร์ (Scalar Formulation)** โมเมนต์ของแรงคู่ควบ  $M$  ถูกนิยามให้มีขนาด

$$M = Fd$$

เมื่อ  $F$  คือ ขนาดของแรง และ  $d$  คือ ระยะตั้งฉากหรือแขนโมเมนต์ระหว่างแรง ทิศทางของโมเมนต์แรงคู่ควบหาได้จากกฎมือขวา โดยนิ้วหัวแม่มือแสดงทิศทางในขณะที่นิ้วมือทั้งสองทำเป็นทิศการหมุนที่เกิดจากแรงทั้งสอง ในทุกกรณี  $M$  กระทำตั้งฉากกับระนาบที่มีแรงคู่ควบบรรจุอยู่

**รูปสมการเวกเตอร์ (Vector Formulation)** โมเมนต์ของแรงคู่ควบแสดงเป็นผลคูณเวกเตอร์ (Vector Cross Product) โดยใช้สมการ

$$\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

การประยุกต์ใช้นี้ง่ายต่อการจดจำ ถ้ามีแนวคิดที่จะหาโมเมนต์ของแรงทั้งคู่รอบจุดที่อยู่บนแนวแกนการกระทำของแรงใดแรงหนึ่งของทั้งคู่ดังตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการคำนวณหาโมเมนต์รอบจุด A โมเมนต์ของ  $-F$  มีค่าเป็นศูนย์รอบจุดนั้นและโมเมนต์ของ  $F$  นิยามจากสมการ  $\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$

### 2.1.2 แรงเสียดทาน (Friction Force)

แรงเสียดทานแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

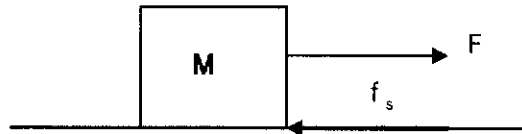
**แรงเสียดทานสถิต (Static friction)** เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $f_s$  เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นผิวสัมผัสขณะวัตถุหยุดนิ่งหรือวัตถุจะเริ่มเคลื่อนที่ โดยขณะที่วัตถุจะเริ่มเคลื่อนที่จะเรียกแรงเสียดทานขณะนั้นว่า แรงเสียดทานที่มากที่สุด (Limiting friction) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $f_{s(max)}$  จากการทดลองพบว่าแรงเสียดทานสถิตจะมีค่าไม่คงที่

**แรงเสียดทานจลน์ (Kinetic friction)** เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $f_k$  เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นผิวสัมผัสในขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ แต่ในการคำนวณอนุโลมว่าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งก็ได้ ซึ่งจากการทดลองพบว่าแรงเสียดทานจลน์จะมีค่าคงที่เสมอ

แรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ เป็นแรงเสียดทานระหว่างผิววัตถุที่สัมผัสกัน เช่น ผิวแห้งเสียดกับผิวพื้นโต๊ะ จากการสังเกตในชีวิตประจำวันจะพบว่า **แรงเสียดทานจะขึ้นกับลักษณะและชนิดของผิวสัมผัสกัน โดยไม่ขึ้นกับขนาดและรูปร่างของพื้นที่ผิวที่สัมผัสกัน และแรงเสียดทานจลน์จะไม่ขึ้นกับความเร็วสัมพัทธ์ ของวัตถุที่เอือนผ่านกัน** เช่น ถ้าผิวสัมผัสชนิดเดียวกันเป็นผิวหยาบหรือขรุขระ แรงเสียดทานจะมีค่ามาก แต่ถ้าเป็นผิวเกลี้ยงหรือลื่น แรงเสียดทานมักจะมีค่าน้อย ส่วนผิวสัมผัสชนิดเดียวกันซึ่งหยาบมาก จะมีแรงเสียดทานมาก เป็นต้น

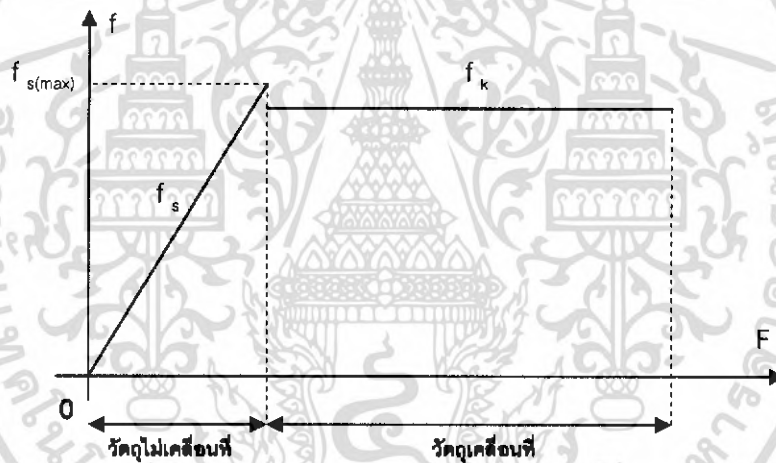
เมื่อวัตถุอยู่นิ่ง ขนาดของแรงเสียดทานสถิตจะมีค่าเท่ากับขนาดของแรงเสียดทานขณะนั้น แต่มีทิศทางตรงกันข้าม นอกจากนั้นจะพบอีกว่า ขนาดของแรงเสียดทานสถิตจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามแรงที่กดเพิ่มขึ้นตามแรงที่กดเพิ่มขึ้น ซึ่งขนาดของแรงเสียดทานสถิตจะเพิ่มขึ้นจนมีค่ามากที่สุดก็ต่อเมื่อวัตถุเริ่มจะเคลื่อนที่ และขณะที่แรงกด  $F$  มีค่าเป็นศูนย์ จะทำให้แรงเสียดทานสถิตมีค่าเป็นศูนย์ด้วย **จึงสรุปได้ว่าแรงเสียดทานสถิตจะมีค่าคงที่ โดยมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ศูนย์จนกระทั่งถึงแรงเสียดทานสถิตที่มากที่สุด**

ซึ่งเขียนสมการได้ว่า  $f_s = F$  ณ ขณะนั้น



**รูปที่ 2.4** แรง  $F$  และ  $f_s$  กระทำต่อแท่งเหล็ก

จากการทดลองนี้ เมื่อนำขนาดของแรงที่จุดกับขนาดของแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นมาเขียนกราฟ จะได้  
 ค้างรูปที่ 2.4



**รูปที่ 2.5** กราฟระหว่างแรงเสียดทานกับแรงภายนอกกระทำต่อวัตถุ

จากกราฟ จะสรุปได้ว่า

1. แรงเสียดทานสถิตจะมีค่าไม่คงที่ โดยมีค่าแปรเปลี่ยนได้ตั้งแต่ศูนย์จนถึงแรงเสียดทานสถิตสูงสุด
2. แรงเสียดทานสถิตจะมีค่าสูงสุด (Limiting friction) เมื่อวัตถุเริ่มไถลหรือเริ่มเคลื่อนที่
3. แรงเสียดทานสถิตอาจจะมีค่าน้อยกว่า เท่ากับ หรือมากกว่าแรงเสียดทานจลน์ก็ได้ แต่แรงเสียดทานสถิตสูงสุดจะมากกว่าแรงเสียดทานจลน์เสมอ
4. แรงเสียดทานจลน์ขณะที่วัตถุเคลื่อนที่จะมีค่าคงที่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Coefficient of friction)

จากการทดลองดึงวัตถุซึ่งวางอยู่บนพื้นซึ่งมีแรงเสียดทาน จะพบจากการทดลองว่าสำหรับวัตถุหนึ่ง แรงเสียดทานสถิตที่มากที่สุด ( $f_{s(max)}$ ) และเสียดทานจลน์ ( $f_k$ ) จะเป็นส่วนโดยตรงกับแรงที่พื้นผิวสัมผัสกระทำต่อวัตถุในแนวตั้งฉากกับวัตถุ (Normal force,  $N$ ) ซึ่งจะเท่ากับน้ำหนักของวัตถุที่วางบนพื้นราบ ซึ่งจากการทดลองจะเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{หรือ} \quad f = \alpha N$$

$$f = \mu N$$

เมื่อ  $\mu$  เป็นค่าคงตัวของการแปรผัน และเรียกว่า **สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน** ซึ่งมีค่าคงที่สำหรับวัตถุคู่ใดๆ

ในกรณีของแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นขณะที่วัตถุเริ่มจะเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นแรงเสียดทานสถิตที่มีค่าสูงสุด คือ  $f_{s(max)}$  ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ จะเรียกว่า **สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต** เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $\mu_s$  ดังนั้นจะได้สูตรว่า

$$f_{s(max)} = \mu_s N$$

ส่วนแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ ซึ่งเรียกว่าแรงเสียดทานจลน์ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ จะเรียกว่า **สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์** เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $\mu_k$  ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ว่า

$$f_k = \mu_k N$$

จากสมการที่ได้จะเห็นว่า ถ้าทราบแรงเสียดทาน  $f_s$ , แรงเสียดทานจลน์  $f_k$  และแรงที่พื้นกระทำต่อวัตถุในแนวตั้งฉาก  $N$  เราจะทราบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต  $\mu_s$  และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์  $\mu_k$  ได้ โดยสัมประสิทธิ์ความเสียดทานนี้จะไม่มีหน่วย เพราะเป็นอัตราส่วนของแรง

ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต  $\mu_s$  และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์  $\mu_k$  หาได้จากการทดลอง ซึ่งจะมีค่าขึ้นอยู่กับชนิดของผิวสัมผัส อุณหภูมิ และสารปนเปื้อน (Contaminant) ระหว่างผิวสัมผัส ดังตารางที่ 2.1

ผิวสัมผัสระหว่าง	สัมประสิทธิ์ ความเสียดทานสถิต $\mu_s$	สัมประสิทธิ์ ความเสียดทานจลน์ $\mu_k$
ยางกับคอนกรีต (แห้ง)	1.00	0.80
ยางกับคอนกรีต (เปียก)	0.30	0.25
ล้อยางกับถนน (แห้ง)	0.90	0.65
ล้อยางกับถนน (เปียก)	0.70	0.55

### ตารางที่ 2.1 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต $\mu_s$ และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ $\mu_k$

จากตารางจะพบว่า สำหรับผิวสัมผัสคู่หนึ่ง สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต  $\mu_s$  จะมากกว่า สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์  $\mu_k$  เสมอ ( $\mu_s > \mu_k$ )

#### 2.1.3 สมดุล

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน เราทราบแล้วว่าวัตถุ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ คือ วัตถุจะรักษาสภาพหยุดนิ่ง หรือยังคงรักษาสภาพการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ต่อไปได้ นอกจากจะมีแรงลัพธ์ ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ จึงจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

ในกรณีที่วัตถุเดิมหยุดนิ่งและยังคงหยุดนิ่งต่อไปไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ เราเรียกว่าวัตถุ นั้นใน **สภาพสมดุลสถิต** เช่น หนังสือวางบนโต๊ะ รถจอดอยู่ข้างถนน เป็นต้น

สำหรับกรณีที่มีวัตถุที่มีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่ รถยนต์แล่นบนพื้นถนนด้วย อัตราเร็วคงที่เท่าเดิม เราจะเรียกว่าวัตถุนั้นอยู่ใน **สภาพสมดุลจลน์** เช่น เรือลอยไปตามด้วยความเร็วคงที่ รถยนต์แล่นบนพื้นถนนด้วยอัตราเร็วคงที่ เป็นต้น นอกจากนี้สมดุลสถิตยังรวมถึงสมดุลของวัตถุที่เคลื่อนที่ โดยมีสภาพการหมุน (คือ มีการหมุนรอบแกนซึ่งวางตัวในแนวเดิมด้วย อัตราการหมุนคงที่) เช่น รอก กว้าน ล้อ ที่หมุนรอบแกนหมุนซึ่งวางตัวในแนวเดิมด้วยอัตราการหมุนคงที่

ดังนั้นเงื่อนไขที่ทำให้วัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่ คือ แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุต้องเป็นศูนย์ ซึ่ง เขียน สมการได้ คือ

	$\Sigma F$	=	0	ซึ่งเมื่อแยกพิจารณาแต่ละแนวจะได้ว่า
แนวราบ	$\Sigma F_x$	=	0	คือ แรงซ้าย เท่ากับ แรงขวา
แนวตั้ง	$\Sigma F_y$	=	0	คือ แรงขึ้น เท่ากับ แรงลง
และ การหมุน	$\Sigma M$	=	0	คือ วัตถุไม่มีการหมุน หรือหมุนคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณสมดุลต่อการเลื่อนที่เนื่องจากมีแรงภายนอกกระทำต่อวัตถุ แยกพิจารณาหาเงื่อนไขของแรงต่างๆ ที่กระทำต่อวัตถุได้ 3 แบบ ดังนี้

1. การสมดุลของแรงตัดกันที่จุดเดียวกันที่จุดใดๆเดียวกัน ส่วนใหญ่ได้แก่การสมดุลของแรงสามแรง จะได้ว่า ถ้าแรงสามแรงกระทำต่อวัตถุ แล้ววัตถุอยู่ในสภาวะสมดุล เมื่อต่อแนวแรงทั้งสามมันจะตัดกันที่จุดเดียวกันเสมอ

2. การสมดุลของวัตถุในระบบที่ประกอบด้วยวัตถุหลายก้อน มีหลักการพิจารณาได้ดังนี้

2.1 ถ้าวัตถุในระบบวิ่งด้วยอัตราเร็วเท่ากัน หาค่าที่ต้องการจากสมการผลรวมแรงในระบบเท่ากับศูนย์

2.2 ถ้าวัตถุในระบบที่วิ่งด้วยอัตราเร็วไม่เท่ากัน หาค่าที่ต้องการ โดยการตัดวัตถุออกมามีแรงที่ละก้อนตามสมการ

$$\sum F = 0$$

3. การสมดุลของแรงที่ตัดกันคนละจุด เพื่อความสะดวกและความรวดเร็วให้คำนวณดังนี้

3.1 หยิบวัตถุที่ต้องการหาแรงออกมาเขียนแรงกระทำต่างๆ ให้ครบ

3.2 เลือก ตรงจุดที่ไม่ทราบค่าแรงมากที่สุด

3.3 คำนวณหาค่าที่ต้องการจากสมการ  $\sum F_x = 0$ ,  $\sum F_y = 0$  และ  $\sum M = 0$

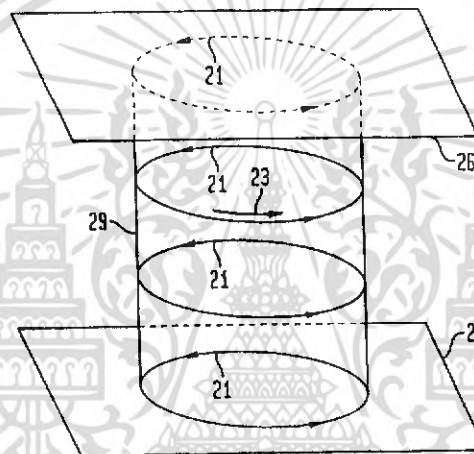
4. ต้องการหาแรงปฏิบัติการที่ใดให้รวมกันแบบ Vector จะได้

ขนาดของแรง  $R = \sqrt{(R_x^2 + R_y^2)}$

ทิศทาง  $\tan \alpha = \frac{R_y}{R_x}$

## 2.2 หลักการทำงานของตัวดูดกระแสไหลวน (Vortex Attractor)

การยึดติดจะอาศัยหลักการทำงานของตัวดูดกระแสไหลวน โดยใบพัดจะหมุนกวนกวนอากาศภายใน ซึ่งจะสร้างกระแสไหลวนภายในด้วยกรอบ ซึ่งจะทำให้มวลอากาศภายในมีความเร็วสูง จากเหตุนี้จะทำให้สภาพภายในด้วยกรอบเกิดการลดลงของความดันภายใน ดังนั้นจะทำให้เกิดความแตกต่างของความดันภายในและภายนอกของหุ่นยนต์ได้ผนัง ด้วยเหตุนี้จะทำให้เกิดแรงกดของความดันบรรยากาศกับหุ่นยนต์ได้ผนัง



รูปที่ 2.6 แสดงการไหลวนของอากาศภายใน

### 2.2.1 สมการ (Bernoulli Equation)

จากรูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นถึงทิศทางของกระแสไหลวนเนื่องจากใบพัดกวนอากาศ ด้วยความเร็วค่าหนึ่ง ซึ่งจะทำให้เกิดความแตกต่างของความดันภายในด้วยกรอบและภายในของหุ่นยนต์ได้ผนัง และสามารถอธิบายความแตกต่างของความดันได้จาก ความเร็วของกระแสไหลวน จากสูตร Bernoulli Equation

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \gamma Z_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \gamma Z_2$$

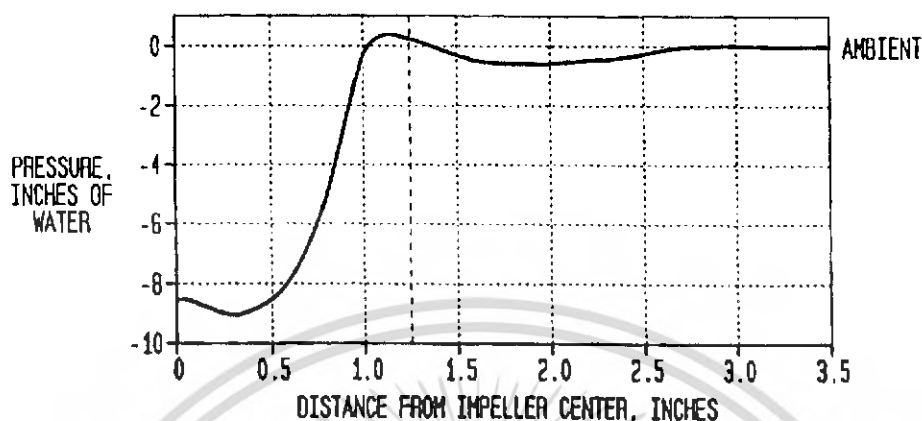
จะได้

$$\text{Pressure drop } \Delta P = \frac{1}{2} \rho v^2(r)$$

$V(r)$  = ความเร็วของกระแสไหลวนของอากาศ ณ รัศมี นั้นๆ

$R$  = รัศมีของกระแสไหลวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



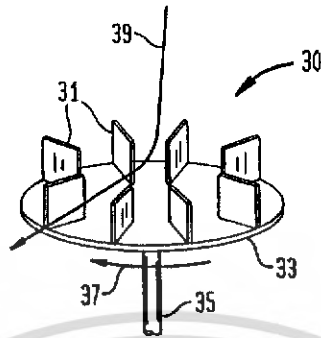
รูปที่ 2.7 แสดงความแตกต่างของความดันภายในตัวคูคระแสไหลวน

### 2.2.2 แรงกระทำในการยึดเกาะ

จากรูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของความดันภายในและภายนอกตัวคูคระแสไหลวน ตามรัศมีจากแกนหมุนของใบพัดคววนอากาศ สาเหตุเนื่องจาก อากาศจะเคลื่อนที่จากแกนศูนย์กลางของใบพัดไปยังส่วนปลายของใบพัดคววนอากาศ ดังรูปที่ 2.7 ด้วยเหตุนี้ จะทำให้เกิดการอัดแน่นของอากาศภายในบริเวณขอบของถ้วยครอบตัวคูคระแสไหลวน เป็นเหตุให้ส่วนกลางของตัวคูคระแสไหลวนนั้นความดันลดลงและบริเวณขอบนอกความดันสูงขึ้น ดังรูปที่ 2.6 จากความแตกต่างของความดันภายในและภายนอกนี้ จะสามารถคำนวณหาแรงยึดติดระหว่างหุ่นยนต์ได้ผ่นังกับผ่นัง จากสูตร

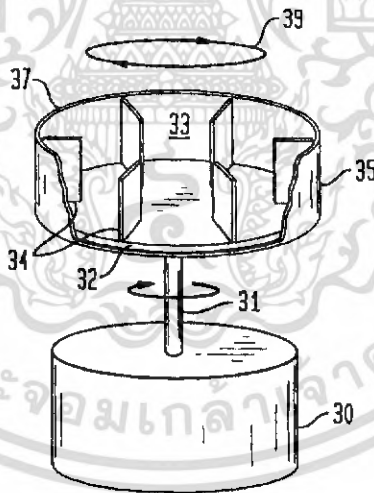
$$\text{Force } F = \int_0^R \Delta P dA$$

$$= \int_0^R \Delta P 2\pi r dr$$

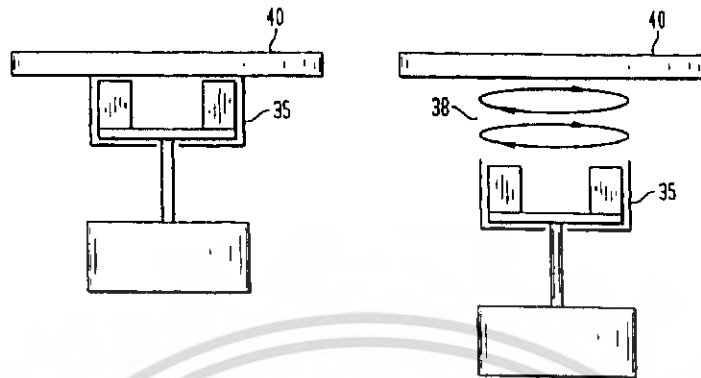


รูปที่ 2.8 ใบพัดคววนอากาศภายใน

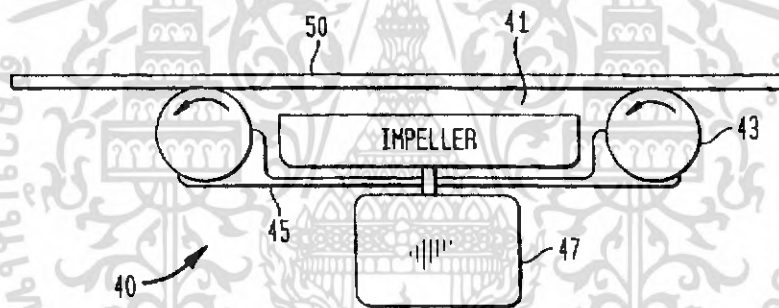
จากรูปที่ 2.8 แสดงรูปแบบใบพัดในการใช้คววนอากาศภายในตัวดูดกระแสไหลวน ซึ่งจะก่อให้เกิดกระแสไหลวนภายในตัวดูด เมื่อความเร็วของกระแสไหลวนของอากาศมากพอ จะทำให้เกิดการลดลงของความดันภายใน



รูปที่ 2.9 ตัวดูดกระแสไหลวน



รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานของตัวคูณกระแสไหลวน



รูปที่ 2.11 แสดงภาพประกอบหุ่นยนต์ใต้น้ำกับตัวคูณกระแสไหลวน

## 2.3 มอเตอร์

มอเตอร์มีลักษณะและรายละเอียดอยู่มากมาย จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการใช้งานบางอย่างนั้นสามารถเห็นได้ชัด แต่หลาย ๆ อย่างก็สังเกตได้ยาก รายละเอียดพื้นฐานของมอเตอร์ ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า (voltage) การไหลของกระแสไฟฟ้า (current draw) ความเร็ว (speed) และแรงบิด (torque) ซึ่งต่อไปเราจะได้ว่าสิ่งเหล่านี้สัมพันธ์กับการออกแบบหุ่นยนต์อย่างไร

### 2.3.1 แรงดันไฟฟ้า

มอเตอร์ทุกตัวจะถูกจำแนกตามแรงดันไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กจะมีค่าอัตราแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 1.5-6 โวลต์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงคุณภาพสูงบางชนิดถูกออกแบบมาสำหรับค่าแรงดันไฟฟ้าเฉพาะค่าหนึ่ง เช่น 12 หรือ 14 โวลต์ มอเตอร์ที่ได้รับความสนใจจากนักสร้างหุ่นยนต์มากที่สุดเป็นมอเตอร์ที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำอยู่ในช่วง 1.5-12 โวลต์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ส่วนใหญ่สามารถทำงานได้ในช่วงแรงดันไฟฟ้าที่สูงหรือต่ำกว่าที่กำหนดไว้ มอเตอร์ 12 โวลต์มักจะใช้งานที่ 8 โวลต์ ซึ่งต่ำกว่าที่กำหนดไว้ แต่จะให้กำลังน้อยกว่าปกติและจะหมุนช้า ซึ่งเป็นข้อบกพร่องของสเปคมอเตอร์ เราจะพบว่ามอเตอร์ส่วนใหญ่จะไม่ทำงานที่ค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 50% ของอัตราที่กำหนดไว้

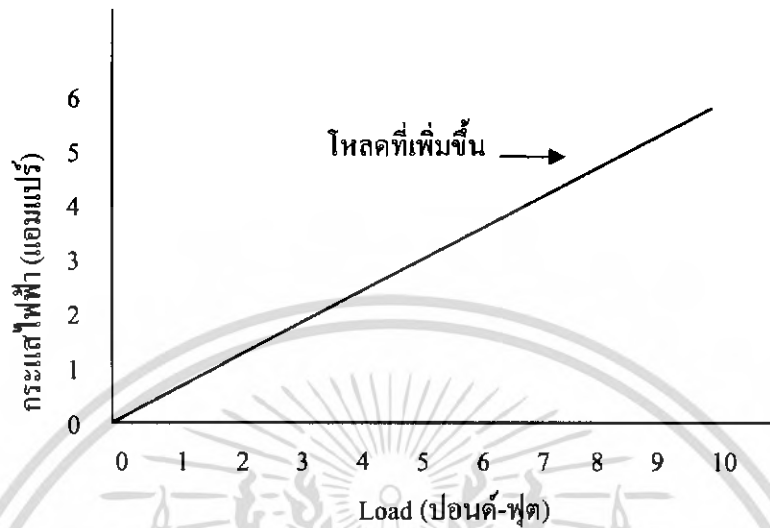
เช่นเดียวกัน มอเตอร์ 12 โวลต์จะทำงานที่ 16 โวลต์ เราอาจคิดว่าอัตราเร็วของการหมุนของเพลาเพิ่มขึ้น จึงทำให้มอเตอร์ทำงานที่ค่าแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าที่กำหนดไว้ การทำให้มอเตอร์ทำงานที่ค่าแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าที่กำหนดมากกว่า 30 หรือ 40% เป็นสิ่งที่ไม่ควรทำ เพราะการหมุนด้วยความเร็วที่สูงมาก จะทำให้เกิดความร้อนสูงจนมอเตอร์เสียหายอย่างถาวรได้ มอเตอร์ที่ถูกออกแบบให้สามารถหมุนด้วยความเร็วสูงได้นั้นจะหมุนได้เร็วกว่าความสามารถของคัลบูกบินของมอเตอร์ที่จะหมุนได้

ถ้าเราไม่ทราบอัตราแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ ก็สามารถคาดเดาได้โดยทดลองปรับอัตราแรงดันไฟฟ้าหลาย ๆ ค่าจนได้ค่าที่ทำให้ได้กำลังสูงสุด แต่ทำให้เกิดความร้อนที่สายไฟหรือที่ตัวของมอเตอร์จากการหมุนน้อยที่สุด หรือสามารถที่จะเดาจากเสียงของมอเตอร์ โดยเสียงจะไม่เหมือนกันว่ารับภาระหนักเกินไปเมื่อหมุนด้วยความเร็วสูง

### 2.3.2 การไหลของกระแสไฟฟ้า

เป็นการกล่าวถึงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ได้รับจากแหล่งจ่ายไฟ มีหน่วยเป็นมิลลิแอมแปร์ (milliamp) หรือแอมแปร์ (amperes) เมื่อพิจารณามอเตอร์ขณะกำลังทำงานร่วมโหลด (load) ต่างๆ ปริมาณกระแสไฟฟ้าในขณะที่มอเตอร์ยังไม่ต่อกับโหลดใดๆ จะมีค่าต่ำ แต่สำหรับมอเตอร์แบบเดียวกันที่ใช้ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ ปริมาณกระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นจาก 300 เป็น 500 หรือ 1,000% ของมอเตอร์ตัวที่ไม่มีโหลดอยู่

สำหรับมอเตอร์แม่เหล็กถาวรซึ่งเป็นชนิดที่นิยมมากที่สุด ปริมาณกระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามโหลดที่ต่อเข้ามอเตอร์ ดังรูปที่ 2.12 เมื่อมีงานที่มอเตอร์ต้องหมุนเพลามากขึ้นเท่าใด ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ก็ต้องยิ่งมากขึ้นตามไปด้วย หากโหลดที่บริษัทผู้ผลิตใช้ทดลองนั้นไม่ได้มาตรฐาน เมื่อนำมาใช้กับงานจริง ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้จึงมากหรือน้อยกว่าที่กำหนดไว้



**รูปที่ 2.12** ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ได้รับจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับโหลดที่เพลของมอเตอร์

### 2.3.3 อัตราเร็ว

อัตราเร็วในการหมุนของมอเตอร์จะถูกกำหนดให้มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที (rpm) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงส่วนใหญ่มีอัตราเร็วปกติอยู่ในช่วง 4,000-7,000 รอบต่อนาที และจะมีมอเตอร์ที่ออกแบบมาให้ใช้กับวัตถุประสงค์เฉพาะอย่าง เช่น ใช้ในเครื่องบันทึกเทปและเครื่องเล่น CD ซึ่งทำงานด้วยความเร็ว 2,000-3,000 รอบต่อนาที

สำหรับมอเตอร์ที่ใช้กับหุ่นยนต์ ความเร็วที่กล่าวมานั้นจะมีค่ามากเกินไป ควรลดให้เหลือไม่เกิน 150 รอบต่อนาที โดยใช้เฟืองหลายตัวต่อเข้าด้วยกัน (แม้ว่าจะน้อยสำหรับมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสว่านและมือจับ (grippers)) การควบคุมจะถูกออกแบบให้ปรับความเร็วได้เพียงเล็กน้อย และไม่สามารถลดอัตราเร็วของการหมุนของมอเตอร์จาก 5,000 รอบต่อนาที ให้ลดลงเหลือ 50 รอบต่อนาทีได้

อัตราเร็วของสเตปเปอร์มอเตอร์ไม่มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที แต่เป็นจังหวะ (pulse) ต่อกวินาที ซึ่งจะเท่ากับจำนวนสเตปที่ต้องการในการหมุนครบหนึ่งรอบ คูณกับจำนวนสเตปที่จ่ายกับมอเตอร์ในแต่ละนาที จากการเปรียบเทียบความเร็วของสเตปเปอร์มอเตอร์จะอยู่ในช่วง 100-140 รอบต่อนาที

### 2.3.4 แรงบิด

แรงบิด คือ แรงที่มอเตอร์ให้กับโหลดที่ต่ออยู่ ยิ่งออกแรงมากโหลดก็มาก และมอเตอร์ก็จะหมุนเร็วขึ้น เมื่อลดแรงบิด มอเตอร์ก็จะหมุนช้าลง แต่ยังคงให้โหลดเท่าเดิม เมื่อลดแรงบิดลงอีก จะเห็นว่ามอเตอร์จะมีกำลังไม่พอ และจะหยุดหมุนกลางคัน (stalled) แต่ยังมีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ จึงทำให้มอเตอร์ร้อน

บางครั้งแรงบิดก็เป็นสิ่งที่ยุ่งยากในการออกแบบลักษณะของมอเตอร์ แต่ก็ไม่ได้เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดไป บริษัทผู้ผลิตมอเตอร์ได้ทำการตั้งค่าเฉลี่ยมาตรฐานเอาไว้แล้ว มอเตอร์ที่ใช้กับอุตสาหกรรมก็จะถูกกำหนดไว้แบบหนึ่ง ส่วนที่ใช้ในกองทัพก็เป็นอีกแบบหนึ่ง

### 2.3.5 การใช้มอเตอร์ที่มีเฟืองทกรอบ

การใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการติดตั้งเฟืองทกรอบเป็นชุดอยู่แล้วนั้นทำได้ง่ายมาก ซึ่งประหยัดเวลาในการหาเฟืองทกรอบที่เหมาะสมกับมอเตอร์ และยังสามารนำไปติดตั้งในงานอื่นได้อีกด้วย ในการเลือกมอเตอร์ที่มีเฟืองทกรอบโดยส่วนใหญ่จะสนใจในเรื่องอัตราเร็วที่จะได้จากเฟืองทกรอบ ซึ่งไม่ใช่ความเร็วรอบจริงของมอเตอร์ แรงบิดขณะทำงานและแรงบิดช่วงหยุดกลางคัน (stall torque) ของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก จึงต้องตรวจดูให้แน่ใจก่อนว่าแรงบิดที่มีนั้นเหมาะสมสำหรับชุดเฟืองทกรอบ ไม่ใช่ของตัวมอเตอร์เอง

## 2.4 แบตเตอรี่

หุ่นยนต์ในปัจจุบันนั้นมีแหล่งจ่ายพลังงานมาจากแบตเตอรี่ที่บรรจุอยู่ในตัวหุ่นยนต์ ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ชนิดเดียวกับแบตเตอรี่ที่ให้พลังงานแก่วิทยุ วิทยุ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าโดยทั่วไป และในการออกแบบหุ่นยนต์นั้นจะต้องคำนึงถึงตำแหน่งที่ใช้บรรจุแบตเตอรี่ด้วย ซึ่งมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าการออกแบบโครงสร้างมอเตอร์ และสมองกลของหุ่นยนต์ และเป็นส่วนที่เราเฝ้าถึงเวลาเปิดสวิตซ์ให้กับหุ่นยนต์สำหรับหุ่นยนต์นั้น แบตเตอรี่เป็นแหล่งกำเนิดของชีวิต ถ้าไม่มีแบตเตอรี่ หุ่นยนต์ก็ไม่สามารถทำงานได้

ในขณะที่การพัฒนาในด้านอิเล็กทรอนิกส์ก้าวหน้าไปมากในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา แต่การพัฒนาของแบตเตอรี่นั้นกลับเป็นไปอย่างช้าๆ ในด้านของขนาดและน้ำหนัก รวมถึงระยะเวลาของการอัดประจุเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่มันต้องใช้เวลาหลายชั่วโมง ถึงแม้ว่าเราจะเคยได้ยินเกี่ยวกับแบตเตอรี่ที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะใช้ในห้องทดลองหรืองานที่ใช้งบประมาณสูง เช่น งานด้านอวกาศ หรือวิทยาศาสตร์การแพทย์ เป็นต้น ดังนั้นเราจึงต้องหันมาใช้แบตเตอรี่ที่ใช้ในชีวิตประจำวันซึ่งหาง่ายและมีราคาถูก เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าให้กับหุ่นยนต์ที่เราจะสร้างขึ้น

หากเรามีการวางแผนอย่างถูกวิธีและมีเหตุผล ประกอบกับการเรียนรู้การออกแบบบนพื้นฐานของข้อจำกัดทางอุปกรณ์ต่างๆแล้ว จะเห็นว่าแบตเตอรี่ที่ใช้อยู่ในชีวิตประจำวันนี้ก็เพียงพอแล้วสำหรับการออกแบบหุ่นยนต์ของเรา

### 2.4.1 ประเภทของแบตเตอรี่

ประเภทของแบตเตอรี่นั้นแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ซึ่งแตกต่างกันไปตามรูปร่างขนาดและส่วนประกอบ

#### สังกะสี (Zinc)

แบตเตอรี่ประเภทนี้มีความสำคัญในวงการอุตสาหกรรม ตัวอย่างของแบตเตอรี่ประเภทนี้คือ ถ่านไฟฉาย เราสามารถแบ่งถ่านไฟฉายได้เป็น 2 ชนิดตามกระบวนการทางเคมี คือ คาร์บอน – สังกะสี (carbon zinc) และสังกะสี – คลอไรด์ (zinc-chloride)

Carbon zinc หรือถ่านไฟฉายธรรมดาจะมีอายุการใช้งานสั้นและเร็ว จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานของหุ่นยนต์ ส่วน zinc chloride นั้นจะให้พลังงานมากกว่า carbon zinc ประมาณ 20 – 50% และมีอายุการใช้งานนานกว่า แต่ก็ยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับหุ่นยนต์

#### อัลคาไลน์ (Alkaline)

แบตเตอรี่ประเภทอัลคาไลน์เป็นสารประกอบอัลคาไลน์แมงกานีสไดออกไซด์ ซึ่งอายุการใช้งานมากกว่าแบบสังกะสีประมาณ 300 – 800% ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่นำไปใช้ สำหรับงานด้านหุ่นยนต์นั้นจะใช้แบตเตอรี่ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ ขดลวด และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ซึ่งมีอายุการใช้งานประมาณ 450 - 550% แบตเตอรี่แบบอัลคาไลน์ในปัจจุบันนี้มีขนาดเท่ากับถ่านไฟฉายปกติ ถึงแม้ว่าจะมีราคาแพงกว่าแบตเตอรี่แบบสังกะสี แต่พลังงานที่ได้รวมทั้งอายุการใช้งานนั้นคุ้มค่ากว่า อย่างไรก็ตาม แบตเตอรี่ประเภทนี้ จะไม่สามารถอัดประจุเพื่อกลับมาใช้ได้อีก และไม่เหมาะสมอย่างยิ่งหากจะนำมาอัดประจุ เพราะจะทำให้แบตเตอรี่ร้อนและระเบิดได้

#### นิกเกิล – แคดเมียม (Ni - Cad)

เมื่อเราคิดถึงการอัดประจุแบตเตอรี่หรือถ่านไฟฉาย เราจะนึกถึงแบบนิกเกิล – แคดเมียม หรือ “Ni – Cad” แม้ว่านิกเกิล – แคดเมียมนี้จะไม่ใช่แบตเตอรี่ที่สามารถอัดประจุได้เพียงชนิดเดียวในงานด้านวิศวกรรม แต่แบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถหาซื้อได้ง่ายและราคาไม่แพงมากนัก จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ ยกเว้นมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่

แบตเตอรี่แบบนิกเกิล – แคดเมียมมีหลายขนาด เพราะมีการนำไปใช้งานกับงานหลายประเภท ระยะเวลาในการใช้งานของแบตเตอรี่ประเภทนี้จะน้อยกว่าแบตเตอรี่ประเภทสังกะสี และอัลคาไลน์ แต่สามารถอัดประจุกลับมาใช้ได้ใหม่ โดยส่วนใหญ่แล้วสามารถอัดประจุได้มากกว่า 1,000 ครั้ง และปัจจุบันนี้ได้มีแบตเตอรี่นิกเกิล – แคดเมียมแบบใหม่ที่สามารถให้พลังงานได้ยาวนานกว่าแบบธรรมดาถึง 2-3 เท่า แต่ก็มีราคาแพงกว่าแบบปกติเช่นกัน

#### Lead – Acid

แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์นี้เรียกว่า “lead-acid battery” โดยนำแผ่นตะกั่วใส่ลงไปในภาชนะที่บรรจุกรดซัลฟิวริกหรืออิเล็กโทรไลต์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบตเตอรี่หมด เราสามารถที่จะอัดประจุใหม่ได้เช่นเดียวกับแบบนิกเกิล – แคดเมียม นอกจากแบตเตอรี่แบบ lead-acid ที่มีขนาดใหญ่ที่ใช้กับรถยนต์แล้ว เราสามารถที่จะใช้แบตเตอรี่แบบที่มีขนาด 6 โวลต์ที่เป็นแบตเตอรี่ขนาดเล็กซึ่งมีการห่อหุ้มพิเศษ ทำให้กรดที่อยู่ภายในไม่สามารถรั่วซึมออกมาได้ ในการอัดประจุนั้นจะเกิดก๊าซขึ้นภายในตัวแบตเตอรี่ ซึ่งจะต้องระบายออกผ่านรูเล็กๆ ถ้าไม่มีการระบายก๊าซนี้ออก จะทำให้แบตเตอรี่เกิดความเสียหายได้หลังจากการใช้งานหมด หรือเมื่อนำมาอัดประจุใหม่

ถึงแม้ว่าแบตเตอรี่แบบ lead-acid จะให้พลังงานมากกว่า แต่จะมีน้ำหนักค่อนข้างมาก แบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์จะมีน้ำหนัก 4-5 ปอนด์ และหากเราต้องการ 12 โวลต์ ก็จะต้องนำแบตเตอรี่ถึงสองก้อนมารวมกัน ซึ่งจะมีน้ำหนักรวมประมาณ 10 ปอนด์ หุ่นยนต์ของเราจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น

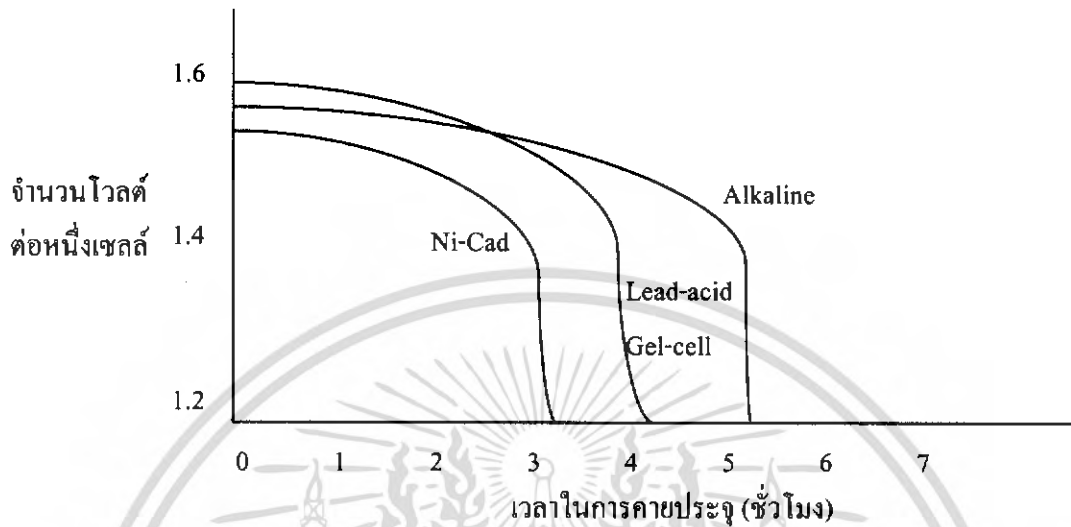
แบตเตอรี่แบบ lead-acid มักจะถูกนำมาใช้เป็นแหล่งไฟฟ้าสำรองที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ ไฟฉุกเฉินหรือโทรศัพท์ สามารถหาซื้อได้ตามร้านขายเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป และมีอายุการใช้งานนาน

แบตเตอรี่ที่ใช้กับมอเตอร์ไซค์นั้นเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าให้กับหุ่นยนต์ เพราะหาได้ง่าย มีขนาดเล็กกะทัดรัด น้ำหนักเบา ถ้าหากหุ่นมีขนาดใหญ่และแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักมากๆ ได้ ก็สามารถนำแบตเตอรี่ของรถยนต์มาใช้ได้ ซึ่งจะมีน้ำหนักอยู่ที่ประมาณ 20 ปอนด์

#### **Gel - cell**

แบตเตอรี่แบบ gel-cell จะใช้อิเล็กทรอนิกส์แบบพิเศษ คือ มีลักษณะเป็นวุ้น สามารถอัดประจุใหม่ได้ และให้กระแสไฟฟ้าสูง เหมาะสมกับใช้งาน จึงเหมาะอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้กับหุ่นยนต์

แบตเตอรี่แบบ gel-cell ขนาด 12 โวลต์ มีราคาประมาณ 35 เหรียญสหรัฐ แต่ถ้าเทียบต่อน้ำหนักแล้ว จะให้พลังงานสูงกว่าแบตเตอรี่ประเภทอื่นๆ แบตเตอรี่แบบ gel-cell จะมีทั้งขนาด 6 และ 8 โวลต์ ยกเว้นบางรุ่นที่มีการออกแบบเป็นพิเศษเพื่อให้ได้ขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่ต่างออกไป รูปที่ 2.13 เป็นการเปรียบเทียบอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ



**รูปที่ 2.13** เวลาในการคายประจุของแบตเตอรี่แบบ Ni-cad, lead-cell, gel-cell และ Alkaline ต่อการอัดประจุไฟหนึ่งครั้ง

#### 2.4.2 ระดับของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่นั้นมีหลายประเภท แต่คุณลักษณะที่สำคัญของแบตเตอรี่มีสองอย่างคือ ค่าความต่างศักย์ และค่าของกระแสในหน่วยแอมแปร์-ชั่วโมง ซึ่งมีรายละเอียด

##### ค่าความต่างศักย์

แบตเตอรี่จะให้ความต่างศักย์ก่อนข้างคงที่และเท่ากับค่าที่ระบุไว้ เช่น แบตเตอรี่ก้อนหนึ่งมีค่าความต่างศักย์ 1.5 โวลต์ ก็จะทำให้ค่าความต่างศักย์ทั้งให้และรับเท่ากับ 1.5 โวลต์ ซึ่งแบตเตอรี่จะให้ความต่างศักย์คงที่ตลอดระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ แบตเตอรี่สามารถอัดประจุได้ส่วนใหญ่จะนำมาอัดประจุให้มีค่าความต่างศักย์มากกว่า 20-30% ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ที่ใช้ในรถยนต์จะต้องนำมาอัดประจุให้มากกว่าความต่างศักย์เท่ากับ 13.8 โวลต์ เป็นต้น

แบตเตอรี่ส่วนใหญ่ที่ใกล้จะหมดอายุการใช้งานนั้นจะมีกำลังประมาณ 80% ของค่าความต่างศักย์ของแบตเตอรี่ เช่น ถ้าหากมีแบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ เมื่อใกล้จะหมดอายุการใช้งาน แบตเตอรี่จะเหลือกำลังเพียง 4.8 โวลต์ แต่อุปกรณ์บางส่วนนั้นยังคงสามารถทำงานได้ แต่ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่จะลดลง หลังจากที่

แบตเตอรี่มีกำลังน้อยกว่า 80% แบตเตอรี่จะไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้นาน และหากเป็นแบตเตอรี่ประเภทที่นำมาอัปเดตประจุใหม่ได้ ก็อาจทำให้แบตเตอรี่นั้นเสีย ไม่สามารถมาใช้ได้อีก

ในขณะที่ทำการทดลองระบบของหุ่นยนต์ เราควรใช้เครื่องมือวัด เช่น โวลต์-โอห์มมิเตอร์คอยตรวจสอบแบตเตอรี่ตลอดเวลา โดยให้ตรวจสอบในขณะที่ทำการทดลองอยู่ เพราะจะได้ค่าของความต่างศักย์ที่ตรงตามความเป็นจริงที่สุด

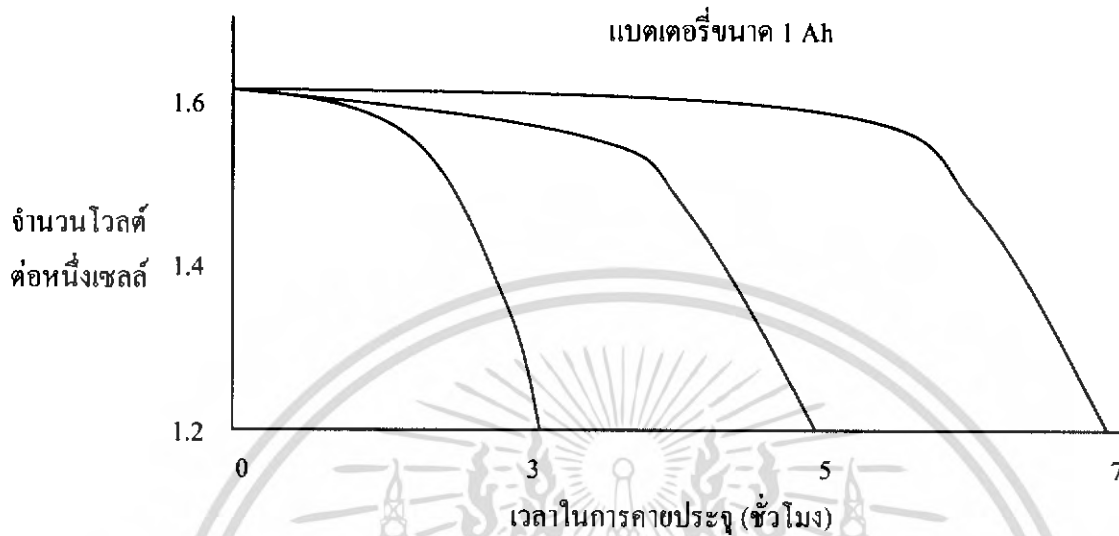
ถ้าหุ่นยนต์มีคอมพิวเตอร์บรรจุอยู่ ควรหลีกเลี่ยงการทำงานจนกระทั่งแบตเตอรี่หมดพลังงานในขณะที่หุ่นยนต์กำลังทำงานอยู่ ซึ่งไม่เพียงแต่จะทำให้ข้อมูลสูญหายไปหรือจะต้องทำการบันทึกข้อมูลลงไปใหม่เท่านั้น อาจส่งผลให้หุ่นยนต์นั้นเสียหายได้ถ้าหากกว่าคอมพิวเตอร์นั้นถูกปิดอย่างรวดเร็ว

### **ค่าของกระแสไฟฟ้าในหน่วยแอมแปร์-ชั่วโมง**

ค่าของกระแสไฟฟ้าในหน่วยแอมแปร์-ชั่วโมงเป็นค่าของกำลังในหน่วยแอมแปร์หรือมิลลิแอมแปร์ที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลาที่กำหนด ค่ากระแสไฟฟ้านี้จะมีลักษณะเช่นเดียวกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายไฟแบบกระแสสลับ แตกต่างกันตรงที่กระแสไฟฟ้าสลับนั้นจะถูกใช้ตลอดทั้งวัน แต่กระแสไฟฟ้าที่จ่ายโดยแบตเตอรี่นี้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าในเวลาจำกัดตามจำกัดตามความจุของแบตเตอรี่

อัตราการปล่อยกระแสไฟฟ้านี้มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าอัตราการให้ค่าความต่างศักย์ เนื่องจากแบตเตอรี่จะไม่สามารถให้กำลังไฟฟ้าได้เพียงพอที่จะขับเคลื่อนมอเตอร์ให้หมุนได้ หรือทำให้วงจรที่อยู่ภายในหุ่นยนต์ทำงานได้

อะไรคือความหมายที่แท้จริงของคำว่าแอมแปร์-ชั่วโมง โดยพื้นฐานแล้วแบตเตอรี่จะสามารถให้กระแสไฟฟ้าภายในหนึ่งชั่วโมงก่อนที่แบตเตอรี่นั้นจะไม่มีพลังงานไฟฟ้าเหลืออยู่ ถ้าแบตเตอรี่นั้นมีความจุเท่ากับ 5 แอมแปร์-ชั่วโมง (ใช้สัญลักษณ์ "Ah") จะสามารถให้กระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 5 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง หรือกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์จะถูกจ่ายอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.14 อย่างไรก็ตาม ค่ากระแสในหน่วยแอมแปร์-ชั่วโมงนี้ยังมีรายละเอียดอีกมาก



**รูปที่ 2.14** เวลาในการคายประจุของแบตเตอรี่แบบ 1Ah เมื่อมีการใช้งานเป็นเวลา 3, 5 และ 7 ชั่วโมง

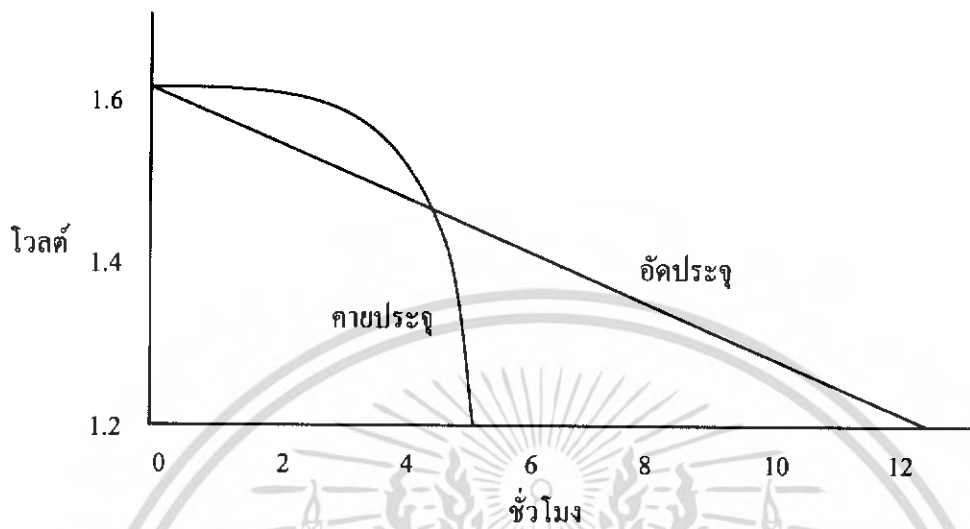
### 2.4.3 อัตราการอัดประจุใหม่

แบตเตอรี่จะถูกอัดประจุอย่างช้าๆซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 12-24 ชั่วโมง เนื่องจากแบตเตอรี่ไม่สามารถรับปริมาณกระแสไฟฟ้าได้คราวละมากๆ เพราะจะทำให้แบตเตอรี่ชำรุดได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ตัวอัดประจุจ่ายให้กับแบตเตอรี่ไว้ เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น

โดยทั่วไปเราจะมีหลักในการอัดประจุแบตเตอรี่คือ ปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่จะจ่ายให้กับแบตเตอรี่ในขณะที่อัดประจุนั้นไม่ควรเกิน 1/10 ของปริมาณความจุของแบตเตอรี่ เช่น ถ้ามีแบตเตอรี่ที่มีความจุขนาด 5 Ah ขณะที่ทำการอัดประจุนั้นก็ไม่ควรจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เกิน 500 มิลลิแอมแปร์ การควบคุมกระแสไฟฟ้านี้เป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับแบตเตอรี่แบบนิกเกิล-แคดเมียม เพราะจะทำให้แบตเตอรี่เสียหายได้หากเราจ่ายกระแสไฟฟ้าปริมาณมากๆ ในช่วงเวลาสั้นๆ สำหรับแบตเตอรี่แบบ lead-acid หรือแบบ gel-cell นั้นสามารถที่จะจ่ายปริมาณไฟฟ้าในช่วงอัตรา 25-50% ของปริมาณความจุของแบตเตอรี่นั้นได้ แต่การอัดประจุอย่างรวดเร็ว นั้นจะทำให้แผ่นที่อยู่ภายในแบตเตอรี่โก่งงอ และไปรบกวนการทำงานของอิเล็กโทรไลต์

ระยะเวลาของการอัดประจุนั้นจะขึ้นอยู่กับประเภทของแบตเตอรี่ และอัตราการอัดประจุนั้นจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการคายประจุ เราไม่สามารถอัดประจุแบตเตอรี่ให้เร็วกว่าอัตราการคายประจุของแบตเตอรี่ได้ ถ้าหุ่นยนต์ของเราใช้กระแสไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องจนแบตเตอรี่หมดเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง โดยปกติแล้วระยะเวลาการอัดประจุแบตเตอรี่นั้นจะมากกว่าระยะเวลาในการคายประจุประมาณ 2-3 เท่า ดังรูปที่ 2.15 จะแสดงระยะเวลาในการอัดประจุและคายประจุของแบตเตอรี่แบบ lead-acid หรือ gel-cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 2.15** ระยะเวลาในการอัดประจุและคายประจุของแบตเตอรี่แบบ lead-acid หรือ gel-cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

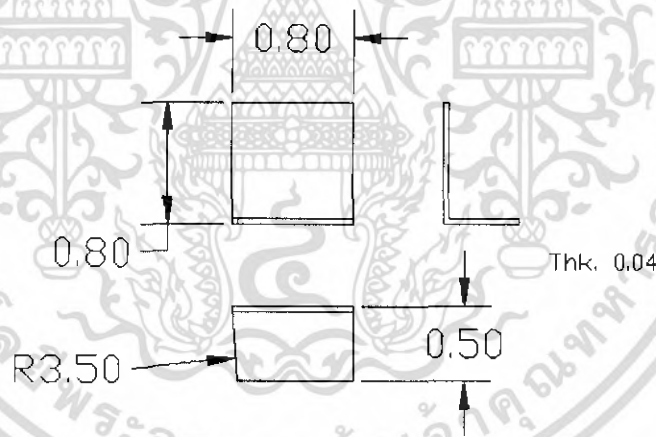
#### การคำนวณและการออกแบบสร้าง

##### 3.1 การออกแบบโครงสร้างตัวคูกระแสน้ำไหลวน

จากการศึกษา ทดลองและค้นคว้าข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับตัวคูกระแสน้ำไหลวนที่ผ่านมา ได้ทำการออกแบบตัวคูกระแสน้ำไหลวน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ติดกับตัวหุ่นยนต์ใต้น้ำ มีหน้าที่คอยยึดหุ่นยนต์ใต้น้ำติดกับผนังตามขนาดที่ผู้ค้นคว้าได้ทำการวิจัยไว้แล้ว

##### 3.1.1 ใบพัด

ทำการออกแบบขนาดพื้นที่ซึ่งใบพัด ที่จะใช้ในการกววนอากาศภายในตัวคูกระแสน้ำไหลวน เพื่อให้สร้างสภาวะความแตกต่างของความดันภายในได้อย่างเหมาะสม โดยซึ่งใบพัดแต่ละซี่ จะมีพื้นที่ 2.032 ซม. x 2.032 ซม. (0.8 นิ้ว x 0.8 นิ้ว) ซึ่งจะมีพื้นที่เท่ากับ 4.13 ตร.ซม. ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ซี่ใบพัดกววนอากาศภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการออกแบบขนาดพื้นที่ใบพัดแต่ละซี่แล้ว เราทำการออกแบบจำนวนใบพัดเพื่อใช้ในการสร้างสถานะความแตกต่างของความดันภายในได้อย่างเหมาะสม โดยใบพัดจะมีจำนวนซี่ใบพัด 16 ซี่ใบพัด และใบพัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 17.78 ซม. (7 นิ้ว) ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ใบพัด

### 3.1.2 มอเตอร์

ตัวควบคุมกระแสไหลวนมีกำลังขับของใบพัดจะมาจาก มอเตอร์ขนาด 9.4 โวลต์ ความเร็ว 14,000 รอบต่อนาที ผ่านชุดเฟืองทดขนาด 1 ต่อ 1.4 ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 มอเตอร์ขับใบพัดผ่านชุดเฟืองทด 1 ต่อ 1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.3 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่ใช้เป็นพลังงานของมอเตอร์ในการขับใบพัดกวนอากาศนั้น จากการออกแบบ ได้ทำการเลือกใช้แบตเตอรี่ แบบนิกเกิล – แคดเมียม หรือ “Ni-Cad” จะเป็นแบตเตอรี่ที่สามารถอัดประจุกลับมาใช้งานได้ใหม่

จากการออกแบบนั้น จะใช้ แบตเตอรี่ 8 เซลล์ ขนาด 9.6 โวลต์ 1000 มิลลิแอมแปร์ มาใช้เป็นแหล่งพลังงานของมอเตอร์ขับใบพัดกวนอากาศ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แบตเตอรี่ 8 เซลล์ ขนาด 9.6 โวลต์

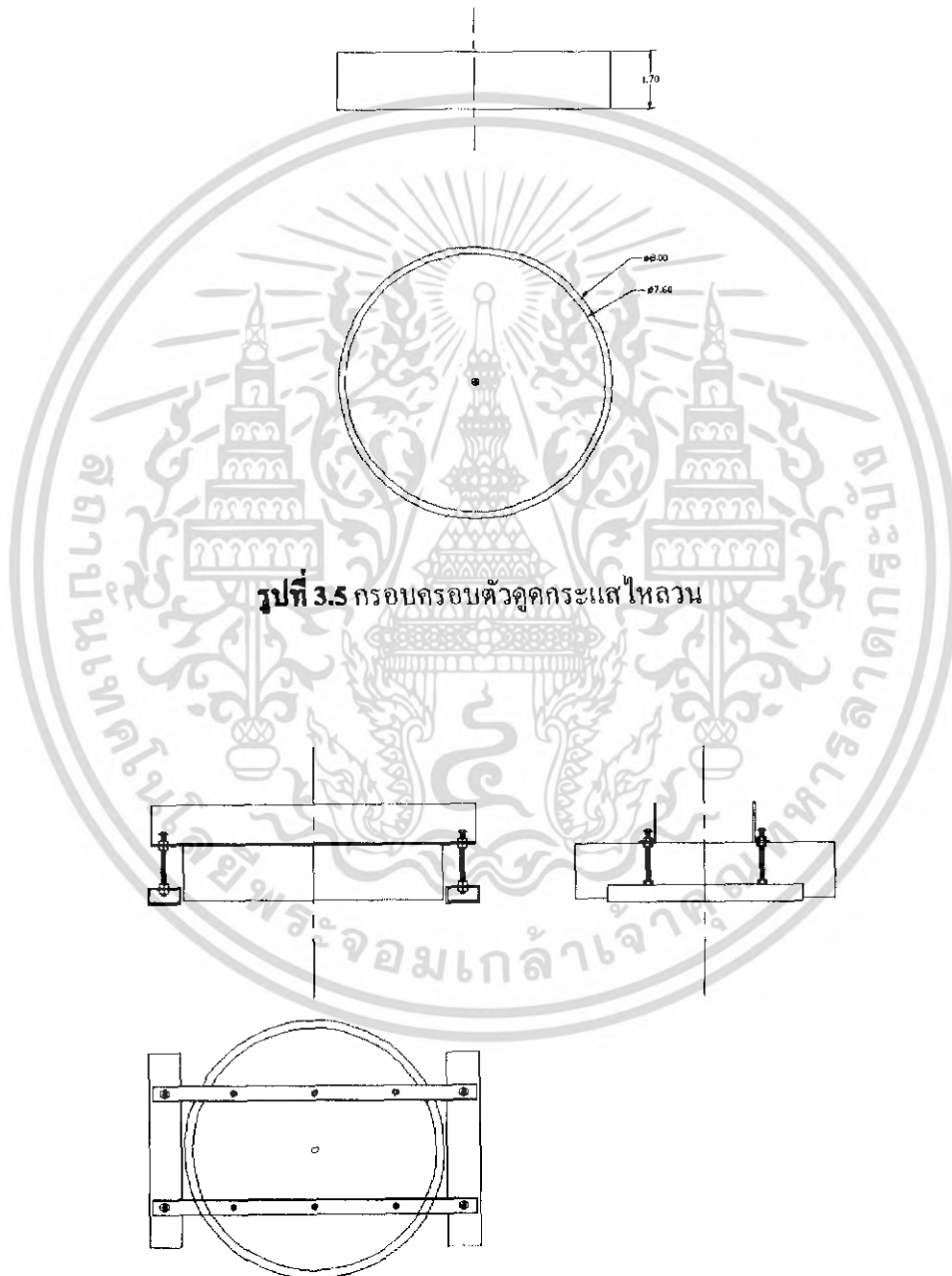
### 3.1.4 วงจรควบคุมความเร็วรอบใบพัดกวนอากาศ

บ่อยครั้งที่เราต้องการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปอย่างช้า ๆ หรือเคลื่อนที่ตามความเร็วที่เรากำหนด การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสนั้นมีหลายวิธี ซึ่งถ้าเราโชคดีจะสามารถหาไอซีที่ใช้ควบคุมความเร็วมอเตอร์ได้โดยตรง แต่ค่อนข้างจะหายาก

ก่อนที่จะศึกษาการควบคุมความเร็วมอเตอร์นั้น เราควรที่จะเรียนรู้การปรับความเร็วของมอเตอร์ก่อน โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ ถึงแม้ว่าวิธีการนี้จะใช้ได้ผลอย่างแน่นอน แต่จะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามาก การปรับค่าความต้านทานให้ลดลงจะทำให้ความเร็วของมอเตอร์ลดลงด้วย และจะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้นี้มากจนเกินไป ทำให้ตัวต้านทานร้อน และกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ก็จะลดลงอย่างผิดปกติ

### 3.1.5 ชุดตัวตุ้ดกระแเสไหลวน

ทำการออกแบบกรอบครอบตัวตุ้ดกระแเสไหลวน ซึ่งประกอบไปด้วย โครงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว สูง 1.7 นิ้ว ดังรูปที่ 3.5

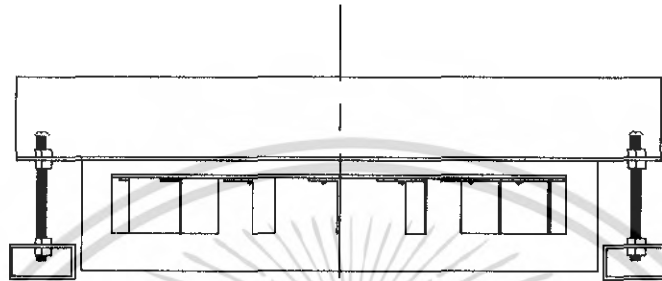


รูปที่ 3.5 กรอบครอบตัวตุ้ดกระแเสไหลวน

รูปที่ 3.6 โครงค้ำยัน

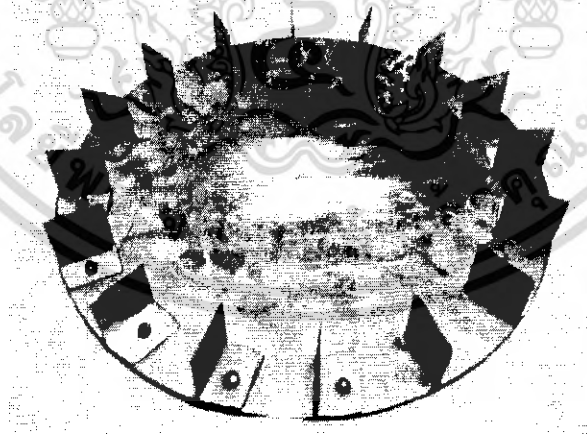
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.6 ทำการออกแบบโครงค้ำยันเพื่อยึดติดกับกรอบครอบ ซึ่งจะช่วยให้ความมั่นคง และแข็งแรง ในการทดสอบตัวคูดกระแสไหลวนในการยึดติดกับผนัง



**รูปที่ 3.7** ภาพประกอบ ตัวคูดกระแสไหลวน

ในการสร้างตัวคูดกระแสไหลวนต้นแบบขึ้น โดยใช้วัสดุแผ่นอลูมิเนียมหนา 1 มิลลิเมตร หรือ 0.04 นิ้ว ในการทำ ซึ่งใบพัด ใบพัด กรอบครอบและ โครงยึด โดยมีรายละเอียด ดังรูปที่ 3.8 และ รูปที่ 3.9 จะแสดงตัวคูดกระแสไหลวนต้นแบบ



**รูปที่ 3.8** ใบพัดคววนอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ตัวควบคุมแสงไหลวน

### 3.2 การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ไต่ผนัง

ทำการออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ไต่ผนัง โดยมีการเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระได้ทุกทิศทาง มีสภาพความคล่องตัว และสามารถเคลื่อนที่ไปได้ในพื้นที่ผิวทุกรูปแบบ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึง โมเมนต์ (Moment) เนื่องจากขณะในการยึดเกาะ หรือเคลื่อนที่ จะต้องมีความเหมาะสมในเรื่องของความสมดุลของหุ่นยนต์ไต่ผนัง นอกจากนี้ ยังจะต้องคำนึงถึงการวางตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีน้ำหนักมากบนตัวหุ่นยนต์ไต่ผนัง และจะต้องกระจายน้ำหนักให้เกิดความเหมาะสมมากที่สุด

#### 3.2.1 มอเตอร์

หุ่นยนต์ไต่ผนัง จะเคลื่อนที่ด้วยล้อนั้นจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจำนวน 4 ตัว ค้วละ 1 ล้อ ซึ่งจะทำการต่อมอเตอร์ตรงกับเพลาล้อ เป็นตัวขับเคลื่อน ตำแหน่งของมอเตอร์จะติดอยู่บนทั้ง 4 ของหุ่นยนต์ไต่ผนัง และมอเตอร์ที่เลือกใช้นั้นมีขนาด 12 โวลต์ มีความเร็วรอบ เท่ากับ 30 รอบต่อนาที โดยสามารถทำการติดตั้งมอเตอร์กับโครงหุ่นยนต์ไต่ผนัง โดยยึดให้แน่นด้วยน็อต ดังรูปที่ 3.10



**รูปที่ 3.10** มอเตอร์ขับเคลื่อน ความเร็วรอบ 30 รอบต่อวินาที 1.44 วัตต์

### 3.2.2 แบตเตอรี่

แหล่งพลังงานของมอเตอร์ในการเคลื่อนที่นั้น ได้ทำการเลือกใช้แบตเตอรี่ แบบนิกเกิล – แคดเมียม หรือ “Ni-Cad” จะเป็นแบตเตอรี่ที่สามารถอัดประจุกลับมาใช้งานได้ใหม่

จากการออกแบบนั้น จะใช้ แบตเตอรี่ 10 เซลล์ ขนาด 12 โวลต์ 700 มิลลิแอมป์ มาใช้เป็นแหล่งพลังงานของมอเตอร์ 4 ตัว ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ใต้น้ำ ดังรูปที่ 3.11



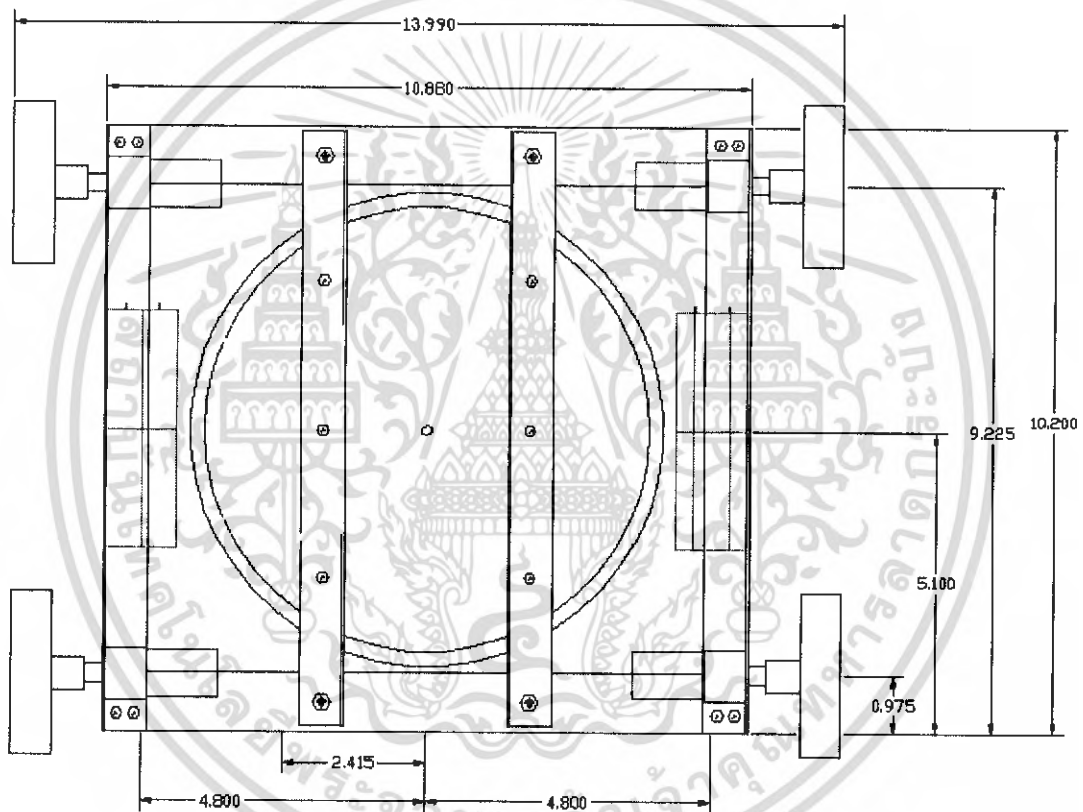
**รูปที่ 3.11** แบตเตอรี่ นิกเกิล – แคดเมียม 10 เซลล์ ขนาด 12 โวลต์ 700 มิลลิแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 โครงสร้างหุ่นยนต์ไต่ผนัง

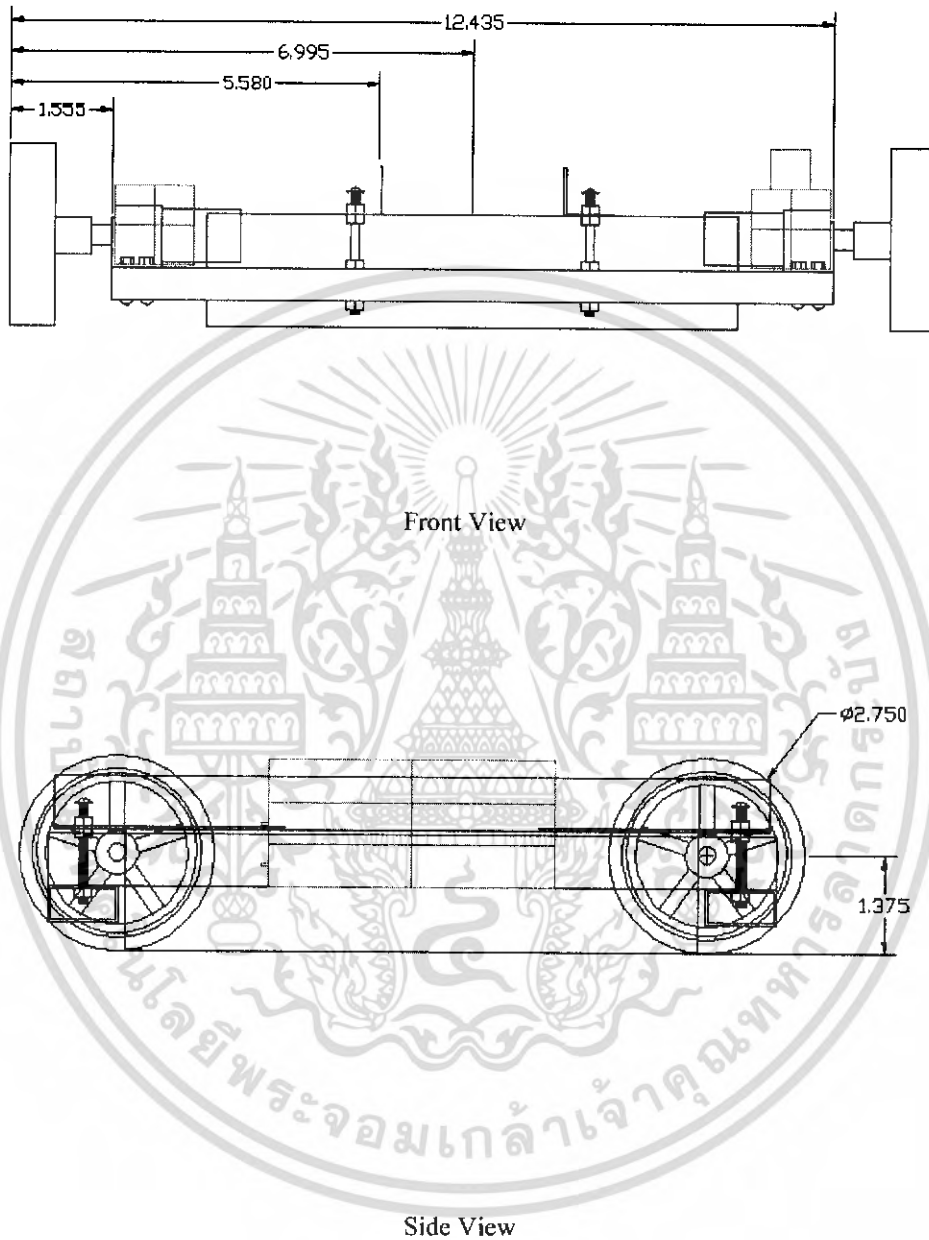
ทำการออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ไต่ผนัง ต้องคำนึงถึง โมเมนต์ (Moment) เนื่องจาก ณ สภาวะในการยึดเกาะ หรือเคลื่อนที่จะต้องมีความเหมาะสมในเรื่องของความสมดุลของหุ่นยนต์ไต่ผนัง

โครงสร้างหุ่นยนต์ไต่ผนัง จะใช้วัสดุอลูมิเนียม หนา 1 มิลลิเมตร หรือ 0.04 นิ้ว โดยทำการออกแบบ ดังรูปที่ 3.12



Top View

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



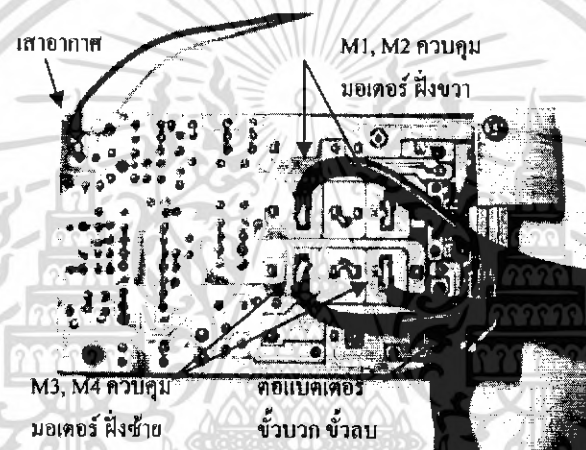
รูปที่ 3.12 แบบโครงสร้างหุ่นยนต์ไต่ผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ไต่ผนัง

ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไต่ผนัง จะเป็นการดัดแปลงชุดควบคุมด้วยคลื่นวิทยุที่ ออกแบบมาสำหรับ รถถัง หรือรถ 4WD ที่เหมาะสำหรับนำมาใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ไต่ผนัง ชุดรับ - ส่งวิทยุบังคับออกแบบมาสำหรับนักเรียนวิทยุบังคับ จึงมีราคาแพง และระยะโดยเฉลี่ยในการ บังคับด้วยคลื่นวิทยุนี้จะอยู่ที่ประมาณ 1/4 ไมล์

รถถังบังคับด้วยวิทยุส่วนใหญ่จะใช้การทำงานของระบบควบคุมแบบสัดส่วน (digital proportional) ในการควบคุมมอเตอร์ 2 ตัว ทั้งในเรื่องการเคลื่อนที่ และการเปลี่ยนทิศทาง ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แผงวงจรควบคุมการเคลื่อนที่



รูปที่ 3.14 เครื่องควบคุมวิทยุบังคับ

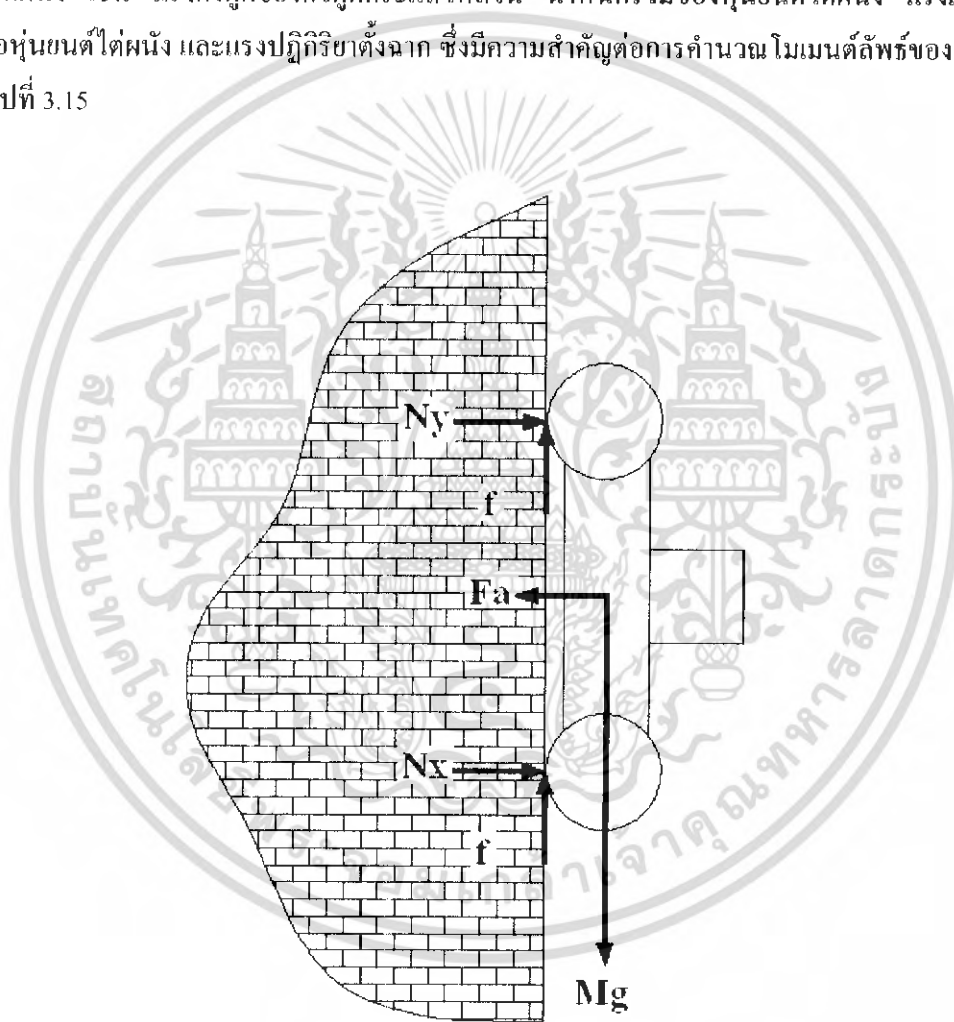
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การคำนวณความสมดุลของหุ่นยนต์ไต่ผนัง

#### 3.3.1 วิเคราะห์แรงกระทำอิสระของหุ่นยนต์ไต่ผนัง

การออกแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไต่ผนัง จะต้องคำนึงถึงความสมดุลในการยึดเกาะและเคลื่อนที่บนผนัง เพื่อให้หุ่นยนต์ไต่ผนังสามารถเกาะ และเคลื่อนที่บนผนังได้อย่างเสถียรภาพ

ด้วยเหตุนี้ ความสมดุลของหุ่นยนต์ไต่ผนังจะต้องทำการวิเคราะห์แรงอิสระต่าง ๆ ที่กระทำต่อหุ่นยนต์ไต่ผนัง เช่น แรงดึงดูดของตัวตุ้ดกระแสไหลวน น้ำหนักรวมของหุ่นยนต์ไต่ผนัง แรงเสียดทานที่กระทำต่อหุ่นยนต์ไต่ผนัง และแรงปฏิกิริยาดังฉาก ซึ่งมีความสำคัญต่อการคำนวณ โมเมนต์ลัพธ์ของหุ่นยนต์ไต่ผนัง ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แรงกระทำอิสระที่กระทำกับหุ่นยนต์ไต่ผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 โมเมนต์ของหุ่นยนต์ไต่ผนัง

โมเมนต์ (Moment) ของแรงรอบจุดหรือแกนเป็นการวัดแนวโน้มของวัตถุที่จะหมุนรอบจุดหรือหมุนรอบแกนไปทิศทางใด ผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับระยะทางจากจุดหมุนไปตั้งฉากกับแนวแรง เรียกว่า โมเมนต์ของแรง (Moment)

$$M_{R_0} = \Sigma Fd$$

จากรูปที่ 3.15 แรงกระทำอิสระต่าง ๆ ที่กระทำต่อหุ่นยนต์ไต่ผนัง จะสามารถคำนวณหาโมเมนต์ลัพธ์ เพื่อที่จะทราบถึงความสมดุลในการยึดเกาะและ การเคลื่อนที่

รายละเอียดของแรงกระทำอิสระต่าง ๆ

1) แรงดึงดูดของตัวตุ้ดกระแสไหลวน (Fa)	28.449 นิวตัน
2) น้ำหนักรวมของหุ่นยนต์ไต่ผนัง (Mg)	12.724 นิวตัน
3) แรงปฏิกิริยาตั้งฉาก จากเพดาน	3.931 นิวตัน

เมื่อเราพิจารณาการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (ผนัง) จากรูปที่ 3.15 ระยะทางตั้งฉากระหว่างจุดหมุนกับ น้ำหนักรวมของหุ่นยนต์ไต่ผนัง หาได้จากแรงกระทำอิสระต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ไต่ผนัง ดังนี้

พิจารณาใน แนวแกน Y ให้  $X_i$  คือระยะห่างของแรงแต่ละแรงจากแนวแกน Y

$$X \Sigma F_{Total} = \Sigma F_i X_i$$

$$X(M_{หุ่นยนต์ไต่ผนัง}) = (M_{1กรง})(X_1) + (M_{ตัวตุ้ด})(X_2) + 4(M_{ล้อ} + M_{มอเตอร์})(X_3) + 2(M_{แขนเดือว์})(X_4) + (M_{มอเตอร์หัว})(X_5)$$

$$X(1.297) = (0.1)(0.647) + (0.056)(0.85) + 4(0.04 + 0.070)(1.375) + 2(0.22)(1.5375) + (0.14)(3.27)$$

$$1.297X = 0.0647 + 0.047 + 0.605 + 0.676 + 0.458$$

$$X = 1.433 \text{ นิ้ว (3.64 ซม.)}$$

เมื่อเราทราบระยะทางตั้งฉากระหว่างผนังกับแนวน้ำหนักของหุ่นยนต์ ดังนั้นจะสามารถหาแรงปฏิกิริยาตั้งฉากในแนวตั้งได้ (ผนัง) จากรูปที่ 3.16 แสดงการหาโมเมนต์ของหุ่นยนต์ไต่ผนัง โดยการกำหนดจุดหมุน  $O_a$  เพื่อหาแรงปฏิกิริยาตั้งฉาก  $N_x$  ดังนี้

$$\Sigma M_{O_a} = 0$$

$$0 = \Sigma M_{ทวนเข็มนาฬิกา} - \Sigma M_{ตามเข็มนาฬิกา}$$

$$0 = (N_x)(8.25) - Fa(4.125) - Mg(1.433)$$

$$0 = (N_x)(8.25) - (28.449)(4.125) - (12.724)(1.433)$$

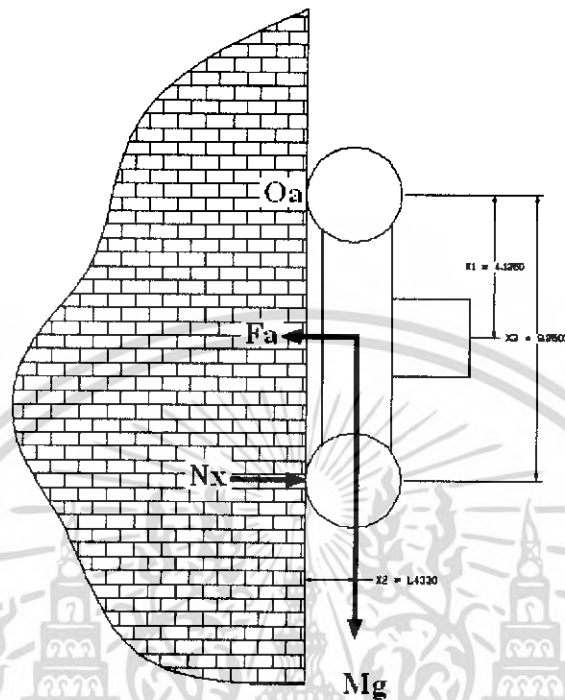
$$N_x = 16.43 \text{ นิวตัน}$$

$$\text{ดังนั้น } \Sigma F_x = N_x + N_y - Fa$$

$$N_y = 28.449 - 16.43$$

$$= 12.019 \text{ นิวตัน}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 หาแรงปฏิกิริยาดังฉาก  $N_x$

เมื่อเราทราบค่าแรงปฏิกิริยาดังฉากในแนวตั้งแล้ว จะทำให้เราสามารถออกแบบค่า  $\mu$  ของวัสดุที่ใช้ในการทำล้อของหุ่นยนต์ไต่ผนัง เพื่อที่จะสร้างแรงเสียดทานในการยึดติดกับผนังได้ ดังนี้หาแรง

“แรงเสียดทาน ต้องมากกว่าเท่ากับ น้ำหนักของหุ่นยนต์ไต่ผนัง”

$$f = Mg$$

$$\mu(N_y) + (N_x) = Mg$$

$$\mu((12.019) + (16.43)) = (1.297)(9.81)$$

$$\mu = 0.447$$

จากการออกแบบหุ่นยนต์ไต่ผนัง เราจะสามารถเคลื่อนที่บนผนังได้ก็ต่อเมื่อใช้วัสดุในการทำล้อเคลื่อนที่ โดยที่จะต้องมี  $\mu$  มากกว่าเท่ากับ 0.477 เป็นค่าซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์ไต่ผนังสามารถยึดเกาะและเคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 พลังงานการใช้งาน

#### 3.4.1 จำนวนพลังงานการใช้งาน

ในแหล่งจ่ายพลังงานของหุ่นยนต์ไต้ผิ้งนั้น จะใช้แบตเตอรี่ นิกเกิล – แคดเมียม ซึ่งมีขนาด 8 เซลล์ 1,000 มิลลิแอมแปร์-ชั่วโมง และ 9.6 โวลต์ โดยพื้นฐานแล้วแบตเตอรี่จะสามารถให้กระแสไฟฟ้าภายในหนึ่ง ชั่วโมงก่อนที่แบตเตอรี่นั้นจะไม่มีพลังงานไฟฟ้าเหลืออยู่ ถ้าแบตเตอรี่นั้นมีความจุ เท่ากับ 1 แอมแปร์-ชั่วโมง (ใช้สัญลักษณ์ “Ah”) จะสามารถให้กระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 1 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

จากการทดลองการขณะกำลังทำงานของหุ่นยนต์ไต้ผิ้ง ได้ทำการวัดค่า กระแสไฟฟ้า และค่าความต่างศักย์ ขณะใช้งานได้ ดังนี้

กระแสไฟฟ้า	0.8	A-h
ค่าความต่างศักย์	9.6	Volt
กำลัง	7.68	Watt

จากการทำงานจริง หุ่นยนต์ไต้ผิ้งนี้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยรับพลังงานจากแหล่งพลังงานแบตเตอรี่ 8 เซลล์ 1 mA-h และ 9.6 โวลต์ ซึ่งจะสามารถทำงานได้นานประมาณ 4 นาที 20 วินาที

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 ทดลองตัวดูดกระแสไหลวน (Vortex Attractor)

##### 4.1.1 ทดลองประสิทธิภาพของใบพัดในลักษณะต่างๆ

จากการออกแบบใบพัดกวนอากาศข้างต้น จึงได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของใบพัดกวนอากาศ เพื่อให้ได้ใบพัดกวนอากาศที่มีประสิทธิภาพ ในการสร้างสภาวะความแตกต่างของความดันมากที่สุด

โดยทำการทดสอบใบพัดกวนอากาศ ซึ่งจะมีเนื้อที่ของซี่ใบพัดและจำนวนซี่ใบพัดที่แตกต่างกัน ทั้งหมด 9 แบบ โดยมีมาตรฐานที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว และถ้วยครอบเดียวกัน

การทดสอบ โดยทำการควบคุมใบพัดกวนอากาศให้ทำงานในความเร็วรอบที่ค่าหนึ่ง ทั้งหมดทั้ง 9 แบบ โดยใช้ DC Power Supply ในการป้อนกระแสไฟฟ้าเพื่อปรับความเร็วรอบของใบพัดกวนอากาศ และใช้ tachometer ในการวัดความเร็วรอบของใบพัดให้คงที่และสม่ำเสมอ ดังรูปที่ 4.1 เพื่อที่เราจะได้ทราบถึงประสิทธิภาพในการสร้างสภาวะกระแสไหลวนของใบพัดแต่ละแบบ เพื่อให้ได้ใบพัดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

##### อุปกรณ์การทดลอง

- 1) ตัวดูดกระแสไหลวน

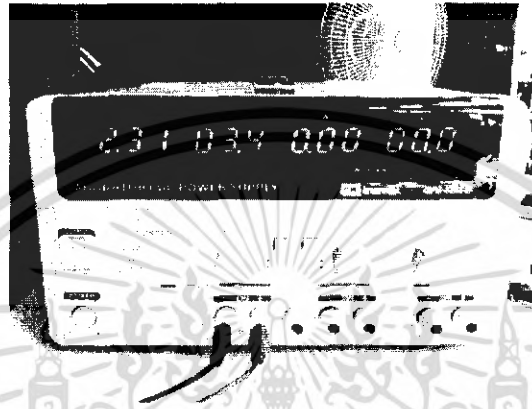


รูปที่ 4.1 ตัวดูดกระแสไหลวน

## 2) DC Power Supply

เป็นแหล่งให้กระแสไฟฟ้ากับมอเตอร์ และสามารถปรับกระแสไฟฟ้าเพื่อได้ความเร็วรอบค่า ๆ หนึ่ง

ได้



รูปที่ 4.2 DC Power Supply

## 3) Tachometer

เป็นเครื่องวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ เพื่อทราบความเร็วรอบที่ต้องการทดลอง



รูปที่ 4.3 Tachometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

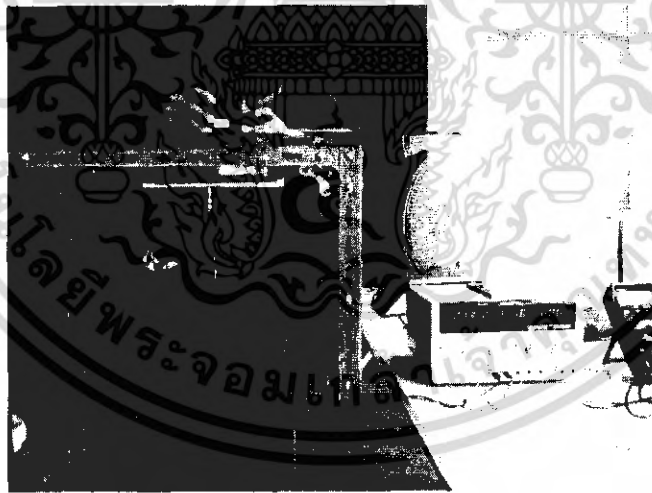
## 4) เครื่องชั่งน้ำหนัก

ใช้ชั่งน้ำหนักของน้ำในการทดลอง เพื่อที่จะทราบถึงขนาดของแรงดึงของใบพัดแต่ละแบบ



รูปที่ 4.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก

## 5) ชุดการทดลอง

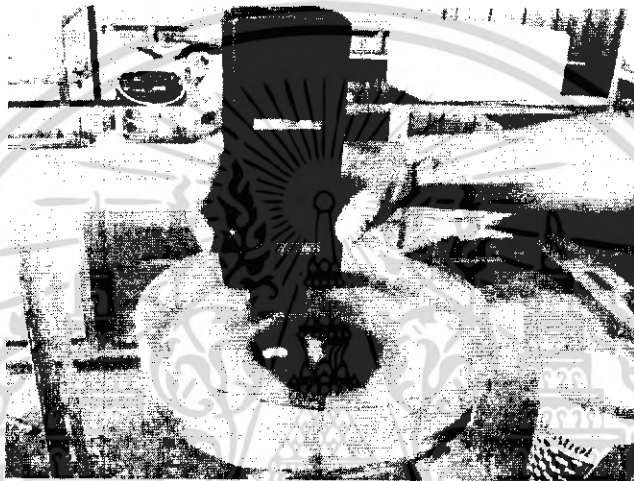


รูปที่ 4.5 ชุดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ขั้นตอนการทดลอง

- 1) ทำการป้อนกระแสไฟฟ้าจาก DC Power Supply ให้กับมอเตอร์ขับใบพัดเพื่อทวนอากาศให้เกิดสภาวะกระแสไหลวน ซึ่งจะสร้างแรงดูดยึดติดกับกระจก
- 2) ทำการปรับความเร็วรอบ โดยการเพิ่มกระแสไฟฟ้าจาก DC Power Supply ให้ได้ความเร็วรอบค่าหนึ่ง และใช้ Tachometer ในการวัดความเร็วรอบของใบพัด ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงการวัดความเร็วรอบของใบพัดทวนอากาศ

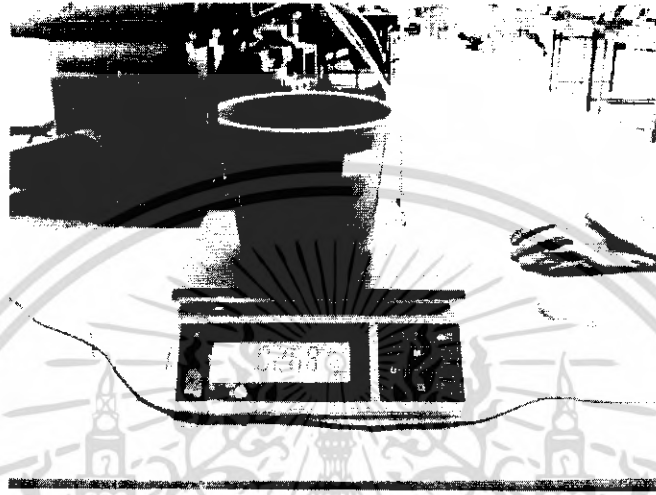
- 3) ทำการเติมน้ำลงในถังเสมือนแรงดึงดูดกับตัวดูดกระแสไหลวน เพื่อจะได้ทราบถึงความสามารถในการรับภาระของตัวดูดกระแสไหลวน ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ทำการเติมน้ำเสมือนแรงดึงดูดตัวดูดกระแสไหลวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เมื่อได้น้ำหนักค่าหนึ่งของการรับภาระสูงสุดของตัวคูดกระแสนไหลวนแล้ว นำถังน้ำไปชั่งน้ำหนัก เพื่อทราบแรงดึงที่กระทำ ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 เครื่องชั่งน้ำหนัก

5) ทำการบันทึกค่า แรงดึงที่กระทำกับตัวคูดกระแสนไหลวน ค่าการเสียดไฟฟ้า และค่าความต่างศักย์ ของใบพัดแต่ละแบบ แต่ละความเร็ว

6) จากนั้นทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนขนาดของใบพัด และความเร็วรอบที่กำหนดไว้ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 ผลการทดลองประสิทธิภาพของใบพัดในลักษณะต่างๆ

จากการทดลองถึงประสิทธิภาพของใบพัดคววนอากาศทั้งหมด 9 แบบ ผลการทดลองมีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

ความเร็วรอบใบพัด 3250 รอบต่อนาที					
ขนาดซี่ใบพัด (นิ้วนิ้ว)	จำนวนใบพัด (ใบ)	น้ำหนักที่รับได้ (กิโลกรัม)	น้ำหนักเฉลี่ย (กิโลกรัม)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	ความดันตักซ์ (โวลต์)
0.7 x 0.8	16	0.387	0.383	2.48	3.7
		0.382			
		0.381			
	12	0.367	0.366	2.42	3.7
		0.369			
		0.363			
	8	0.316	0.311	2.29	3.7
		0.308			
		0.309			
0.8 x 0.8	16	0.399	0.400	2.65	3.8
		0.400			
		0.402			
	12	0.394	0.385	2.38	3.8
		0.373			
		0.388			
	8	0.333	0.331	2.31	3.8
		0.332			
		0.329			
0.9 x 0.8	16	0.39	0.390	2.55	3.8
		0.388			
		0.392			
	12	0.389	0.391	2.43	3.8
		0.399			
		0.384			
	8	0.347	0.343	2.34	3.8
		0.339			
		0.344			

**ตารางที่ 4.1** ผลการทดลอง ประสิทธิภาพตัวดูดกระแสไหลวน  
ความเร็วรอบ 3250 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองประสิทธิภาพตัวดูดกระแสไหลวน					
ขนาดขีปนาคัด (นิ้วนิ้ว)	จำนวนขีปนาคัด (ใบ)	น้ำหนักที่รับได้ (กิโลกรัม)	น้ำหนักเฉลี่ย (กิโลกรัม)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	ความต่างศักย์ (โวลต์)
0.7 x 0.8	16	0.502	0.493	2.76	4
		0.491			
		0.485			
	12	0.463	0.467	2.73	4
		0.459			
		0.478			
	8	0.419	0.423	2.59	4
		0.417			
		0.433			
0.8 x 0.8	16	0.514	0.503	3.06	4.1
		0.492			
		0.504			
	12	0.498	0.490	2.7	4.1
		0.484			
		0.487			
	8	0.441	0.445	2.61	4.1
		0.442			
		0.451			
0.9 x 0.8	16	0.488	0.478	2.88	4.1
		0.471			
		0.474			
	12	0.492	0.493	2.73	4.1
		0.499			
		0.489			
	8	0.457	0.457	2.67	4.1
		0.454			
		0.461			

**ตารางที่ 4.2** ผลการทดลอง ประสิทธิภาพตัวดูดกระแสไหลวน  
ความเร็วรอบ 3500 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

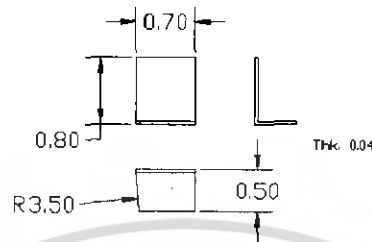
ผลการทดลองประสิทธิภาพตัวดูดกระแสไหลวน					
ขนาดใบพัด (นิ้ว×นิ้ว)	จำนวนใบพัด (ใบ)	น้ำหนักที่รับได้ (กิโลกรัม)	น้ำหนักเฉลี่ย (กิโลกรัม)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	ความต่างศักย์ (โวลต์)
0.7 x 0.8	16	0.649	0.618	3.14	4.3
		0.618			
		0.588			
12	12	0.594	0.594	3.03	4.2
		0.593			
		0.596			
8	8	0.55	0.542	2.9	4.3
		0.541			
		0.534			
0.8 x 0.8	16	0.639	0.641	3.29	4.7
		0.643			
		0.642			
12	12	0.593	0.630	3.04	4.4
		0.600			
		0.697			
8	8	0.558	0.558	2.93	4.3
		0.556			
		0.561			
0.9 x 0.8	16	0.574	0.604	3.27	4.4
		0.613			
		0.624			
12	12	0.639	0.638	3.09	4.4
		0.637			
		0.638			
8	8	0.615	0.591	3.03	4.4
		0.581			
		0.578			

**ตารางที่ 4.3** ผลการทดลอง ประสิทธิภาพตัวดูดกระแสไหลวน  
ความเร็วรอบ 3750 รอบต่อนาที

จากตารางข้างต้น สามารถแสดงคุณลักษณะการออกแบบ และประสิทธิภาพของใบพัดตัวดูดกระแสไหลวนทั้ง 9 แบบ จากผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 1



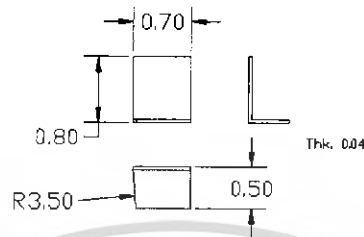
รูปที่ 4.9 ใยพัดกวอากาศ แบบที่ 1

แบบที่ 1	
จำนวนใยพัด (n)	8
พื้นที่ของซี่ใยพัด ( $A, \text{cm}^2$ )	3.61
น้ำหนัก (g)	42.5
แรงกด (kg) ที่ความเร็วรอบ ที่ 3250 rpm at 2.29A 3.7V	0.311
3500 rpm at 2.59A 4.0V	0.423
3750 rpm at 2.90A 4.3V	0.541

#### ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองของใยพัดกวอากาศ แบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 2



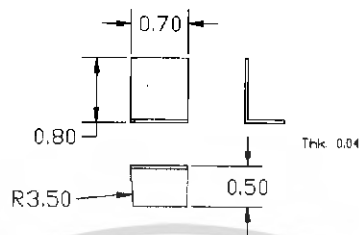
รูปที่ 4.10 ไบพัดกวนอากาศ แบบที่ 2

แบบที่ 2	
จำนวนไบพัด (n)	12
พื้นที่ของซี่ไบพัด ( $A, \text{cm}^2$ )	3.61
น้ำหนัก (g)	45.5
แรงกด (kg) ที่ความเร็วรอบ ที่ 3250 rpm at 2.42A 3.7V	0.366
3500 rpm at 2.73A 4.0V	0.467
3750 rpm at 3.03A 4.2V	0.594

#### ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองของไบพัดกวนอากาศ แบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 3



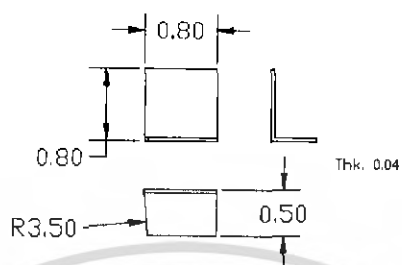
รูปที่ 4.11 ใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 3

แบบที่ 3	
จำนวนใบพัด (n)	16
พื้นที่ของซี่ใบพัด ( $A, \text{cm}^2$ )	3.61
น้ำหนัก (g)	48.6
แรงกด (kg) ที่ความเร็วรอบ ที่ 3250 rpm at 2.48A 3.7V	0.383
3500 rpm at 2.76A 4.0V	0.493
3750 rpm at 3.14A 4.3V	0.608

#### ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองของใบพัดกวนอากาศ แบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบที่ 4



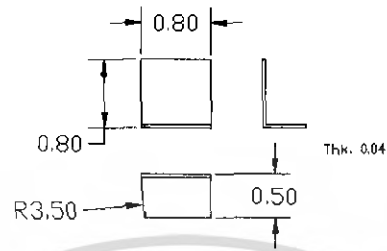
รูปที่ 4.12 ใยพัดกวอนอากาศ แบบที่ 4

แบบที่ 4	
จำนวนใยพัด (n)	8
พื้นที่ของซี่ใยพัด ( $A, \text{cm}^2$ )	4.13
น้ำหนัก (g)	42.8
แรงกด (kg) ที่ความเร็วรอบ ที่ 3250 rpm at 2.31A 3.7V	0.333
3500 rpm at 2.61A 4.0V	0.442
3750 rpm at 2.93A 4.3V	0.557

## ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองของใยพัดกวอนอากาศ แบบที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบที่ 5



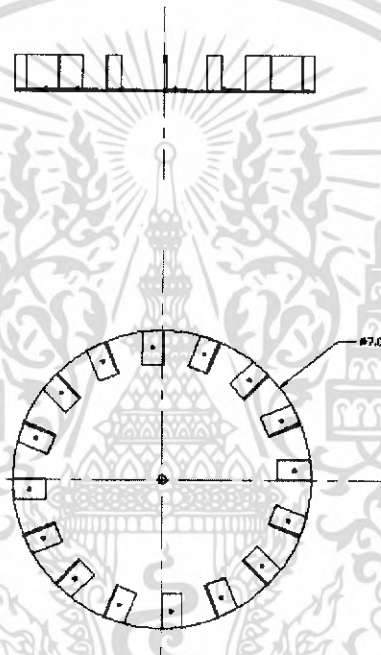
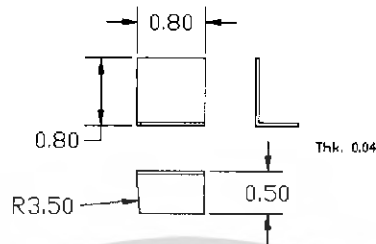
รูปที่ 4.13 ใบกวนอากาศ แบบที่ 5

แบบที่ 5	
จำนวนใบกวน (n)	12
พื้นที่ของซี่ใบกวน ( $A, \text{cm}^2$ )	4.13
น้ำหนัก (g)	47.0
แรงกด (kg) ที่ความเร็วรอบ ที่ 3250 rpm at 2.38A 3.8V	0.385
3500 rpm at 2.70A 4.1V	0.493
3750 rpm at 3.04A 4.4V	0.597

## ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองของใบกวนอากาศ แบบที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบที่ 6



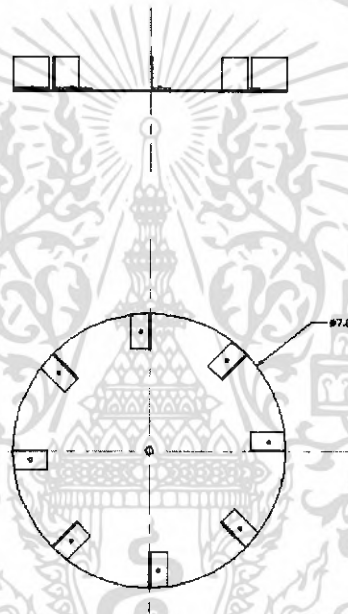
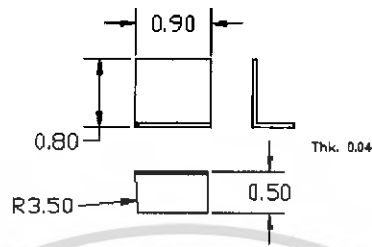
รูปที่ 4.14 ใบบัดกวนอากาศ แบบที่ 6

แบบที่ 6	
จำนวนใบบัด (n)	16
พื้นที่ของซี่ใบบัด ( $A, \text{cm}^2$ )	4.13
น้ำหนัก (g)	56.1
แรงกด (kg) ที่ความเร็วรอบ ที่ 3250 rpm at 2.65A 3.8V	0.399
3500 rpm at 3.06A 4.3V	0.503
3750 rpm at 3.29A 4.7V	0.642

## ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดลองของใบบัดกวนอากาศ แบบที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบที่ 7



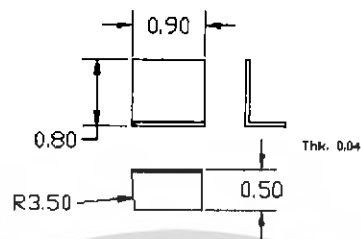
รูปที่ 4.15 ใบพัดคววนอากาศ แบบที่ 7

แบบที่ 7	
จำนวนใบพัด (n)	8
พื้นที่ของซี่ใบพัด ( $A, \text{cm}^2$ )	4.65
น้ำหนัก (g)	43.3
แรงกด (kg) ที่ความเร็วรอบ ที่ 3250 rpm at 2.34A 3.8V	0.343
3500 rpm at 2.67A 4.1V	0.459
3750 rpm at 3.03A 4.4V	0.591

## ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดลองของใบพัดคววนอากาศ แบบที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบที่ 8



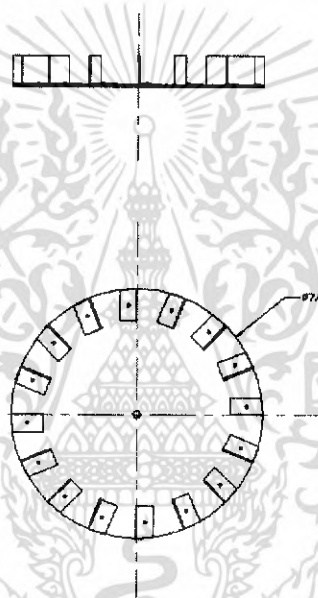
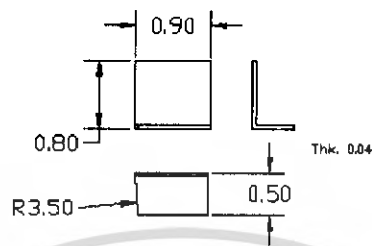
รูปที่ 4.16 ใบพัดคววนอากาศ แบบที่ 8

แบบที่ 8	
จำนวนใบพัด (n)	12
พื้นที่ของซี่ใบพัด ( $A, \text{cm}^2$ )	4.65
น้ำหนัก (g)	47.6
แรงกด (kg) ที่ความเร็วรอบ ที่ 3250 rpm at 2.34A 3.8V	0.394
3500 rpm at 2.67A 4.1V	0.496
3750 rpm at 3.03A 4.4V	0.638

## ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดลองของใบพัดคววนอากาศ แบบที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบที่ 9



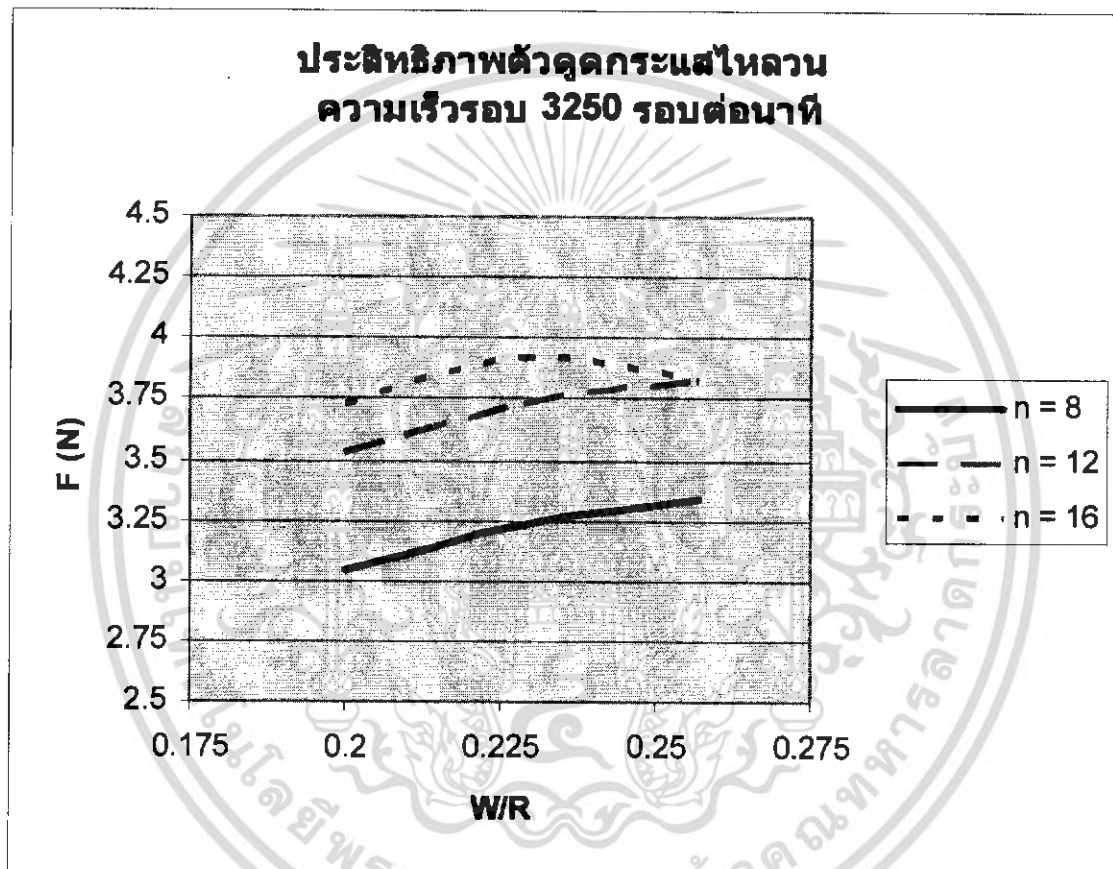
รูปที่ 4.17 ไบพีดกลวนอากาศ แบบที่ 9

แบบที่ 9	
จำนวนไบพีด (n)	9
พื้นที่ของซี่ไบพีด ( $A, \text{cm}^2$ )	4.65
น้ำหนัก (g)	51.2
แรงกด (kg) ที่ความเร็วรอบ ที่ 3250 rpm at 2.55A 3.8V	0.399
3500 rpm at 2.88A 4.1V	0.480
3750 rpm at 3.27A 4.4V	0.604

## ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดลองของไบพีดกลวนอากาศ แบบที่ 9

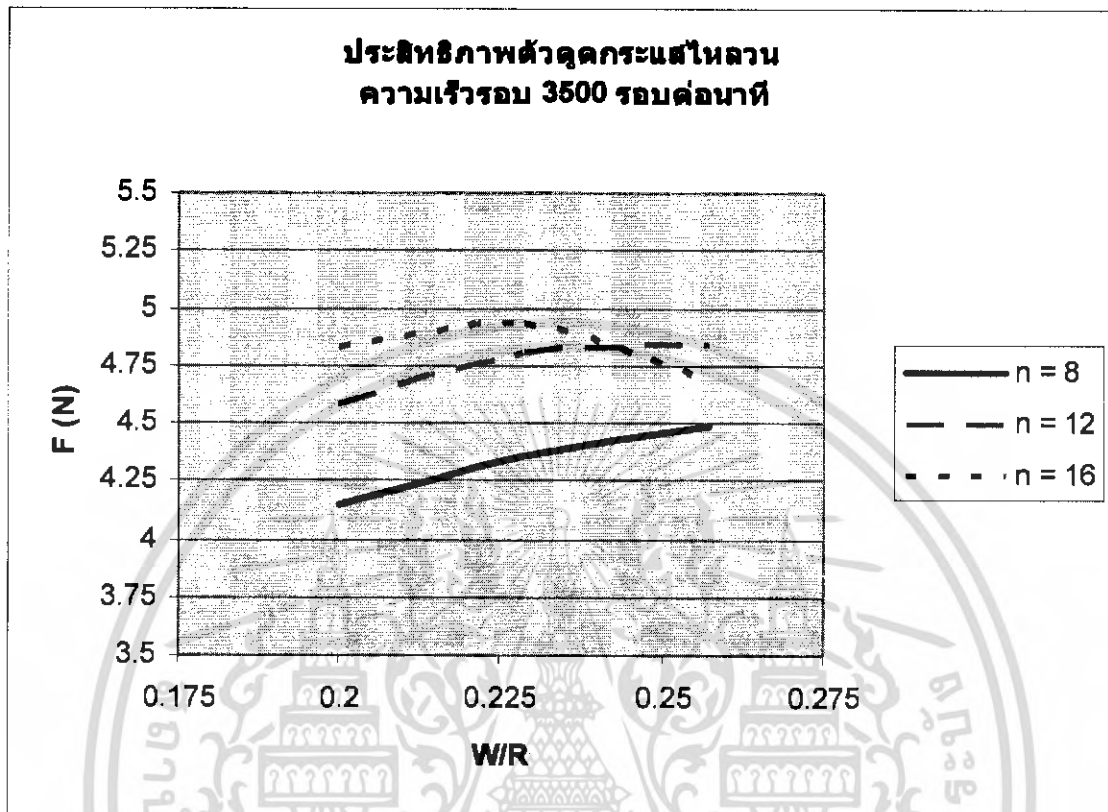
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สรุปผลการทดลอง** จากตารางการทดลองข้างต้นถึงประสิทธิภาพของตัวดูดกระแสไหลวน สำหรับใบพัดในแบบต่าง ๆ ทั้ง 9 แบบ สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของใบพัด ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ กัน โดยกราฟจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดูด (F) หน่วยเป็น นิวตัน กับความกว้างของซี่ใบพัดต่อรัศมีใบพัด (W/R ซึ่งค่า R = 8.89 ซม. (3.5 นิ้ว)) นั้นๆ ได้ดังต่อไปนี้



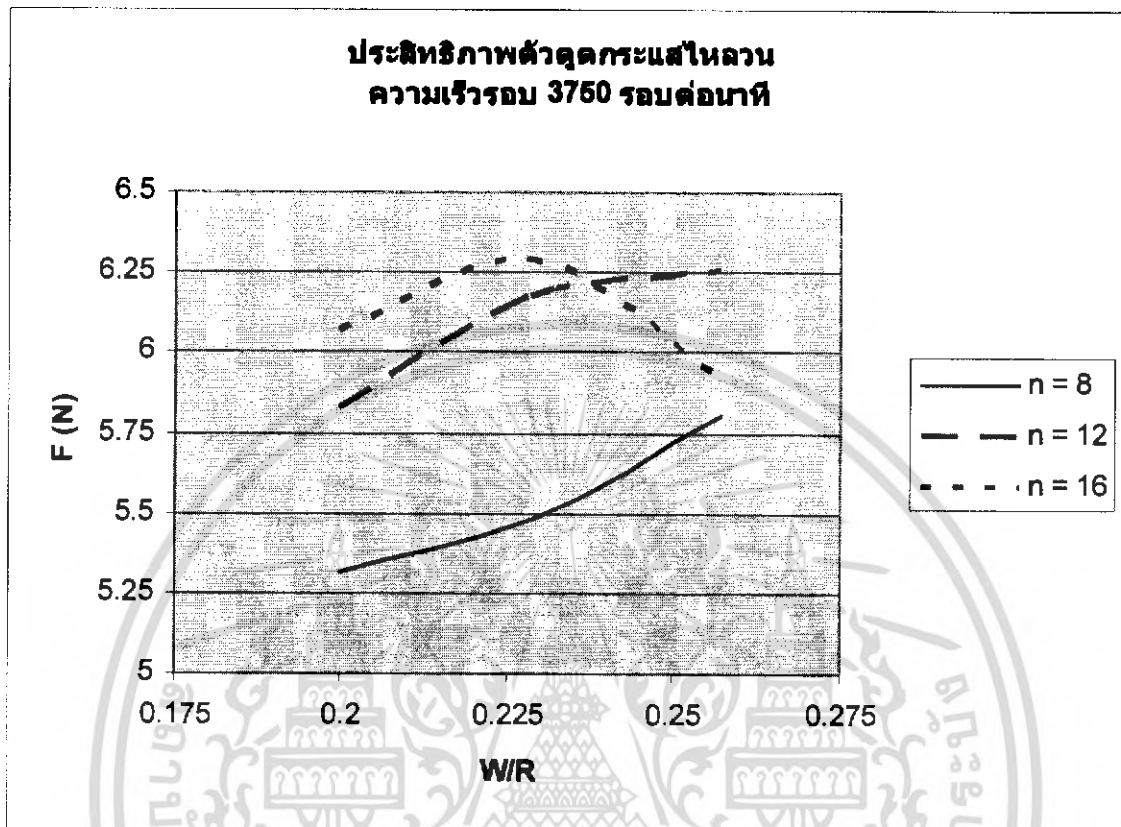
**รูปที่ 4.18** กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพใบพัดแต่ละแบบ ที่ความเร็วรอบ 3250 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4.19** กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพใบพัดแต่ละแบบ  
ที่ความเร็วรอบ 3500 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4.20** กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพใบพัดแต่ละแบบ  
ที่ความเร็วรอบ 3750 รอบต่อนาที

จากกราฟข้างต้น แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของใบพัด ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ กัน 3250 3500 และ 3750 รอบต่อนาที จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพของใบพัดเมื่อจำนวนซี่ใบพัดเพิ่มมากขึ้น แรงดูดก็จะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามไปด้วย และจากเส้นกราฟทั้งสามเส้นนั้น กราฟที่มีขนาด 2.03 x 2.03 ตร.ซม. (0.8 x 0.8 ตร.น.) ความกว้างของซี่ใบพัดต่อรัศมีใบพัด (W/R) เท่ากับ 0.2285 และจำนวนใบพัด 16 ใบ สามารถสร้างสภาวะแรงดึงดูดได้ดีที่สุด และทั้งนี้สังเกตจากกราฟได้ว่า **ภาวะแรงดึงดูดจะแปรผันตรงต่อความเร็วรอบของใบพัด**

## 4.2 ทดลองโครงสร้างของหุ่นยนต์ไต่ผนัง

### 4.2.1 คุณลักษณะของหุ่นยนต์ไต่ผนัง

วัสดุ	อลูมิเนียม
ขนาด ( กว้าง x ยาว x สูง ) (cm)	27.94 x 34.30 x 6.985
น้ำหนักหุ่นยนต์ไต่ผนัง (kg)	1.252
รับภาระได้สูงสุด (kg) ณ ความเร็วรอบ 6,126 rpm	2.922
แหล่งพลังงาน	ตัวควบคุมกระแสไหลวน
	มอเตอร์ขับเคลื่อน
	นิกเกิล – แคดเมียม 9.6V 8cell
	นิกเกิล – แคดเมียม 12V 10cell
เวลาการใช้งาน (min)	

### ตารางที่ 4.13 แสดงคุณลักษณะของหุ่นยนต์ไต่ผนัง

### 4.2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่

ความเร็วโดยเฉลี่ย (cm/s)	8 cm/s
เวลาในการเลี้ยว 45 องศา (s)	6 s
เวลาในการเลี้ยวกลับ 180 องศา (s)	12 s

### ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไต่ผนัง

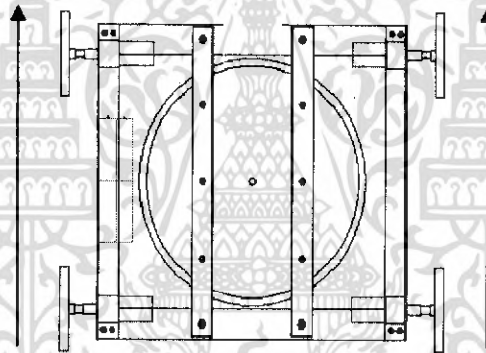
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ทดลองทางภาคทฤษฎีและการควบคุม

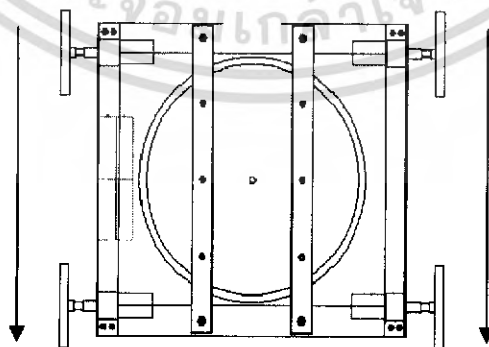
#### ลักษณะการเคลื่อนที่ หุ่นยนต์ไต่ผนัง

หุ่นยนต์บางชนิดถูกออกแบบให้อยู่กับที่ ยกตัวอย่างเช่น แขนกลหุ่นยนต์ที่ทำงานได้ในพื้นที่ที่กำหนดไว้ แต่หุ่นที่สร้างเป็นงานอดิเรกส่วนใหญ่จะถูกออกแบบมาให้เป็นแบบที่เคลื่อนที่ไปยังที่ต่างๆได้ โดยสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ใช้ล้อ ขา สายพาน ซึ่งจะใช้มอเตอร์เป็นระบบขับเคลื่อนที่จะหมุนเพลาลูกเบี้ยวหรือกระเดื่อง และทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปข้างหน้าหรือถอยหลังได้

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไต่ผนัง จะมีการเคลื่อนที่อย่างอิสระในได้ทุกทิศทาง โดยสามารถที่จะเคลื่อนที่ด้านหน้า ด้านหลัง เลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวา คล้ายกับการเคลื่อนที่ของรถถัง โคใช้ล้อ 4 ล้อ ในการเคลื่อนที่ และถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ ขนาดความเร็วรอบ 30 rpm ในการขับเคลื่อน

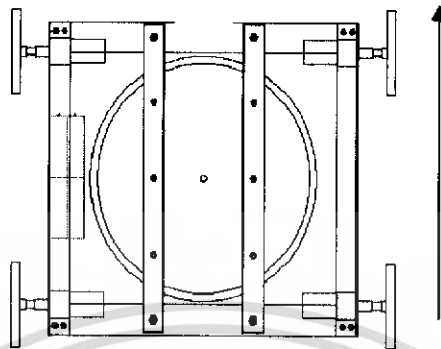


การเคลื่อนที่ไปด้านหน้า

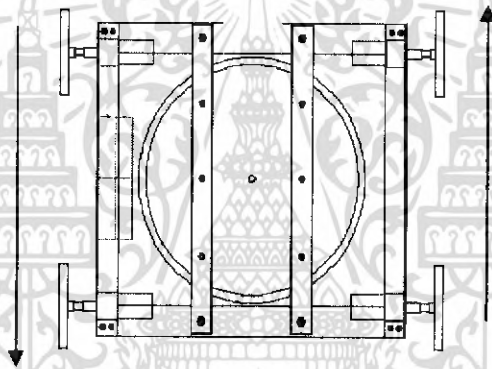


การเคลื่อนที่ไปด้านหลัง

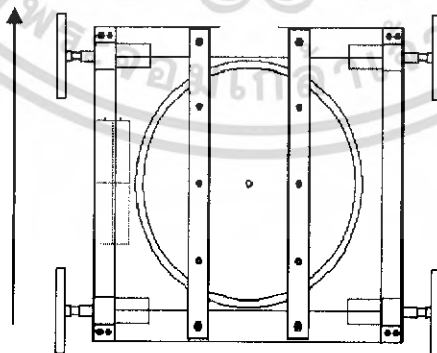
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การเคลื่อนที่เลี้ยวซ้าย

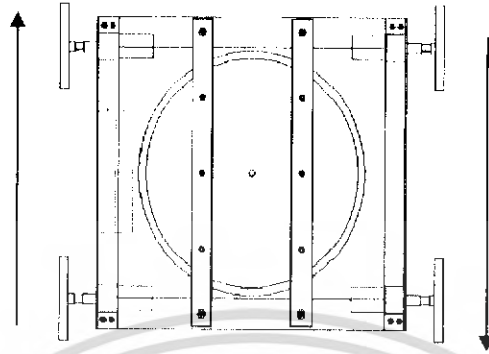


การเคลื่อนที่เลี้ยวซ้ายเร็ว



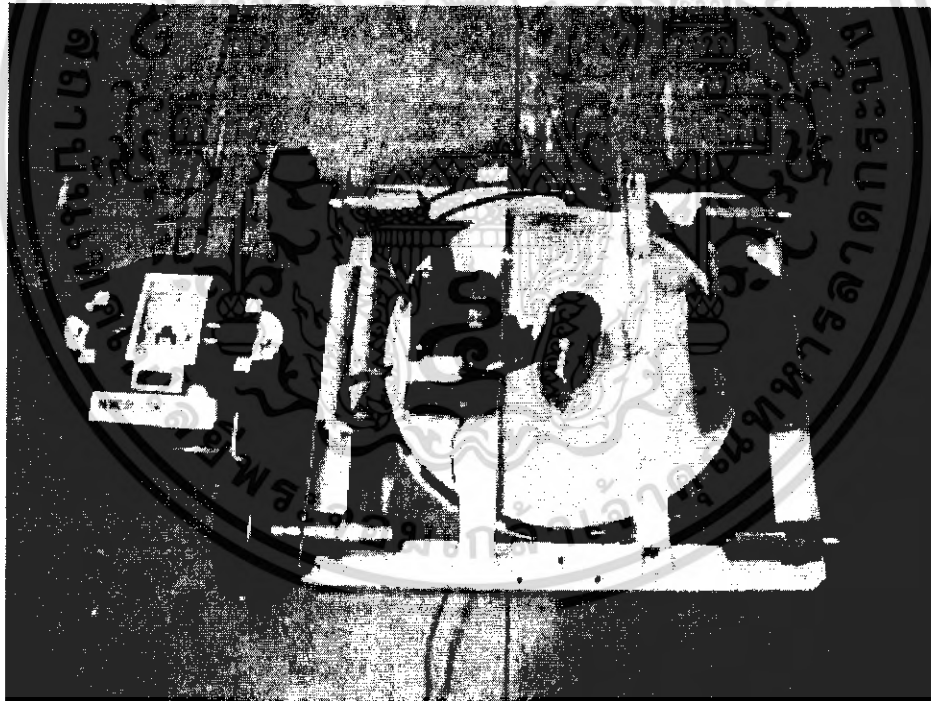
การเคลื่อนที่เลี้ยวขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การเคลื่อนที่ด้วยวงรี

รูปที่ 4.21 แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไต่ผนัง



รูปที่ 4.22 หุ่นยนต์ไต่ผนัง และวิทยุบังคับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป

ในโครงการหุ่นยนต์ไต่ผนังนี้ ได้ทำการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ไต่ผนัง โดยนำเทคโนโลยีการยึดเกาะผนังด้วยตัวดูดกระแสไหลวน ในการออกแบบสร้างโดยทำการสร้างใบพัด แล้วขับใบพัดด้วยมอเตอร์กระแสตรงที่ความเร็วรอบ 14,000 รอบต่อนาที ผ่านระบบเฟืองทดและนำมาประกอบเข้ากับตัวหุ่นยนต์ไต่ผนังที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงที่ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที เป็นจำนวน 4 ตัว ควบคุมการทำงานผ่านแผงวงจรควบคุมวิทยุบังคับ ในการเคลื่อนที่ในลักษณะต่าง โดยในการเคลื่อนที่ในแนวตรงนั้นมอเตอร์ ทั้งสี่ตัวจะเคลื่อนที่ไปแนวทิศทางเดียวกัน ส่วนการเคลื่อนที่ในทิศซ้าย-ขวา นั้นมอเตอร์ทั้งสองข้างจะเคลื่อนที่สวนทิศกัน

ในการดำเนินงานนั้น เริ่มจากการศึกษาถึงเทคโนโลยีหุ่นยนต์ไต่ผนังที่มีอยู่ในปัจจุบัน แล้วทำการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแต่ละแบบ จากนั้นทางคณะผู้จัดทำได้เลือกนำเทคโนโลยีการยึดเกาะผนังแบบตัวดูดกระแสไหลวน เพื่อใช้ในการออกแบบสร้างหุ่นยนต์ไต่ผนัง และทำการศึกษาและสร้างตัวดูดกระแสไหลวนขึ้น ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องใช้เวลาและในการศึกษาและการทดลองเพื่อให้ได้ตัวดูดกระแสไหลวนที่มีประสิทธิภาพสูงสุด จากนั้นจึงทำการออกแบบตัวหุ่นยนต์ไต่ผนัง ให้สามารถเคลื่อนที่ได้ในขณะที่ตัวหุ่นยนต์ไต่ผนัง ติดอยู่กับผนัง โดยต้องคำนึงถึงแรงดูดที่ตัวดูดกระแสไหลวนสามารถรองรับได้ จึงเลือกใช้อลูมิเนียมซึ่งเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบาและมีความแข็งแรง เพียงพอ ในการทำโครงสร้างหุ่นยนต์ไต่ผนัง

### 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากโครงการหุ่นยนต์ไต่ผนัง ผลของการดำเนินงานของโครงการสามารถทำงานตามได้ตามแผนอย่างเป็นที่น่าพอใจ คือ

- หุ่นยนต์ไต่ผนังสามารถเคลื่อนที่บนผนัง ได้อย่างคล่องตัว
- การเคลื่อนที่ไม่เกิดการลื่นไถล ในลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวตรง
- การเคลื่อนที่ซ้าย-ขวานั้น ลักษณะการเคลื่อนที่ประสบปัญหาเล็กน้อย เนื่องจากเกิดการลื่นไถล

ระหว่างผิวสัมผัสของล้อกับพื้นผิวผนัง ทั้งนี้มีผลมาจากน้ำหนักของตัวหุ่นยนต์ไต่ผนังเองที่ดึงลงตามแนวแรงโน้มถ่วงของโลก และประกอบกับแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสล้อกับพื้นผิวผนังที่เกะนั้นมีไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดแรงเสียดทานพุงตัวหุ่นยนต์ไต่ผนังไว้ให้ติดอยู่กับผนังได้ในขณะทำการเลี้ยว ถึงแม้ว่าตัวหุ่นยนต์ไต่ผนังที่ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการออกแบบและสร้างนั้น จะไม่สามารถเคลื่อนที่บนผนังได้อย่างคล่องตัวในบางลักษณะ

- การเคลื่อนที่ได้ดีในการเคลื่อนที่บนเพดาน ซึ่งไม่พบปัญหาในเรื่องของน้ำหนักของตัวหุ่นยนต์ได้ผนังกับแรงเสียดทานระหว่างล้อกับพื้นผิวสัมผัส ซึ่งทำให้โครงการหุ่นยนต์ได้ผนังนี้มีผลเป็นที่น่าพอใจไปในอีกลักษณะหนึ่ง

ซึ่งในส่วนของ การออกแบบและสร้างตัวหุ่นยนต์ได้ผนังนั้น ได้ดำเนินการเป็นไปตามแผนเป็นอย่างดี แต่ก็ต้องใช้เวลาในการออกแบบและสร้างมากเป็นพิเศษ เนื่องจากตัวหุ่นยนต์ได้ผนังนั้น ต้องการความแม่นยำและความละเอียดอ่อนมากเป็นพิเศษ และยังต้องคำนึงถึงน้ำหนักสัมผัสของตัวตุ๊กกระแสไหลวนกับพื้นผิวผนังที่เกาะให้เหมาะสมซึ่งจะมีผลทำให้ ตัวหุ่นยนต์ได้ผนังมีกำลังคูดที่เพียงพอและสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างคล่องตัว

จากการทดลอง ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพที่ดีที่สุดของใบพัดคววนอากาศในการสร้างกระแสไหลวน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของตัวตุ๊กกระแสไหลวน ที่จะสร้างแรงยึดติดหุ่นยนต์ได้ผนังกับผนัง ดังนี้

- ใบพัดคววนอากาศ จำนวนซี่ใบพัด 16 ใบพัด
- พื้นที่ซี่ใบพัดคววนอากาศขนาด 2.032 ซม. x 2.032 ซม. (0.8 นิ้ว x 0.8 นิ้ว)

## 5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข

ในการศึกษาถึงเทคโนโลยีของตัวตุ๊กกระแสไหลวน และได้ทำการออกแบบสร้างตัวตุ๊กกระแสไหลวนขึ้นมาเองนั้น ในขั้นตอนการทำใบพัดที่ใช้อลูมิเนียมเป็นวัสดุนั้น ได้ใช้กาวติดโลหะเป็นตัวยึดซี่ใบพัดแต่ละใบให้ติดกับจานใบพัด มีความแข็งแรงไม่เพียงพอ เมื่อทำการทดลองจึงทำให้เกิดความเสียหายแก่จานใบพัด

วิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น ได้นำตัวโรเวทเข้ามาช่วยในการยึดซี่ใบพัดให้ติดกับจานใบพัดควบคู่กับการใช้กาวติดโลหะ ซึ่งทำให้ใบพัดมีความแข็งแรงขึ้นและไม่เกิดการเสียหายอีก

ส่วนในด้านของการออกแบบโครงสร้าง จากที่ได้ทำการคำนวณและทำการออกแบบแล้วสร้างขึ้นจริงนั้น โครงสร้างมีความแข็งแรงดีแต่ติดปัญหาเล็กน้อยในเรื่องของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ในการเลี้ยวซ้าย-ขวา เนื่องจากในการเคลื่อนที่นั้นมอเตอร์ทั้งสอง จะขับล้อทั้งสองข้างจะหมุนสวนทางกัน เป็นลักษณะการเคลื่อนที่ที่ฝืนกับแนวของล้อ ทำให้การเคลื่อนที่ได้ลำบากแรงจากมอเตอร์มีไม่เพียงพอ ซึ่งการแก้ไขปัญหานี้ในเรื่องนี้นั้น ได้ทำการเปลี่ยนขนาดมอเตอร์ขับให้มีแรงขับเพิ่มขึ้นและปรับแต่งตัวโครงสร้างเล็กน้อยเพื่อความคล่องตัวในการเลี้ยว แต่ก็ติดปัญหาเล็กน้อยในเรื่องที่ล้อลื่นไถลลงเวลาเลี้ยว ซึ่งเป็นปัญหาในเรื่องของแรงเสียดทานของล้อกับพื้นผิวผนังและแรงคูดของตัวตุ๊กกระแสไหลวน ซึ่งการแก้ไขปัญหานี้ก็หวังว่าจะถูกปรับปรุงแก้ไขในรุ่นต่อไป

### 5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

ในการสร้างตัวคูคระแสไหลวนนั้น สามารถปรับปรุงและพัฒนาให้ตัวคูคระแสไหลวนมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นและประกอบกับการใช้พลังงานที่น้อยลงนั้นซึ่งจะมีผลทำให้ตัวหุ่นยนต์ใต้น้ำมีประสิทธิภาพสูงขึ้นตามไปด้วย

ส่วนในด้านการเพิ่มอุปกรณ์เสริมเข้ากับตัวหุ่นยนต์ใต้น้ำ อาทิเช่น กล้องวงจรปิดเพื่อใช้ในการตรวจสอบ หรือสอคแนมนั้น ก็ยังสามารถพัฒนาออกแบบตัวรถที่มีศักยภาพสูงขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์และใช้ในงานหลากหลายลักษณะได้มากขึ้นอีกด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

- [1] D. Reinfeld, L. Illingworth, Vortex Attractor with Vanes Attached to Containing Ring and Backplate, United States Patent No. 6,802,693 B2, 2004, 6,802,693 B2, 2004
- [2] Dong Sun, Jian Zhu, Chiming Lai, S.K. Tso, Department of Manufacturing Engineering and Engineering Management, City University of Hong Kong, A visual sensing application to a climbing cleaning robot on the glass surface, 2004
- [3] Carlo Meron Michael Murphy, and Metin Stiti, Member, IEEE Gecko, Inspired Surface Climbing Robots, 2003
- [4] Shigeo HIROSE, Tokyo Institute of Technology, Department of Mechanical Engineering Science, Disk Rover: A Wall-Climbing Robot Using Permanent Magnet Disks, 1992
- [5]. R.C. Hibbeler, Engineering Mechanics



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้