สำนักวิทยบริการฯ พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

หุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

HORIZONTAL IN-PIPE SURFACE INSPECTION ROBOT

ชินภัทร อินทมาส
วราวุธ ดิฐวิบูลย์
อัครภูมิ โคกโพธิ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

66680
ลงทะเบียน
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ หุ่นยนต์ตรวจภายในผิวท่อในแนวระนาบ

Horizontal In-Pipe Surface Inspection Robot

ชื่อนักศึกษา 1. นายชินภัทร อินทมาส รหัสประจำตัว 47035518

2. นายวราวุธ ดิฐวิบูลย์ รหัสประจำตัว 47035538

3. นายอัครภูมิ โคกโพธิ์ รหัสประจำตัว 47035551

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.กิติพงศ์ มะโน

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.ไพบูลย์ พวงวงศ์ตระกูล

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อ.สุชิน อาจหาญ	
2. ผศ.กิติพงศ์ มะโน	
3. รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์	
4. อ.ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์	
5. อ.วรวิทย์ สมหา	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันจันทร์ที่ 24 เดือนเมษายน พ.ศ. 2549 เวลา 9.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 1 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2549

<BT482062>

หุ่นยนต์ตรวจภายในผิวท่อในแนวระนาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง หุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

Horizontal In-Pipe Surface Inspection Robot

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาแนวทางและหลักการหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ
2. เพื่อออกแบบหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ
3. เพื่อสร้างหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ
4. เพื่อทดลองการของทำงานหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ
5. เพื่อนำหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ นำไปใช้งาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้เกี่ยวกับหลักการของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ
2. ได้ออกแบบหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ
3. ได้ต้นแบบของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ
4. ได้ผลการทดลองการทำงานหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ
5. ได้หุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบมาใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	หุ่นยนต์ตรวจภายในผิวท่อในแนวระนาบ	
นักศึกษา	นายชินภัทร	อินทมาส
	นายวราวุธ	ดิฐวิบูลย์
	นายอัครภูมิ	โคกโพธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิติพงค์	มะโน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ไพบูลย์	พวงวงศ์ตระกูล
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2548	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เสนอการออกแบบ และการสร้างหุ่นยนต์ตรวจภายในผิวท่อในแนวระนาบ หุ่นยนต์นี้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20.5 เซนติเมตร และความยาว 28.5 เซนติเมตร ซึ่งสามารถใช้สำรวจภายในท่อที่มีขนาด 6-8 นิ้ว และสามารถเคลื่อนที่ภายในท่อได้ที่ 0.08197 เมตรต่อวินาที โดยใช้สาย ในการสร้างจะใช้ส่วนประกอบต่างๆ ร่วมกับดีซีมอเตอร์ 3 ตัว และล้อ 6 ล้อ โดยที่ตัวหุ่นยนต์จะติดกล้องเพื่อใช้ในการดูรายละเอียดต่างๆภายในท่อ หุ่นยนต์นี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการสำรวจภายในท่อต่างๆ จากผลการทดลองพบว่าการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เพื่อสำรวจภายในท่อสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Horizontal In-pipe Surface Inspection Robot	
Students	Mr. Chinnaphat	Intamas
	Mr. Warawut	Ditwiboon
	Mr. Akrapoom	Kokpho
Advisor	Assist. Prof. Kitipong	Mano
Co-Advisor	Mr. Paiboon	Pongwongtragull
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Electronics Engineering	
Academic Year	2005	

ABSTRACT

This thesis presents the design and construct of the Horizontal In-Pipe surface Inspection Robot. It has a diameter of 20.5 cm, an overall length of 28.5 cm. It fits inside 6 to 8 inches piping and can move at 0.08197 m/s in a pipe with a power supply wire. It is constructed by several units with six wheels and 3 dc. TV camera also include for imaging of the inside pipe surface. The Horizontal In-Pipe surface Inspection Robot has been developed for inspection of the inner surface of the pipe. As the results of operating experiments, the effectiveness of the robot in movement in a pipe line was confirmed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มและขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์สำหรับคำแนะนำในการออกแบบและประดิษฐ์หุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ และขอขอบคุณท่านอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ร่วมทดสอบการทำงานหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ สุดท้ายที่ควรระลึกถึงอย่างยิ่ง คือ บิดามารดาที่เป็นผู้ให้การสนับสนุนด้านการศึกษาและเป็นผู้ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.3.12 ท่อพีบี	9
2.3.13 ท่อพีอี	11
2.3.14 มาตรฐานการใช้ท่อเหล็กกล้า	11
2.4 กล้องโทรทัศน์วงจรปิด	12
2.4.1 กล้อง CCD	12
2.4.2 ความหมายของ CCD	12
2.4.3 การนำ CCD ไปใช้ในงานถ่ายภาพ	14
2.4.4 ลักษณะของกล้อง CCD โดยทั่วไป	15
2.4.5 คุณสมบัติของกล้อง CCD	15
2.4.6 หลักการทำงานของ CCD	16
2.5 เฟือง	18
2.5.1 ชนิดของเฟือง	19
2.5.2 การคำนวณความเร็วรอบ	20
2.6 มอเตอร์ไฟฟ้า	21
2.6.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	21
2.6.2 สเตปปิ้งมอเตอร์	22
บทที่ 3 การออกแบบการสร้างและการทำงาน	25
3.1 กล่าวนำ	25
3.2 ผังการทำงานของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	25
3.3 โครงสร้างของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	26
3.3.1 การออกแบบและการสร้าง	27
3.3.2 การทำงาน	27
3.4 ชุดล้อ	27
3.4.1 การออกแบบและการสร้าง	27
3.4.2 การทำงาน	28
3.5 กล้องวิดีโอ	29
3.5.1 การออกแบบและการสร้าง	29
3.5.2 การทำงาน	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.6 ชุดควบคุม	30
3.6.1 การออกแบบและการสร้าง	30
3.6.2 การทำงาน	30
3.7 การสร้างและประกอบหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	30
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	31
4.1 กล่าวนำ	31
4.2 การทดลองการทำงานของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวท่อในแนวระนาบ	31
4.2.1 การทดสอบการเคลื่อนที่ภายในท่อที่ความเร็วระดับที่หนึ่ง	31
4.2.2 การทดสอบการเคลื่อนที่ภายในท่อที่ความเร็วระดับที่สอง	32
4.3 การทดสอบการปรับเปลี่ยนมุมกล้องโทรทัศน์	33
4.4 การทดสอบการแสดงภาพบนเครื่องรับโทรทัศน์	34
บทที่ 5 บทสรุป	35
5.1 บทสรุป	35
5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข	35
5.3 แนวทางการพัฒนา	36
บรรณานุกรม	37
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	38
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	42
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	47
ภาคผนวก ง รายและเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	50
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	55
ประวัติผู้แต่ง	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ขนาดท่อทองเหลือง (ASTM B42 และ B43)	6
2.2 การใช้งานท่อทองแดง	7
2.3 ชื่อ มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของท่อพีวีซีแข็งสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม ปลายธรรมดามาตรฐาน มอก. 999-2533	9
2.4 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเตป 1 เฟส	23
2.5 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเตป 2 เฟส	23
2.6 การกระตุ้นเฟส แบบฮาลฟ์สเตป	24
4.1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ภายในท่อที่ความเร็วระดับที่หนึ่งท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว	31
4.2 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ภายในท่อที่ความเร็วระดับที่หนึ่งท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว	32
4.3 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ภายในท่อที่ความเร็วระดับที่สองท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว	32
4.4 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ภายในท่อที่ความเร็วระดับที่สองท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว	33
4.5 ผลการทดลองการทดสอบการปรับเปลี่ยนมุมกล้องโทรทัศน์ส่วนฐานกล้อง	33
4.6 ผลการทดลองการทดสอบการปรับเปลี่ยนมุมกล้องโทรทัศน์จากซ้ายไปขวา	34
ค.1 รายการอุปกรณ์วงจรควบคุมของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	48
ค.2 รายการอุปกรณ์ส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	48
ค.3 รายการอุปกรณ์วงจรควบคุมกล้องของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	19
ง.1 ตารางคุณสมบัติของรีเลย์ ยี่ห้อ Ningbo Tianbo รุ่น HJR-3FF	51
ง.2 ตารางคุณสมบัติของรีเลย์ ยี่ห้อ Ningbo Tianbo รุ่น HJR-3FF (ต่อ)	51
ง.3 ตารางคุณสมบัติของรีเลย์ ยี่ห้อ Ningbo Tianbo รุ่น HJR-3FF (ต่อ)	52
ง.4 คุณสมบัติของกล้อง CCD ยี่ห้อ CGH รุ่น 007D	54
จ.1 การแก้ปัญหาเบื้องต้น	59
จ.2 ข้อมูลจำเพาะ	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะหุ่นตรวจสอบภายในท่อ	3
2.2 ท่อแบบต่างๆ	4
2.3 โครงสร้างทั่วไปและการทำงานของ CCD	12
2.4 รูปคลื่นของการหมุนเฟสที่มีความสัมพันธ์กัน และลักษณะการถ่ายเทประจุ	13
2.5 ส่วนประกอบหลักของระบบ CCD	14
2.6 รูปร่างลักษณะกล้อง CCD	15
2.7 การถ่ายเทอิเล็กตรอนออกจากแอ่งเก็บ เมื่อมีแสงมากเกินไป	17
2.8 การถ่ายอิเล็กตรอนไปสู่รีจิสเตอร์	17
2.9 เตรียมพร้อมส่งต่อไป	18
2.10 เฟือง	18
2.11 เฟืองตรง	19
2.12 เฟืองหนอน	19
2.13 เฟืองดอกจอก	20
2.14 การหมุนของเฟือง	20
2.15 การหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	21
2.16 โครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	22
3.1 ผังการทำงานของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	25
3.2 ขนาดและลักษณะด้านข้างโครงสร้างของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	26
3.3 ขนาดและลักษณะด้านหน้าโครงสร้างของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	26
3.4 ขนาดและลักษณะชุดล้อของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	27
3.5 การประกอบชุดล้อของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบกับโครงสร้าง	28
3.6 วงจรกลับการหมุนทิศทางมอเตอร์ของชุดล้อ	28
3.7 ลักษณะและขนาดของกล้องวิดีโอที่ติดตั้งกับแท่น	29
3.8 ลักษณะของกล่องควบคุมของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	30
4.1 แสดงสภาพพื้นผิวท่อที่ถ่ายจากกล้องโทรทัศน์	34
ก.1 ด้านหน้าของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	39
ก.2 ด้านหลังของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	39
ก.3 ด้านข้างของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.4 กล่องควบคุมของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	40
ก.5 การเชื่อมต่อระหว่างหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบกับกล่องควบคุม	41
ก.6 หุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบเข้าในท่อตรวจสอบ	41
ข.1 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	43
ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการเคลื่อนที่หุ่นยนต์	43
ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการเคลื่อนที่หุ่นยนต์	44
ข.4 วงจรควบคุมการหมุนของกล้องหุ่นยนต์	44
ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการหมุนของกล้องหุ่นยนต์	45
ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการหมุนของกล้องหุ่นยนต์	45
ข.7 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรภาคจ่ายไฟ	45
ข.8 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรภาคจ่ายไฟ	46
ง.1 คุณสมบัติของรีเลย์ ยี่ห้อ Ningbo Tianbo รุ่น HJR-3FF (ต่อ)	52
ง.2 ลักษณะภายนอกของรีเลย์ ยี่ห้อ Ningbo Tianbo รุ่น HJR-3FF (ต่อ)	53
จ.1 ส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	57
จ.2 แผงชุดควบคุมหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันตามอาคารหรือโรงงานอุตสาหกรรม มีการวางระบบท่อต่างๆ ท่อเหล่านี้เมื่อติดตั้งหรือใช้งานไประยะเวลาหนึ่ง อาจเกิดความชำรุดเสียหาย การตรวจสอบสภาพมีความจำเป็น เพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ซึ่งการตรวจสอบที่ใช้อยู่เดิมมีความยุ่งยาก

1.2 จุดมุ่งหมายของโครงงาน

คณะผู้จัดทำได้สร้างหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบขึ้นมา เพื่อแก้ไขจุดบกพร่องในการตรวจสอบพื้นผิวท่อที่มาความยุ่งยาก จากวิธีเดิมที่ใช้อยู่คือการนำกล้องโทรทัศน์สอดเข้าไปภายในท่อเพื่อ ตรวจดูจุดบกพร่องต่างๆ เป็นวิธีที่มีข้อจำกัดและยุ่งยาก ซึ่งหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวท่อในแนวระนาบจะติดกล้องโทรทัศน์ที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถเคลื่อนที่เข้าไปตรวจดูภายใน ณ ตำแหน่งต่างๆ ตามผู้ใช้ต้องการ เป็นการลดความยุ่งยาก ขีดจำกัดของไม้ และอันตรายที่เกิดขึ้น

1.3 สมมุติฐานของการทำโครงงาน

หุ่นยนต์ได้พัฒนาขึ้นตามเนื้อหาโครงงานนี้ที่ได้ สามารถเข้าไปตรวจดูสภาพภายในท่อในแนวระนาบที่เป็นเส้นทางตรง และนำภาพที่ถ่ายจากกล้องโทรทัศน์ส่งกลับมายังจอมอนิเตอร์เพื่อตรวจดู ลดความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายต่อผู้ตรวจและความเสียหายของท่อได้

1.4 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. ใช้กับท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 6 ถึง 8 นิ้ว
2. ตรวจดูสภาพภายในท่อและแสดงผลทางจอมอนิเตอร์
3. ตรวจสอบได้ในระยะทาง 0 ถึง 5 เมตร

1.5 ขั้นตอนการทำโครงงาน

โครงงานนี้ ในระยะเริ่มแรกเป็นการออกแบบขาของหุ่นที่ใช้เคลื่อนที่ในท่อ และการเลือกใช้กล้องโทรทัศน์ในการตรวจสอบ เมื่อทำการออกแบบขาและเลือกใช้กล้องเสร็จแล้ว ดำเนินการประกอบหุ่นเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับกล้องโทรทัศน์ ทำการทดลองการทำงาน เมื่อเสร็จสิ้นสิ้นกระบวนการดังกล่าวแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินการทำงานของหุ่นต่อไป

1.6 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษา และทำความเข้าใจเนื้อหาในแต่บทประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถในโครงงานและเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วย ทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับโครงสร้างหุ่นยนต์ และส่วนประกอบต่างๆ หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง เฟือง ท่อแบบต่างๆ และกล้องโทรทัศน์

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวกับ แผนผังการทำงานของโครงการ การออกแบบและสร้างส่วนประกอบต่างๆ เช่น ชุดเคลื่อนที่ การควบคุมกล้องและส่องสว่าง โครงสร้างของชิ้นงาน พร้อมทั้งการทำงานของส่วนต่างๆ โดยละเอียด

บทที่ 4 ประกอบด้วย การทดลองและผลการทดลองการเคลื่อนที่ภายในท่อ การปรับเปลี่ยนมุมกล้อง

บทที่ 5 เป็นผลสรุปการทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข รวมทั้งแนวทางในการพัฒนา

ภาคผนวก ก แสดงภาพเครื่องต้นแบบและส่วนประกอบต่างๆ การติดตั้ง การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ขณะใช้งานจริง

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยวงจรต่างๆ แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรและตำแหน่งการวางอุปกรณ์

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้งานในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งานหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

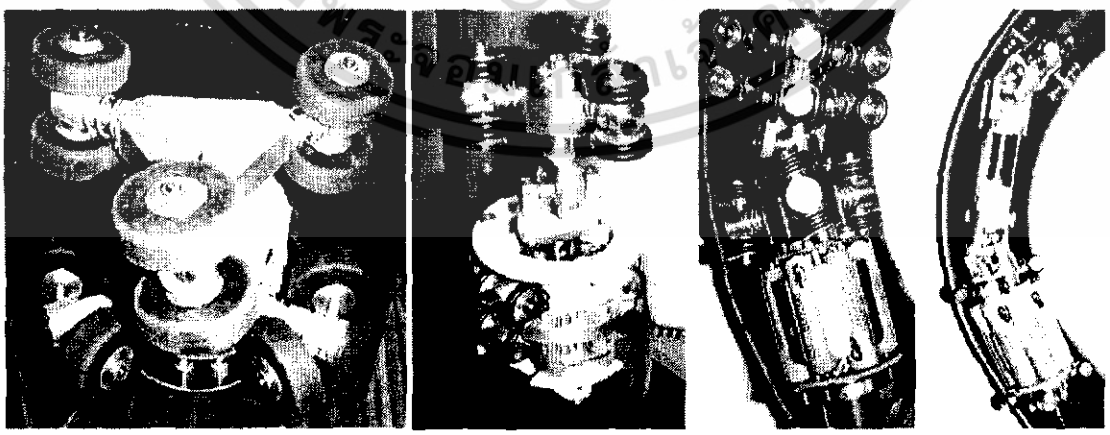
เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้เป็นทฤษฎีและหลักการที่จะนำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงานโดยประกอบด้วย หุ่นยนต์ตรวจสอบท่อ ท่อแบบต่างๆ กล้องโทรทัศน์วงจรปิด เฟือง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สเต็ปปิ้งมอเตอร์

2.2 หุ่นยนต์ตรวจสอบท่อ

หุ่นยนต์ตรวจสอบท่อได้มีการศึกษามาเป็นเวลานาน ลักษณะของหุ่นนำมาใช้ในงานต่างๆ ในงานทั่วไปตลอดจนงานอุตสาหกรรม เป็นการกล่าวถึงการเคลื่อนที่ วิธีการและกระบวนการในการใช้กับท่อแบบต่างๆ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ส่วนโค้งตลอดจนพลังงานที่แตกต่างกัน หุ่นสามารถแบ่งได้ตามขนาดของท่อที่ต้องการตรวจสอบดังนี้

1. ท่อขนาดเล็ก หุ่นจะมีลักษณะคล้ายกับไส้เดือนหรือหนอน ประกอบด้วยส่วนหลักในการเคลื่อนที่ที่มีส่วนประกอบอื่นต่อเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ภายในท่อ ใช้ขนาดของท่อมีขนาดเล็กและพลังงานน้อย
2. ท่อขนาดกลาง เป็นหุ่นที่มีลักษณะการเคลื่อนที่ไปตามในท่อเป็นเส้นตรงโดยใช้ล้อ ลักษณะโครงสร้างมีความยุ่งยากน้อยโดยขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อและความโค้งของท่อ
3. ท่อขนาดใหญ่ ลักษณะหุ่นเคลื่อนที่โดยการเข้าไปเดินเข้าภายในท่อตามลักษณะของท่อที่เอื้ออำนวย

ลักษณะหุ่นที่ศึกษามีลักษณะดังนี้



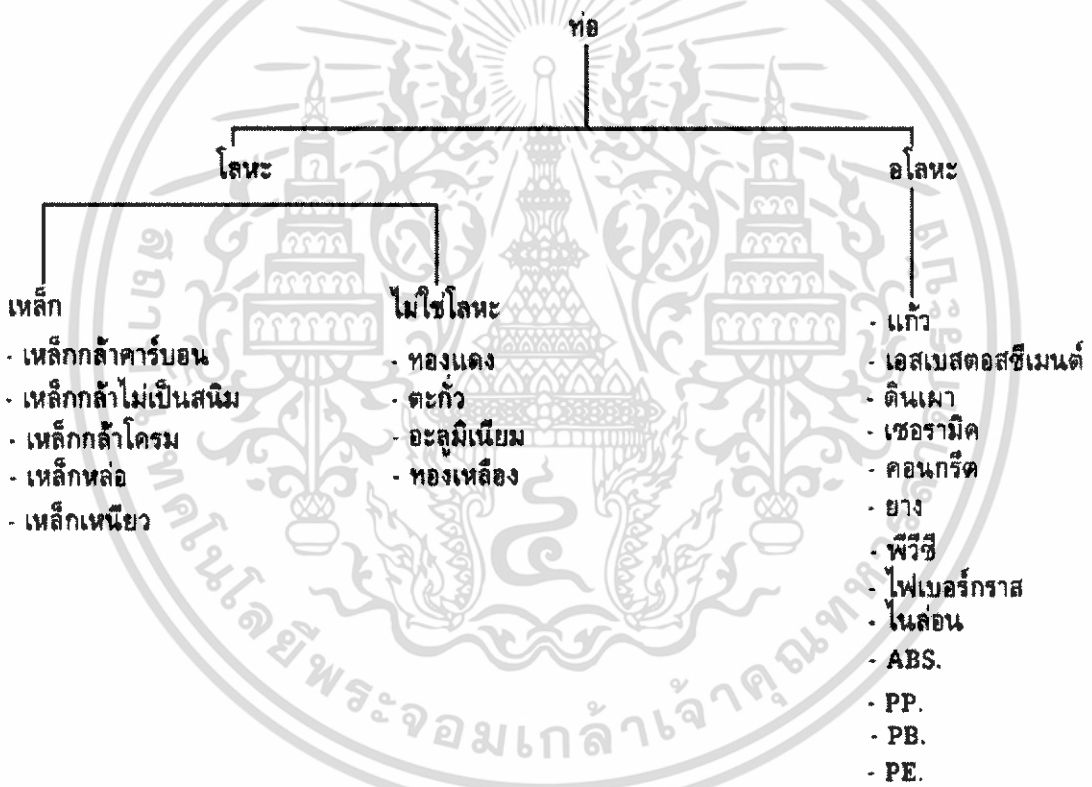
รูปที่ 2.1 ลักษณะหุ่นตรวจสอบภายในท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ท่อแบบต่างๆ

ท่อที่นำมาใช้กับงานดัดและประกอบท่อ จะมีทั้งชนิดท่อแข็ง (Pipes) และท่ออ่อน (Tubes) เพราะงานวิศวกรรมจะต้องใช้ท่อทั้งสองประเภท เมื่อเลือกใช้งานต้องพิจารณาความกดดัน อุณหภูมิ วัสดุลำเลียงผ่านท่อ สภาพความเป็นกรด-ด่าง ความคงทนสวยงาม ติดตั้งง่าย และงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ท่อที่ติดตั้งส่วนมากแบ่งออกได้ 3 ชนิด คือ

1. ท่อเหล็กกล้า (Steel Pipes)
2. ท่อเหล็กหล่อและเหล็กเหนี่ยว (Cast Iron and Ductile Iron Pipes)
3. ท่อเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic Tubes) ท่อทำจากวัสดุต่างๆ ดังแผนภูมิ



รูปที่ 2.2 ท่อแบบต่างๆ

2.3.1 ท่อแข็งและอ่อนประเภทโลหะ

ท่อเหล็กเหนี่ยว และเหล็กกล้า เป็นท่อที่ผลิตจากเหล็กกล้าคาร์บอน และส่วนผสมของธาตุอื่น ท่อเหล็กที่ใช้กับงานอุตสาหกรรมแบ่งออก 3 เกรด ท่อเกรด A, B และ C ท่อเกรด B และ C จะมีกำลังดึงสูงกว่าเกรด A แต่มีความเหนียวน้อยกว่า เปราะกว่า ท่อเกรด A จะถูกนำมาใช้งานมากว่าเกรดอื่นๆ มาตรฐานท่อจะกำหนดโดยใช้ ASTM, ASA และ ANSI ส่วนท่อที่ใช้กับงานปิโตรเคมีจะถูกกำหนดมาตรฐานโดย API

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท่อนี้เหมาะสมกับการใช้เป็นท่อน้ำมัน ก๊าซและอุสาหกรรมเคมี ท่อเหล็กเหนียวจะมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูงกว่าที่เหล็กกล้าธรรมดา แต่ความแข็งแรงน้อยกว่า เหมาะเป็นท่อไอน้ำ ท่อน้ำมันและก๊าซ ที่จะมีเกรดความหนา 3 เกรด คือ Standard, Extra Strong และ Double Extra Strong

ท่อเหล็กจะมีการเคลือบผิวดำและสังกะสี ความยาวท่อเป็นท่อตรง 6.00 ท่อเหล็กที่ชุบเคลือบสังกะสีจะป้องกันสนิมได้ดีเหมาะกับเป็นท่อน้ำดื่ม น้ำใช้ ท่อเหล็กถูกนำมาใช้กับงานอุตสาหกรรมมากเพราะทนต่อความกดดันและอุณหภูมิสูงหากต้องการความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอีกอาจเลือกใช้ท่อที่มีส่วนผสมโครเมียมกับนิกเกิล

2.3.2 ท่อเหล็กหล่อ

นำมาใช้กับการลำเลียงน้ำระบายที่มีอุณหภูมิ และความกดดันต่ำ มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูงกว่าท่อเหล็กกล้าคาร์บอน เหมาะกับการติดตั้งใต้ดิน หากมีสภาพการกัดกร่อนสูงมากๆ อาจใช้ซีเมนต์เคลือบผนังท่อ ท่อเหล็กหล่อทนต่ออุณหภูมิไอน้ำได้ไม่เกิน 250°C และน้ำมันไม่เกิน 150°C แม้ว่าการติดตั้งครั้งแรกจะมีการกัดกร่อนมาก เพราะเกิดสนิม แต่เมื่อใช้ไปอัตราการสึกกร่อนก็ลดลง ขนาดท่อจะวัดที่เส้นผ่าศูนย์กลางในขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-15 นิ้ว ความยาว 5 ฟุต มีความหนา 2 เกรด คือ Strong และ Extra Strong วิธีต่อใช้แบบสวมปากระฆัง (Bell and Spigot)

2.3.3 ท่อทองเหลืองและทองแดง

ชนิดท่อแข็งที่มีความคงทนต่อการกัดกร่อนสูงมาก การผลิตท่อทองเหลืองและทองแดงมีอยู่ 2 เกรด คือ Regular และ Extra Strong ขนาดท่อ 1/8 - 12 นิ้ว ความหนาผนังท่อ และเส้นผ่าศูนย์กลางในท่อเหมือนกับกรณีท่อเหล็กเกรด Standard และ Extra Strong เส้นผ่าศูนย์กลางนอกของท่อทั้งสองชนิดก็ตรงกับขนาดระบุของท่อเหล็กเช่นเดียวกัน อายุการใช้งานของท่อจะยาวนาน จึงมีราคาแพงว่า

2.3.4 ท่อที่มีส่วนผสมทางเคมี

ท่อที่มีส่วนผสมทางเคมี ดังต่อไปนี้จะถูกนำมาใช้กับอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษ กระดาษและเคมี เช่น ท่อ Red Brass จะมีส่วนผสม 85 % ทองแดง และ 15% Zinc Alloy ซึ่งมีความเค้นที่อนุญาตให้สูงกว่าที่ทองแดงธรรมดาที่อุณหภูมิไม่เกิน 150°C และอุณหภูมิ 204°C ความเค้นจะมีค่าถึง 3,000 psi ตามมาตรฐานกำหนดแล้วจะไม่ยอมให้ใช้ทองเหลืองหรือทองแดงที่อุณหภูมิเกินกว่า 240°C ความยาวท่อเป็นท่อนตรง 6.00 เมตร การต่อใช้ข้อต่อมาตรฐาน ท่อทองแดงจัดอยู่ในมาตรฐาน ASTM B42 และท่อทองเหลือง ASTM B43 ซึ่งจะมีสองเกรดเท่านั้นคือ Regular และ Extra Strong

2.3.5 ท่อทองแดงอ่อน

ท่อทองแดงชนิดท่ออ่อนส่วนใหญ่จะใช้เป็นท่อน้ำระบายน้ำ อากาศ การทำความอุ่นหรืองานท่อสุขภัณฑ์ ทั่วไป มีอยู่ 3 เกรด คือ ชนิด K ชนิด L และชนิด M ท่อชนิด K หนาที่สุด L หนาปานกลาง และ M บาง ท่อชนิด K และ L จะมีทั้งท่อแข็งและท่ออ่อน ส่วน M เป็นท่อแข็งเท่านั้น ท่อทองแดงชนิดท่อนตรงยาว 6.00 เมตร ชนิดม้วนยาว 18 เมตรต่อม้วน ท่ออ่อนนี้จะถูกกำหนดมาตรฐานโดย ASTM B88 และB251

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจริงของท่อจะโตกว่าขนาดระบุของท่อของท่อทองแดง 3.195 มิลลิเมตร และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 1/8 ถึง 12 นิ้ว ท่ออ่อนชนิดม้วนเหมาะกับเครื่องหรืออุปกรณ์ที่สั่นสะเทือน ความหนาของท่อจะเท่ากับท่อเหล็กเกรด Standard หากเป็นท่อนแข็งไม่ควรต่อกับระบบที่มีความสั่นสะเทือน อุณหภูมิและมีความเค้นสูงเกินไป เมื่อนำมาใช้กับระบบท่อสุขภัณฑ์ มีการเลือกใช้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ขนาดท่อทองเหลือง (ASTM B42 และ B43)

ระบุขนาด (นิ้ว)	ขนาดระบุอื่น นิ้ว				
	ท่อมาตรฐาน			ท่อหนาพิเศษ	
	เส้นผ่าศูนย์กลางนอก	เส้นผ่าศูนย์กลางใน	ความหนาผนัง	เส้นผ่าศูนย์กลางใน	ความหนาผนัง
1/8	0.405	0.281	0.062	0.205	0.100
1/4	0.540	0.376	0.082	0.294	0.123
3/8	0.675	0.495	0.090	0.421	0.127
1/2	0.840	0.626	0.107	0.542	0.149
3/4	1.050	0.822	0.144	0.736	0.157
1	1.315	1.063	0.126	0.951	0.182
$1^1/_4$	1.660	1.368	0.146	1.272	0.194
$1^1/_2$	1.990	1.600	0.150	1.494	0.203
2	2.375	2.063	0.156	1.933	0.221
$2^1/_2$	2.875	2.501	0.187	2.315	0.280
3	3.500	3.062	0.219	2.892	0.304
$3^1/_2$	4.000	3.500	0.250	3.358	0.321
4	4.500	4.000	0.250	3.818	0.341
5	5.562	5.062	0.250	4.812	0.375
6	6.625	6.125	0.250	5.751	0.437
8	8.625	8.001	0.312	7.625	0.500
10	10.75	10.020	0.365	9.750	0.500
12	12.75	12.000	0.375		

ชนิด K ใช้กับงานท่อสุขภัณฑ์ทั่วไปและระบบทำความอุ่นในอาคาร เดินท่อใต้ดินเป็นท่อก๊าซ น้ำมันและไอน้ำ ชนิด L ใช้กับงานท่อสุขภัณฑ์ ในอาคารทั่วไป และระบบทำความอุ่น ชนิด M โดยบัดกรีกับข้อต่อใช้เป็นท่อระบายน้ำ อากาศภายในอาคารและไม่อยู่ภายใต้ความกดดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การใช้งานท่อทองแดง

ชนิด	รหัส	การใช้งาน
K	เขียว	ท่อจ่ายน้ำเข้าอาคารใต้ดินและในอาคาร
L	น้ำเงินหรือดำ	จ่ายน้ำเข้าอาคารเหนือพื้นดิน
M	แดง	ท่อจ่ายน้ำบนพื้นดิน,ระบายน้ำ น้ำเสีย และอาคาร
DWV	เหลือง	ท่อระบายน้ำเหนือพื้นดินน้ำเสียและอากาศ

2.3.6 ท่ออัลลอยล์

เป็นท่อเหล็กกล้าคาร์บอนที่มีการปรับปรุงส่วนผสมทางเคมี ด้วยธาตุอื่นเพื่อความคงทนต่อการกัดกร่อน อุณหภูมิและความกดดันสูง

2.3.7 ท่อเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม

ใช้เป็นท่อในโรงพลังงานนิวเคลียร์ หรือ อุตสาหกรรมพิเศษอื่น ท่อชนิดนี้จะมีส่วนผสมของโครเมียมราว 10 เปอร์เซ็นต์และนิกเกิลจำนวนหนึ่ง ใช้กับงานที่มีการกัดกร่อนสูง มาตรฐานอเมริกันแบ่งท่อเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมออกเป็น 2 ชนิด คือ Chromium Nickel Type (AISI 300 Series) และ Straight Chromium Nickel (AISI 400 Series)

2.3.8 ท่อไทเทเนียม

ใช้กับงานเฉพาะพิเศษ ส่วนมากพบในอุตสาหกรรมเคมีและเยื่อกระดาษ จำนวนโลหะเจือประกอบด้วย อะลูมิเนียม โครเมียม แมกนีเซี่ยม เป็นต้น

2.3.9 ท่ออโลหะ

เป็นทั้งท่อแข็งและท่ออ่อน ใช้งานที่ความกดดันและอุณหภูมิต่ำมีดังนี้คือ ท่อพลาสติก ท่อแก้ว ท่อดินเผา และท่อไม้

2.3.10 ท่อพลาสติก

ท่อพลาสติกที่ทำจากเทอร์โมพลาสติก จะถูกนำมาใช้งานมากที่สุด เพราะมีข้อดี คือ สามารถนำกลับมาหลอมหรือทำลายสภาพได้เมื่อหมดอายุการใช้งาน คงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ การกัดกร่อน น้ำหนักเบา ความต้านทานต่อการไหลต่ำ ไม่เป็นสื่อไฟฟ้า ท่อพลาสติกได้พัฒนาขึ้นมา จนสามารถใช้แทนท่อเหล็กได้เกือบทั้งหมด ทั้งด้านคุณสมบัติกายภาพและความแข็งแรงทนทาน ท่อพลาสติกที่นำมาใช้งานกันแพร่หลาย มีดังนี้

2.3.11 ท่อพีวีซี

พีวีซี. เป็นสารสังเคราะห์พวกไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำมันปิโตรเลียม สาร พีวีซี. ได้ถูกค้นพบเป็นครั้งแรกในคริสตศตวรรษที่ 19 จุดเริ่มต้นนั้นเกิดจากการที่นักวิทยาศาสตร์กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนึ่ง ทำการศึกษาปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ก๊าซชนิดใหม่ (Vinyl Chloride C_2H_3Cl) ที่พวกเขาได้ประดิษฐ์ขึ้น และพบปรากฏการณ์ประหลาด เมื่อสารนี้ต้องแสงแดด คือเกิดการรวมตัวของแข็งสีขาวที่ก้นหลอดทดลอง ซึ่งเรียกชื่อทางเคมีว่า Polymerization ซึ่งทำให้ได้สารพลาสติกชนิดใหม่คือ Polyvinyl Chloride นักวิทยาศาสตร์ได้พบว่าสารใหม่นี้ไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีทั่วไปและที่สำคัญคือ ไม่สามารถทำให้มันสลายตัวได้ เนื่องจาก พีวีซี. มี คุณสมบัติ ต่อต้านการเปลี่ยนแปลงทั้งทางฟิสิกส์และเคมี ทำให้ยากที่จะนำมาใช้ประโยชน์ ด้วยเหตุนี้การพัฒนาสาร พีวีซี. จึงหยุดชะงักไป

กระทั่งปี ค.ศ. 1920 เศษ จึงได้มีการค้นคว้าเกี่ยวกับสาร คือ พีวีซี. อีกในยุโรปและอเมริกาเหนือ ในช่วงนี้ได้มีการนำเอา สาร พีวีซี. มาใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศเยอรมัน โดยในในปี ค.ศ. 1933 นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรชาวเยอรมัน ได้ทำการพัฒนาและผลิตท่อ พีวีซี. จำนวนหนึ่งออกใช้งาน ท่อเหล่านี้ยังคงปรากฏ และใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพจนถึงทุกวันนี้

ในตอนปลายสงครามโลกครั้งที่ 2 เยอรมันถูกโจมตีทางอากาศอย่างหนัก เมืองต่างๆ ถูกทำลาย ระบบส่งน้ำและระบายน้ำถูกทำลาย วิกฤตการณ์ยิ่งทวีความรุนแรงขึ้นอีกเมื่อฝ่ายพันธมิตรโจมตี แคว้นรูห์ แคว้นซาร์ ซึ่งเป็นแหล่งผลิตเหล็กและแร่อื่นๆ ที่ใช้ผลิตท่อในยุคนั้น เพื่อแก้ปัญหาวุ่นวายนี้ นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรเยอรมันจึงหันมาใช้สาร พีวีซี. ทำท่ออุตสาหกรรมท่อ พีวีซี. จึงได้ก่อให้เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก

ต่อมามีผู้ค้นพบว่าเมื่อเอา พีวีซี.ไปผสมกับสาร Plasticizer ซึ่งส่วนใหญ่เป็น Pitnalate of Alcohol จะได้สารผสมที่นิ่มคล้ายยาง และการค้นพบที่สำคัญคือ การนำเอาสารประกอบโลหะหนักบางชนิด เช่น ตะกั่ว แบเรียม แคดเมียม และดีบุก ไปผสมกับ พีวีซี. ทำให้เกิด Stabilizing Effect คือสารผสมจะสามารถนำไปหลอมที่อุณหภูมิสูงๆ ได้โดยไม่สลายตัว ทำให้ พีวีซี. เป็นสารที่มีประโยชน์อย่างหนึ่ง ภายหลังได้มีการนำสาร พีวีซี. มาใช้ทำหนังเทียม ฟิล์ม ท่อน้ำ รองเท้า ขวด กระเบื้องยาง ฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า และในอุตสาหกรรมอื่นๆ อีกมาก

คุณสมบัติ ของท่อ พีวีซี. เมื่อเปรียบเทียบกับท่อโลหะ มีหลายประการด้วยกัน คือ

1. น้ำหนักเบา ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบกับท่อเหล็กอาบสังกะสีแล้วจะเบากว่า ประมาณ 5 เท่า สะดวกแก่การขนส่งและติดตั้ง
2. ความคงทนถาวร ใช้ได้นานตลอดการไม่ผุกร่อนหรือเป็นสนิม
3. ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับกรดอย่างอ่อนทุกชนิด
4. ไม่เป็นสารละลายทำให้น้ำเป็น หรือมีกลิ่นเหม็น
5. ผิวท่อทั้งภายในและภายนอกเรียบเป็นมัน ทำให้เกิดแรงต้านการไหลของน้ำน้อยที่สุด ไม่ทำให้เกิดการตกค้างของตะกอนซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ท่ออุดตัน
6. สามารถตัดหรืองอได้ง่ายตามต้องการ ด้วยวิธีลนไฟให้ร้อนเท่านั้น
7. ราคาถูกกว่าท่อโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ชื่อ มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของท่อพีวีซีแข็งสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรมชนิดปลาย ธรรมดามาตรฐาน มอก. 999-2533

ชื่อขนาด	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเฉลี่ย	ความหนา			
		PVC 0	PVC 5	PVC 8.5	PVC 13.5
15	18 + 0.15	-	-	-	2.0 + 0.20
18	22 + 0.15	-	-	2.0 + 0.20	2.5 + 0.20
20	26 + 0.15	-	-	2.0 + 0.20	2.5 + 0.20
25	34 + 0.15	-	-	2.0 + 0.20	3.0 + 0.25
35	42 + 0.15	-	1.5 + 0.15	2.0 + 0.20	3.1 + 0.25
40	48 + 0.15	-	1.5 + 0.15	2.3 + 0.20	3.5 + 0.25
55	60 + 0.15	-	1.8 + 0.20	2.9 + 0.25	4.0 + 0.30
65	76 + 0.20	2.0 + 0.20	2.2 + 0.20	3.5 + 0.25	5.4 + 0.35
80	89 + 0.20	2.0 + 0.20	2.5 + 0.20	4.1 + 0.30	6.4 + 0.40
100	114 + 0.30	2.5 + 0.20	3.2 + 0.25	5.2 + 0.35	8.1 + 0.50
123	140 + 030	2.8 + 0.20	3.9 + 0.30	6.4 + 0.40	9.9 + 0.55
150	165 + 0.40	3.4 + 0.25	4.6 + 0.30	7.5 + 0.45	11.7 + 0.65
200	216 + 0.50	3.4 + 0.25	5.4 + 0.35	8.8 + 0.50	13.7 + 0.75
250	267 + 0.70	3.4 + 0.25	6.6 + 0.40	10.9 + 0.60	16.9 + 0.90
300	318 + 0.80	3.4 + 0.25	7.8 + 0.45	12.9 + 0.70	20.1 + 1.05
350	370 + 0.90	3.9 + 0.30	9.1 + 0.55	15.0 + 0.80	23.4 + 1.20
400	420 + 1.10	4.4 + 0.30	10.3 + 0.60	17.0 + 0.90	26.5 + 1.35
450	470 + 1.20	5.0 + 0.35	11.5 + 0.65	19.0 + 0.90	29.7 + 1.50
500	520 + 1.30	5.5 + 0.35	12.7 + 0.70	21.0 + 1.10	32.8 + 1.65
600	630 + 1.60	6.5 + 0.40	15.3 + 0.80	25.4 + 13.0	39.7 + 2.00

2.3.12 ท่อพีบี

ท่อพีบี. ผลิตขึ้นจากสารสังเคราะห์โพลีบิวทีลีน (Polybutylene) หรือ PB ซึ่งเป็นสารพลาสติกชนิดน้ำหนักโมเลกุลสูง โดยบริษัท Shell Chemical Company แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นผู้ค้นพบและพัฒนาจนได้มีการนำมาผลิตเป็นท่อน้ำเมื่อประมาณ 18 ปีที่แล้ว จากคุณสมบัติเด่นนานัปการของท่อ พีบี ทำให้เกิดระบบท่อน้ำขึ้นในสหรัฐอเมริกา จนหน่วยงานประปาหลายร้อยแห่งทั้งของรัฐและเอกชนได้หันมาเลือกใช้และกำหนดมาตรฐานแทนที่ระบบท่อประปาเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท่อพีบี ที่ผลิตขึ้นตามมาตรฐาน ASTM และ AWWA ซึ่งไม่เพียงแต่แข็งแรงทนได้กับของเหลวทั้งอุณหภูมิ และแรงดันสูงแล้ว อายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าระบบท่อเดิมโดยทั่วไป ซึ่งจากการทดลอง เร่งอายุการใช้งาน (Accelerated Aging Test) ได้ยืนยัน ท่อพีบี สามารถใช้ทนนานกว่า 50 ปี

คุณสมบัติท่อพีบี

1. ทำจากสารสังเคราะห์โพลีบิวทิลีน (Polybutylene, PB.) ซึ่งเป็นพลาสติกชนิดน้ำหนักโมเลกุลสูง โดยมิได้ผสม หรือเคลือบสารโลหะ หรือสารเคมีใดๆ จึงสามารถใช้เป็นท่อลำเลียงน้ำดื่มหรือของเหลวที่เป็นอาหารได้อย่างสะอาดปลอดภัย โดยไม่ทำให้เกิดสารที่เป็นพิษหรือกลิ่นรสต้องเสียไป
2. ทนอุณหภูมิในเส้นท่อได้ทั้งร้อนจัด (99^{o}C) และเย็นจัด (-50^{o}C)
3. ทนแรงดันได้สูงถึง 160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เนื่องจากคุณสมบัติทางธรรมชาติของท่อพีบีจะทนแรงเครียดได้ถึง 1000 psi ที่ 23 ^{o}C
4. ทนต่อการขูดขีดจากตะกอนหรือสิ่งปะปนที่ไหลปนไปกับน้ำได้ดีเยี่ยม (Abrasion Resistance) จึงเหมาะที่จะใช้เป็นท่อลำเลียงน้ำดิบหรือของเหลวที่มี Slurry ปะปน
5. สามารถโค้งงอได้โดยไม่ใช้ความร้อนหรือเครื่องมือใดๆ โดยปกติจะดัดโค้งได้ 10 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อจึงสามารถขดท่อเป็นม้วนที่มีความยาวมากๆ ซึ่งทำให้ขนย้ายสะดวกและประหยัดข้อต่อแรงงานในการติดตั้ง
6. มีน้ำหนักเบา คือจะหนักเพียง 10% ของน้ำหนักท่อเหล็ก และ 50% ของที่พีวีซี ที่มีขนาดเดียวกัน
7. ปลอดสนิมและไม่อุดตัน เพราะผิวท่อเรียบสนิท น้ำจึงไหลสะดวก ตะกอนหรือหินปูนที่ละลายปะปนมากับน้ำหรือของเหลวจึงไม่มีโอกาสเกาะติดตลอดอายุการใช้งานและเนื่องจากคุณสมบัติที่เป็นกลางต่อปฏิกิริยาเคมี
8. เป็นฉนวนความร้อนที่ดีโดยมีค่าสัมประสิทธิ์ เมื่อใช้เป็นท่อน้ำร้อนหรือท่อน้ำเย็นจะทำให้ประหยัดค่าฉนวน
9. มีความยืดหยุ่นในตัวสูงกว่าท่อประเภท Rigid อื่นๆ จึงสามารถลดแรงกระแทกของน้ำ (Water Hammer) ลงได้มาก
10. คุณสมบัติดังกล่าวมาแล้วของท่อ พีบี จะคงที่ตลอดไป โดยมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ไม่ว่าสภาวะแวดล้อมจะเป็นอย่างไร หรือเวลาผ่านไปนานๆ ท่อยังไม่กรอบหรือเปราะแสงแดด สารเคมีในดิน ของเสียมลภาวะหรือแบคทีเรีย เชื้อรา จะไม่ทำให้ท่อลดความแข็งแรงลงไป
11. ฝังดินได้อย่างปลอดภัย ไม่บี้แบนเสียรูปแม้จะมีน้ำหนักกดทับตลอดเวลา ทั้งนี้ควรขุดลึกพอเหมาะสมมาตรฐานที่ถือปฏิบัติทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. สามารถติดตั้งได้แม้ในสภาพเปียก ชื้น หรือจมน้ำ และสามารถทดสอบแรงดันหรือใช้งานได้ทันทีที่ติดตั้งเสร็จ
13. ท่อสามารถต่อเข้ากับท่อชนิดอื่นได้ดี เพราะมีอุปกรณ์ข้อต่อสำหรับต่อเข้ากับระบบเดิมให้เลือกใช้มากมายตามความเหมาะสม

2.3.13 ท่อพีอี

ท่อพีอี ทำมาจากพลาสติกโพลิเอทิลีน ซึ่งแบ่งความหนาแน่นออก 3 ระดับด้วยกันคือ

1. ชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE)
2. ชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDPE)
3. ชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE)

ท่อความหนาแน่นต่ำ จะมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ความหนืดมาก ใช้กับงานน้ำดื่มน้ำใช้เพื่อการเกษตร ท่อความหนาแน่นปานกลางมีความยืดหยุ่นดี เหมาะกับขนาดท่อกลางโค้งงอได้สะดวกใช้กับท่อก๊าซหุงต้มได้ แต่ต้องเป็นสีเหลือง ท่อความหนาแน่นสูงแข็งแกร่ง รักษารูปทรงได้ดี เหมาะกับงานท่อขนาดใหญ่ เช่นงานระบายน้ำโสโครก น้ำดื่มน้ำใช้ หรือลำเลียงก๊าซธรรมชาติ ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

1. ไม่เปราะ ยากแก่การแตกหัก เนื่องจากความยืดหยุ่นต่ำสูง
2. สามารถม้วนเป็นขดได้แม้ท่อมีขนาดใหญ่ถึง 110 มม. จึงสะดวกในการขนส่งและเก็บรักษา
3. น้ำหนักเบาราว 1 ใน 5 ของท่อเหล็กและเบากว่าท่อพีวีซี
4. ผิวภายในท่อลื่นของเหลวไหลได้สะดวก อัตราการไหลสูง ความเสียดทานภายในท่อต่ำ
5. ทนต่อการสึกหรอ เสียดสี
6. สามารถใช้งานภายนอก ตากแดด ตากฝนได้ เนื่องจากใช้ผงถ่านคาร์บอนป้องกันอันตรายจากรังสีอัลตร้าไวโอเล็ต ทำให้ท่อเป็นสีดำ
7. ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 60°C

2.3.14 มาตรฐานการใช้ท่อเหล็กกล้า

การผลิตและออกแบบระบบท่ออุตสาหกรรม นิยมทำตามรหัสมาตรฐาน (Code and Standard) ที่กำหนดโดยสมาคมวิศวกรรมเครื่องกลอเมริกัน (American Society of Mechanical Engineering ASME) และสถาบันมาตรฐานแห่งชาติอเมริกัน (American National Standards Institute, ANSI) มาตรฐานทั้งสองนี้ใช้กันแพร่หลายทั่วโลก และเป็นที่คุ้นเคยของช่างปฏิบัติงานท่ออุตสาหกรรม มาตรฐานได้กำหนดคุณสมบัติของวัสดุชนิดท่อ และการผลิตท่ออุตสาหกรรมไว้อย่างละเอียด รวมทั้งการเลือกใช้งานที่ถูกต้องเหมาะสมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กล้องโทรทัศน์วงจรปิด

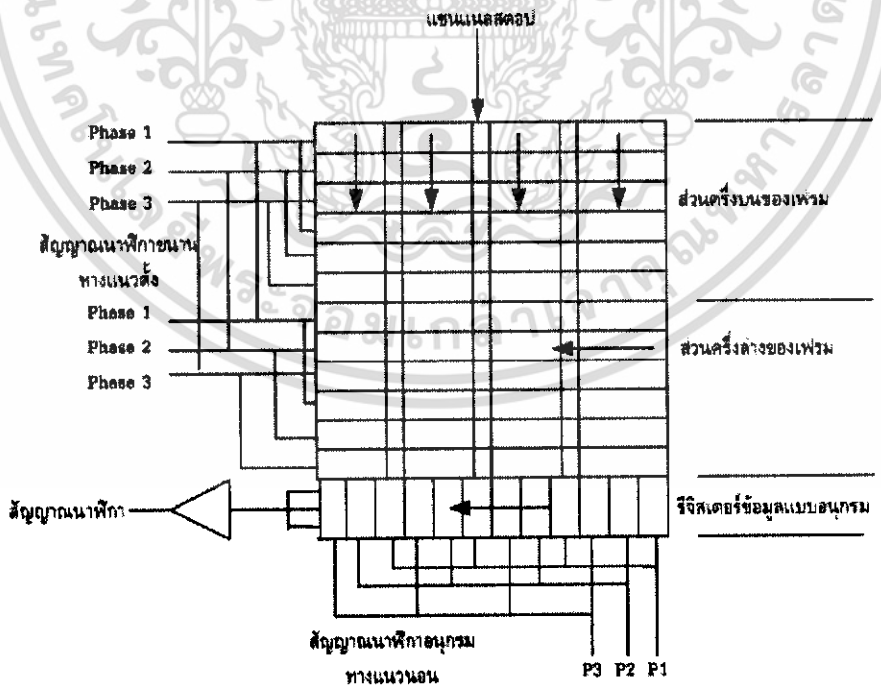
2.4.1 กล้อง CCD

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวทำการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงไปสู่พลังงานไฟฟ้าเพื่อนำเข้าสู่ระบบอิมเมจโปรเซสซิ่ง ซึ่งถ้าพิจารณาดูแล้วอุปกรณ์จำนวนนี้มีอยู่มากมายหลายชนิดด้วยกันแต่ CCD มีคุณสมบัติไม่ธรรมดา ไม่มีการใช้ปืนอิเล็กตรอนมาเป็นส่วนประกอบ แต่กลับใช้การเปลี่ยนเฟสมาควบคุมการทำงานแทน

จุดเริ่มต้นของการนำมาใช้งานของอุปกรณ์ CCD คืองานทางด้านดาราศาสตร์ เป็นกล้องโทราศาสตร์ (Telescope) ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยการนำเอาอุปกรณ์ CCD มาทำงานร่วม อุปกรณ์ CCD ได้รับความนิยมตลอดมา และราคาลดลงเป็นอย่างมาก ปัจจุบันจึงมีการนำอุปกรณ์ CCD มาใช้ในงานถ่ายภาพอย่างแพร่หลาย เช่น กล้องถ่ายรูป กล้องโทรทัศน์ กล้องวีดิโอขนาดเล็ก เป็นต้น อุปกรณ์ CCD มีความแตกต่างจากอุปกรณ์ตระกูลเดียวกันหลายประการ เช่น มีย่านการตอบสนองต่อความยาวคลื่นได้กว้าง มีช่วงไดนามิกเรนจ์กว้าง และเก็บรายละเอียดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4.2 ความหมายของ CCD

CCD หรือ Charge Coupled Device อุปกรณ์ CCD ถือกำเนิดเมื่อประมาณ 20 ปีที่แล้ว ซึ่งในขณะนั้นยังอยู่ในรูปแบบของอุปกรณ์หน่วยความจำรอม (Random Access Memory: ROM) แต่อุปกรณ์ CCD มีประโยชน์การนำไปใช้งานมากกว่านั้น ซึ่งเป็นได้ทั้งดีเลย์ไลน์ ส่วนประมวลผลสัญญาณ และที่สำคัญที่สุดคือ เป็นอุปกรณ์ตรวจจับแสงที่ประสิทธิภาพสูง



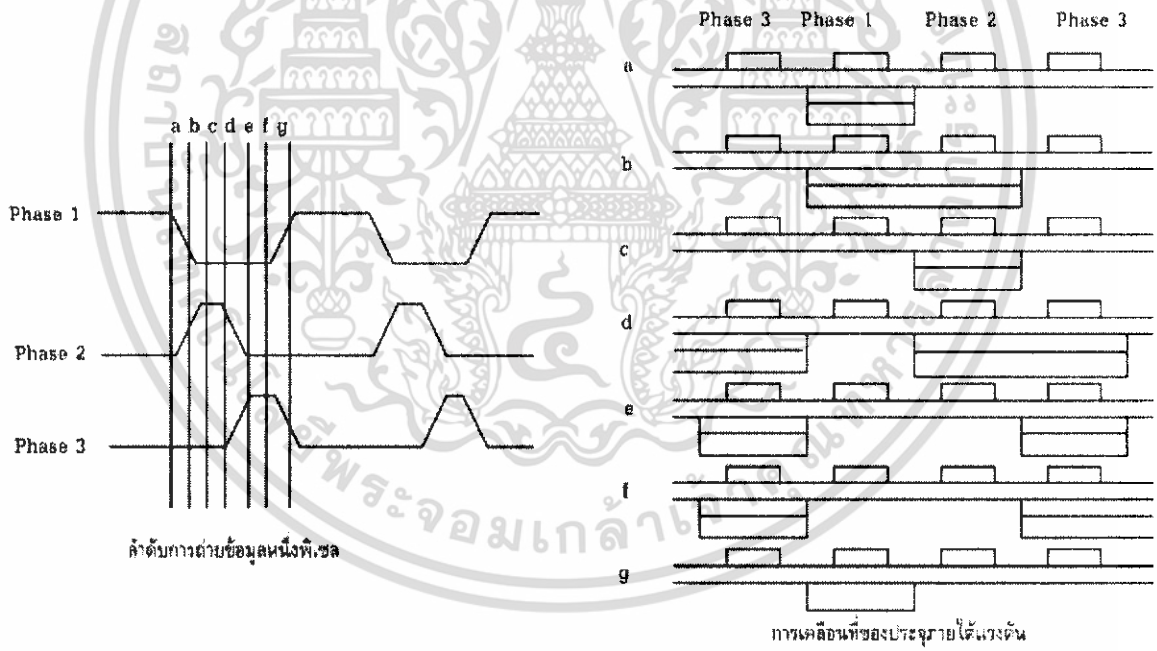
รูปที่ 2.3 โครงสร้างทั่วไปและการทำงานของ CCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างทั่วไป และการคัปปลิ้งสัญญาณของอุปกรณ์ตัวนี้ จะเห็นได้ว่ามีการแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนเล็กๆ แต่ละส่วนย่อยเรียกว่า พิเซล (Pixel) จากโครงสร้างเห็นได้ว่า CCD ไม่มีการแบ่งพิเซลออกเป็นตำแหน่งแอดเดรสเหมือนหน่วยความจำชนิดอื่นๆ แต่มีการแบ่งออกเป็นแถว (Row) และหลัก (Column) โดยมีส่วนที่ดั่นกลางที่เรียกว่า แชนแนลสต็อป (Channel Stop) กั้นระหว่างแต่ละหลัก

ภายในแต่ละพิกเซลจะมีประจุอยู่ตัวหนึ่งที่ทำให้เกิดภาพ และจะมีการถ่ายเทเมื่อมีแสงมาตกกระทบ การถ่ายเทย่อมมีตัวพา หรือตัวยึดเหนี่ยว ซึ่ง CCD ใช้หลักการหม่นเฟส (Phase Clock Voltage) มาใช้

แต่ละแถวจะมีการกำหนดสถานะทางไฟฟ้าด้วยการหมุนเฟส 3 เฟส ที่ความสัมพันธ์กันของช่วงเวลาและแรงดัน ด้วยการทำงานเช่นนี้ ประจุจากแต่พิกเซลจึงมีการถ่ายเทจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง เมื่อประจุเคลื่อนที่มาถึงขอบของแถวแล้วนั้น ก็จะมีการส่งผ่านข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์ เมื่อรีจิสเตอร์รับข้อมูลที่ส่งมานั้น ก็จะนำส่งภายนอก โดยการทยอยข้อมูลแบบอนุกรม และควบคุมด้วยการหมุนเฟสเดียวกัน ดังนั้นผลของการหมุนเฟสทั้งทางด้านแนวนอนและแนวตั้ง จึงสามารถให้เห็นในรูปที่ 2.4 ซึ่งแสดงถึงลักษณะของรูปคลื่นของแต่เฟสที่มีความสัมพันธ์กัน และลักษณะการเคลื่อนที่ของประจุเมื่อมีการถ่ายเท



รูปที่ 2.4 รูปคลื่นของการหมุนเฟสที่มีความสัมพันธ์กัน และลักษณะการถ่ายเทประจุ

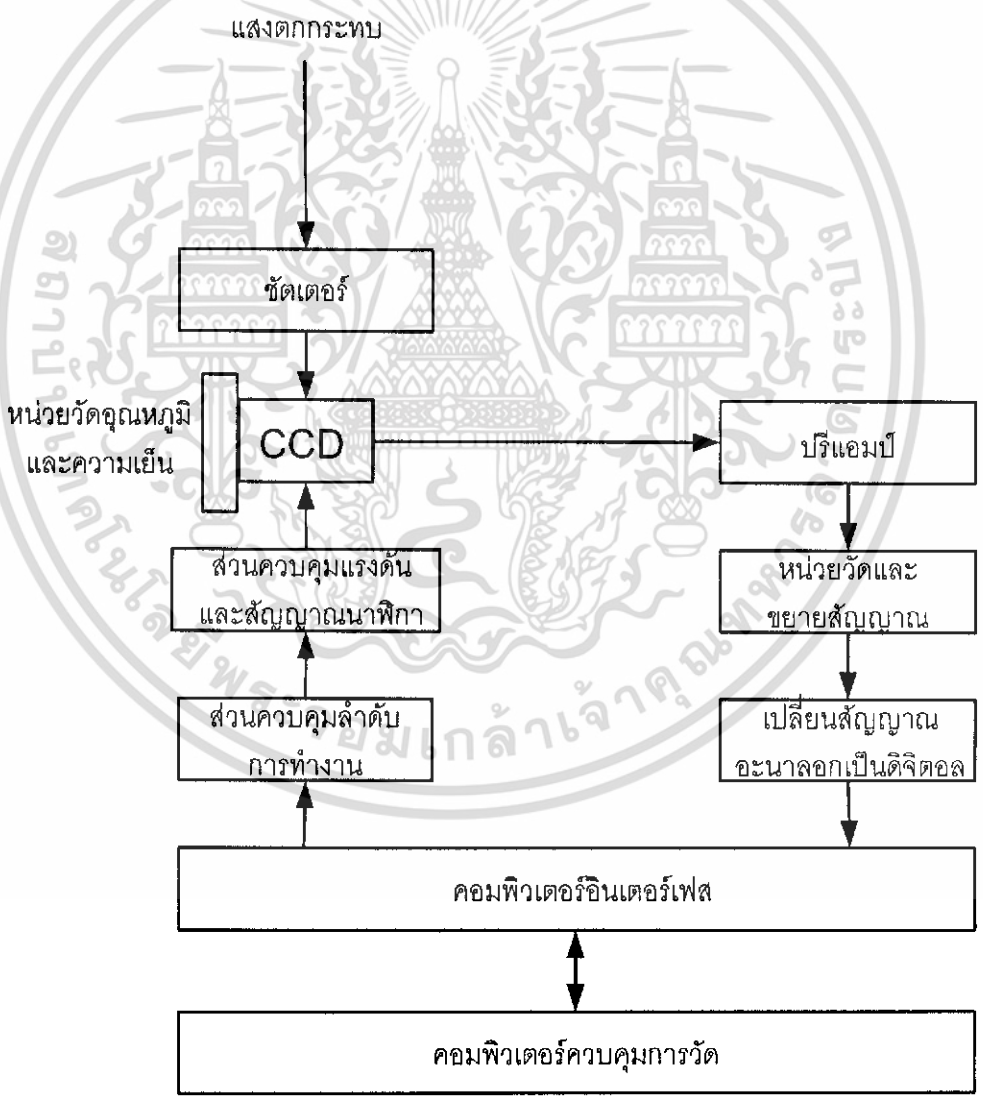
ในส่วนของความละเอียดภาพ และความไวของแสงขึ้นอยู่กับจำนวนพิเซลบนตัว CCD ซึ่งมีให้เลือกหลายขนาด ตั้งแต่ 385×578, 1500×1500, 2048×2048 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การนำ CCD ไปใช้ในงานถ่ายภาพ

โดยปกติ อุปกรณ์ CCD สามารถทำงานได้ด้วยอุณหภูมิห้องปกติ สำหรับใช้ในงานถ่ายภาพที่มีแสงพอประมาณ วิธีที่ทำให้กล้อง CCD เก็บแสงได้ดีที่สุดคือ พยายามลดอุณหภูมิให้ต่ำมากๆ เพื่อลดกระแสรั่วไหล ส่วนประกอบของระบบ CCD แสดงให้เห็นในรูปที่ 2.5 ประกอบด้วย

1. ส่วนประกอบของระบบชัตเตอร์
2. ส่วนของวงจรขยายและจัดสัญญาณ
3. ส่วนของวงจรแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล
4. ส่วนของวงจรกำเนิดแรงดันไบแอสไฟตรงและสัญญาณนาฬิกา



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบหลักของระบบ CCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ลักษณะของกล้อง CCD โดยทั่วไป

สำหรับรูปร่างลักษณะทั่วไปของกล้อง CCD แสดงในรูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นลักษณะภายนอกทั่วไปของกล้อง CCD มีความสะดวกมากในการนำไปติดตั้งใช้งาน เพราะมีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบา ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 27 กรัม ความสามารถของเลนซ์กล้อง CCD นี้ สามารถทำงานได้ภายใต้แสงสว่างของแสงที่ต่ำเพียง 0.1 ลักซ์ได้และถ้าหากประกอบด้วยอุปกรณ์ส่องแสง Infrared ร่วมก็จะสามารถทำให้เลนซ์กล้อง CCD มองเห็นได้ในที่มืด เป็นคุณสมบัติของเลนซ์ที่ตาของมนุษย์เรานั้นไม่สามารถมองเห็นได้

ความสามารถของม่านรับภาพในกล้องแบบอัตโนมัติ (Auto Iris) โดยมีความเร็วในการปิด เปิดหน้ากล้องแบบอัตโนมัติ ตั้งแต่ 1/50 และ 1/120000 วินาที ทำให้การรับภาพออกมาแสดงทางจอมอนิเตอร์เป็นไปอย่างนุ่มนวล และละเอียดไม่มีการกระพริบของภาพ เมื่อออกจากตัวกล้อง แต่อาจจะเกิดจากมอนิเตอร์เองได้ เอาต์พุตของสัญญาณที่ได้จากกล้อง CCD นี้ สามารถที่จะต่อเข้ากับจุดวิดีโออินพุตของจอมอนิเตอร์ได้โดยตรง หรือต่อเข้ากับจุดวิดีโออินพุต (Video Input) ของเครื่องเล่นวิดีโอเทปก็ได้ เช่นกัน แต่สำหรับการต่อเข้ากับช่องอาร์เอฟอินพุต (RF Input) ของทั้งโทรทัศน์และเครื่องเล่นวีดีโอนั้นจะต้องนำเอาสัญญาณวิดีโอเอาท์พุตของกล้องไปผ่านวงจรวิดีโอมอดูเลเตอร์ (Video Modulator) เสียก่อนจึงจะต่อเข้ากับช่องอาร์เอฟดังกล่าว

ส่วนคุณสมบัติกล้อง CCD นั้นมีอีกหลายส่วนคือ ความแรงของสัญญาณภาพเอาท์พุตของกล้องเท่ากับ 10 โวลท์พีกทูพีกที่ 75 โอห์มเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ อัตราการสแกนแบบอินเตอร์เลซ 2:1 ละอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (S/N Ratio) เท่ากับ 50 เดซิเบล รวมไปถึงอัตราการสิ้นเปลืองกำลังงานขณะทำงานสูงสุดที่ 150 มิลลิแอมป์ นอกจากนั้นแล้วตัวเลนซ์สามารถที่จะปรับตั้งระยะไปโฟกัสได้ด้วยมือนั้น คือมีสกรูสำหรับปรับตั้งระยะโฟกัสได้

รูปที่ 2.6 รูปร่างลักษณะกล้อง CCD

2.4.5 คุณสมบัติของกล้อง CCD

1. ทำงานได้ด้วยระดับแรงดันไฟเลี้ยง 10 ถึง 13 โวลต์
2. เป็นกล้องโทรทัศน์แบบสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มีความละเอียดของสัญญาณคุณภาพสูงโดยมีเส้นสแกนแบบเดียวกับโทรทัศน์
4. ความถี่ในการสแกนอยู่ในมาตรฐานเดียวกับของโทรทัศน์และตามมาตรฐานของ CCIR
5. เลนซ์ของกล้องเป็นแบบเลนซ์กว้าง
6. ย่านพอเหมาะในการทำงาน +50 ถึง -10 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 95%
7. ความเร็วของชัตเตอร์ 1/50 – 1/120,000 วินาที
8. น้ำหนัก 90 กรัม

2.4.6 หลักการทำงานของ CCD

หลักการทำงานของกล้อง CCD แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

2.4.6.1 การกำเนิดอิเล็กตรอนจากแสงที่ตกกระทบ

แสงที่รับเข้ามานั้นจะถูกอิลีเมนต์ภายในเปลี่ยนกลับเป็นอิเล็กตรอน และปริมาณจะเป็นปฏิภาคต่อความเข้มของแสง แผ่นซิลด์อะลูมินั่ม (Al) ของอิลิเมนต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ถึงรูปที่ 2.9 ซึ่งเป็นการแสดงถึงหน้าที่การทำงานที่กำบังแสงที่ส่งผ่านเข้ามาไม่ให้แผ่กระจายไปบริเวณอื่นนอกจากหน่วยโฟโต้เซนเซอร์

2.4.6.2 การเก็บอิเล็กตรอน (Store)

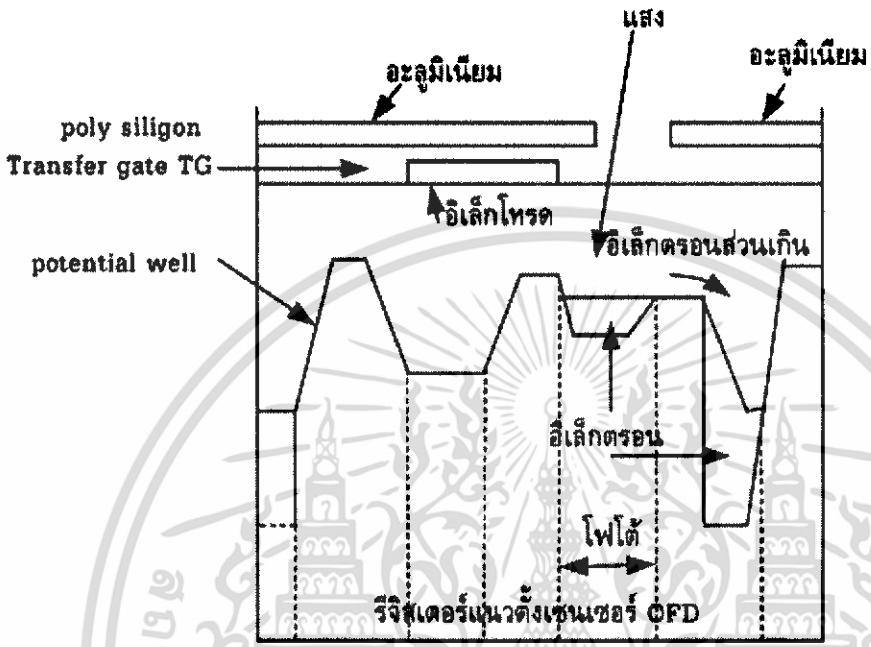
ข้อแรงดันแต่ละหน่วย (Potential Wall) แสดงในรูป 2.6 ที่ก่อให้เกิดภายในนั้น จะเห็นว่าอิเล็กตรอนเหล่านี้ จะถูกเก็บไว้ในข้อ และถึงแม้ว่าบางครั้งจะมีปริมาณเกินก็ตามแต่ตัวชิพ CCD สามารถจัดการได้ คิดว่าข้อแรงดันต้น (Shallow Potential Wall) ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ (Flexible) คือ มีการกระทำเหมือนเขื่อนที่กักอิเล็กตรอน เมื่อมีอิเล็กตรอนมากเกินควร เนื่องจากแสงสว่างจ้ามาตกกระทบ อิเล็กตรอนก็จะล้นผ่านลงสู่ข้างที่ระบาย (Over Drain) ที่ใช้ตัวย่อ OFD เพื่อขจัดปัญหาภาพเป็นเงา ซึ่งมักเกิดขึ้นเสมอกับกล้องถ่ายภาพชนิดหลอด ด้วยวิธีดังกล่าว จำนวนอิเล็กตรอนสูงสุดจะถูกกำจัดให้เท่ากันตลอด

2.4.6.3 การถ่ายเทอิเล็กตรอน (Electron transfer)

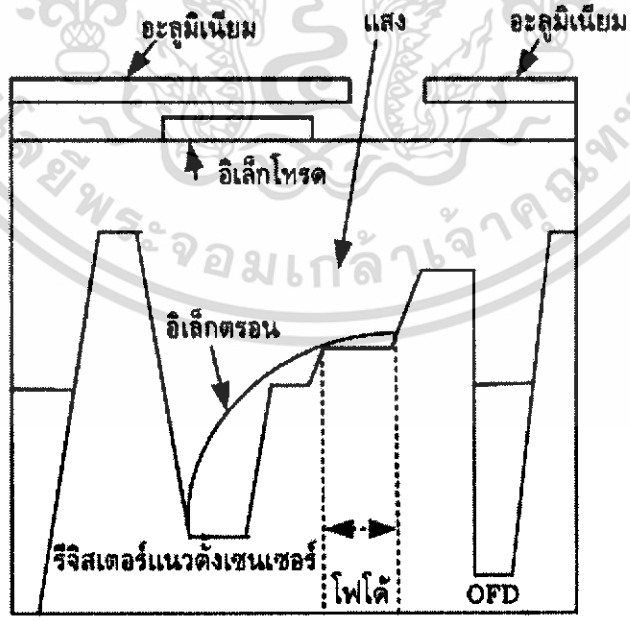
ขณะที่มีแรงดันไฟป้อนให้กับอิเล็กโทรดของอิลีเมนต์ (Poly Silicon Gate) ส่วนลึกของข้อแรงดันภายใต้ของข้างอิเล็กโทรดจะเพิ่มขึ้น ฉะนั้นอิเล็กตรอนที่ถูกกักเก็บไว้นั้นเริ่มจะถ่ายลงมาให้กับรีจิสเตอร์ทางแนวตั้ง แสดงในรูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8 ลักษณะเช่นนี้เหมือนกับประตูเขื่อนถูกเปิดออก ขณะที่จำนวนอิเล็กตรอนถูกถ่ายออกหมดแล้ว ไฟที่ป้อนให้กับอิเล็กโทรด (TG) จะหยุดด้วยดังแสดงในรูป 2.9 ความลึกของข้อรีจิสเตอร์แนวตั้ง ก็จะลดน้อยลงหรือตื้นกลับคืนมาเหมือนเดิม ด้วยเหตุนี้เอง การถ่ายเทอิเล็กตรอนจากโฟโต้เซนเซอร์ไปสู่เวอร์ติเคลรีจิสเตอร์ได้สิ้นสุดลง ระหว่างการถ่ายเทอิเล็กตรอนภายในอยู่ จะยังไม่มีการกำเนิดอิเล็กตรอนใหม่ ถึงแม้ว่าโฟโต้เซนเซอร์ขณะนี้รับแสงอยู่ก็ตามเพราะว่าความเร็วในการถ่ายเทนั้นสูงกว่าการเกิดอิเล็กตรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งสามขั้นตอนเป็นการแสดงพื้นฐานการทำงานของ CCD Image Sensor การรับแสงสว่างที่ตกกระทบเข้ามาและกำเนิดเป็นกระแสอิเล็กตรอนแล้วเก็บไว้ สุดท้ายอิเล็กตรอนที่เก็บไว้นั้น ถ่ายเทผ่านรีจิสเตอร์แนวตั้ง และรีจิสเตอร์แนวนอนแล้วส่งกระแสไฟฟ้าเป็นเอาต์พุตออกไป

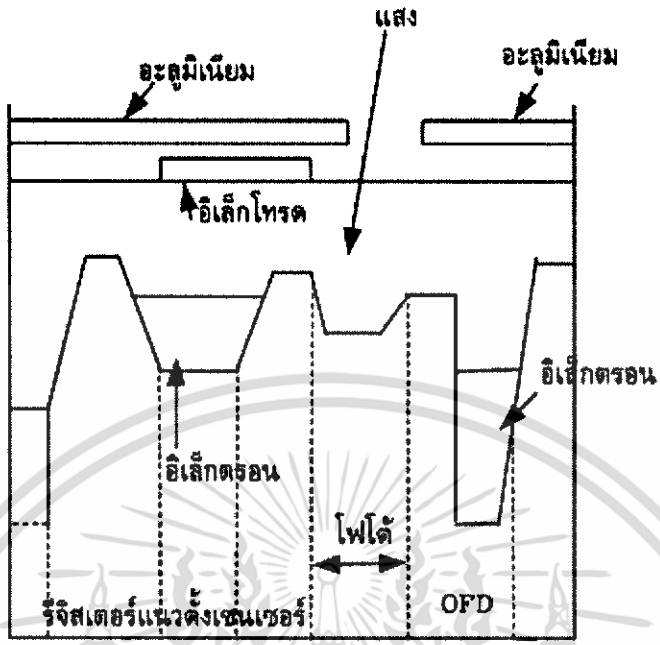


รูปที่ 2.7 การถ่ายเทอิเล็กตรอนออกจากแอ่งเก็บ เมื่อมีแสงมากเกินไป



รูปที่ 2.8 การถ่ายอิเล็กตรอนไปสู่รีจิสเตอร์

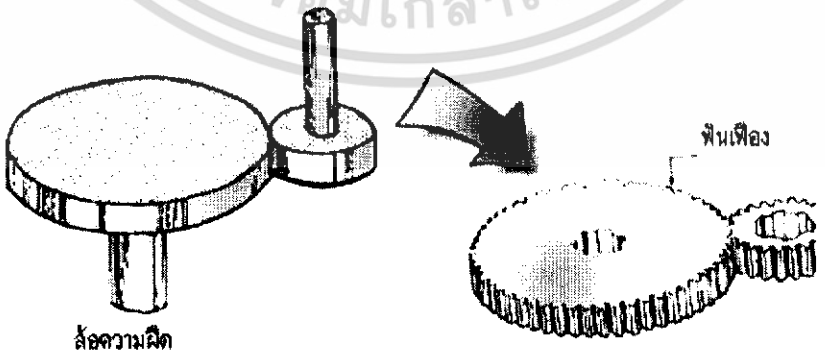
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
66680



รูปที่ 2.9 เตรียมพร้อมส่งต่อไป

2.5 เฟือง

การถ่ายทอดการหมุนจากต้นกำลังนั้น ทำได้หลายวิธี เช่น ด้วยการใช้สายพาน โซ่ ล้อความฝืด เป็นต้น ล้อความฝืดก็คือ ล้อสองล้อที่ถูกกดให้ติดกัน เมื่อล้อหนึ่งหมุน หรือเป็นล้อขับก็จะทำให้อีกล้อหนึ่งหมุนตาม เพราะผิวหน้าของล้อทั้งสองเกิดความฝืด เนื่องจากการสัมผัส แต่ถ้าหากมีภาระมากๆ เช่น มีการส่งกำลังสูงๆ จะทำให้เกิดการลื่นไถล การส่งกำลังจึงไม่แม่นยำ เพื่อที่จะแก้ไขข้อเสียเหล่านี้จึงได้มีการนำเอาฟันเฟืองมาติดไว้ที่ผิวของล้อโดยรอบล้อ จึงมีลักษณะเป็นล้อฟันเฟือง ซึ่งต่อมาจึงเรียกว่า "เฟือง" ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่สามารถส่งกำลังหรือถ่ายทอดการหมุนได้แม่นยำเที่ยงตรง และไม่มีการลื่นไถล ดังรูปที่ 2.10

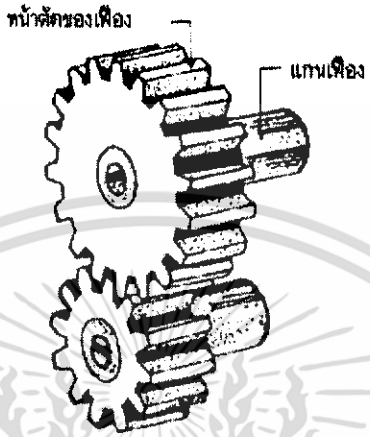


รูปที่ 2.10 เฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

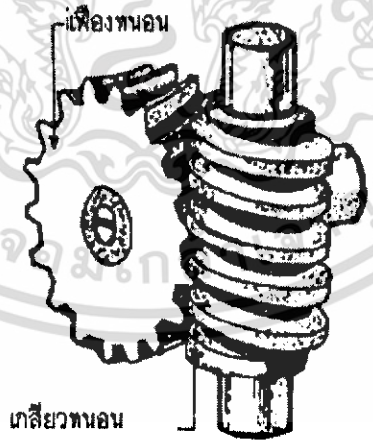
2.5.1 ชนิดของเฟือง

2.5.1.1 เฟืองตรง (Spur Gear) เป็นเฟืองที่มีลักษณะเป็นล้อทรงกระบอก มีฟันขนานกับแกนของตัวเฟือง มีหน้าตัดของฟันเฟืองขนานเท่ากัน และเหมือนกันตลอดทั้งเฟือง ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 เฟืองตรง

2.5.1.2 เฟืองหนอน (Worm Gear) เฟืองชุดนี้จะประกอบด้วยตัวเกลียวหนอนและเฟืองหนอน โดยเกลียวหนอนจะส่งกำลังหมุนไปขับให้เฟืองหนอนหมุนตาม ดังรูปที่ 2.12 เฟืองชนิดนี้นิยมใช้กับการทดรอบความเร็วสูงๆ ให้เป็นความเร็วต่ำมากๆ เช่น ในกรณีของการทดรอบจากมอเตอร์ซึ่งมีความเร็วสูง เป็นต้น



รูปที่ 2.12 เฟืองหนอน

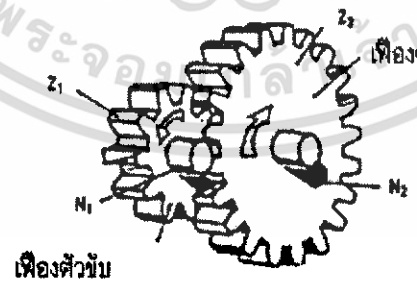
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.3 เฟืองดอกจอก (Bevel Gear) เฟืองชนิดนี้มีลักษณะรูปร่างเป็นรูปทรงกรวย (Cone) ฟันของเฟืองจะอยู่โดยรอบผิวของทรงกรวย และขนานกับแกนของเฟือง ดังรูปที่ 2.13 เฟืองดอกจอกจะใช้สำหรับเปลี่ยนทิศทางการส่งกำลังระหว่างเพลาของล้อที่ตั้งฉากกัน เช่น การส่งกำลังไปยังเพลาของล้อรถ เป็นต้น

รูปที่ 2.13 เฟืองดอกจอก

2.5.2 การคำนวณความเร็วรอบ

การส่งกำลังจากเฟืองตัวขับไปยังเฟืองตัวตามนั้น ต้องมีการขบกันของเฟือง ส่วนอัตราเร็วของเฟืองจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนฟันเฟืองของเฟือง ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง และการเคลื่อนที่ของเฟืองตัวขับ จะเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่สวนกัน ดังรูป 2.14



รูปที่ 2.14 การหมุนของเฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟืองเป็นส่วนประกอบของเครื่องจักรกลที่ถ่ายทอดกำลังจากเพลาอันหนึ่งไปยังอีกอันหนึ่ง การถ่ายทอดกำลังนั้นขึ้นอยู่กับอัตราเร็วและจำนวนฟันของเฟืองจำเป็นจะต้องทราบ คือ ชนิดของเฟือง ความสัมพันธ์ของจำนวนฟันเฟือง (Z) และอัตราเร็วของเฟือง (N) โดยทั่วๆ ไปหน่วยอัตราความเร็วของเฟือง มักนิยมบอกเป็นจำนวนรอบต่อนาที

สิ่งเหล่านี้มีความสัมพันธ์กัน คือ ถ้าสมมุติให้

- อัตราเร็วของเฟืองตัวขับ = N_1
- อัตราเร็วของเฟืองตัวตาม = N_2
- จำนวนฟันของเฟืองตัวขับ = Z_1
- จำนวนฟันของเฟืองตัวตาม = Z_2

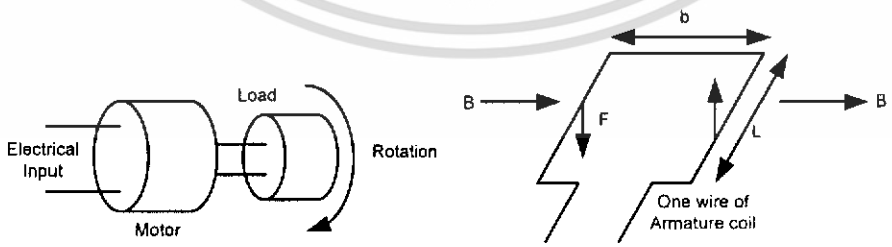
ดังนั้นอัตราเร็วของเฟืองตัวขับคูณด้วยจำนวนฟันของเฟืองตัวขับเท่ากับอัตราเร็วของเฟืองตัวตามคูณด้วยจำนวนฟันของเฟือง หรือเขียนง่ายได้ดังนี้

$$N_1 Z_1 = N_2 Z_2 \tag{2.1}$$

2.6 มอเตอร์ไฟฟ้า

2.6.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current, D.C. Motor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล หรือจะกล่าวว่าเป็นระบบที่มีสัญญาณไฟฟ้าเป็นอินพุต และมีเอาท์พุตเป็นพลังงานกลก็ได้ โดยทั่วไปมอเตอร์จะประกอบด้วยขดลวดที่ส่วนหมุน หรือ Armature Coil ซึ่งสามารถที่จะหมุนไปได้อย่างอิสระ ขดลวดนี้จะวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจจะเป็นแม่เหล็กถาวร หรือส่วนมากจะเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างจากกระแสไฟฟ้าผ่าน Field Coils เมื่อมีกระแสไฟฟ้า I_a ไหลผ่าน Armature Coil ซึ่งวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดแรงผลักทำให้ Armature นี้เกิดการหมุน ตามที่แสดงในรูป 2.15



รูปที่ 2.15 การหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 สเตปปิ้งมอเตอร์

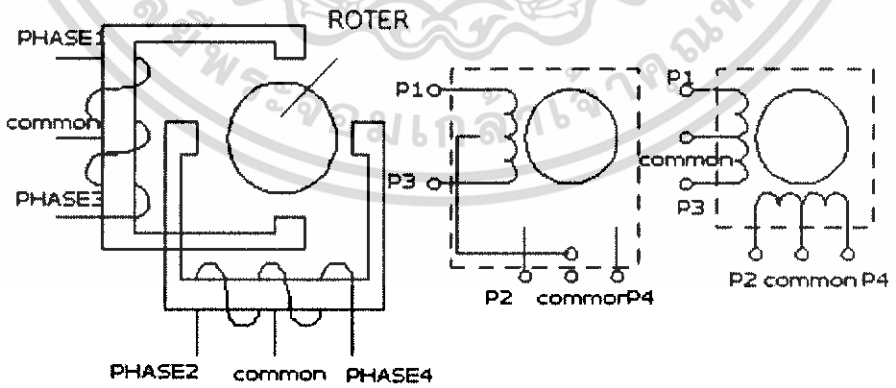
สเตปปิ้งมอเตอร์เป็นอุปกรณ์เอาต์พุตอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถนำไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ มาทำการควบคุมได้สะดวก และเป็นมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในงานควบคุมการหมุน ที่ต้องการตำแหน่ง และทิศทางที่แน่นอน การทำงานของ สเตปปิ้งมอเตอร์จะขับเคลื่อนทีละขั้นๆ ละ (Step) 0.9, 1.8, 5, 7.5, 15 หรือ 50 องศา ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติแต่ละชนิดของสเตปปิ้งมอเตอร์ตัวนั้นๆ สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะแตกต่างจากมอเตอร์กระแสตรงทั่วไป (DC Motor) โดยการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงจะหมุนไปแบบต่อเนื่อง ไม่สามารถหมุนเป็นแบบสเตปๆ ได้ดังนั้นในการนำไปกำหนดตำแหน่งจึงควบคุมได้ยากกว่า แต่ในส่วนใหญ่เราจะใช้สเตปปิ้งมอเตอร์มาทำการการควบคุมโดยใช้วิธีในระบบดิจิตอล เช่น พรินเตอร์ (Printer) พล็อตเตอร์ (X-Y Plotter) ดิสก์ไดร์ฟ (Disk Drive) ฯลฯ

ข้อดีของสเตปปิ้งมอเตอร์เมื่อเปรียบกับมอเตอร์กระแสตรง (DC Motor)

1. การควบคุมไม่ต้องอาศัยตัวตรวจจับการหมุน
2. ไม่ต้องใช้แปรงถ่าน ดังนั้นจึงทำให้ไม่มีส่วนที่จะต้องสึกหรอ และปัญหาของการสปาร์ค (ที่เกิดจากหน้าสัมผัสของแปรงถ่านแหวนตัวนำในโรเตอร์) ที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน
3. การควบคุมโดยทางวงจรดิจิตอลหรือไมโครโปรเซสเซอร์ ทำได้ง่าย และสะดวก

สเตปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้ ใช้สเต็ปปิ้งแบบยูนิโพล่าร์ (Uni-Polar Stepper Motor) ซึ่งโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบนี้จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนด้วยกันคือ

1. ส่วนที่ทำการหมุน (Rotor) จะเป็นแม่เหล็กถาวรหรืออื่นๆ
2. ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) เป็นขดลวดที่พันไว้จำนวนหลายๆ ขด



รูปที่ 2.16 โครงสร้างของสเตปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการขับสเตปปิ้งมอเตอร์ให้หมุนโดยการกระตุ้นเฟส

ในการควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์เพื่อที่จะให้ทำการหมุน มีวิธีการควบคุมกระแสไฟที่จ่ายให้กับขดลวดสเตเตอร์ (Stator) ในแต่ละเฟสของสเตปปิ้งมอเตอร์ อย่างเป็นลำดับที่แน่นอน โดยถ้าหากเราต้องการให้กระแสไหลในเฟสใดๆ ก็จะทำให้สถานะของเฟสนั้นๆเป็นสถานะลอจิก "1" และในการกระตุ้นเฟสของของสเตปปิ้งมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ

1. การกระตุ้นเฟส แบบฟูลสเตปมอเตอร์ (Full Step Motor) ยังสามารถแบ่งการกระตุ้นเฟสออกได้เป็นอีก 2 วิธีด้วยกันคือ

   1.1 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเตป 1 เฟส (Single-Phase Driver) หรือแบบเวฟ จะเป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวด ของสเตปปิ้งมอเตอร์ทีละขด โดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป ดังนั้นกระแส ที่ไหลในขดลวด จะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้แรงขับของสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีน้อย

ตารางที่ 2.4 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเตป 1 เฟส

สเตปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

   1.2 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเตป 2 เฟส (Two-Phase Driver) เป็นการป้อนกระแสให้กับขดลวด 2 ขด ของสเตปปิ้งมอเตอร์พร้อมๆกันไป และจะกระตุ้นเรียงถัดกับไปเช่นเดียวกับแบบหนึ่งเฟส ดังนั้นการกระตุ้นแบบนี้จึงต้องใช้กำลังไฟมากขึ้น และจะทำให้มีแรงบิดของมอเตอร์มากกว่าการกระตุ้นแบบ 1 เฟส

ตารางที่ 2.5 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเตป 2 เฟส

สเตปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การกระตุ้นเฟส แบบฮาลฟ์สเตป (Half Step Motor) หรือ One-two Phase Driver คือ การกระตุ้นเฟสแบบ ฟูล สเตป 1 เฟส และ 2 เฟส เรียงลำดับกันไป แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้นลง ในการกระตุ้นแบบนี้เราจะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะของ สเต็ปเท่ากับการกระตุ้นเพียงครั้งเดียว ของแบบฟูลสเตป 2 แบบแรก ความละเอียด ของการหมุนตำแหน่งองศาต่อสเต็ป ก็เป็นสองเท่าของแบบแรก ความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้น

ตารางที่ 2.6 การกระตุ้นเฟส แบบฮาลฟ์สเตป

สเตปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

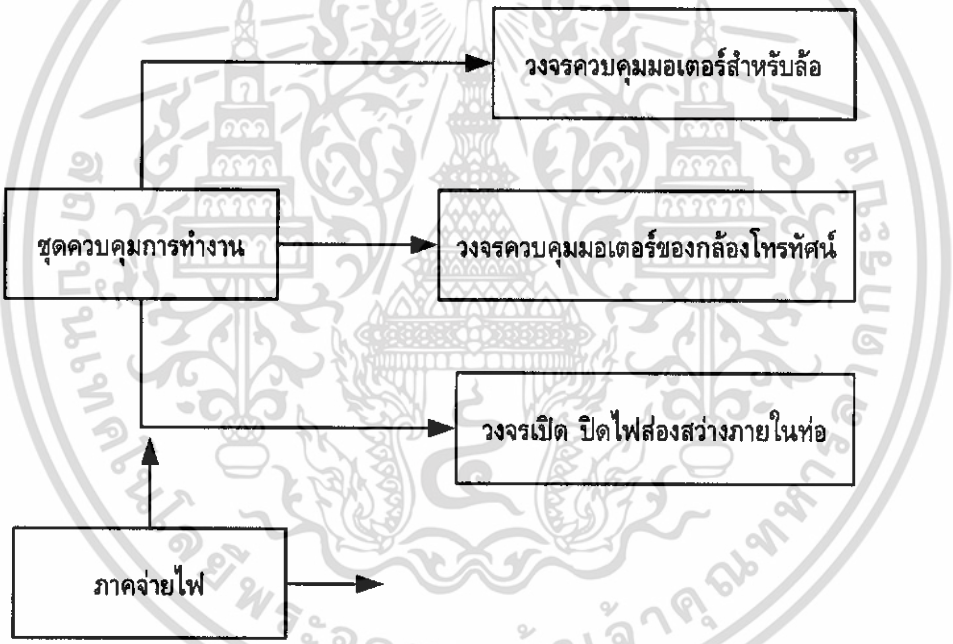
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

ในการสร้างและออกแบบหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบได้ออกแบบหุ่นให้สามารถเคลื่อนที่เข้าภายในท่อแบบหน้าตัดวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 6 ถึง 8 นิ้ว ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ โครงสร้างหลักที่ทำจากอะลูมิเนียม ชุดล้อที่ประกอบด้วยชุดเฟืองและมอเตอร์กระแสตรง กล้องวิดีโอที่สามารถควบคุมมุมมองได้ และส่วนของชุดควบคุมการทำงาน

3.2 ผังการทำงานของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ



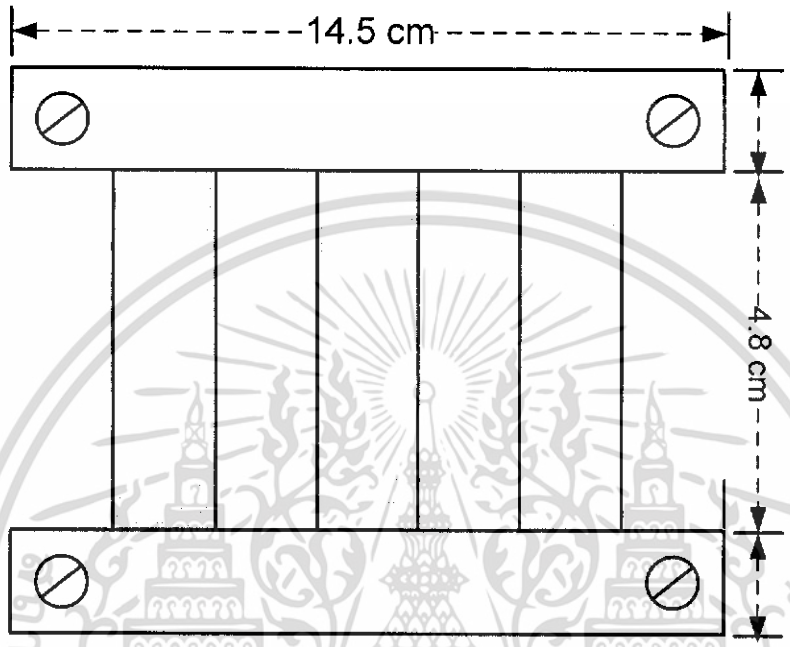
รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

จากรูปที่ 3.1 ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

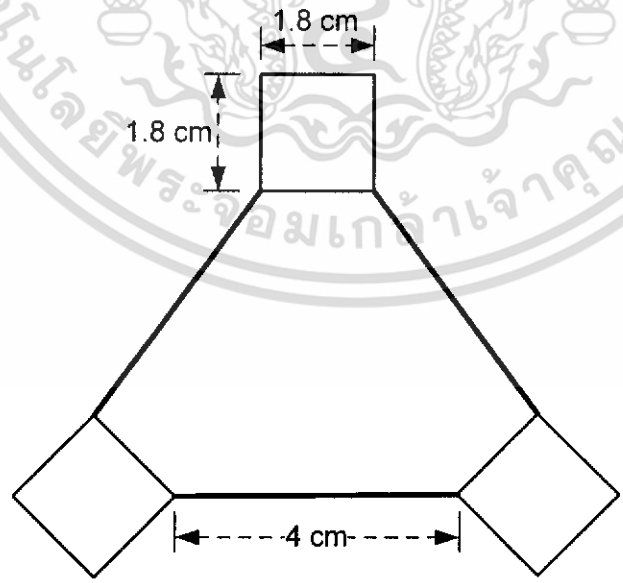
1. ชุดควบคุมการทำงาน เป็นสวิตช์ปุ่มกด เพื่อใช้เลือกการทำงานส่วนต่างๆ ของตัวหุ่น
2. วงจรควบคุมมอเตอร์สำหรับล้อ ทำหน้าที่ควบคุมมอเตอร์ล้อ ให้หุ่นเดินหน้าหรือถอยหลัง
3. วงจรควบคุมมอเตอร์ของกล้องโทรทัศน์ ทำหน้าที่ควบคุมให้กล้องหมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ
4. วงจรเปิด-ปิดไฟส่องสว่าง ทำหน้าที่เลือกเปิดหรือปิดไฟส่องภายในท่อ
5. ภาคจ่ายไฟ เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 โครงสร้างของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ



รูปที่ 3.2 ขนาดและลักษณะด้านข้างโครงสร้างของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ



รูปที่ 3.3 ขนาดและลักษณะด้านหน้าโครงสร้างของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การออกแบบและการสร้าง

การสร้างและออกแบบหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ เป็นลักษณะโครงสร้างอะลูมิเนียมแท่งหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1.85 × 1.85 ซม. ความยาว 10 ซม. จำนวน 3 ชิ้น ประกอบติดอยู่กับอะลูมิเนียมแผ่นขนาดความกว้าง 2.5 ซม. ยาว 12 ซม. จำนวน 6 ชิ้น ประกอบกันเป็นโครงสร้างดังรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3

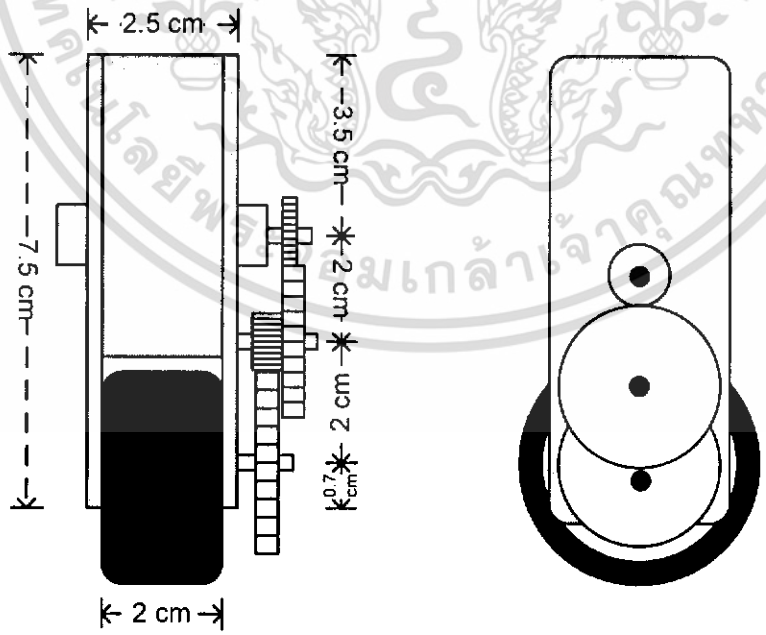
3.3.2 การทำงาน

การทำงานของโครงสร้างทำหน้าที่เป็นแกนหลักในการติดตั้งส่วนชุดล้อ ชุดกล้องวิดีโอและอุปกรณ์เสริมต่างๆ ของหุ่นยนต์เข้าด้วยกัน

3.4 ชุดล้อ

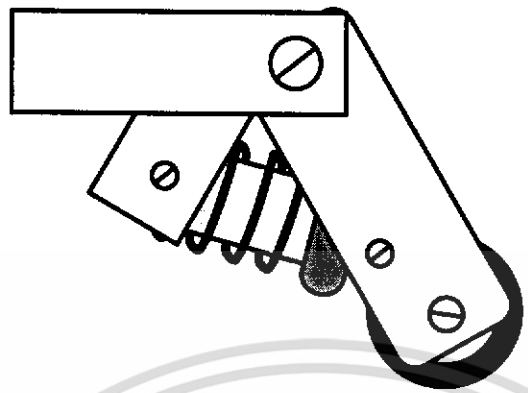
3.4.1 การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบและการสร้างชุดล้อของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ มีด้วยกัน 2 ชุด คือ ล้อพยุงและล้อขับเคลื่อนหุ่นยนต์ โครงสร้างภายนอกมีลักษณะคล้ายกัน ส่วนที่ต่างคือ ชุดล้อขับเคลื่อนหุ่นยนต์จะมีส่วนของชุดเฟืองและมอเตอร์ประกอบอยู่ โครงสร้างของชุดล้อประกอบด้วยอะลูมิเนียมแท่งขนาดหน้าตัด 2.5 × 2.5 ซม. ยาว 7.5 ซม. ล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ซม. และโช้คอัพประกอบกันติดตั้งอยู่กับโครงสร้างหลักของหุ่นที่สร้างไว้ ชุดขับเคลื่อนประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 3 VDC และชุดเฟืองประกอบกันดังรูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 ขนาดและลักษณะชุดล้อของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

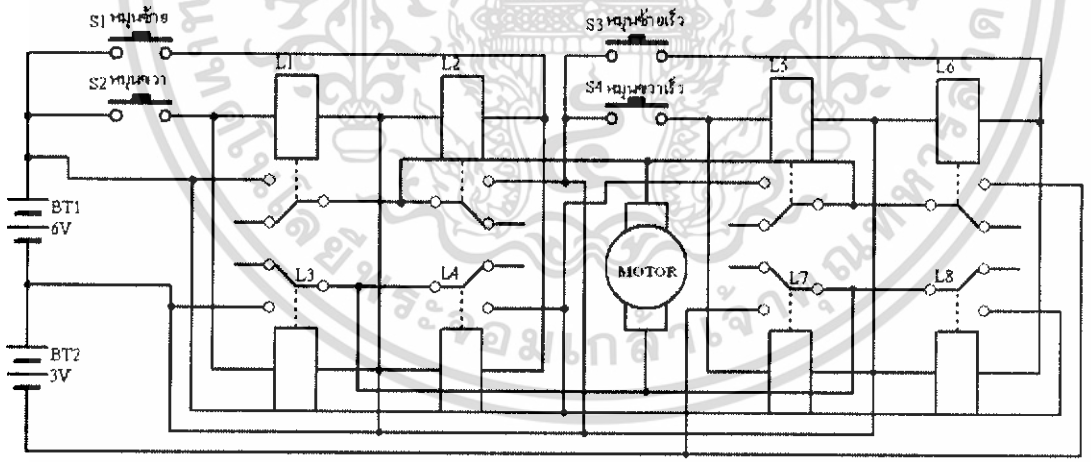
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 การประกอบชุดล้อของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบกับโครงสร้าง

3.4.2 การทำงาน

ชุดล้อทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่เข้าและออกท่อที่ต้องการสำรวจที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์ขนาด 6 ถึง 8 นิ้ว โดยเป็นชุดที่สามารถขยายและหดตัวโดยใช้โช้คอัพ การทำงานของชุดขับเคลื่อนโดยใช้วงจรกลับการหมุนทิศทางมอเตอร์ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรกลับการหมุนทิศทางมอเตอร์ของชุดล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

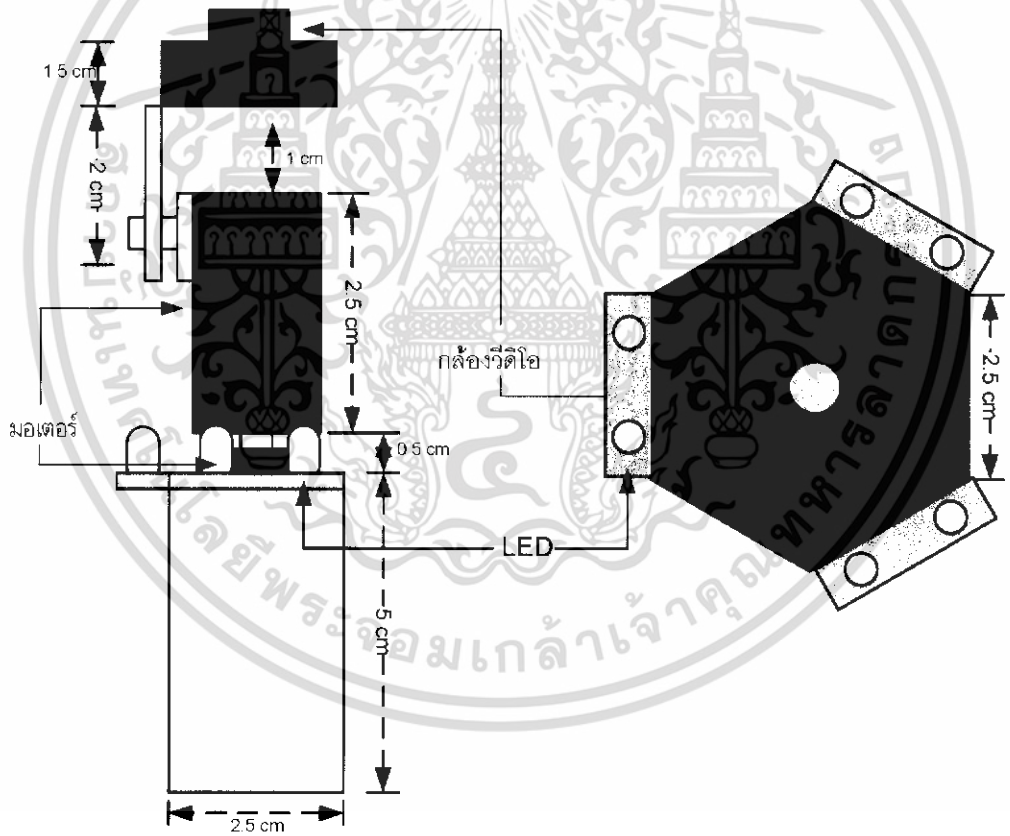
3.5 กล้องวิดีโอ

3.5.1 การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบชุดกล้องวิดีโอ ประกอบด้วยกล้อง CCD ร่วมกับวงจรไดโอดชนิดเปล่งแสงได้จำนวน 4 ตัว ซึ่งทำหน้าที่ส่องสว่างภายในท่อ สร้างอยู่กับฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2 ตัว ตัวที่ติดกล้องวิดีโอหมุนได้ 180° และมอเตอร์ที่ฐานหมุนได้ 360° เพื่อควบคุมทิศทางมุมกล้อง โดยติดตั้งบริเวณด้านหน้าของโครงสร้างของตัวหุ่น

3.5.2 การทำงาน

ชุดกล้องวิดีโอ ทำหน้าที่ถ่ายสภาพพื้นผิวภายในท่อ มายังเครื่องรับโทรทัศน์ที่ติดตั้ง โดยผู้ใช้สามารถควบคุมทิศทางตำแหน่งมุมกล้องได้



รูปที่ 3.7 ลักษณะและขนาดของกล้องวิดีโอที่ติดตั้งกับแท่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

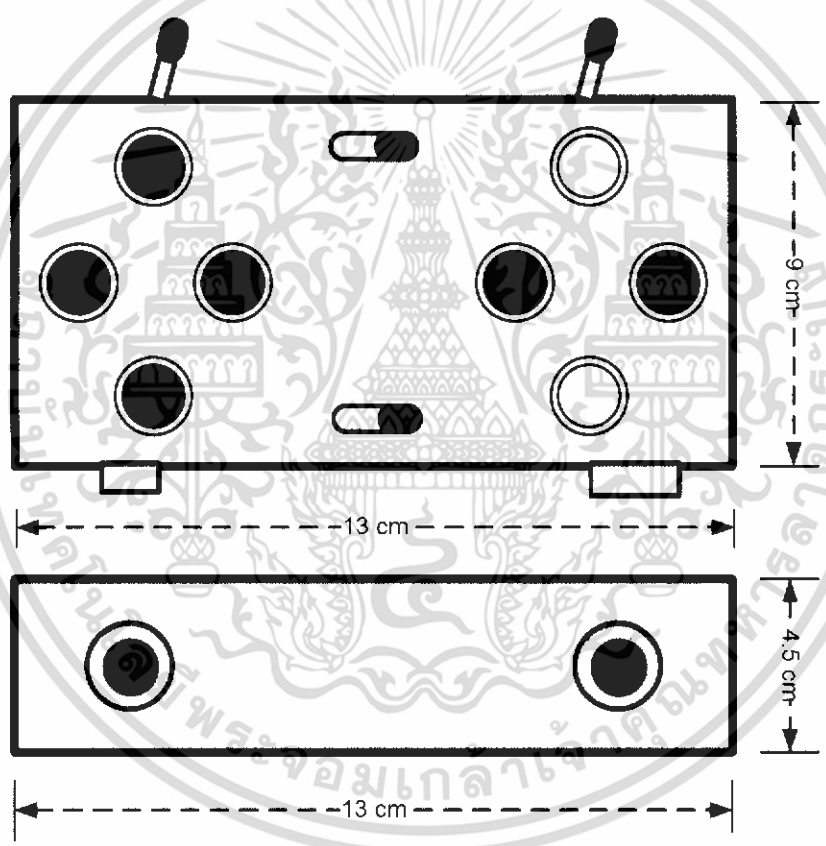
3.6 ชุดควบคุม

3.6.1 การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบชุดควบคุมเป็นการนำสวิตช์ควบคุมการทำงาน และจุดเชื่อมต่อของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบมาติดตั้งบนกล่องพลาสติกขนาดยาว 13 ซม. กว้าง 9 ซม. และสูง 4.5 ซม. ประกอบด้วยสวิตช์แบบกดติดปล่อยดับจำนวน 8 ตัว สวิตช์โยก 1 ตัว ขั้วต่อ 2 ตัว ขั้วต่อแบบ RCA 2 ตัว

3.6.2 การทำงาน

ชุดควบคุม ทำหน้าที่ให้ผู้ใช้ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ โดยใช้ควบคุมส่วน การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ตำแหน่งกล้องวิดีโอ การเปิด/ปิดไฟส่องสว่าง



รูปที่ 3.8 ลักษณะของกล่องควบคุมของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

3.7 การสร้างและประกอบหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

เป็นการนำส่วนประกอบส่วนต่างๆ คือ โครงสร้าง ชุดล้อ กล้องวิดีโอที่ออกแบบและสร้างไว้มาประกอบกัน ดังรูปที่แสดงในภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของส่วนต่างๆ ของโครงงานหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบที่ได้ออกแบบและจัดสร้างขึ้นว่า มีขีดความสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ในตอนต้นหรือไม่ เพื่อจะได้ทราบผลการทำงานของส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์หุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นรวมทั้งผลที่ได้จากการทดลองว่าตรงตามขีดความสามารถที่กำหนดหรือไม่ และจะสามารถทำการแก้ไขข้อผิดพลาดก่อนที่จะประกอบเป็นตัวหุ่นยนต์สำเร็จได้ ในการทดลองจะแบ่งการทดลองชุดการทำงานออกเป็นส่วนๆ ได้แก่ การทดสอบการเคลื่อนที่ภายในท่อที่ความเร็วระดับที่หนึ่ง การทดสอบการเคลื่อนที่ภายในท่อที่ความเร็วระดับที่สอง ผลการปรับเปลี่ยนมุมกล้องของหุ่น

4.2 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์

4.2.1 การทดสอบการเคลื่อนที่ภายในท่อที่ความเร็วระดับที่หนึ่ง

1. ลำดับขั้นการทดลอง

   1.1) ทำการต่อสาย Connecting Core 12 เส้น จากกล่องควบคุมกับหุ่นยนต์

   1.2) ต่อสายแบตเตอรี่กับกล่องควบคุม

   1.3) นำท่อขนาด 6 และ 8 นิ้วความยาว 1 เมตรมาทดสอบ

   1.4) ปรับระดับความเร็วที่กล่องควบคุมเลือกที่ระดับที่หนึ่ง

   1.5) เปิดสวิตช์ควบคุม พร้อมบันทึกผลเวลาการเคลื่อนที่ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความเร็ว

2. ผลการทดลอง

   จากการทดลองตามขั้นตอนครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5 ได้ผลดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ภายในท่อที่ความเร็วระดับที่หนึ่งท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)
1	17.15	0.05831
2	16.67	0.05999
3	17.29	0.05784
4	16.93	0.05907
5	16.04	0.06234

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ภายในท่อที่ความเร็วระดับที่หนึ่งท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)
1	15.85	0.06309
2	16.64	0.06009
3	15.20	0.06579
4	16.56	0.06039
5	15.35	0.06515

สรุปผลการทดลองการเคลื่อนที่ภายในท่อที่ความเร็วระดับที่หนึ่งพบว่าความเร็วเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ภายในท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้วอยู่ที่ 0.05945 เมตรต่อวินาทีและการเคลื่อนที่ภายในท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้วอยู่ที่ 0.06281 เมตรต่อวินาที

4.2.2 การทดสอบการเคลื่อนที่ภายในท่อที่ความเร็วระดับที่สอง

1. ลำดับขั้นการทดลอง
   1.1) ทำการต่อสาย Connecting Core 12 เส้นจากกล่องควบคุมกับหุ่นยนต์
   1.2) ต่อสายแบตเตอรี่กับกล่องควบคุม
   1.3) นำท่อขนาด 6 และ 8 นิ้วความยาว 1 เมตรมาทดสอบ
   1.4) ปรับระดับความเร็วที่กล่องควบคุมเลือกที่ระดับที่สอง
   1.5) เปิดสวิตซ์ควบคุม พร้อมบันทึกผลการทดลอง
2. ผลการทดลอง
   จากการทดลองตามขั้นตอนครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5 ได้ผลดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ภายในท่อที่ความเร็วระดับที่สองท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)
1	12.77	0.07831
2	12.41	0.08058
3	13.08	0.07645
4	12.14	0.08237
5	12.43	0.08045

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ภายในท่อที่ความเร็วระดับที่สองท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)
1	12.57	0.07956
2	12.19	0.08203
3	11.83	0.08453
4	12.66	0.07899
5	11.74	0.08517

สรุปผลการทดลองการเคลื่อนที่ภายในท่อที่ความเร็วระดับที่สองพบว่าความเร็วเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ภายในท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้วอยู่ที่ 0.07955 เมตรต่อวินาทีและการเคลื่อนที่ภายในท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้วอยู่ที่ 0.08197 เมตรต่อวินาที

4.3 การทดสอบการปรับเปลี่ยนมุมกล้องโทรทัศน์

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ทำการต่อสาย Connecting Core 12 เส้นจากกล่องควบคุมกับหุ่นยนต์

1.2) ต่อสายแบตเตอรี่กับกล่องควบคุม

1.3) ต่อสายสัญญาณโทรทัศน์จากกล่องควบคุมเข้าสู่ช่อง AV ของเครื่องรับโทรทัศน์

1.4) ปรับเปลี่ยนมุมกล้อง พร้อมบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการทดสอบการปรับเปลี่ยนมุมกล้องโทรทัศน์ส่วนฐานกล้อง

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1	5.10
2	5.54
3	5.14
4	5.24
5	4.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการทดสอบการปรับเปลี่ยนมุมกล้องโทรทัศน์จากซ้ายไปขวา

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1	1.15
2	1.07
3	1.22
4	1.23
5	1.15

สรุปผลการทดลองการทดสอบการปรับเปลี่ยนมุมกล้องโทรทัศน์พบว่าใช้เวลาเฉลี่ยในการทดสอบการปรับเปลี่ยนมุมกล้องโทรทัศน์อยู่ที่ 5.20 วินาที และผลการทดลองการทดสอบการปรับเปลี่ยนมุมกล้องโทรทัศน์จากซ้ายไปขวาเวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 1.164 วินาที

4.4 การทดสอบการแสดงภาพบนเครื่องรับโทรทัศน์

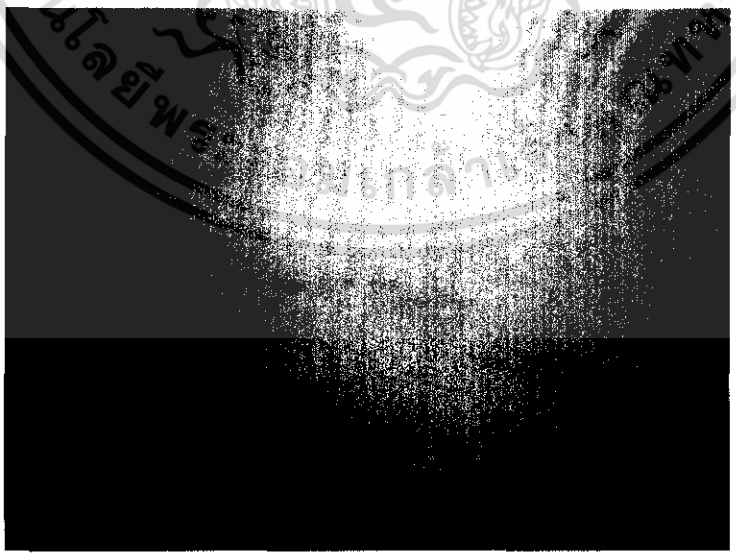
1. ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ทำการต่อสาย Connecting Core 12 เส้นจากกล่องควบคุมกับหุ่นยนต์

1.2) ต่อสายแบตเตอรี่กับกล่องควบคุม

1.3) ต่อสายสัญญาณโทรทัศน์จากกล่องควบคุมเข้าสู่ช่อง AV ของเครื่องรับโทรทัศน์

1.4) ปรับเปลี่ยนมุมกล้อง ตรงจดูภาพที่ถ่ายจากกล้องโทรทัศน์



รูปที่ 4.1 แสดงสภาพพื้นผิวท่อที่ถ่ายจากกล้องโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

หุ่นยนต์ตรวจภายในผิวท่อในแนวระนาบ สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจดูสภาพพื้นผิวภายในของท่อชนิดต่างๆ ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 6 ถึง 8 นิ้ว โดยตรวจดูจอโทรทัศน์ ความเร็วของหุ่นสามารถปรับได้ 2 ระดับ หุ่นประกอบด้วยล้อทั้งหมดจำนวน 6 ล้อ มีล้อที่ใช้ในการขับเคลื่อน 3 ล้อ และอีก 3 ล้อทำหน้าที่พยุงตัวหุ่น บริเวณด้านของตัวหุ่นทำการติดตั้งกล้องวิดีโอขนาดเล็ก การบังคับสามารถทำได้ให้หุ่นเดินหน้าและถอยหลัง ระยะทางที่สามารถตรวจดูได้ขึ้นอยู่กับความยาวของสายควบคุมที่ติดกับหุ่น

การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ตรวจภายในผิวท่อในแนวระนาบ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ชุดโครงสร้างทำมาจากอะลูมิเนียมแท่งและแผ่นจำนวนแบบละ 3 ชิ้น ประกอบกันเป็นลักษณะ 3 เหลี่ยมด้านเท่าทำหน้าที่เป็นแกนหลักในการยึดส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน ส่วนถัดมาคือ ชุดล้อ ชุดล้อแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ ล้อขับเคลื่อนและล้อพยุง ล้อทั้งสองต่างกันตรงที่ ล้อขับเคลื่อนจะมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบอยู่ ทำหน้าที่ขับเคลื่อนหุ่นเข้าไปในท่อ ชุดล้อประกอบด้วย ชุดเฟือง อะลูมิเนียม ล้อยาง โช้คอัพ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนสุดท้ายของตัวหุ่นยนต์ตรวจภายในผิวท่อในแนวระนาบคือ ชุดกล้องวีดีโอ ชุดกล้องวีดีโอประกอบขึ้นจาก กล้องวีดีโอชนิด CCD มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2 ตัว LED จำนวน 6 ตัว และแท่นอะลูมิเนียม ชุดกล้องวีดีโอสามารถปรับเปลี่ยนมุมกล้องตามผู้ใช้ต้องการโดยการทำงานที่สัมพันธ์กันของมอเตอร์ทั้ง 2 ตัว และใช้ LED ทำหน้าที่ส่องสว่างภายในท่อ ภาพที่ได้จากกล้องวีดีโอจะส่งมายังเครื่องรับโทรทัศน์ของผู้ใช้ตรวจดู

การทำงานของหุ่นโดยการนำหุ่นเข้าไปยังท่อที่ต้องการตรวจสอบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 6 ถึง 8 นิ้ว โดยความเร็วในการเคลื่อนที่แบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ ความเร็วของระดับที่หนึ่ง ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้วมีความเร็ว 0.05945 เมตรต่อวินาที และท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้วมีความเร็ว 0.06281 เมตรต่อวินาที ความเร็วของระดับที่สอง ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้วมีความเร็ว 0.07955 เมตรต่อวินาที และท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้วมีความเร็ว 0.08197 เมตรต่อวินาที

5.3 ปัญหาและวิธีการแก้ไข

จากการดำเนินการสร้าง และทดสอบ พบว่ามีปัญหาที่เกิดขึ้นหลายประการ และได้ดำเนินการแก้ไขไปแล้ว ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหา การออกแบบโครงสร้างขั้นแรกใช้แผ่นใยแก้ว ทำให้โครงสร้างอ่อนตัวและไม่แข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการแก้ไข เปลี่ยนจากการใช้แผ่นใยแก้วเป็นอะลูมิเนียมทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรง

2. ปัญหา ระบบเฟืองที่ใช้หลวมเกินไปไม่สามารถทำงานได้

วิธีการแก้ไข ปรับระดับและการวัดระยะเฟืองใหม่

3. ปัญหา ระดับโช้ค กรณีใช้กับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้วจะสั้นเกินไปและใช้กับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้วจะยาวเกินไป

วิธีการแก้ไข เปลี่ยนมาใช้วิธีปรับระดับขาของชุดล้อแทน แล้วใช้น็อตยึด

4. ปัญหา เฟืองติดแกนมอเตอร์หลุด

วิธีการแก้ไข ทากาวระหว่างเฟืองและแกนมอเตอร์ยึดให้แน่น

5. ปัญหา การส่งสัญญาณภาพมีปัญหาเนื่องจากมีสัญญาณจากมอเตอร์รบกวน

วิธีการแก้ไข ใช้ชีลด์พันสายสัญญาณเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน

6. ปัญหา การควบคุมการแพนกล้องเร็วเกินไป

วิธีการแก้ไข เปลี่ยนจากการใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงเป็นมอเตอร์เซอร์โว

7. ปัญหา ความเร็วของหุ่นช้า

วิธีการแก้ไข เพิ่มแหล่งจ่ายไฟอีก 1 ชุด ทำให้ความเร็วหุ่นเพิ่มขึ้นเป็น 2 ระดับ

8. ปัญหา ไฟส่องสว่างของกล้องเมื่อหุ่นเคลื่อนที่ไฟจะหรี่ลง

วิธีการแก้ไข เปลี่ยนจากการใช้แหล่งจ่ายจากหุ่นยนต์มาเป็นแหล่งจ่ายของกล้องแทน

9. ปัญหา สายเชื่อมต่อไม่พอเพียง

วิธีการแก้ไข เปลี่ยนใช้สายเชื่อมต่อเป็นสาย Connecting core 12 pin

10. ปัญหา ชุดล้อเดิมใช้มอเตอร์ตัวเดียวกรณีมอเตอร์ชำรุดจะไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

วิธีการแก้ไข เปลี่ยนมาใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อน 3 ตัว

5.4 แนวทางการพัฒนา

หุ่นยนต์ตรวจภายในผิวท่อในแนวระนาบ นอกจากการทำงานที่ได้ตามขีดความสามารถที่กำหนดแล้ว ยังสามารถเพิ่มความสามารถของหุ่นให้สูงขึ้นกว่าเดิมได้ ดังต่อไปนี้

1. พัฒนาการควบคุมของหุ่น โดยจัดทำการควบคุมแบบไร้สาย
2. พัฒนาให้หุ่นยนต์สามารถควบคุมการทำงานและแสดงผลโดยใช้คอมพิวเตอร์
3. พัฒนาให้หุ่นยนต์เพิ่มความสามารถอื่นในการตรวจสอบท่อ เช่น ความหนาและรอยร้าวของท่อ
4. พัฒนาหุ่นยนต์ให้สามารถบันทึกผลและระบุจุดที่เกิดความเสียหายได้
5. พัฒนาหุ่นยนต์ให้สามารถแบกและขนวัสดุอุปกรณ์บนตัวหุ่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กนต์ธร ชำนิประศาสน์. 2005. **DC motor.** [Online]. Available :
http://www.sut.ac.th/e-texts/Eng/automatic/chapter214.htm

นคร สุทธิพงศ์พันธ์. 2543. "การควบคุมการแพนกล้อง CCD ในการหาตำแหน่งภาพ." ปัญหาพิเศษ (อส.บ.(เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์)),สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประสิทธิ์ รุจิเรขเรืองรอง. 2005. **เฟืองน่ารู้.** [Online]. Available:
http://www.ipst.ac.th/design/design/article/fast-rotary.html

มานะศิษฏ์ พิมพ์สาร. 2538. **คู่มือท่ออุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : บริษัทเอ็มแอนด์อี จำกัด.

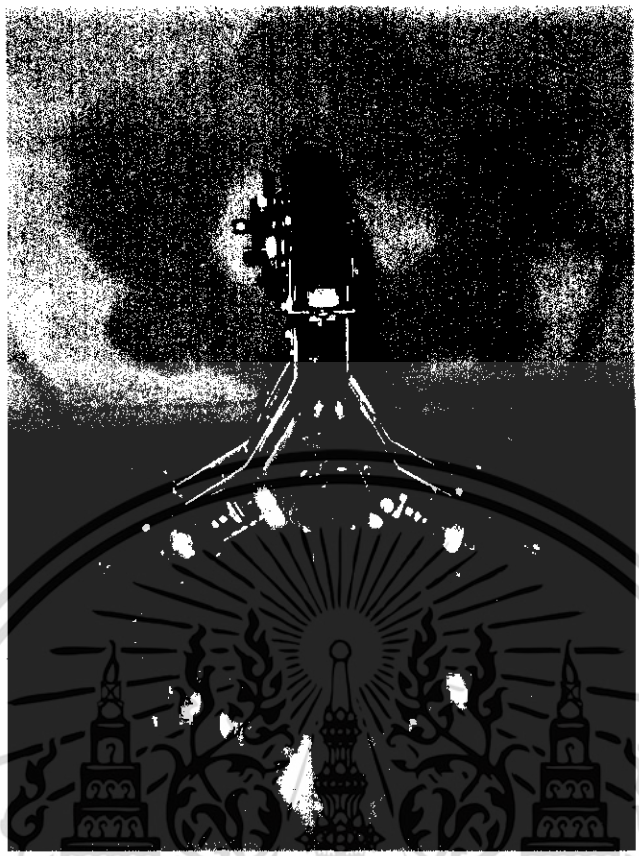
Adisak chinawong. 2002. **สเตปปิ้งมอเตอร์.** [Online]. Available :
http://202.8.85.164/~adisak51/page22.html

Mihaita HORODINCA, Ioan DOROFTEI, Emmanuel MIGNON, Andre PREUMONT. 2005. **A SIMPLE ARCHITECTURE FOR IN-PIPE INSPECTION ROBOTS**. [Online]. Available :
http://www.ulb.ac.be/scmero/documents/phrobo/magdeburg.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

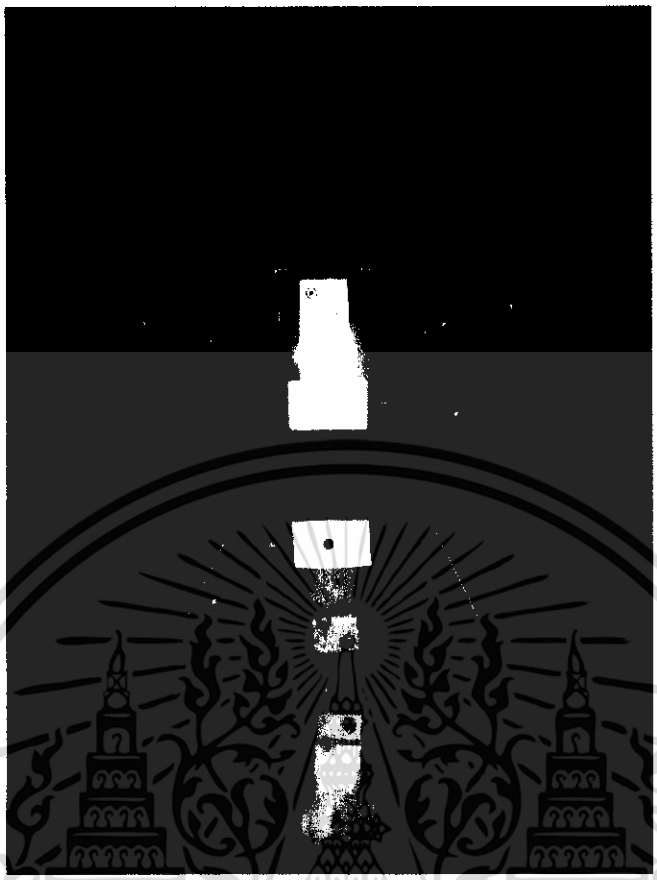
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



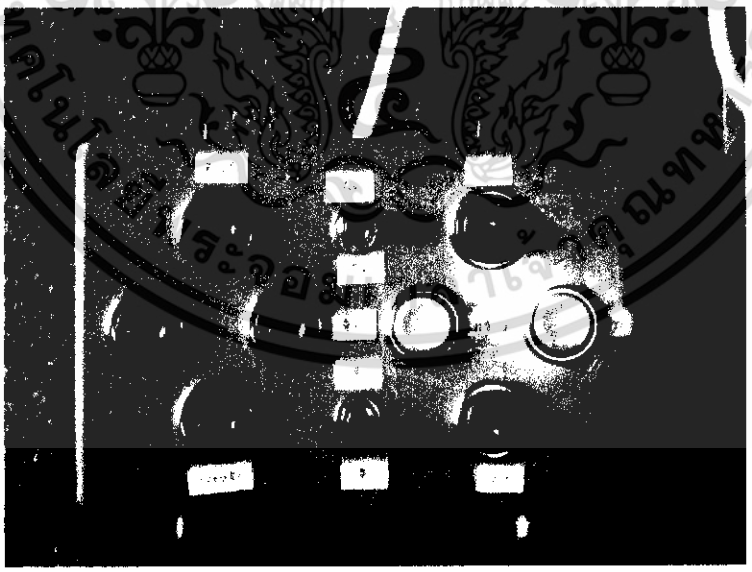
รูปที่ ก.1 ด้านหน้าของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

รูปที่ ก.2 ด้านหลังของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

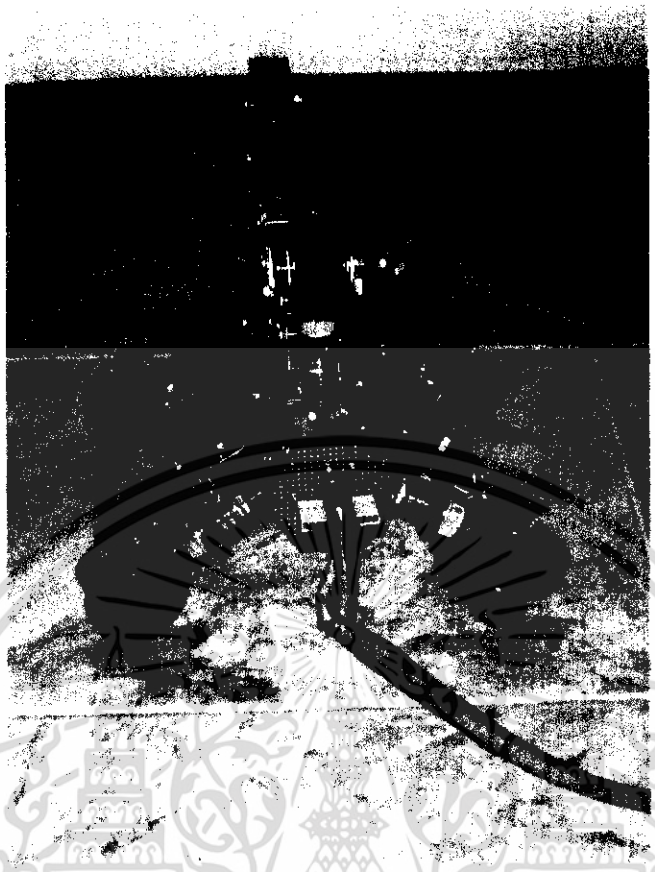


รูปที่ ก.3 ด้านข้างของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

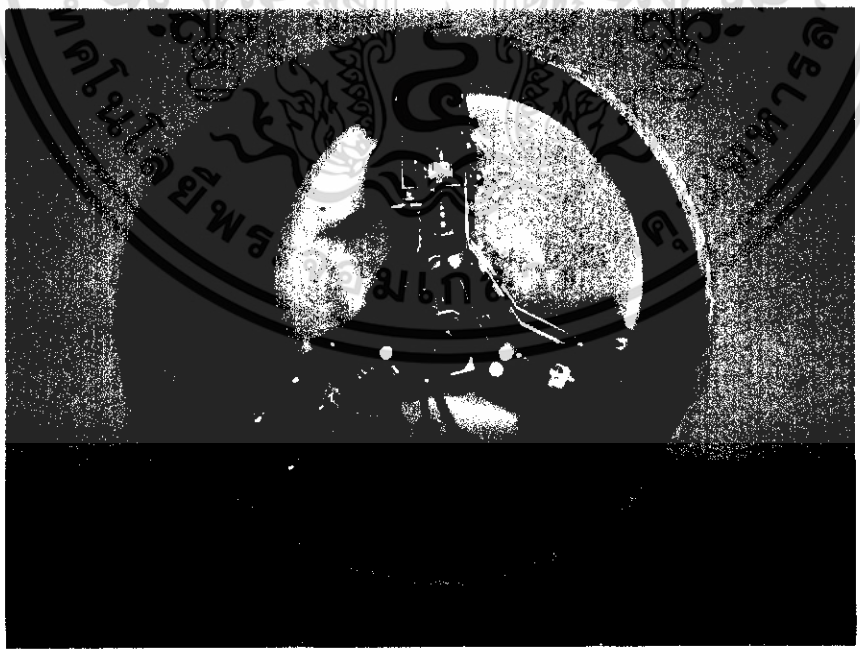


รูปที่ ก.4 กล่องควบคุมของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 การเชื่อมต่อระหว่างหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบกับกล่องควบคุม

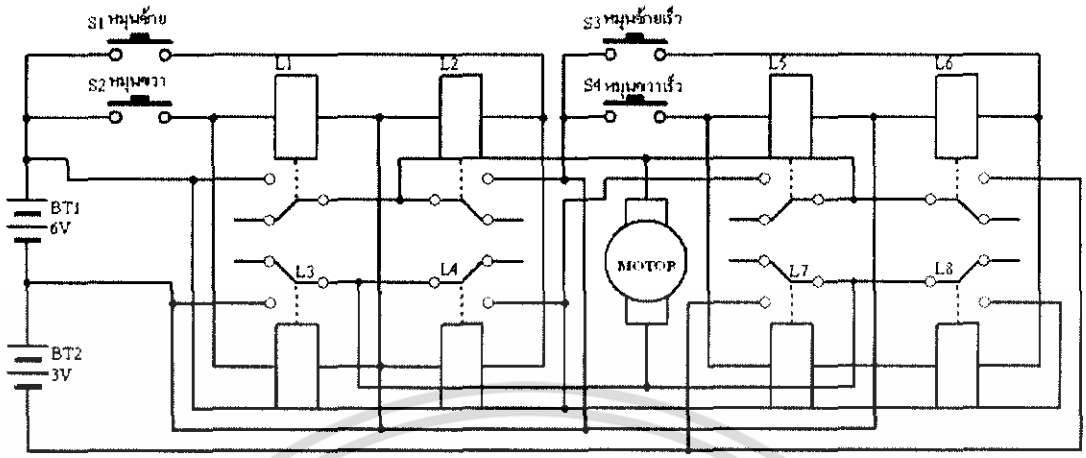


รูปที่ ก.6 หุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบเข้าในท่อตรวจสอบ

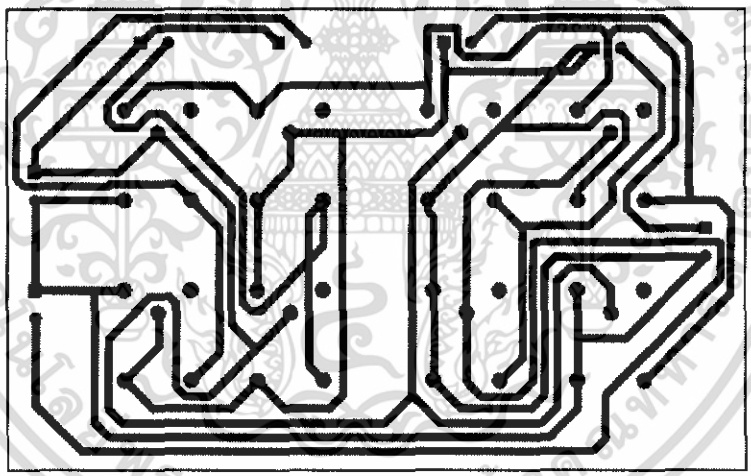
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

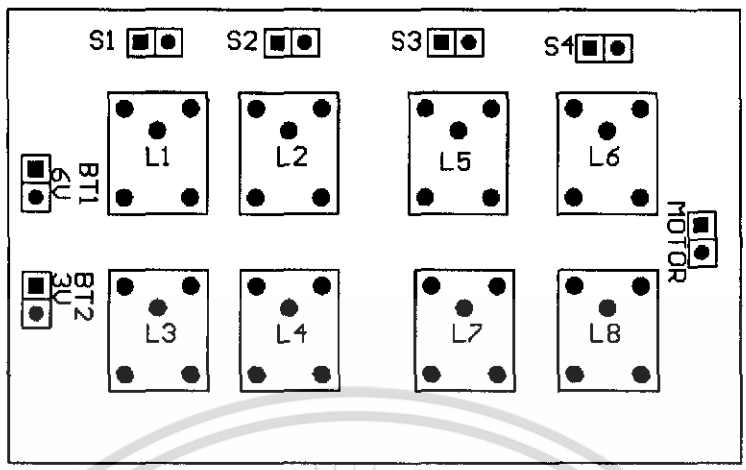


รูปที่ ข.1 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

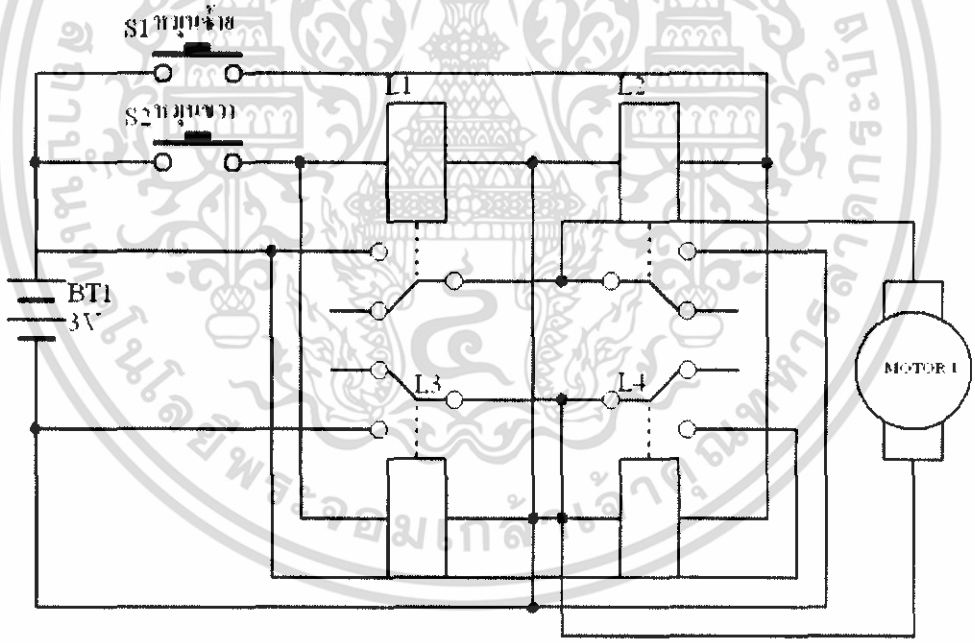


รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการเคลื่อนที่หุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

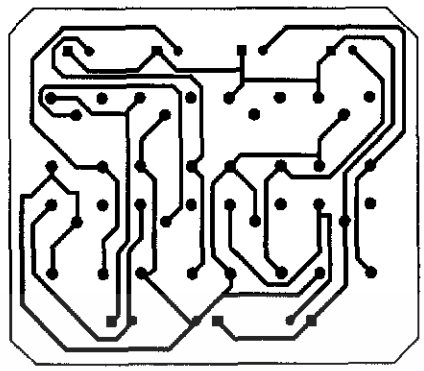


รูปที่ ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการเคลื่อนที่หุ่นยนต์

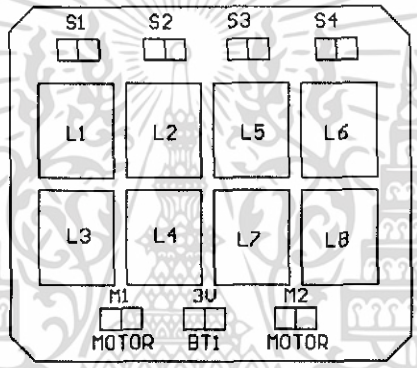


รูปที่ ข.4 วงจรควบคุมการหมุนของกล้องหุ่นยนต์

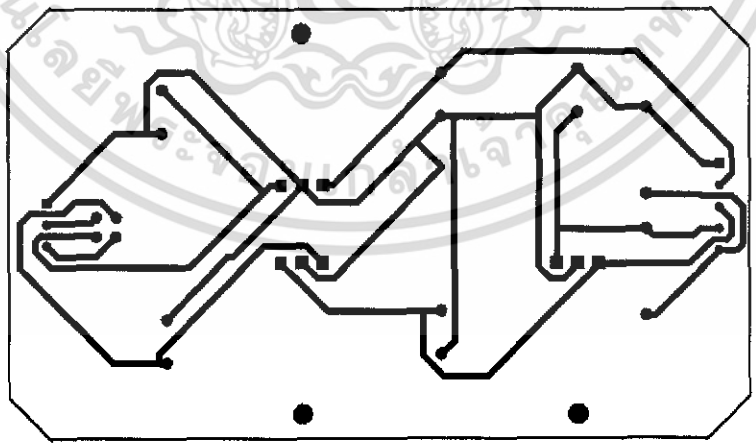
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการหมุนของกล้องหุ่นยนต์

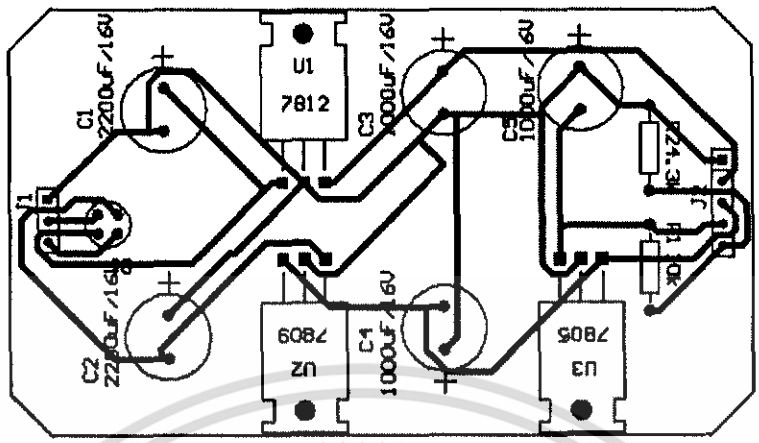


รูปที่ ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการหมุนของกล้องหุ่นยนต์



รูปที่ ข.7 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.8 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์วงจรควบคุมของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
มอเตอร์		
M1 - M3	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 3 V DC	3 ตัว
ไดโอด		
D1 – D3	1N4007	3 ตัว
ไดโอดเปล่งแสง		
LED 1 – LED 4	สีขาว	4 ตัว
สวิตช์		
S1 - S4	สวิตช์แบบปุ่มกดติดปล่อยดับ	8 ตัว
S5 - S6	สวิตช์แบบโยก	4 ตัว
รีเลย์		
Relay 1 - Relay 8	รีเลย์ ยี่ห้อ TIANBO รุ่น HJR-3FF	8 ตัว
ขั้วต่อ	ขั้วต่อตัวผู้แบบ RCA	2 ตัว
	ขั้วต่อตัวเมียแบบ RCA	2 ตัว
	ขั้วต่อแบบ Connector 12 pin	1 ตัว
แบตเตอรี่		
BT1	6 VDC 2.85 A	1 ก้อน
BT2	1.2 VDC 1 A	4 ก้อน

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
โครงร่างหุ่นยนต์		
อลูมิเนียม	อลูมิเนียมท่อสี่เหลี่ยม อลูมิเนียมเส้น อลูมิเนียมฉาก อลูมิเนียมแผ่น	300 ก.
ชุดเฟืองและล้อ		
เฟือง	จำนวนฟันเฟือง 53	3 ตัว
	จำนวนฟันเฟือง 48	3 ตัว
	จำนวนฟันเฟือง 26	3 ตัว
	จำนวนฟันเฟือง 20	3 ตัว
ล้อ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร	6 ล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์วงจรควบคุมกล้องของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
กล้องวีดิโอ CMOS	กล้อง CCD ยี่ห้อ CGH รุ่น 007D	1 ตัว
มอเตอร์ M1 - M2	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 3 V DC	2 ตัว
รีเลย์ Relay 1 - Relay 8	รีเลย์ ยี่ห้อ TIANBO รุ่น HJR-3FF	8 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ตารางคุณสมบัติของรีเลย์ ยี่ห้อ Ningbo Tianbo รุ่น HJR-3FF

Contact Data

Contact Form	1A/1C
Contact Material	Silver Alloy
Contact Ratings	1A:10A 240VAC, 15A 125VAC 12A 120VAC/24VDC 1C: 7A 240VAC/10A 120VAC/24VDC 15A 125VAC
Max Switching Voltage	250VAC/30VDC
Max Switching Current	15A
Max Switching Power	2770VA/240W
Contact Resistance	100m Ω Max at 6VDC 1A
Life Expectancy Electrical	100,000 Operations(at30Operations/minute)
Machanical	10,000,000 Operations

ตารางที่ ง.2 ตารางคุณสมบัติของรีเลย์ ยี่ห้อ Ningbo Tianbo รุ่น HJR-3FF (ต่อ)

General Data

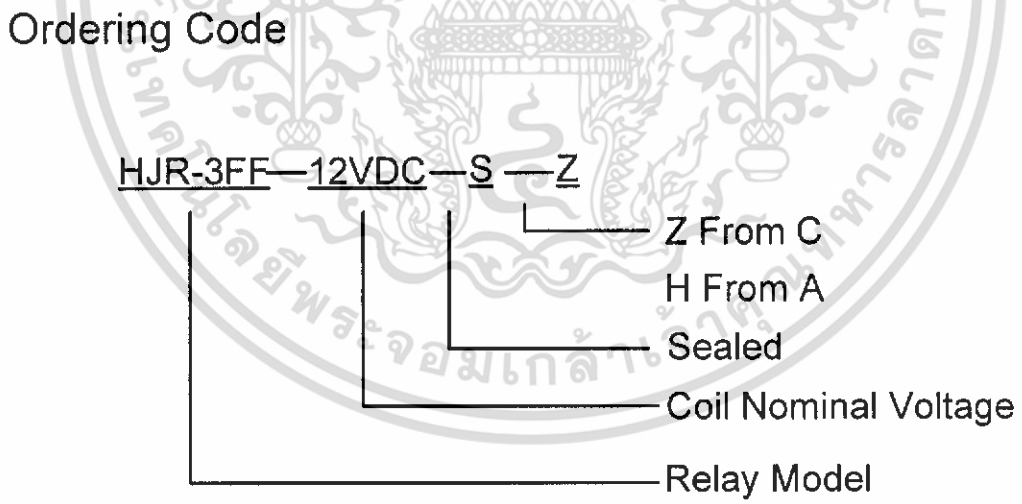
Insulation Resistance		100M Ω Min at 500VDC
Dielectric Strength Between Open Contacts		750VAC(for one minute)
Between Contacts and coil		1500VAC(for one minute)
Operate Time		10ms
Release Time		5ms
Temperature Range		-40 C to + 85 C 105 C
Shock Resistance	Operating Extremes	10G
	Damage Limits	100G
Vibration Resistance		10-50Hz 1.5mm
Humidity		40—85%
Weight		Approx 10g
Safety Standard		UL CUL TUV CQC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 ตารางคุณสมบัติของรีเลย์ ยี่ห้อ Ningbo Tianbo รุ่น HJR-3FF (ต่อ)

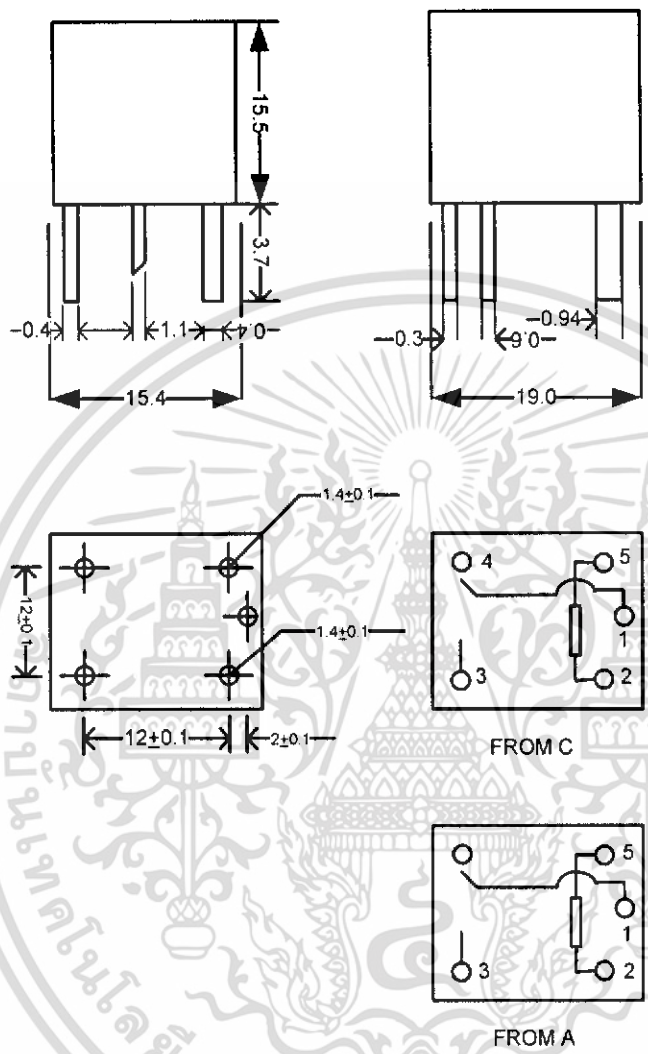
Coil Data

Nominal Voltage VDC	Coil Resistance at20C±10%(Ω)		Max Operate Voltage VDC	Min ReleaseVoltage VDC	Max ApplicableVoltage VDC
	0.36W	0.45W			
3	25 Ω		2.23	0.3	3.9
5	70 Ω		3.75	0.5	6.3
6	100 Ω		1.3	0.6	7.8
9	223 Ω		6.75	0.9	11.7
12	100 Ω		9	1.2	15.6
18	900 Ω		13.5	1.8	23.1
21	1600 Ω		18	2.1	31.2
48	6400 Ω ± 15%	5100 Ω ± 15%	36	1.8	62.1



รูปที่ ง.1 คุณสมบัติของรีเลย์ ยี่ห้อ Ningbo Tianbo รุ่น HJR-3FF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.2 ลักษณะภายนอกของรีเลย์ ยี่ห้อ Ningbo Tianbo รุ่น HJR-3FF (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.4 คุณสมบัติของกล้อง CCD ยี่ห้อ CGH รุ่น 007D

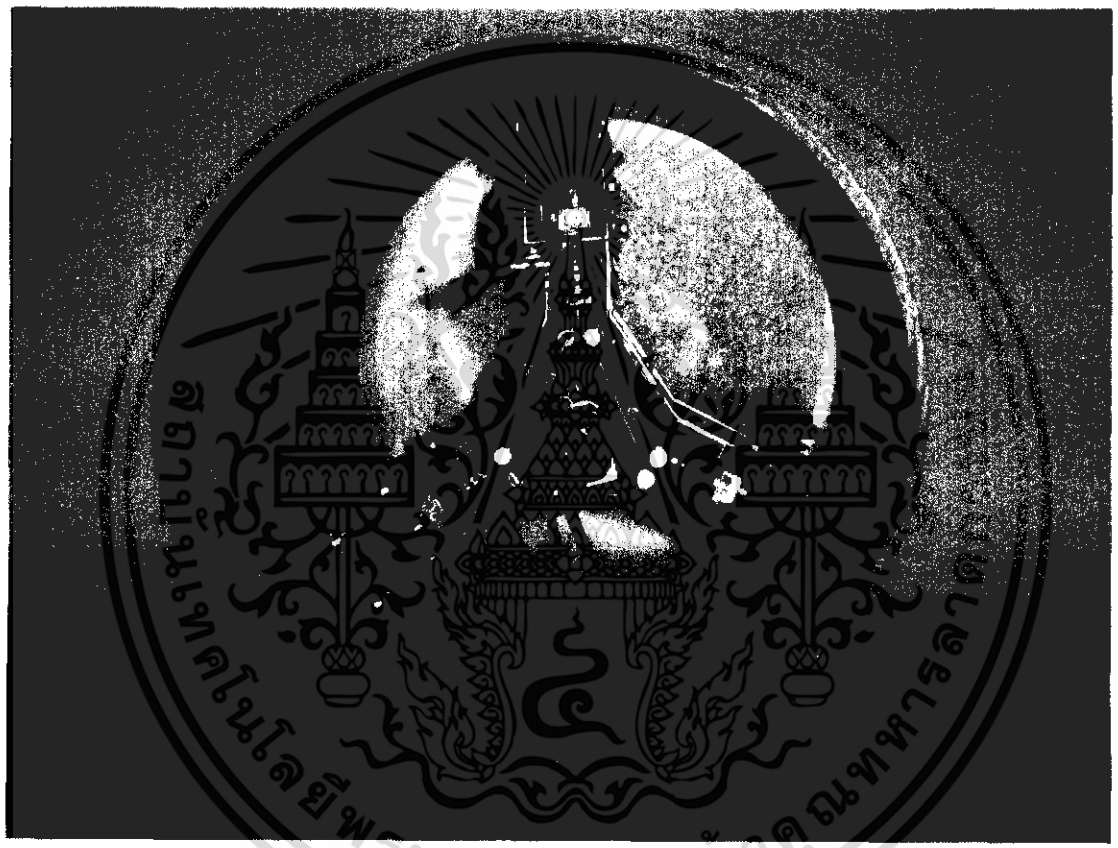
Technical parameters	
Photographing device	1/3 video sensor
Resolution	380 lines
Edit 1 °C head-line function	Color saturation image bright, image contrast, white balance, time of exposure, 2times increase
Scanning frequency	PAL/CCIR: 50 Hz NTSC/EIA : 60 Hz
Minimum illumination	0.2Lux
Output system	CCIR/EIA (PAL/NTSC) Visual Signal
Effective pixels	PAL:628*582 NYSC/EIA
Image area	PAL:5.78*4.19mm NTSC:4.69*3.45
Lens focus and angle	6.0mm45°
Auto shutter	1/60 second - 1/15.000 second
Power supply/consumption	6 - 12V 200 mW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
หุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนการใช้งานหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ ควรศึกษาคู่มือการใช้งานให้เข้าใจ เพื่อประสิทธิภาพการทำงานของหุ่นยนต์และป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับตัวหุ่นยนต์

2. ส่วนประกอบและแผงควบคุม

2.1 ส่วนประกอบ

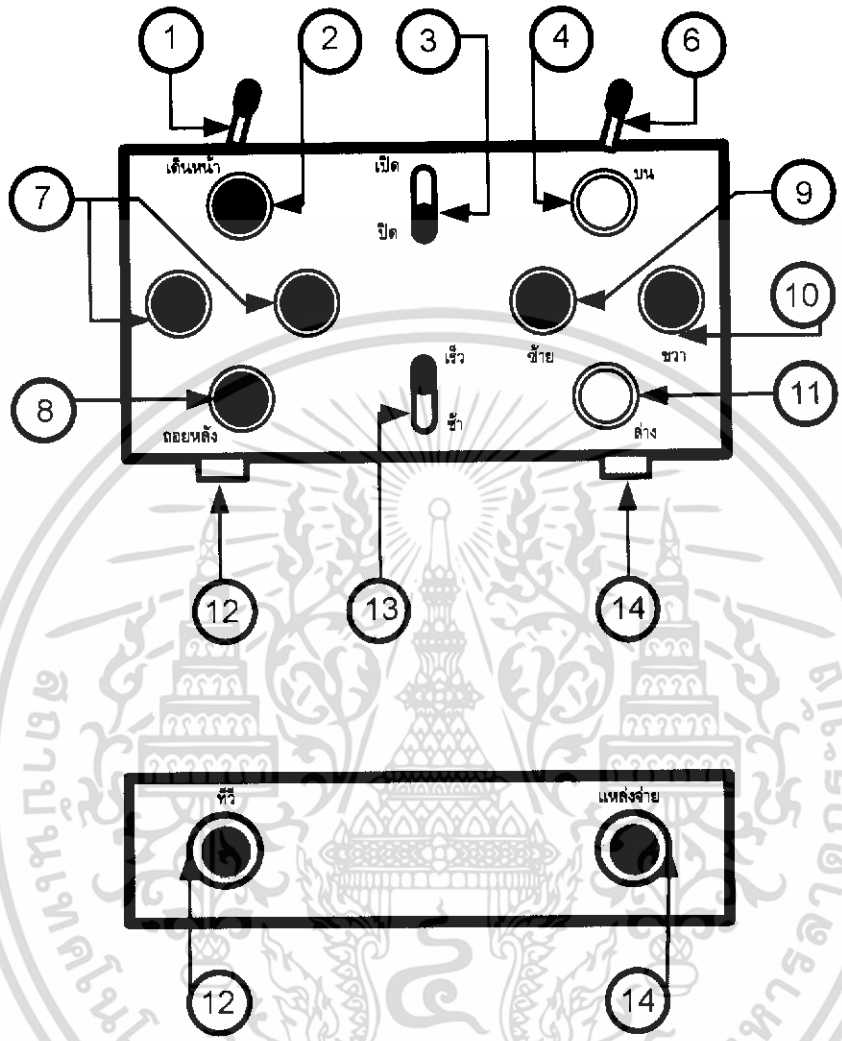
รูปที่ จ.1 ส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

จากรูปที่ จ.1 มีรายละเอียด ดังนี้

1. กล้องวิดีโอ
2. ชุดควบคุมกล้องวิดีโอ
3. ล้อพยุง
4. ล้อขับเคลื่อนหุ่นยนต์
5. จุดเชื่อมต่อระหว่างหุ่นกับกล่องควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แผงควบคุม



รูปที่ จ.2 แผงชุดควบคุมหุ่นยนต์ตรวจสอบพื้นผิวภายในท่อในแนวระนาบ

จากรูปที่ จ.2 มีรายละเอียด ดังนี้

1. สวิตซ์เปิด/ปิดแหล่งจ่ายไฟมอเตอร์ชุดล้อ
2. สวิตซ์บังคับหุ่นเคลื่อนที่ไปข้างหน้า
3. สวิตซ์เปิด/ปิดไฟ
4. สวิตซ์บังคับมุมกล้องไปทางด้านบน
5. สวิตซ์บังคับหุ่นเคลื่อนที่ไปข้างหน้า
6. สวิตซ์เปิด/ปิดแหล่งจ่ายไฟชุดกล้องวิดีโอ
7. ไม่ใช้งาน
8. สวิตซ์บังคับหุ่นเคลื่อนที่ไปข้างหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(9) บังคับมุมกล้องไปทางด้านซ้าย

(10) สวิตช์บังคับมุมกล้องไปทางด้านขวา

(11) สวิตช์บังคับมุมกล้องไปทางด้านล่าง

(12) ขั้วต่อสัญญาณโทรทัศน์

(13) สวิตช์ปรับเปลี่ยนความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่น

(14) ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟ

3. การติดตั้งและใช้งาน

3.1 ทำการต่อสาย Connecting Core 12 เส้น จากกล่องควบคุมกับหุ่นยนต์

3.2 ต่อสายแบตเตอรี่กับกล่องควบคุม

3.3 ต่อสายสัญญาณภาพจากกล่องควบคุมเข้ารับช่อง AV ของเครื่องรับโทรทัศน์

3.4 นำหุ่นยนต์ใส่เข้าไปยังท่อที่ต้องการตรวจดู

3.5 กดสวิตช์บังคับหุ่นให้ทำงาน

4. การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

ตารางที่ จ.1 การแก้ปัญหาเบื้องต้น

อาการ	สาเหตุ
1. กดสวิตช์แล้วหุ่นไม่ทำงาน	ตรวจสอบสายไฟที่ต่ออยู่กับกล่องควบคุม หลวมหรือสลับขั้วอยู่หรือไม่
2. กดสวิตช์ความเร็วระดับที่สองแล้วความเร็วไม่เพิ่มขึ้น	แบตเตอรี่ในกล่องควบคุมอ่อน นำแบตเตอรี่ไปประจุไฟใหม่
3. ไม่มีสัญญาณออกทางจอโทรทัศน์	ตรวจสอบสายสัญญาณและสายไฟของกล้อง หลวมหรือเสียบช่องสัญญาณถูกต้องหรือไม่

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 ข้อควรระวังในการใช้งาน

1. ตรวจสอบท่อที่ต้องการตรวจดูว่าไม่มีของเหลวหรือก๊าซตกค้าง
2. ตรวจสอบขั้วไฟฟ้าให้ถูกต้องก่อนกดสวิตช์ให้หุ่นทำงาน
3. ระมัดระวังอย่าให้หุ่นได้รับการกระแทก
4. ห้ามดึงหรือกระชากหุ่นออกจากท่อ อาจทำให้มอเตอร์เสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ห้ามบรรทุกน้ำหนักเกิน 2 กิโลกรัม อาจทำให้มอเตอร์เสียหายได้

5.2 การดูแลรักษา

1. เมื่อเลิกใช้งานควรถอดแบตเตอรี่ออกทุกครั้ง
2. เช็ดทำความสะอาดตัวหุ่นยนต์ด้วยผ้าชุบน้ำบิดพอหมาดๆ เท่านั้น
3. ตรวจสอบความหนาแน่นของน็อตทุกตัว สายไฟทุกเส้น และอุปกรณ์ทุกชิ้นให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ
4. เคลื่อนย้ายหุ่นยนต์ด้วยความระมัดระวัง ไม่ควรให้หุ่นยนต์ตก หรือกระแทกแรงๆ

6. ข้อมูลจำเพาะ

ตารางที่ จ.2 ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
ขนาดของตัวหุ่นยนต์อัตโนมัติ	ขนาดปกติ : กว้าง 20.5 ซม. ยาว 28.5 ซม. สูง 20.5 ซม. น้ำหนัก 450 กรัม
กล้องโทรทัศน์	กล้องโทรทัศน์ชนิด CCD
การเชื่อมต่อกับจอโทรทัศน์	เชื่อมต่อผ่านช่อง AV ของเครื่องรับโทรทัศน์
ขนาดของท่อที่ตรวจสอบ	เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 6 ถึง 8 นิ้ว
ระยะที่ตรวจสอบ	ตามระยะสายควบคุม
ความเร็วในการเคลื่อนที่สูงสุด	เมตรต่อวินาที
แหล่งจ่ายพลังงาน	แบตเตอรี่ 6 โวลต์ 2.85 แอมแปร์ 1 ก้อน (สำหรับตัวหุ่นยนต์) แบตเตอรี่ 1.2 โวลต์ 1 แอมแปร์ 4 ก้อน (สำหรับตัวหุ่นยนต์) แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 500 มิลลิแอมแปร์ (สำหรับกล้อง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายชินภัทร อินทมาส
วัน เดือน ปีเกิด	27 กันยายน พ.ศ. 2527
ภูมิลำเนา	43/1 ถนนรามราชท้ายน้ำ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80000

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนเทศบาลวัดเสมาเมือง	จังหวัดนครศรีธรรมราช
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนศรีธรรมราชศึกษา	จังหวัดนครศรีธรรมราช
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช	จังหวัดนครศรีธรรมราช
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยนครศรีธรรมราช	จังหวัดนครศรีธรรมราช
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.	
ความสนใจพิเศษ	ขบวนการการสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	
คติพจน์	ถอยหนึ่งก้าวเพื่อออกวิ่ง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายวรวุธ ดิฐวินูลย์	
วัน เดือน ปีเกิด	26 กันยายน พ.ศ. 2526	
ภูมิลำเนา	186/1 หมู่ที่ 4 ตำบลสามง่าม อำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร 66140	
ประวัติการศึกษา		
ประถมศึกษา	โรงเรียนสามง่าม	จังหวัดพิจิตร
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสามง่ามชนูปถัมภ์	จังหวัดพิจิตร
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนสามง่ามชนูปถัมภ์	จังหวัดพิจิตร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคพิจิตร	จังหวัดพิจิตร
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.	
ความสนใจพิเศษ	คอมพิวเตอร์	
คติพจน์	ตนเป็นที่พึ่งแห่งตน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายอัครภูมิ โคกโพธิ์	
วัน เดือน ปีเกิด	26 กรกฎาคม พ.ศ. 2526	
ภูมิลำเนา	895 หมู่ที่ 9 ตำบลบุ่ง อำเภอเมือง จังหวัดอำนาจเจริญ 37000	
ประวัติการศึกษา		
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านโสกใหญ่	จังหวัดอำนาจเจริญ
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนพนาศึกษา	จังหวัดอำนาจเจริญ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคอำนาจเจริญ	จังหวัดอำนาจเจริญ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคอำนาจเจริญ	จังหวัดอำนาจเจริญ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม	
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.	
ความสนใจพิเศษ	ดนตรี เครื่องเสียง	
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้