

การออกแบบรถเคลื่อนที่อัตโนมัติสำหรับเกษตรกรรมยางพารา

AUTOMATIC GUIDE VEHICLE FOR RUBBER AGRICULTURE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

การออกแบบรถเคลื่อนที่อัตโนมัติสำหรับเกษตรกรรมยางพารา

AUTOMATIC GUIDE VEHICLE FOR RUBBER AGRICULTURE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC GUIDE VEHICLE FOR RUBBER AGRICULTURE



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบรถเคลื่อนที่อัตโนมัติสำหรับเกษตรกรรมยางพารา  
AUTOMATIC GUIDE VEHICLE FOR RUBBER AGRICULTURE

ผู้จัดทำ

1. นาย นราสิญจน์ แสงอร่ามโนจิตร รหัสประจำตัว 54010673
2. นาย บรรณวิษณุ ตียะบวรวงศ์ รหัสประจำตัว 54010726
3. นาย ปฐวี เลี้ยงบำรุง รหัสประจำตัว 54010769



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.เอกพจน์ ตันตราภิววัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การออกแบบรถเคลื่อนที่อัตโนมัติสำหรับเกษตรกรรมยางพารา

นายนราสิญจ์	แสงอร่ามโนจิตร	54010673
นายบรรณวิษญ์	ติยะบวรวงศ์	54010726
นายปฐวี	เลี้ยงบำรุง	54010769
ดร. เอกพจน์	ตันตราภิวัฒน์	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2557		

### บทคัดย่อ

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาการออกแบบรถเคลื่อนที่อัตโนมัติให้สามารถประยุกต์ใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมยางพารา ในการออกแบบจะต้องคำนึงถึงสภาพพื้นที่ของสวนยางพาราและหลักการของรถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ (Automatic Guided Vehicle) ซึ่งระบบการเคลื่อนที่จะใช้สไลด์โฟเทนซีโอมิเตอร์เป็นตัวระบุตำแหน่งการเคลื่อนที่ของรถบนลวดสลิง ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC โดยรถเคลื่อนที่อัตโนมัติจะเคลื่อนไปตามลวดสลิงและเมื่อเคลื่อนที่เบี่ยงออกจากลวดสลิง ระบบเลี้ยวจะทำงานโดยอัตโนมัติตามหลักการของระบบควบคุม PD (PD Control) เพื่อบังคับล้อให้เลี้ยวกลับเข้ามายังเส้นทางได้ จากการทดสอบ องศาเลี้ยวสูงสุดของล้อ , ความยาวสไลด์โฟเทนซีโอมิเตอร์ และความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ จะมีผลต่อระยะทางที่รถเคลื่อนที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AUTOMATIC GUIDE VEHICLE FOR RUBBER AGRICULTURE

NARASIN SANGARAMMANOJIT	54010673
BANNAVIT TIYABOVONWONG	54010726
PATAWEE LEANGBUMRUNG	54010769
Dr. Akapot Tantrapiwat	Advisor
Year 2014	

### ABSTRACT

The Automatic Guide Vehicle has been designed and created in order to harvest rubber latex in the field of agriculture. In the design process , several parameters which related to the rubber farm area were studied for suitable characteristic of the Automatic guide vehicle (AGV). The slide potentiometer was used to detect wire guide which is used as the guidance. It sends signals to the PIC Microcontroller which adjusts wheel angle and tracks the vehicle along the wire. The PD control method was used for the turning system. If it out of the way , the turning system will return to the path automatically. During the test , the machine showed that the maximum distance of machine are depended on the maximum turning angel , length of potentiometer and machine speed .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งจะกล่าวดังต่อไปนี้ ขอขอบคุณเพื่อนภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล เช่น นายสุรศักดิ์ พัฒนรัตน์ เจริญ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการถ่ายภาพ นายบุลวิช เจริญยืนนาน และนายศุภฤกษ์ มุกดา ที่ให้ยืมอุปกรณ์ในการทำงาน นายณัฐดนัย จันทรวีโรจน์ ที่ให้คำแนะนำในการวางแผนการทำงาน และเพื่อนๆอีกหลายคนที่มีส่วนผลักดันด้านกำลังใจจนทำให้งานบรรลุเป้าหมาย ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ให้ความอนุเคราะห์ทั้งด้านคำแนะนำและแนวทางในการทำงาน ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เอื้อเฟื้อต่อสถานที่และทรัพยากรในการดำเนินงาน

หากท่านใดที่มีส่วนร่วมในการดำเนินงานของกลุ่มข้าพเจ้า แต่ไม่ได้กล่าวถึงจึงขอภัยไว้ ณ ที่นี้

นายนราสิญจน์ แสงอร่ามมโนจิตร

นายบรรณวิษณุ ตียะบวรวงศ์

นายปฐวี เลี้ยงบำรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและจุดประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 รถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ(Automatic guided vehicle)	2
2.2 อัตราทดเฟือง	2
2.3 ตัวต้านทานปรับค่าได้(Variable Resistor)	4
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller)	5
2.5 ระบบควบคุมพีไอดี(PID Control)	6
2.6 โครงสร้างของสวนยางพารา	9
บทที่ 3 การออกแบบและการคำนวณ	10
3.1 การออกแบบโครงสร้างตัวรถ	10
3.2 การออกแบบโครงสร้างระบบเลี้ยว	13
3.3 การคำนวณขนาดมอเตอร์	16
3.4 การออกแบบระบบส่งกำลัง	17
3.5 การออกแบบระบบตรวจจับ	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ	21
4.1 การทดสอบหาค่ามุมที่ล้อยมนไปตำแหน่งต่างๆ	21
4.2 การทดสอบหาระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดเมื่อเปลี่ยนมุมองศาที่ล้อยมนไปได้สูงสุด	23
4.3 การทดสอบหาระยะทางที่เปลี่ยนไปได้สูงสุดเมื่อเปลี่ยนความยาวของสไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์	24
4.4 การทดสอบระยะที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดเมื่อเปลี่ยนความเร็วของรถ	26
4.5 การทดสอบหาระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดโดยเฉลี่ย	27
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน	28
5.1 สรุปผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ของระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดกับตัวแปรต่างๆ	28
5.2 สรุปผลการทดลองหาระยะทางเฉลี่ยที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุด	28
5.3 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	28
5.4 ข้อเสนอแนะ	29
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	30
ภาคผนวก ข	38
บรรณานุกรม	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงมุมล้อย้อนไปได้จากการทดสอบและเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเมื่อเลื่อนสไลด์โพเทนซิโอมิเตอร์ไปยังตำแหน่งต่างๆ	23
4.2	แสดงระยะทางที่รถเคลื่อนที่ไปได้สูงสุดเมื่อปรับมุมมองศาลิ่งสูงสุดที่ค่าต่างๆ	24
4.3	แสดงระยะทางที่รถเคลื่อนที่ได้สูงสุดเมื่อเปลี่ยนความยาวของสไลด์โพเทนซิโอมิเตอร์	25
4.4	แสดงระยะทางที่รถเคลื่อนที่ไปได้สูงสุดเมื่อเปลี่ยนความเร็วการเคลื่อนที่ของรถ	26
4.5	แสดงระยะทางที่รถเคลื่อนที่ไปได้สูงสุด	27



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	รถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ (Automatic Guided Vehicle)	2
2.2	แสดงการทดเฟือง	3
2.3	ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบรีโอสเตส (rheostat)	4
2.4	โพเทนชิโอมิเตอร์(potentiometer) แบบแกนหมุน(ซ้าย) และแบบแกนเลื่อน(ขวา)	5
2.5	PIC Microcontroller	6
2.6	ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราขยายสัดส่วน	7
2.7	ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราขยายปริพันธ์	8
2.8	ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราขยายอนุพันธ์	9
2.9	สภาพพื้นที่ของสวนยางพารา พื้นราบ (ซ้าย) , พื้นลาดเอียง (ขวา)	9
3.1	แสดงการรับแรงของโครงสร้างตัวรถ	10
3.2	แสดงโครงสร้างของตัวรถที่ได้จากการออกแบบ	12
3.3	แสดงแนวโน้มของ Displacement บนโครงสร้าง	12
3.4	แสดงแนวโน้มของ Factor of Safety บนโครงสร้าง	13
3.5	แสดงแนวโน้มของ Stress บนโครงสร้าง	13
3.6	แสดงการรับแรงของโครงสร้างคานในระบบเลี้ยว	14
3.7	ไดอะแกรมแสดงการส่งกำลังในระบบขับเคลื่อน	18
3.8	แสดงการส่งกำลังของระบบขับเคลื่อนในชิ้นงานจริง	18
3.9	ไดอะแกรมแสดงการส่งกำลังในระบบเลี้ยว	19
3.10	แสดงการส่งกำลังของระบบเลี้ยวในชิ้นงานจริง	19
3.11	แสดงตัวตรวจจับลวดสลิง	20
3.12	แสดงการทำงานของระบบตรวจจับลวดสลิง	20
4.1	แสดงการตั้งตำแหน่งล้อ เพื่อทำการทดสอบ	21
4.2	แสดงตำแหน่งของสไลด์โพเทนชิโอมิเตอร์	22
4.3	แสดงเส้นแนวองศาที่ล้อหมุนไป	22
4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดกับมุมที่ล้อหมุนไปได้สูงสุด	24
4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่เคลื่อนที่ได้สูงสุดกับความยาวของสไลด์โพเทนชิโอมิเตอร์	25
4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่เคลื่อนที่ได้สูงสุดกับความเร็วของรถ	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันในประเทศไทยมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ร่วมกับการเกษตรไม่แพร่หลาย การเก็บเกี่ยวผลผลิตต้องใช้แรงงานคนจำนวนมากและการขนส่งผลผลิตภายในไร่เกษตรกรรมมีความลำบากและใช้เวลานาน เนื่องจากปัญหาเหล่านี้ โครงการขั้นนี้จึงได้ถูกคิดขึ้นเพื่อศึกษาและออกแบบภายใต้หลักการนำรถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ (automatic guided vehicle) ที่ใช้ในอาคารอย่างเช่น โรงงาน โรงพยาบาล มาประยุกต์ใช้เป็นรถเคลื่อนที่อัตโนมัติที่สามารถใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมอย่างพาราไดซ์ ซึ่งแนวคิดนี้อาจจะเป็นทางหนึ่งที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการทำงานของเกษตรกรรมอย่างพาราไดซ์ในอนาคต

### 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน
2. ออกแบบและจัดสร้างรถเคลื่อนที่อัตโนมัติ
3. ทดสอบการทำงานของรถเคลื่อนที่อัตโนมัติ

### 1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานในสวนอย่างพาราไดซ์ ได้แก่ ความราบเรียบของพื้นที่และระยะห่างระหว่างต้นยาง
2. ออกแบบและสร้างรถเคลื่อนที่อัตโนมัติให้สามารถเดินตามเส้นทางที่กำหนด
3. ทดสอบการทำงานของรถเคลื่อนที่อัตโนมัติ โดยสามารถทำตามเงื่อนไขที่กำหนดได้

### 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวกับเกษตรกรรมอย่างพาราไดซ์ เช่น พื้นที่ของสวนอย่างพาราไดซ์
2. ออกแบบและสร้างรถเคลื่อนที่อัตโนมัติให้สามารถเดินตามเส้นลวดสลิงได้อย่างอัตโนมัติ
3. ทดสอบการเคลื่อนที่ของรถไปตามเส้นลวดสลิงโดยกำหนดเงื่อนไขที่ใช้ในการเคลื่อนที่ต่างๆ
4. วิเคราะห์และสรุปผลการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

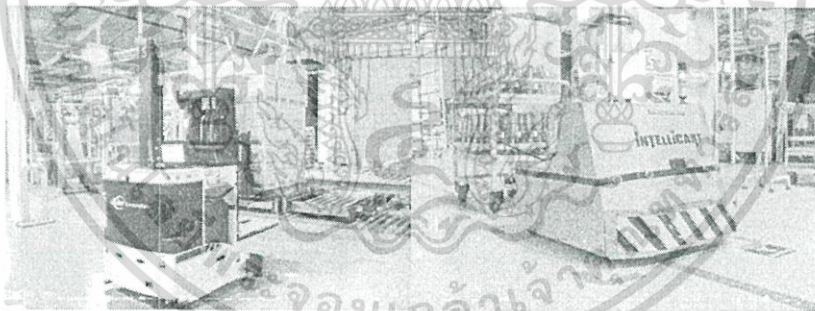
## ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 รถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ (Automatic Guided Vehicle)

รถ AGV (Auto Guiding Vehicle) หรือเรียกกันว่า รถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติที่ใช้ในโรงงานดังรูปที่ 2.1 มีระบบควบคุมเส้นทาง และนำทางการขับเคลื่อนด้วยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กที่ฝังอยู่ในพื้นผิวทางเดินรถ AGV หรือแบบควบคุมโดยการตรวจจับด้วยแสงเลเซอร์ เพื่อให้รถ AGV สามารถเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่กำหนดได้ ด้วยการประมวลผลควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

#### 2.1.1 วัตถุประสงค์ในการสร้างรถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ

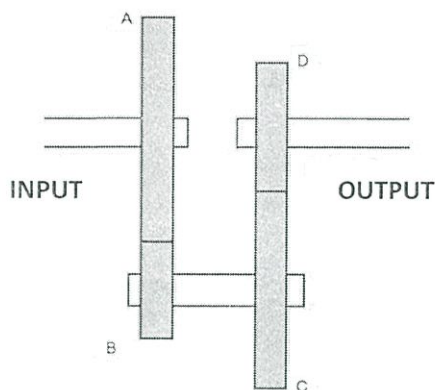
1. เพื่อลดการเข้า-ออกของพนักงานขับรถขนส่ง
2. เพื่อลดความล่าช้าในการส่งชิ้นส่วนในโรงงานอุตสาหกรรมเนื่องจากการจราจรที่ติดขัด
3. เพื่อลดความความเมื่อยล้าจากการทำงานของพนักงานขนส่ง
4. เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษารถขนส่งที่มีจำนวนมาก
5. เพื่อลดอุบัติเหตุจากการทำงานขนส่ง



รูปที่ 2.1 รถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ (Automatic Guided Vehicle)

### 2.2 อัตราทดเฟือง (Gear Train)

การทดเฟืองจะเกิดเมื่อเฟืองตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปเกิดการขบกันแล้วทำให้อัตราเร็วรอบและแรงบิดของเพลาริมต้น (Input shaft) มีค่าเปลี่ยนไป ซึ่งการเปลี่ยนไปดังกล่าวจะสามารถทำได้ทั้งการเพิ่มค่าและการลดค่า ตัวอย่างของการทดเฟืองอย่างง่ายจะแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงการทดเฟือง

เฟือง A ที่อยู่บนเพลาเริ่มต้น (Input shaft) จะขับเฟือง B ซึ่งอยู่บนเพลาตามที่มีเฟือง C อยู่ อีกด้านของเพลา ทำให้เฟือง B และ เฟือง C หมุนไปพร้อมกัน แล้วเฟือง C จะไปขับเฟือง D ซึ่งอยู่บนเพลาออก (Output shaft) จะเห็นได้ว่าเฟือง A และเฟือง C เป็นเฟืองขับส่วนเฟือง B และเฟือง D จะเป็นเฟืองตาม

### 2.2.1 การคำนวณ

#### 2.2.1.1 อัตราทดเฟือง

$$\text{อัตราทดเฟือง} = \frac{\text{ผลคูณของจำนวนฟันของเฟืองตาม}}{\text{ผลคูณของจำนวนฟันของเฟืองขับ}} \quad (2.1)$$

#### 2.2.1.2 อัตราทดแรงบิด

$$\text{อัตราส่วนแรงบิด} = \frac{\text{แรงบิดส่งออก}}{\text{แรงบิดป้อนเข้า}} \quad (2.2)$$

แรงบิดบนเพลาของเฟืองที่ขับกันจะเป็นส่วนกลับของความเร็วรอบ ดังนั้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ความเร็วรอบจะลดลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นแรงบิดจะลดลงถ้าไม่มีการสูญเสียในระบบจะได้ว่า

$$\frac{\text{แรงบิดส่งออก}}{\text{อัตราเร็วรอบป้อนเข้า}} = \frac{\text{แรงบิดป้อนเข้า}}{\text{อัตราเร็วรอบส่งออก}} \quad (2.3)$$

หรืออาจกล่าวได้ว่า

$$\text{อัตราส่วนแรงบิด} = \text{อัตราส่วนความเร็ว} = \text{อัตราทดเฟือง} \quad (2.4)$$

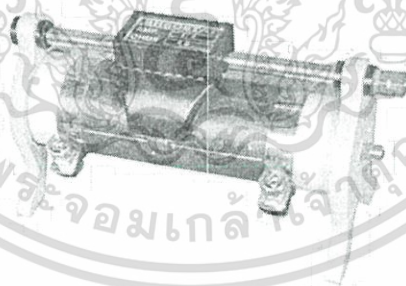
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor)

ตัวต้านทานแบบเปลี่ยนค่าได้ (Variable Resistor) โครงสร้างภายในทำมาจากคาร์บอน เซรามิก หรือพลาสติกตัวนำ ใช้ในงานที่ต้องการเปลี่ยนค่าความต้านทานบ่อย ๆ เช่น ในเครื่องรับวิทยุ , โทรทัศน์ เพื่อปรับลดหรือเพิ่มเสียง, ปรับลดหรือเพิ่มแสงในวงจรทรีไฟ ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนแปรค่าได้จะต่างจากตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ตรงที่สามารถเปลี่ยนแปรค่าความต้านทานได้ง่ายและรวดเร็ว สามารถลดเพิ่มค่าความต้านทานได้โดยการหมุนแกนหรือเลื่อนแกนมีโครงสร้าง ประกอบไปด้วยแถบคาร์บอนความต้านทานเคลือบบนแผ่นฉนวนเป็นรูปทรงเกือกม้า มีขั้วโลหะที่ปลายทั้งสองข้าง ตรงกลางมีแท่งโลหะเป็นแกนหมุนต่อแกนโลหะสัมผัสกับแกนความต้านทานเป็นขาที่สามหรือขา กลางให้หมุนเลื่อนไปมาได้ ตั้งแต่ประมาณ 0 ถึง 360 องศา ความต้านทานระหว่างขาริมถึงขา กลาง สามารถปรับเลือกค่าได้ตั้งแต่ประมาณ 0 โอห์ม ถึงค่าสูงสุดของตัวมัน มีทั้งปรับด้วยไขควงและปรับหมุนได้ด้วยมือแบบแถบคาร์บอน ซึ่งมีค่าความต้านทานตั้งแต่ 10 โอห์ม ถึง 1 เมกะโอห์ม ทน กำลังไฟฟ้าได้ไม่เกิน 1 ถึง 2 วัตต์ แต่ถ้าทนกำลังไฟฟ้าสูงๆ จะเป็นแบบเส้นสวดพันรอบ โดยแถบความต้านทาน จะใช้ลวดความต้านทานพันรอบแกนเกือกม้า ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกันแต่ ขนาดใหญ่กว่า มีค่าความต้านทานต่ำแต่ทน กำลังไฟฟ้าได้สูง ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้นอกจาก แบบแกนหมุนแล้วยังมีแบบแกนเลื่อน การใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้จะมี 2 ลักษณะ

### 2.3.1 การใช้งานแบบรีโอสแตต (rheostat)

ใช้สำหรับควบคุมการไหลของปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจร ซึ่งนิยมใช้ตัวต้านทานชนิด เปลี่ยนแปรค่าได้ที่ทำมาจากเส้นสวดความต้านทาน โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2.3

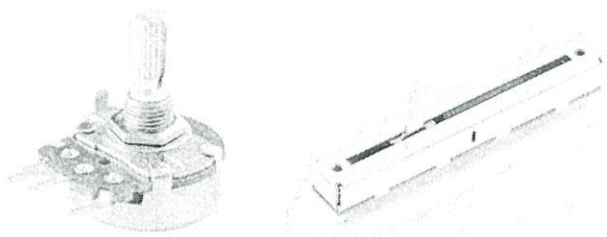


รูปที่ 2.3 ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบรีโอสแตต (rheostat)

### 2.3.2 การใช้งานแบบโพเทนซิโอมิเตอร์ (Potentiometer)

เพื่อต่อใช้สำหรับการควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้า หรือใช้สำหรับปรับระดับสัญญาณต่างๆในวงจร อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ปรับความดังของภาคขยายเสียงเครื่องรับวิทยุ ปรับความสว่าง ปรับสีของ เครื่องรับโทรทัศน์ ฯลฯ โพเทนซิโอมิเตอร์ที่พบเห็นกันบ่อยๆจะแสดงดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 โปเทนซิโอมิเตอร์(potentiometer) แบบแกนหมุน(ซ้าย) และแบบแกนเลื่อน(ขวา)

## 2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller หรือ MCU) คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู, หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน บรรจุเป็นส่วนใหญ่ในการควบคุมควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ

### 2.4.1 ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายประเภทแบ่งตามการผลิตและกระบวนการทำงานระบบการประมวลผล ซึ่งประเภทที่นิยมใช้ในปัจจุบันได้แก่

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC (บริษัทผู้ผลิต Microchip)
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 (บริษัทผู้ผลิต Atmel , Phillips)
3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (บริษัทผู้ผลิต Atmel)
4. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM7 , ARM9 (บริษัทผู้ผลิต Atmel , Phillips , Samsung)
5. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Basic Stamp (บริษัทผู้ผลิต Parallax)

ในระบบการควบคุมการทำงานของรถเคลื่อนที่อัตโนมัติสำหรับเกษตรกรรมยางพาราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เนื่องจากสะดวกต่อการใช้งานและราคาถูก

### 2.4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC (PIC microcontroller)

เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พยายามรวมเอาทุกอย่างเอาไว้ในตัวของมันไม่ว่าจะเป็น PROGRAM MEMROY, RAM, EEPROM, SERIAL, I2C, PWM, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก จึงแผ่นวงจรมีขนาดเล็กและใช้อุปกรณ์ไม่มาก แต่จะมีข้อจำกัดเรื่องหน่วยความจำไม่สามารถขยายใช้กับภายนอกได้จึงทำให้เหมาะกับเฉพาะงานเล็กๆ ในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผล รวมทั้งหน่วยความจำ ซึ่งทำให้มันเหมือนกับ CPU โดยมีรูปร่างดังรูปที่ 2.5

ฟังก์ชันหลักๆที่ใช้ในระบบการควบคุมการทำงานของรถเคลื่อนที่อัตโนมัติสำหรับเกษตรกรรมยางพาราได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ADC (Analog to Digital) คือส่วนภาครับสัญญาณอนาล็อกแปลงไปเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งจะใช้ในการรับค่าอนาล็อกจากโพเทนซิโอมิเตอร์แล้วแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อใช้เขียนโค้ด

2. PWM (Pulse Width Modulation) คือการสร้างสัญญาณพัลส์แบบสแควร์เวฟ โดยจะใช้ในการควบคุมรูปแบบการทำงานของมอเตอร์ให้สามารถช้าหรือเร็วได้โดยการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ และค่าดิวทีไซเคิล (Duty Cycle)



รูปที่ 2.5 PIC Microcontroller

## 2.5 ระบบควบคุมพีไอดี (PID Control)

ระบบควบคุมพีไอดี (PID Control) หรือ ระบบควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ (proportional-integral-derivative controller) เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feed Back Control) ที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดที่หามาจากความแตกต่างของตัวแปรในกระบวนการและค่าที่ต้องการ ตัวควบคุมจะพยายามลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการ ค่าตัวแปรของ PID ที่ใช้จะปรับเปลี่ยนตามธรรมชาติของระบบ

### 2.5.1 เทอมของสัดส่วน (Proportional term)

คือค่าที่จะเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนของค่าความผิดพลาด การตอบสนองของสัดส่วนสามารถทำได้โดยการคูณค่าความผิดพลาดด้วยค่าคงที่  $K_p$  หรือที่เรียกว่าอัตราขยายสัดส่วน (Proportional Gain Constant) เทอมของสัดส่วนจะเป็นไปตามสมการ

$$P_{out} = K_p e(t) \quad (2.5)$$

เมื่อ

$P_{out}$  คือ สัญญาณขาออกของเทอมสัดส่วน

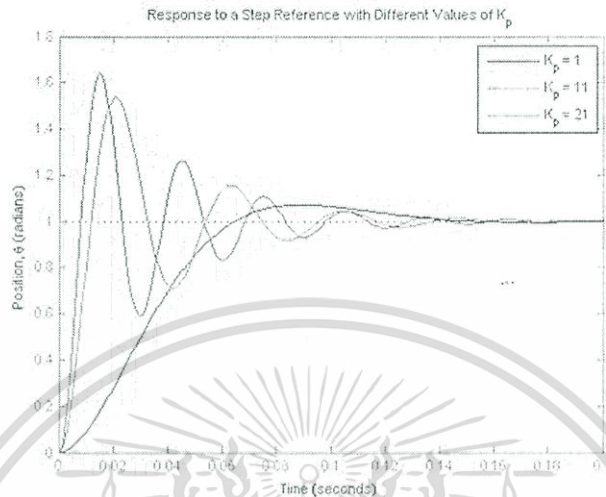
$K_p$  คือ อัตราขยายสัดส่วน, ตัวแปรปรับค่าได้

$e$  คือ ค่าความผิดพลาด = ค่าที่อ้างอิง - ค่าที่เปลี่ยนแปลง

$t$  คือ เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลอัตราขยายสัดส่วนที่สูงค่าความผิดพลาดก็จะเปลี่ยนแปลงมาก แต่ถ้าสูงเกินไประบบจะไม่เสถียรและถ้าผลอัตราขยายสัดส่วนต่ำระบบควบคุมจะมีผลตอบสนองที่ช้า โดยผลของการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราขยายสัดส่วน จะแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราขยายสัดส่วน

### 2.5.2 เทอมของปริพันธ์ (Integral term)

เป็นสัดส่วนของขนาดความผิดพลาดและระยะเวลาของความผิดพลาด ผลรวมของความผิดพลาดในทุกช่วงเวลา (ปริพันธ์ของความผิดพลาด) จะให้ออฟเซตสะสมที่ควรจะเป็นในก่อนหน้า ความผิดพลาดสะสมจะถูกคูณโดยอัตราขยายปริพันธ์ ขนาดของผลของเทอมปริพันธ์จะกำหนดโดยอัตราขยายปริพันธ์  $K_i$  เทอมปริพันธ์จะเป็นไปตามสมการ

$$I_{out} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (2.6)$$

เมื่อ

$I_{out}$  : สัญญาณขาออกของเทอมปริพันธ์

$K_i$  : อัตราขยายปริพันธ์ , ตัวแปรปรับค่าได้

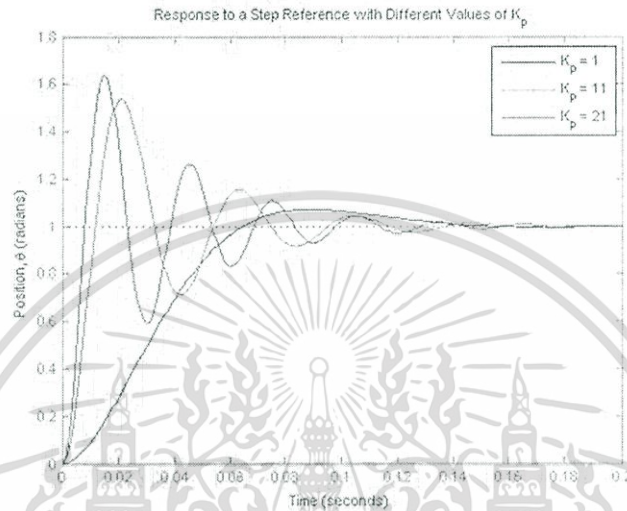
$e$  : ความผิดพลาด = ค่าที่อ้างอิง - ค่าที่เปลี่ยนแปลง

$t$  : เวลา

$\tau$  : ตัวแปรปริพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอมปริพันธ์ (เมื่อรวมกับเทอมสัดส่วน) จะเร่งกระบวนการให้เข้าสู่จุดที่ต้องการและขจัดความผิดพลาดที่เหลืออยู่ที่เกิดจากการใช้เพียงเทอมสัดส่วน แต่อย่างไรก็ตาม เทอมปริพันธ์เป็นการตอบสนองต่อความผิดพลาดสะสมในอดีต จึงสามารถทำให้เกิดโอเวอร์ชูตได้ (ข้ามจุดที่ต้องการและเกิดการหันเหไปทางทิศทางอื่น) ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราขยายปริพันธ์ จะแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราขยายปริพันธ์

### 2.5.3 เทอมของอนุพันธ์(Derivative term)

ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาดจากกระบวนการนั้นคำนวณหาจากความชันของความผิดพลาดทุกๆเวลา (นั่นคือ เป็นอนุพันธ์อันดับหนึ่งสัมพันธ์กับเวลา) และคูณด้วยอัตราขยายอนุพันธ์  $K_d$  ขนาดของผลของเทอมอนุพันธ์ (บางครั้งเรียก อัตรา) ขึ้นกับ อัตราขยายอนุพันธ์  $K_d$  เทอมอนุพันธ์เป็นไปตามสมการ

$$D_{out} = K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.7)$$

เมื่อ

$D_{out}$  : สัญญาณขาออกของเทอมอนุพันธ์

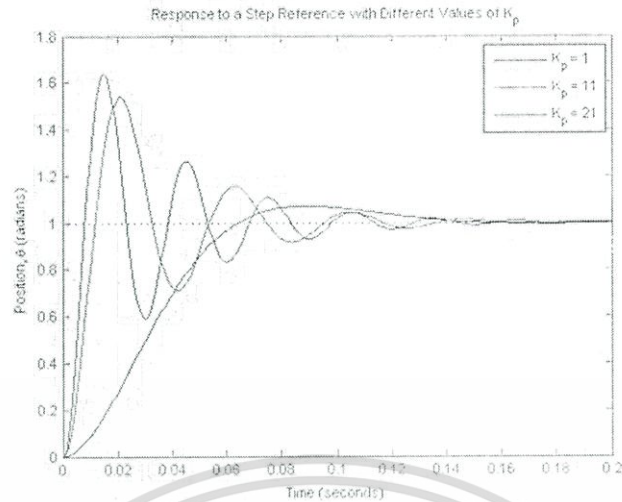
$K_d$  : อัตราขยายอนุพันธ์ , ตัวแปรปรับค่าได้

$e$  : ความผิดพลาด = ค่าที่อ้างอิง - ค่าที่เปลี่ยนแปลง

$t$  : เวลา

เทอมอนุพันธ์จะช่วยให้ระบบควบคุมเข้าสู่จุดที่ต้องการ และลดขนาดของโอเวอร์ชูตที่เกิดจากเทอมปริพันธ์และทำให้เสถียรภาพของการรวมกันของระบบควบคุมดีขึ้น แต่ถ้าค่ามากเกินไปจะทำให้ระบบไม่เสถียร ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราขยายอนุพันธ์ จะแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราขยายอนพจน์

## 2.6 โครงสร้างของสวนยางพารา

ลักษณะพื้นที่ของสวนยางพาราและการวางแผนการปลูกในแต่ละภาคจะแตกต่างกันออกไปซึ่งจะมีผลต่อการออกแบบรถเคลื่อนที่อัตโนมัติทั้งด้านกำลังขับเคลื่อนและองศาการเลี้ยว

### 2.6.1 พื้นที่ราบ

ภาคใต้และภาคตะวันออก จะใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 2.50 เมตร ระหว่างแถว 8 เมตร ปลูกได้ 80 ต้นต่อไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 2.50 เมตร ระหว่างแถว 7 เมตร ปลูกได้ 91 ต้นต่อไร่ ดังรูปที่ 2.9 (ซ้าย)

### 2.6.2 พื้นที่ลาด

ตั้งแต่ความชัน 15 องศาขึ้นไป ต้องปลูกเป็นแนวขั้นบันได ระยะห่างระหว่างขั้นบันได 8 เมตร ระหว่างต้น 2.5 เมตร หรือ 3 เมตร ดังรูปที่ 2.9 (ขวา)



รูปที่ 2.9 สภาพพื้นที่ของสวนยางพารา พื้นที่ราบ (ซ้าย) , พื้นที่ลาดเอียง (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

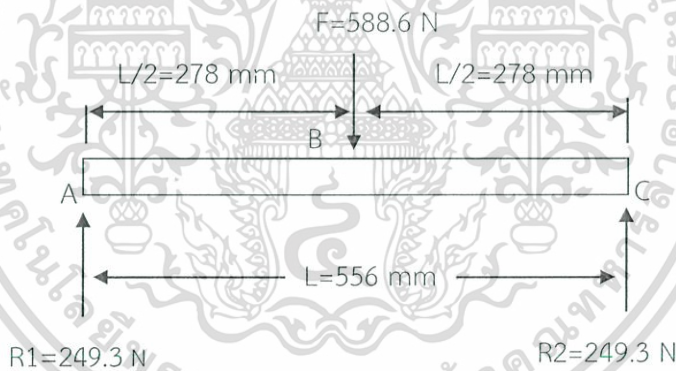
### บทที่ 3

## การออกแบบและการคำนวณ

### 3.1 การออกแบบโครงสร้างตัวรถ

#### 3.1.1 การคำนวณการรับแรงของโครงสร้างตัวรถ

ในการออกแบบตัวโครงสร้างของรถเก็บน้ำอย่างพาราอต์โนมิตจะใช้เหล็กกลางแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสชั้นคุณภาพ HS41 ขนาด 25x25 mm. ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กโครงสร้างรูปพรรณกลวง (มอก. 107-2533) มีค่าความเค้นดึง (Ultimate Tensile strength :  $\sigma_U$ ) เท่ากับ 402 MPa , ค่าความเค้นคราก (Yield Strength :  $\sigma_Y$ ) เท่ากับ 235 MPa , โมดูลัสของความยืดหยุ่น (Young's modulus) เท่ากับ 200 GPa ทำการคำนวณหาขนาดความหนาของเหล็กที่ต้องใช้ในการรับแรงกระทำจากมวลขนาด 60 kg โดยการพิจารณาชิ้นส่วนของโครงสร้างที่มีแนวโน้มในการรับแรงมากที่สุด โดยลักษณะการรับแรงของโครงสร้างจะเป็นแบบคานที่มีจุดรองรับแบบง่าย (Simple Support) ดังแสดงในรูปที่ 3.1 สามารถคำนวณได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงการรับแรงของโครงสร้างตัวรถ

จากสมการคานที่มีจุดรองรับแบบง่าย (Simple Support)

$$F = mg \quad (3.1)$$

$$F = 60 \times 9.81 = 588.6 \text{ N}$$

$$V_{\max} = R_1 = R_2 = F/2 \quad (3.2)$$

$$V_{\max} = 249.3 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมของการทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด (Maximum Shear Stress Criterion)  
กำหนดให้ FOS = 2

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_Y}{2\text{FOS}} \quad (3.3)$$

$$\tau_{\max} = \frac{V_{\max}}{A} \quad (3.4)$$

$$A = 4.24\text{mm}^2 = 0.0424\text{cm}^2.$$

จากตารางมาตรฐานเหล็กกลวงแบบสี่เหลี่ยมขนาด 25x25 mm. สามารถเลือกเหล็กที่มีความหนา 2 mm. ได้ ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 1.737cm<sup>2</sup> และมีค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of Inertia) เท่ากับ 1.48cm<sup>4</sup> ทำการตรวจสอบค่าความโก่งตัวสูงสุดของคานภายใต้แรงที่กระทำ จากสมการความโก่งตัวของคานที่มีจุดรองรับแบบง่าย

$$Y_{\max} = \frac{FL^3}{48EI} \quad (3.5)$$

$$Y_{\max} = -0.71\text{mm}.$$

จากสมการระยะโก่งตัวสูงสุดที่ยอมให้ (Deflection Limit State criteria) ที่สภาวะ transient load

$$|Y_{\max}| < \frac{L}{360} \quad (3.6)$$

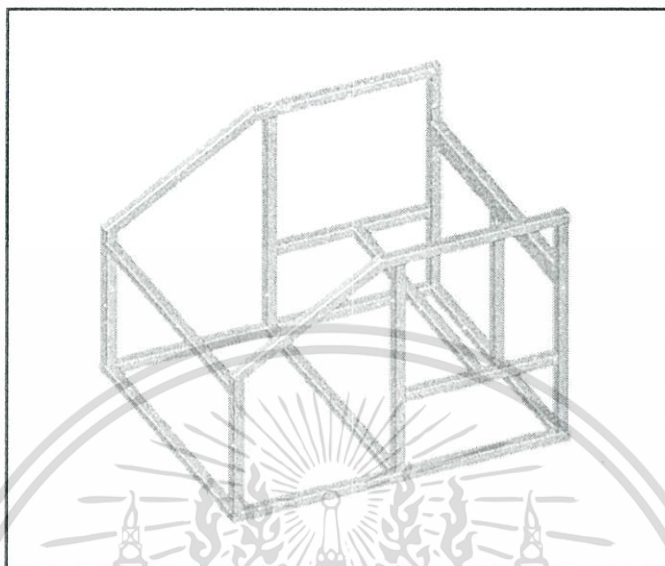
$$|Y_{\max}| < 1.54\text{mm}.$$

ดังนั้นโครงสร้างของรถเก็บน้ำยางพาราอัตโนมัติจึงใช้เหล็กกลวงแบบสี่เหลี่ยมขนาด 25x25 mm. หนา 2 mm.

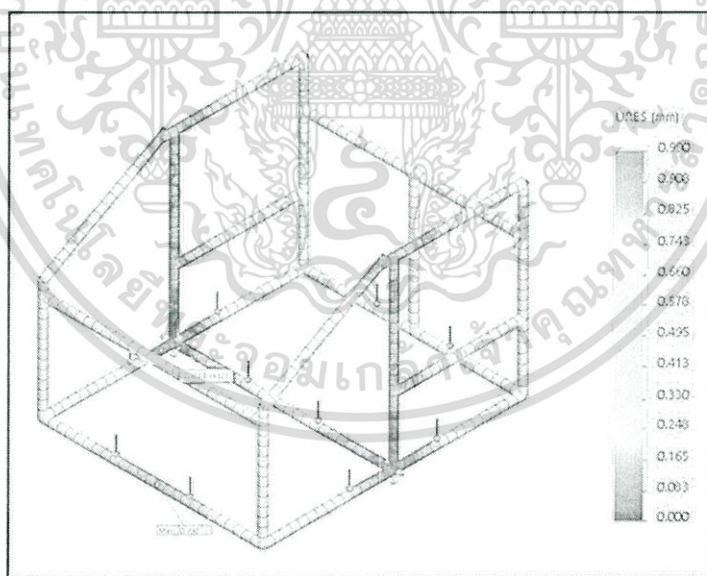
### 3.1.2 การจำลองผลของแรงที่กระทำบนโครงสร้าง

ในการจำลองผลของแรงที่กระทำบนโครงสร้างจะใช้โปรแกรม Solid Work 2014 โดยผลของการจำลองจะสามารถวิเคราะห์ถึงจุดที่มีความเสี่ยงในการออกแบบโครงสร้างได้ ในรูปที่ (3.2) จะเป็นตัวโครงสร้างที่ออกแบบโดยใช้เหล็กกลวงแบบสี่เหลี่ยมขนาด 25x25 mm. หนา 2 mm. เมื่อทำการจำลองผลของแรงกดขนาด 600 N ที่กระทำลงบนตัวโครงสร้าง จะพบว่า ค่า Displacement มากที่สุดคือ 0.99 mm. ดังแสดงในรูปที่ 3.3 , ค่า Factor of Safety ต่ำสุดคือ 6.2 ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และค่า Stress มากที่สุดคือ 85.42 MPa ดังแสดงในรูปที่ 3.5 จากค่าเหล่านี้จะสามารถพิจารณาได้ว่าโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้มีความปลอดภัยพอที่จะนำมาใช้ในการดำเนินงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

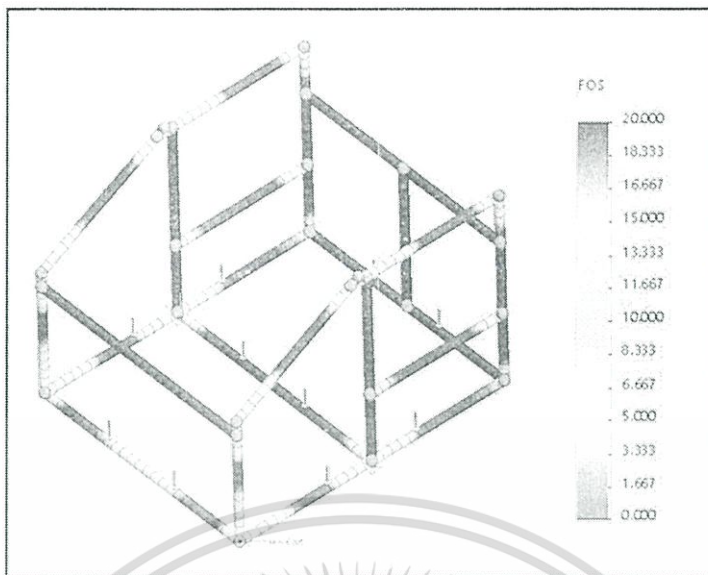


รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างของตัวรถที่ได้จากการออกแบบ

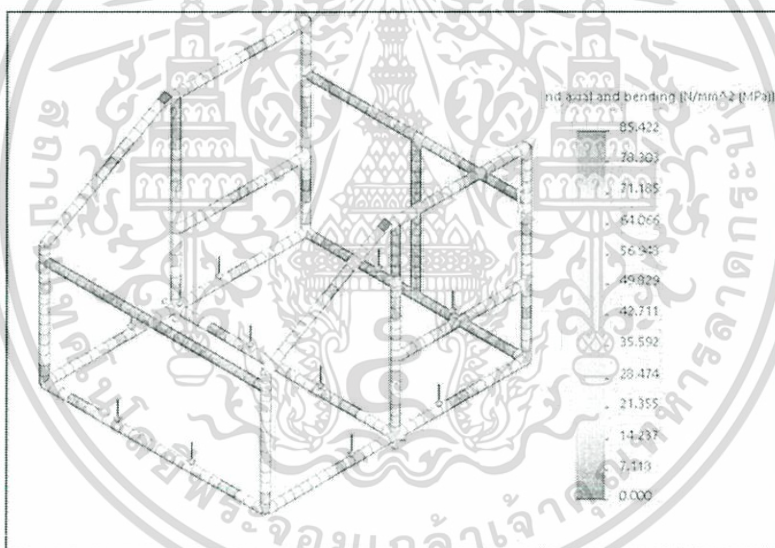


รูปที่ 3.3 แสดงแนวโน้มของ Displacement บนโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงแนวโน้มของ Factor of Safety บนโครงสร้าง

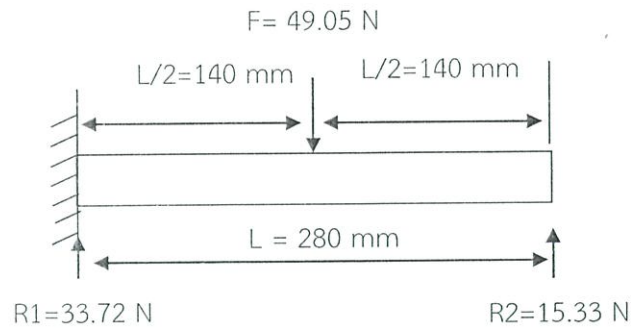


รูปที่ 3.5 แสดงแนวโน้มของ Stress บนโครงสร้าง

### 3.2 การออกแบบโครงสร้างระบบเดี่ยว

ในการออกแบบตัวโครงสร้างระบบเดี่ยวจะใช้เหล็กกลางแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสชั้นคุณภาพ HS41 ขนาด 60x60 mm. ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กโครงสร้างรูปพรรณกลวง (มอก. 107-2533) มีคุณสมบัติของเหล็กดังหัวข้อ 3.1 ทำการคำนวณหาขนาดความหนาของเหล็กที่ต้องใช้ในการรับแรงกระทำจากมวลขนาด 5 kg ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงการรับแรงของโครงสร้างคานในระบบเลียว

เมื่อพิจารณาการรับแรงที่เกิดขึ้นบนคานของระบบเลียวดังแสดงในรูปที่ 3.6 จะพบว่าการรับแรงมีลักษณะเป็นคานแบบปลายยื่นแต่มีจุดรับที่ปลายยื่น (Restrained Beam)

$$F = 5 \times 9.81 = 49.05 \text{ N}$$

$$R1 = \frac{11F}{16} = 33.72 \text{ N} \quad (3.7)$$

$$R2 = \frac{5F}{16} = 15.33 \text{ N} \quad (3.8)$$

$$V_{\max} = R1 = 33.72 \text{ N}$$

จากสมของการทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด (Maximum Shear Stress Criterion) กำหนดให้  $FOS = 2$

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_y}{2FOS}$$

$$\tau_{\max} = \frac{V_{\max}}{A}$$

$$A = 0.57 \text{ mm}^2 = 0.0057 \text{ cm}^2$$

จากตารางมาตรฐานเหล็กกลวงแบบสี่เหลี่ยมขนาด 60x60 mm. สามารถเลือกเหล็กที่มีความหนา 2.3 mm. ได้ ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ  $5.172 \text{ cm}^2$  และมีค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of Inertia) เท่ากับ  $28.3 \text{ cm}^4$  ทำการตรวจสอบค่าความโก่งตัวสูงสุดของคานภายใต้แรงที่กระทำ จากสมการความโก่งตัวของคานปลายยื่นแต่มีจุดรับที่ปลายยื่น

$$Y_{\max} = -\frac{F(L-x)}{96EI} (5x^2 + 2L^2 - 10Lx) \quad (3.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่  $x=L/2$  จะได้

$$Y_{\max} = -\frac{7F(L^3)}{768EI}$$

$$Y_{\max} = -1.7 \times 10^{-4} \text{ mm.}$$

จากสมการระยะโก่งตัวสูงสุดที่ยอมให้ (Deflection Limit State criteria) ที่สภาวะ transient load

$$|Y_{\max}| < \frac{L}{360}$$

$$|Y_{\max}| < 0.78 \text{ mm.}$$

ดังนั้นโครงสร้างของระบบเลี้ยวจึงใช้เหล็กกลางแบบสี่เหลี่ยมขนาด 60x60 mm. หน้า 2.3 mm.

F คือ แรงที่กระทำ (Force : N)

m คือ มวล (Mass : kg)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (Gravity :  $\text{m/s}^2$ )

L คือ ความยาว (Length : mm.)

E คือ โมดูลัสของความยืดหยุ่น (Young's modulus : GPa)

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of Inertia :  $\text{cm}^4$ )

A คือ พื้นที่หน้าตัด (Area :  $\text{m}^2$ )

R1 คือ แรงปฏิกิริยาที่จุด A (Action Force : N)

R2 คือ แรงปฏิกิริยาที่จุด B (Action Force : N)

$V_{\max}$  คือ แรงเฉือน (Shear Force : N)

$\tau_{\max}$  คือ ความเค้นเฉือน (Shear Stress : MPa)

$\sigma_Y$  คือ ความเค้นที่จุดคราก (Yield Strength : MPa)

$\sigma_U$  คือ ความเค้นดึง (Ultimate Tensile strength : MPa)

FOS คือ ค่าความปลอดภัย (Factor of Safety)

$Y_{\max}$  คือ ระยะโก่งตัวสูงสุด (Maximum Deflection : mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การคำนวณขนาดมอเตอร์

#### 3.3.1 มอเตอร์ขับเคลื่อน

กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบดังนี้

- ความจุของถังใส่น้ำยาง 60 liter ประมาณมวลของน้ำยางเมื่อเต็มถังได้ 60 kg รวมกับมวลของตัวรถ 20 kg จะได้มวลรวม 80 kg
- ความเร็วในการเคลื่อนที่ระหว่างต้นยางที่มีระยะห่าง 3 m คือ 0.25 m/s
- ความเร่งในการเคลื่อนที่ที่กำหนดเป็น  $0.25 \text{ m/s}^2$
- สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตระหว่างพื้นกับล้อมีค่า 0.6

หากำลังขับของมอเตอร์จากสมการ

$$P = Fv \quad (3.10)$$

$$P_{\text{motor}} = P \times \frac{FOS}{\eta_{\text{motor}}} \quad (3.11)$$

โดยที่

$$F = ma + \mu_s mg \quad (3.12)$$

$$F = 490.88 \text{ N}$$

$$P = 122.72 \text{ W}$$

กำหนดค่าความปลอดภัย(Safety Factor)ของมอเตอร์เท่ากับ 1.5 และค่าประสิทธิภาพ (Efficiency)ของมอเตอร์เท่ากับ 0.80 จะได้ว่า

$$P_{\text{motor}} = 230.1 \text{ W}$$

ดังนั้นจึงเลือกใช้มอเตอร์กระแสตรงรุ่น MY1016Z2 ขนาด 250W 24V

#### 3.3.2 มอเตอร์เลีย

กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบดังนี้

- มวลรวมเท่ากับ 80 kg
- ความเร็วเชิงมุมที่ใช้ในการเลียเท่ากับ  $\frac{\pi}{4} \text{ rad/s}$  หรือความเร็วเชิงเส้น 0.13 m/s
- ความเร่งเชิงมุมที่ใช้ในการเลียเท่ากับ  $\frac{\pi}{4} \text{ rad/s}^2$  หรือความเร่งเชิงเส้น  $0.13 \text{ m/s}^2$

หากำลังขับของมอเตอร์จากสมการ (3.10) , (3.11) , (3.12) จะได้

$$P = 71.61 \text{ W}$$

$$P_{\text{motor}} = 134.27 \text{ W}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงสามารถเลือกใช้ขนาดของมอเตอร์กระแสตรงอย่างน้อย 150 W ในการออกแบบจะใช้มอเตอร์รุ่น MY1016Z2 ขนาด 250W 24V (มีอยู่แล้ว)

- F คือ แรงที่กระทำ (Force : N)  
 m คือ มวล (Mass : kg)  
 g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (Gravity :  $m/s^2$ )  
 a คือ ความเร่งในการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Acceleration :  $m/s^2$ )  
 v คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่เชิงเส้น ( Velocity : m/s)  
 P คือ กำลังที่ต้องใช้ในการเคลื่อนที่ของรถ (Power : W)  
 $P_{\text{motor}}$  คือ กำลังของมอเตอร์ที่ต้องใช้ (Motor Power : W)  
 $\eta_{\text{motor}}$  คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์ (Motor Efficiency

### 3.4 การออกแบบระบบส่งกำลัง

#### 3.4.1 ระบบขับเคลื่อน

การออกแบบระบบส่งกำลังสำหรับระบบขับเคลื่อนจะใช้เฟืองโซ่ (Sprocket) และโซ่ (Chain) ในการส่งผ่านกำลังขับเคลื่อนจากมอเตอร์ไปสู่ล้อ โดยรูปแบบของการส่งกำลังจะสามารถแสดงเป็นไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 3.7

กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ

- จากมอเตอร์ที่ใช้รุ่น MY1016Z2-250W 24V มีคุณสมบัติดังนี้

$$N_{\text{motor}} = 3300 \text{ rpm.}$$

$$\text{Gear Ratio} = 9.78$$

$$\eta_{\text{motor}} = 0.8$$

$$N_{\text{outputmotor}} = 337.42 \text{ rpm.}$$

- ใช้ล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 330 mm.

- ใช้ค่าอัตราทดรวมของชุดเฟืองเป็น 3 : 1

- จำนวนฟันของเฟืองขับตัวที่ 1 คือ 9 ฟัน

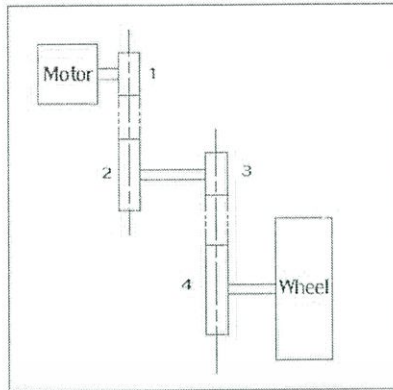
คำนวณหาความเร็วรอบของล้อจากสมการ

$$v = \omega R \quad (3.13)$$

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \quad (3.14)$$

$$N_{\text{wheel}} = 14.47 \text{ rpm.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ไตอะแกรมแสดงการส่งผ่านกำลังในระบบขับเคลื่อน

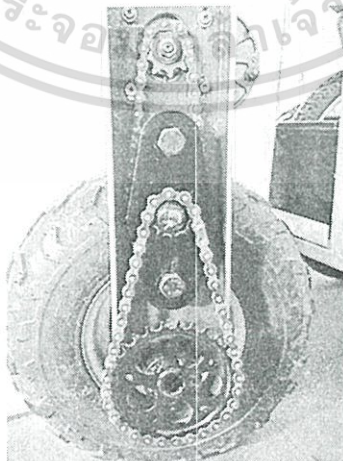
คำนวณหาจำนวนฟันของเฟืองตัวที่ 4 จากสมการอัตราทดรวม (Transmission Ratio : TR) จะได้

$$TR = \frac{N_1}{N_2} \times \frac{N_2}{N_3} \times \frac{N_3}{N_4} \quad (3.15)$$

หรือ

$$TR = \frac{n_1}{n_2} \times \frac{n_2}{n_3} \times \frac{n_3}{n_4} \quad (3.16)$$

จะได้  $n_4 = 27$  ฟัน และใช้ เฟือง  $n_2 = 20$  ฟัน และ  $n_3 = 9$  ฟัน โดยเฟืองตัวที่ 1, 3 จะเป็นเฟืองขับ และเฟืองตัวที่ 2, 4 จะเป็นเฟืองตาม เมื่อทำการสร้างชิ้นงานรูปแบบการส่งกำลังในระบบขับเคลื่อน จะถูกแสดงในรูปที่ 3.8



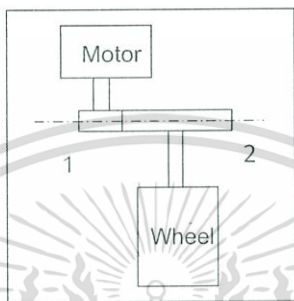
รูปที่ 3.8 แสดงการส่งกำลังของระบบขับเคลื่อนในชิ้นงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.2 ระบบเลี้ยว

การออกแบบการส่งกำลังในระบบเลี้ยวจะใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 250 W ส่งกำลังผ่านเฟืองขับหมายเลข 1 และเฟืองตามหมายเลข 2 ไปยังล้อ ซึ่งแสดงเป็นไดอะแกรมของการส่งกำลังในระบบเลี้ยวได้ดังรูปที่ 3.9 โดยกำหนดให้ความเร็วเชิงมุมที่ใช้ในการเลี้ยวมีค่า  $\frac{\pi}{4}$  rad/s จากสมการที่ (3.13) จะได้

$$N_{\text{wheel}} = 7.5 \text{rpm.}$$



รูปที่ 3.9 ไดอะแกรมแสดงการส่งผ่านกำลังในระบบเลี้ยว

กำหนดใช้อัตราทดของชุดเฟืองเป็น 4 : 1 จะได้ชุดเฟืองเป็นดังนี้

เฟืองหมายเลข 1 : เฟืองขับ โมดูลขนาด M1.5 – 20 ฟัน

เฟืองหมายเลข 2 : เฟืองตาม โมดูลขนาด M1.5 – 80 ฟัน

ชุดเฟืองที่ได้จากการออกแบบจะถูกติดตั้งบนคานของระบบเลี้ยวดังแสดงในรูปที่ 3.10

$N_{\text{motor}}$  คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ (Motor Speed : rpm)

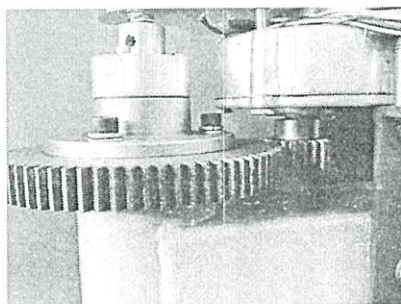
$N_{\text{wheel}}$  คือ ความเร็วรอบของล้อ (Wheel Speed : rpm)

$N$  คือ ความเร็วรอบ (Speed : rpm)

$n$  คือ จำนวนฟันเฟือง (Number of Teeth : teeth)

$\omega$  คือ ความเร็วเชิงมุม (Angular Velocity : rad/s)

TR คือ อัตราทดรวม (Transmission Ratio)

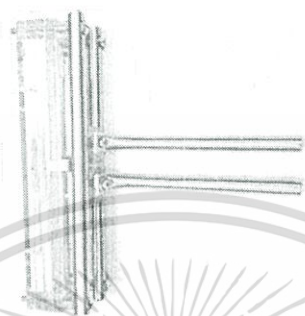


รูปที่ 3.10 แสดงการส่งกำลังของระบบเลี้ยวในชิ้นงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 การออกแบบระบบตรวจจ็ับ

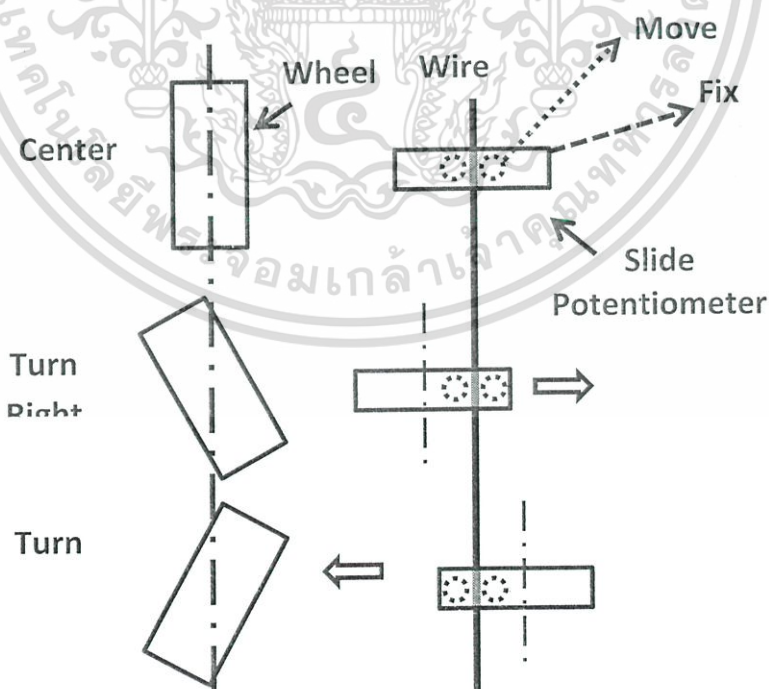
ระบบตรวจจ็ับมีหน้าที่ระบุตำแหน่งของรถซึ่งจะวิ่งไปตามลวดสลิงโดยจะใช้สไลด์โพเทนซิโอมิเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 3.11 ในการรับค่าตำแหน่งของรถแล้วนำค่าที่ได้ไปประมวลผลเพื่อควบคุมระบบเลี้ยวต่อไป



รูปที่ 3.11 แสดงตัวตรวจจ็ับลวดสลิง

#### 3.5.1 การทำงานของระบบตรวจจ็ับ

เมื่อสไลด์โพเทนซิโอมิเตอร์อยู่ตรงกลางรถจะวิ่งตรง ถ้าสไลด์โพเทนซิโอมิเตอร์เลื่อนไปทางขวา รถจะเลี้ยวขวาและถ้าสไลด์โพเทนซิโอมิเตอร์เลื่อนไปทางซ้ายรถจะเลี้ยวซ้าย เพื่อให้รถกลับมาวิ่งตรงดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงการทำงานของระบบตรวจจ็ับลวดสลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดสอบและผลการทดสอบ

ในการสร้างรถเก็บน้ำยางพาราอัตโนมัติ ได้จัดทำ การทดลองขึ้นทั้งหมดดังนี้

1. การทดสอบหาค่ามุมที่ล้อยหมุนไปที่ตำแหน่งต่างๆ
2. การทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดและองศาที่ล้อยหมุนไป  
ได้สูงสุด
3. การทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดและขนาดความยาว  
ของตัวสไลด์โพเทนซิโอมิเตอร์
4. การทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดและความเร็วของการ  
เคลื่อนที่ของรถเก็บน้ำยางพาราอัตโนมัติ
5. การทดสอบหาระยะทางที่รถเคลื่อนที่ไปได้สูงสุดโดยเฉลี่ย

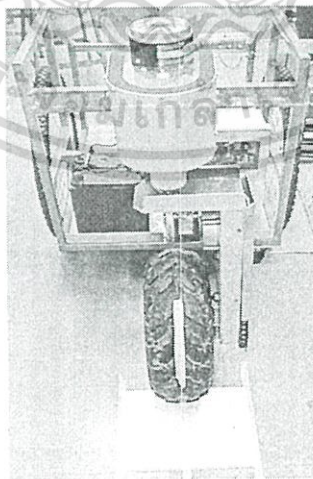
#### 4.1 การทดสอบหาค่ามุมที่ล้อยหมุนไปที่ตำแหน่งต่างๆ

เป็นการทดสอบเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ ที่ตำแหน่งต่างๆ โดยทำการ  
เลื่อนสไลด์โพเทนซิโอมิเตอร์ไปยังตำแหน่งต่างๆ เมื่อกำหนดให้ล้อยหมุนไปได้ 45 องศา และใช้สไลด์  
โพเทนซิโอมิเตอร์ยาว 10 เซนติเมตร

อุปกรณ์และเครื่องมือ ได้แก่ ไมโครเมตรวัดมุม, ไม้มบรรทัด, ปากกา, กระดาษ

##### 4.1.1 วิธีการทดสอบ

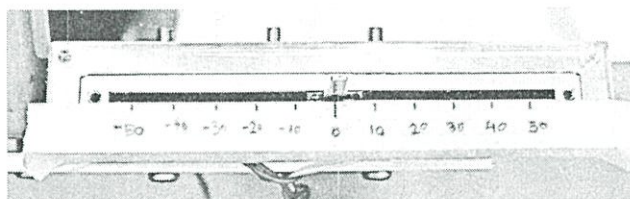
1. ตั้งตำแหน่งของล้อให้ตรงและวางกระดาษให้อยู่กลางแนวล้อตั้งแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงการตั้งตำแหน่งล้อ เพื่อทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เลื่อนสไลด์โพเทนซิโอมิเตอร์ให้อยู่ตรงกลางโดยแบ่งเป็น 10 ช่วง โดยให้ที่ตำแหน่งตรงกลางเป็น 0 เลื่อนไปทางซ้ายเป็นลบ เลื่อนไปทางขวาเป็นบวก การกำหนดตำแหน่งต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งของสไลด์โพเทนซิโอมิเตอร์

3. เลื่อนสไลด์โพเทนซิโอมิเตอร์ไปที่ละ 10 มิลลิเมตรทางด้านซ้าย ไปยังตำแหน่ง -10 , -20 , -30 , -40 , -50 แล้วขีดเส้นมุมที่ล่อหมุนไป ดังรูปที่ 4.3

4. เลื่อนสไลด์โพเทนซิโอมิเตอร์ไปอยู่ตรงกลาง จากนั้นเลื่อนไปที่ละ 10 มิลลิเมตรทางด้านขวา ไปยังตำแหน่ง 10 , 20 , 30 , 40 , 50 แล้วขีดเส้นมุมที่ล่อหมุนไป ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงเส้นแนวองศาที่ล่อหมุนไป

5. ทำการวัดมุมที่ล่อหมุนไปแต่ละตำแหน่ง
6. นำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่าที่แท้จริง}|}{\text{ค่าที่แท้จริง}} \times 100 \quad (4.1)$$

โดยค่าที่แท้จริงคือองศาที่ล่อควรจะเลี้ยวตามที่กำหนดไว้หาจาก

$$\text{ค่าที่แท้จริง} = \frac{\text{ตำแหน่งใดๆของสไลด์โพเทนซิโอมิเตอร์}}{\text{ตำแหน่งตรงกลางของสไลด์โพเทนซิโอมิเตอร์}} \times \text{มุมที่ล่อหมุนไปได้สูงสุด} \quad (4.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 แสดงมุมล้อยหมุนไปได้จากการทดสอบและเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน  
เมื่อเลื่อนสไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์ไปยังตำแหน่งต่างๆ

ตำแหน่งของ ตัวต้านทานปรับค่าได้	มุมจากการทดสอบ	มุมที่แท้จริง	% ความคลาดเคลื่อน
-50	41	45	8.89
-40	34	36	5.56
-30	25	27	7.41
-20	18	18	0
-10	11	9	2.22
0	0	0	0
10	9	9	0
20	21	18	1.67
30	28	27	3.7
40	38	36	5.56
50	46	45	2.22

#### 4.2 การทดสอบหาระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดเมื่อเปลี่ยนมุมองศาที่ล้อยหมุนไปได้ สูงสุด

เป็นการทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่รถสามารถเคลื่อนที่ไปได้สูงสุดและ  
องศาที่ล้อยหมุนไปได้สูงสุด เมื่อกำหนดให้รถเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วเท่าๆกัน และใช้สไลด์โพเทนซีโอ  
มิเตอร์ยาว 10 เซนติเมตร

##### 4.2.1 วิธีการทดสอบ

- เขียนโปรแกรมการควบคุมให้รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน ใช้สไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์  
ยาว 10 เซนติเมตร และเขียนโปรแกรมตั้งค่าให้รถมีมุมองศาที่ล้อยหมุนไปได้สูงสุด 5 องศา
- วางรถโดยให้สไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์คล้องกับลวดสลิงและแนวรถขนานไปกับลวดสลิง
- กดสวิทช์เริ่ม ให้รถเคลื่อนที่เมื่อรถหลุดออกจากเส้นทาง ทำการวัดระยะทางที่รถเคลื่อนที่  
ไปได้
- วางรถโดยให้สไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์คล้องกับลวดสลิงแต่แนวรถไม่ขนานไปกับลวดสลิง  
หรือวางแบบอิสระ
- กดสวิทช์เริ่ม ให้รถเคลื่อนที่เมื่อรถหลุดออกจากเส้นทางทำการวัดระยะทางที่รถเคลื่อนที่  
ไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการทดสอบตามขั้นตอนข้างต้นอีกครั้ง แต่เปลี่ยนมุมมองศาลที่ล้อหมุนไปได้สูงสุดเป็น 10 องศา , 15 องศา , 30 องศา และ 45 องศา

7. นำผลที่ได้มาเขียนกราฟที่มุมมองศาลที่ล้อหมุนไปได้สูงสุด เพื่อดูความสัมพันธ์

#### 4.2.2 ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.2 แสดงระยะทางที่รถเคลื่อนที่ไปได้สูงสุดเมื่อปรับมุมมองศาลสูงสุดที่ค่าต่างๆ

มุมมองศาลที่ล้อหมุนไปได้สูงสุด	ระยะทางที่ไปได้ไกลสุด (เซนติเมตร)	
	วางรถขนานไปกับเส้นทาง	วางแนวรถอิสระ
5	360	340
10	270	170
15	220	160
30	200	170
45	140	80

นำค่าที่ได้จากการทดสอบมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดกับมุมที่ล้อหมุนไปได้สูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดกับมุมที่ล้อหมุนไปได้สูงสุด

#### 4.3 การทดสอบหาระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดเมื่อเปลี่ยนความยาวของสไลด์โฟเทนซีโอมิเตอร์

เป็นการทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทางที่รถสามารถเคลื่อนที่ไปได้สูงสุด และขนาดความยาวของสไลด์โฟเทนซีโอมิเตอร์เมื่อกำหนดให้รถเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วเท่าๆกัน และให้มุมมองศาลที่ล้อหมุนไปได้สูงสุด 5 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.1 วิธีการทดสอบ

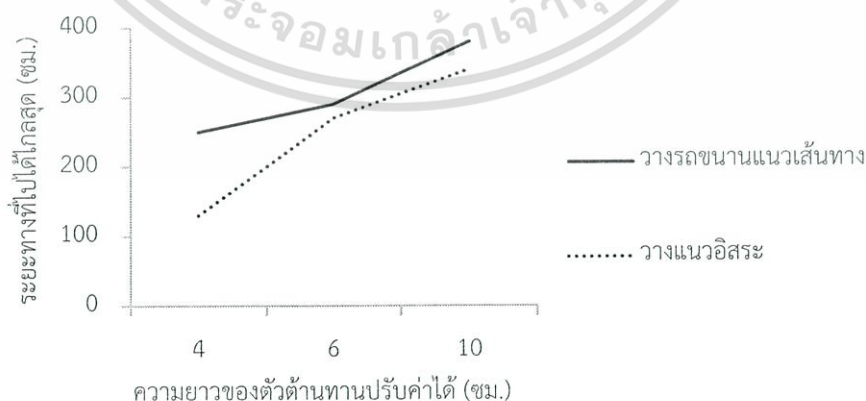
- เขียนโปรแกรมการควบคุมให้รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน มุมองศาที่ล้อหมุนไปได้สูงสุดคือ 5 องศา และ ใช้สไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์ยาว 4 เซนติเมตร
- วางรถโดยให้สไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์คล้องกับลวดสลิงและแนวรถขนานไปกับลวดสลิง
- กดสวิตช์เริ่ม ให้รถเคลื่อนที่เมื่อรถหลุดออกจากเส้นทางทำการวัดระยะที่รถเคลื่อนที่ไปได้
- วางรถโดยให้สไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์คล้องกับลวดสลิงแต่แนวรถไม่ขนานไปกับลวดสลิงหรือวางแบบอิสระ
- กดสวิตช์เริ่ม ให้รถเคลื่อนที่เมื่อรถหลุดออกจากเส้นทางทำการวัดระยะที่รถเคลื่อนที่ไปได้
- ทำการทดสอบตามขั้นตอนข้างต้นอีกครั้งแต่เปลี่ยนความยาวของสไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์เป็น 6 เซนติเมตร และ 10 เซนติเมตร
- นำผลที่ได้มาเขียนกราฟ เพื่อดูความสัมพันธ์

#### 4.3.2 ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.3 แสดงระยะทางที่รถเคลื่อนที่ไปได้สูงสุดเมื่อเปลี่ยนความยาวของสไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์

ความยาวของสไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์ (เซนติเมตร)	ระยะทางที่ไปได้ไกลสุด (เซนติเมตร)	
	วางรถขนานไปกับเส้นทาง	วางแนวอิสระ
4	250	130
6	290	270
10	380	340

นำค่าที่ได้จากการทดสอบมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดกับความยาวของสไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดกับความยาวของสไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 การทดสอบหาระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดเมื่อเปลี่ยนความเร็วของรถ

เป็นการทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทางที่รถสามารถเคลื่อนที่ไปได้สูงสุดและความเร็วการเคลื่อนที่ของรถ เมื่อกำหนดให้มุมมองคาที่หมุนไปได้สูงสุดคือ 5 องศา และใช้สไลด์โฟเทนซีโอมิเตอร์ยาว 10 เซนติเมตร

##### 4.4.1 วิธีการทดสอบ

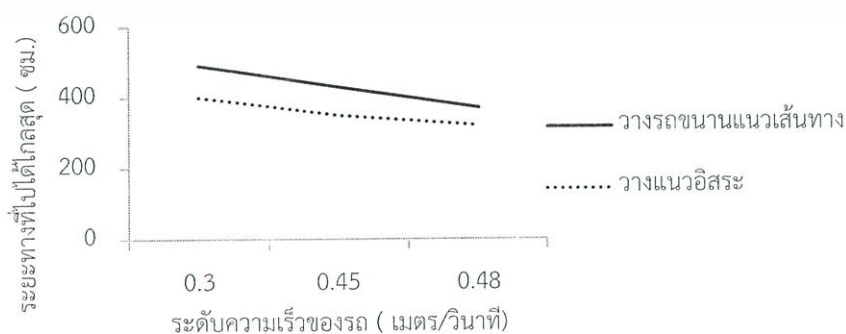
1. เขียนโปรแกรมการควบคุมให้รถมีมุมมองคาที่ล้อยู่ที่ 5 องศา ใช้สไลด์โฟเทนซีโอมิเตอร์ยาว 10 เซนติเมตร และ เขียนโปรแกรมตั้งค่าให้รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.3 เมตรต่อวินาที
2. วางรถโดยให้สไลด์โฟเทนซีโอมิเตอร์คล้องกับลวดสลิง และ แนวรถขนานไปกับลวดสลิง
3. กดสวิทช์เริ่ม ให้รถเคลื่อนที่เมื่อรถหลุดออกจากเส้นทางทำการวัดระยะที่รถเคลื่อนที่ไปได้
4. วางรถโดยสไลด์โฟเทนซีโอมิเตอร์คล้องกับลวดสลิงแต่แนวรถไม่ขนานไปกับลวดสลิงหรือวางแบบอิสระ
5. กดสวิทช์เริ่ม ให้รถเคลื่อนที่เมื่อรถหลุดออกจากเส้นทางทำการวัดระยะที่รถเคลื่อนที่ไปได้
6. ทำการทดสอบตามขั้นตอนข้างต้นอีกครั้งแต่เปลี่ยนความเร็วการเคลื่อนที่ของรถเป็น 0.45 เมตรต่อวินาที และ 0.48 เมตรต่อวินาที
7. นำผลที่ได้มาเขียนกราฟเพื่อดูความสัมพันธ์

##### 4.4.2 ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.4 แสดงระยะทางที่รถเคลื่อนที่ไปได้สูงสุด เมื่อเปลี่ยนความเร็วการเคลื่อนที่ของรถ

ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถ (เมตรต่อวินาที)	ระยะทางที่ไปได้ไกลสุด (เซนติเมตร)	
	วางรถขนานไปกับเส้นทาง	วางแนวรถอิสระ
0.3	490	400
0.45	430	350
0.48	370	320

นำค่าที่ได้จากการทดสอบมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดกับความเร็ของรถ ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดกับความเร็ของรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 การทดสอบหาระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้สูงสุดโดยเฉลี่ย

เป็นการทดสอบเพื่อหาระยะทางที่รถสามารถเคลื่อนที่ไปได้สูงสุด เมื่อกำหนดให้รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าๆกัน ให้มุมมองศาที่หมุนไปได้สูงสุดคือ 5 องศา และใช้สไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์ยาว 10 เซนติเมตร

##### 4.5.1 วิธีการทดสอบ

1. เขียนโปรแกรมการควบคุมให้รถมีมุมมองศาที่ล้อหมุนไปได้สูงสุด 5 องศา เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.3 เมตรต่อวินาที ใช้สไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์ 10 เซนติเมตร
2. วางรถโดยให้สไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์คล้องกับลวดสลิงและแนวรถขนานไปกับลวดสลิง
3. กดสวิทช์เริ่มให้รถเคลื่อนที่เมื่อรถหลุดออกจากเส้นทางทำการวัดระยะที่รถเคลื่อนที่ไปได้
4. วางรถโดยให้สไลด์โพเทนซีโอมิเตอร์คล้องกับลวดสลิงแต่แนวรถไม่ขนานไปกับลวดสลิงหรือวางแบบอิสระ
5. กดสวิทช์เริ่ม ให้รถเคลื่อนที่เมื่อรถหลุดออกจากเส้นทางทำการวัดระยะที่รถเคลื่อนที่ไปได้

##### 4.5.2 ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.5 แสดงระยะทางที่รถเคลื่อนที่ไปได้สูงสุด

ครั้งที่	ระยะทางที่ไปได้ไกลสุด (เซนติเมตร)	
	วางรถขนานไปกับเส้นทาง	วางแนวรถอิสระ
1	370	360
2	410	390
3	420	390
ค่าเฉลี่ย	400	380

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการดำเนินงาน

### 5.1 สรุปผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ของระยะทางที่เคลื่อนที่ได้สูงสุดกับตัวแปรต่างๆ

จากผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่รถเคลื่อนที่ได้สูงสุด จะเห็นได้ว่ามุมมองค่าที่ล้อย่นไปได้สูงสุด , ขนาดความยาวของสไลด์โพเทนชิโอมิเตอร์และความเร็วการเคลื่อนที่ของรถ มีผลต่อระยะทางที่รถเคลื่อนที่ได้สูงสุด โดยสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่รถเคลื่อนที่ได้สูงสุดกับมุมมองค่าที่ล้อย่นไปได้สูงสุด พบว่า ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้สูงสุดจะลดลง เมื่อเพิ่มมุมมองค่าที่ล้อย่นไปได้สูงสุด โดยระยะทางที่เคลื่อนที่ได้สูงสุดจะมากที่สุด เมื่อใช้มุมที่ล้อย่นไปได้สูงสุด 5 องศา

2. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่รถเคลื่อนที่ได้สูงสุดกับขนาดความยาวของสไลด์โพเทนชิโอมิเตอร์ พบว่า ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้สูงสุดจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มขนาดของสไลด์โพเทนชิโอมิเตอร์ โดยระยะทางที่เคลื่อนที่ได้สูงสุดจะมากที่สุด เมื่อใช้สไลด์โพเทนชิโอมิเตอร์ขนาดความยาว 10 เซนติเมตร

3. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่รถเคลื่อนที่ได้สูงสุดกับความเร็วการเคลื่อนที่ของรถ พบว่า ระยะทางที่รถเคลื่อนที่ได้สูงสุดจะลดลง เมื่อเพิ่มความเร็วการเคลื่อนที่ของรถ โดยระยะทางที่เคลื่อนที่ได้สูงสุดจะมากที่สุด เมื่อใช้ความเร็วการเคลื่อนที่ประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาที

ซึ่งผลการทดสอบนี้ จะนำไปสู่การทดสอบเพื่อหาระยะทางเฉลี่ยที่รถสามารถเคลื่อนที่ได้สูงสุดต่อไป

### 5.2 สรุปผลการทดสอบหาระยะทางเฉลี่ยที่เคลื่อนที่ได้สูงสุด

เมื่อนำข้อมูลจากการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่เคลื่อนที่ได้สูงสุด กับตัวแปรต่างๆ มาเลือกเงื่อนไขที่จะหาระยะทางเฉลี่ยที่รถเคลื่อนที่ได้สูงสุด จะได้ว่า การเลือกใช้มุมมองค่าที่ล้อย่นไปได้สูงสุด 5 องศา , สไลด์โพเทนชิโอมิเตอร์ความยาว 10 เซนติเมตร และ ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถ 0.3 เมตรต่อวินาที จะทำให้รถสามารถเคลื่อนที่ได้สูงสุดในทางตรง ได้ระยะทางเฉลี่ยสูงสุด 400 เซนติเมตร เมื่อบางรถขนานไปกับแนวการเคลื่อนที่ และได้ระยะทางเฉลี่ยสูงสุด 380 เซนติเมตร เมื่อบางรถไม่ขนานไปกับแนวการเคลื่อนที่หรือวางแบบอิสระ

### 5.3 วิจารณ์ผลการดำเนินงาน

ในการทดสอบ พบว่าลวดสลิงไม่สามารถดึงสไลด์โพเทนชิโอมิเตอร์ได้เร็วพอ ทำให้รถไม่สามารถเลี้ยวทันเพราะมีการตอบสนองที่ช้า รถจึงหลุดออกจากเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.4 ข้อเสนอแนะ

### 5.4.1 พัฒนาระบบตรวจจับ

ระบบตรวจจับเส้นทางแบบเดิมใช้ตัวสไลด์โฟเทนซิโอมิเตอร์ เป็นตัวตรวจจับตำแหน่ง ซึ่งมีปัญหาเพราะการตอบสนองช้า สามารถพัฒนาตัวตรวจจับเป็นระบบใหม่ เป็นระบบที่ดีกว่า เช่น ระบบตรวจจับตำแหน่งด้วยกล้อง , ระบบตรวจจับด้วยแม่เหล็ก เป็นต้น

### 5.4.2 พัฒนาระบบช่วงล่าง

เนื่องจากสภาพพื้นผิวของสวนยาง เป็นพื้นที่ขรุขระ อาจมีหลุม หรือพื้นเอียง ซึ่งเป็นปัญหาต่อระบบตรวจจับและการบรรทุก จึงควรมีระบบช่วงล่างเพื่อลดปัญหาดังกล่าว

### 5.4.3 พัฒนาระบบควบคุมความเร็วการเคลื่อนที่ขณะเลี้ยว

ระบบขับเคลื่อนนี้ ใช้การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ แม้ในขณะเลี้ยว ซึ่งหากมีการลดความเร็วลงในขณะเลี้ยว จะสามารถช่วยให้รถเข้าโค้งได้ดียิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โค้ดการทำงานของรถเคลื่อนที่อัตโนมัติ

```

long previousError=0;
long currentError=0;
long derivativeError=0;
long Read_VR;
long Read_VR_Motor;
long Read_VR_Motor_new; // ประกาศตัวแปรสำหรับใช้ในโปรแกรม
long control_value;
long Kp = 1 ;
long Kd = 0.5;
long current_duty1=0;
long current_duty2=0;
void PWM (int T); // ประกาศฟังก์ชันที่ใช้ควบคุมความเร็วการเคลื่อนที่ของรถ
void main ()
{
  ADCON1 = 0x80;
  ANSEL = 0x07;
  ANSELH = 0;
  PORTA = 0;
  TRISA = 255; // กำหนดค่าเริ่มต้นและหน้าที่พอร์ตต่างๆ
  PORTB = 0;
  TRISB = 0x03;
  PORTC = 0;
  TRISC = 0;
  PWM1_Init(900);
  PWM2_Init(900); // เรียกใช้ฟังก์ชัน PWM , กำหนดความถี่ และสั่งเปิดมอเตอร์
  PWM1_Start();
  PWM2_Start();
  while (1) // วงลูปไม่สิ้นสุดเพื่อรับค่า และประมวลผล
  {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



// ตรวจสอบเงื่อนไขที่สั่งให้รถหยุดหักเลี้ยว คือ เมื่อค่าต่างกันไม่เกิน15 และล้อยหมุนเกินค่ามุมที่กำหนด

```

if ( (control_value>=-15&&control_value<=15) ||
(Read_VR_Motor<340&&Read_VR<340) || (Read_VR_Motor>682&&Read_VR>682) )
{
    current_duty1=0;
    current_duty2=0;
    PWM1_Set_Duty(current_duty1);
    PWM2_Set_Duty(current_duty2);
}
// ตรวจสอบเงื่อนไขที่สั่งให้รถหักเลี้ยวไปทิศทางที่ 1
else if (control_value<0)
{
    current_duty1 = 0;
    current_duty2 = -control_value; // กำหนดความเร็วมอเตอร์เดี่ยว
    if (current_duty2<80) } // กำหนดความเร็วต่ำสุดการเลี้ยว
        current_duty2=80;
    else if (current_duty2>120) } // กำหนดความเร็วสูงสุดการเลี้ยว
        current_duty2=120;
    PWM1_Set_Duty(current_duty1); } // สั่งให้ล้อยหักเลี้ยว
    PWM2_Set_Duty(current_duty2);
}
// ตรวจสอบเงื่อนไขที่สั่งให้รถหักเลี้ยวไปทิศทางที่ 2
else if(control_value>0)
{
    current_duty1 = control_value; // กำหนดความเร็วมอเตอร์เดี่ยว
    current_duty2 = 0;
    if (current_duty1<80) } // กำหนดความเร็วต่ำสุดการเลี้ยว
        current_duty1=80;
    else if (current_duty1>120) } // กำหนดความเร็วสูงสุดการเลี้ยว
        current_duty1=120;
    PWM1_Set_Duty(current_duty1); } // สั่งให้ล้อยหักเลี้ยว
    PWM2_Set_Duty(current_duty2);
}


```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    previousError = currentError; // เก็บค่า error ครั้งก่อนสำหรับนำไปคิดใหม่
  }
}
if (~PORTB.F1) // รับคำสั่งหยุดรถ
{
  while (PORTB.F0) // วนลูป จนกว่าจะสวิตช์เปิดถูกกด
  {
    PORTC.F0=0;
    PORTB.F4=0;
    current_duty1=0;
    current_duty2=0;
    PWM1_Set_Duty(current_duty1);
    PWM2_Set_Duty(current_duty2);
  }
}
}
void PWM (int T)
{
  PORTC.F0=1;
  VDelay_ms(T);
  PORTC.F0=0;
  VDelay_ms(T-5);
}

```

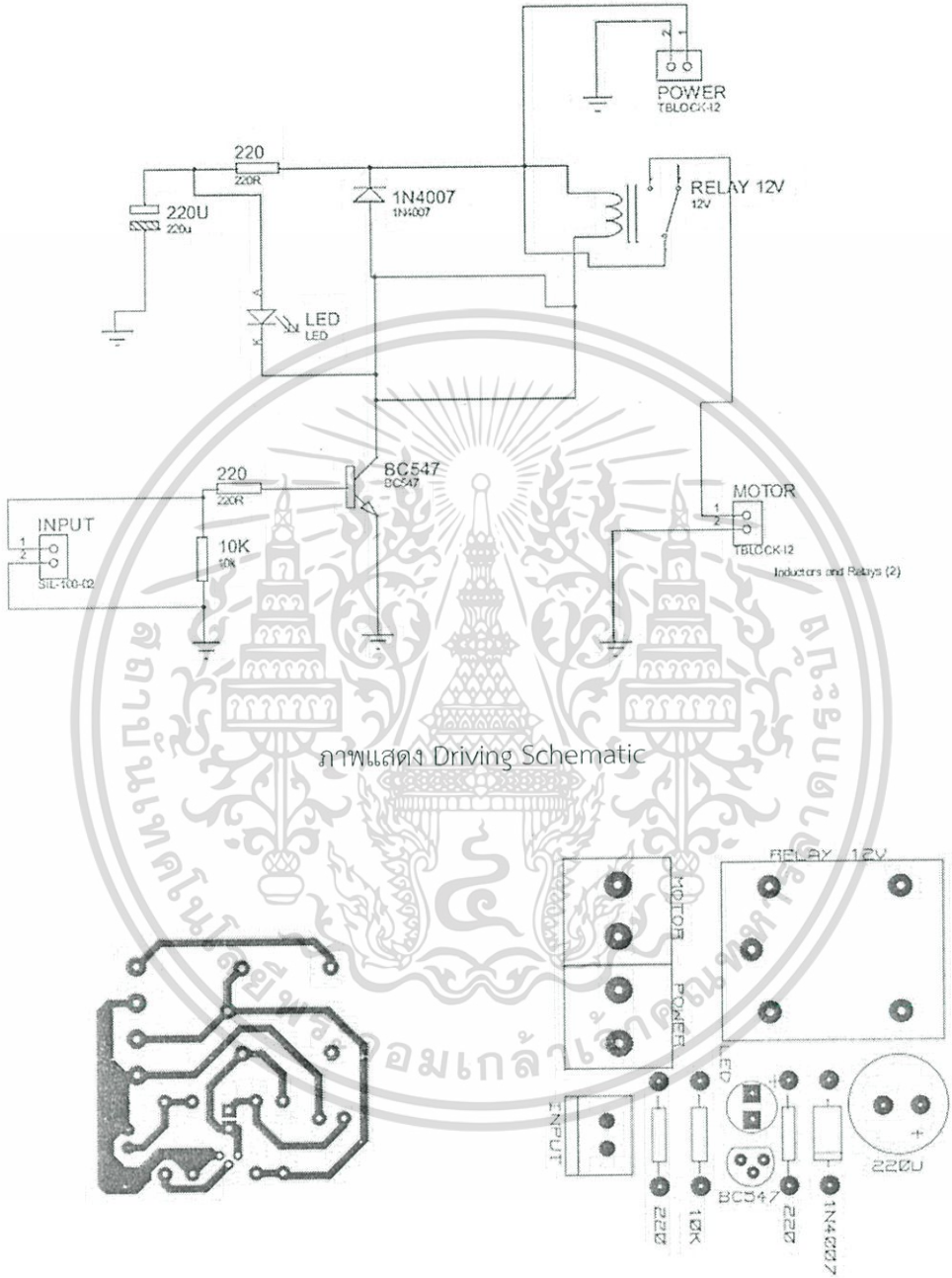


// ปิดไฟแสดงผล และหยุดรถ  
 // ฟังก์ชันย่อยควบคุมความเร็วของการเคลื่อนที่ของรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# วงจรอิเล็กทรอนิกส์

## วงจรระบบขับเคลื่อน



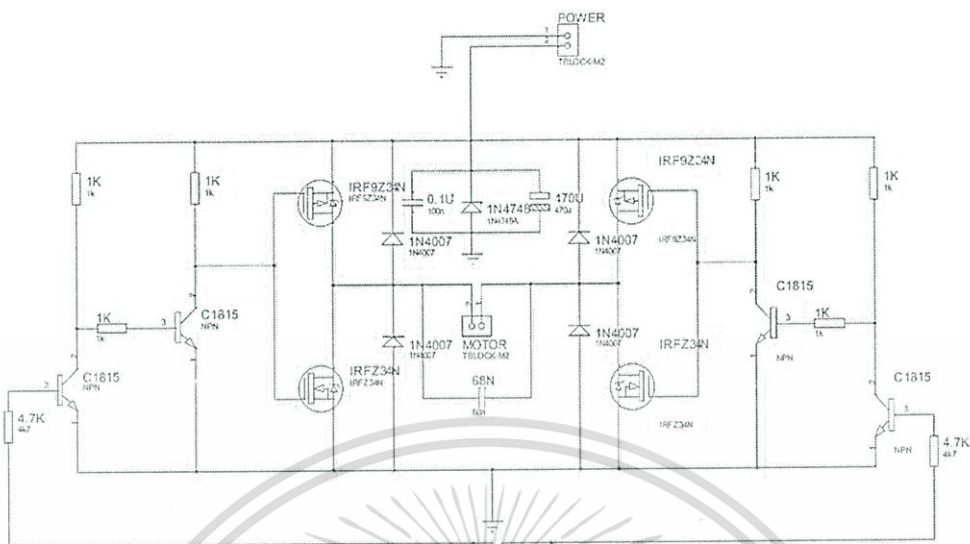
ภาพแสดง Driving Schematic

ภาพแสดง Driving PCB : Bottom : 1:1

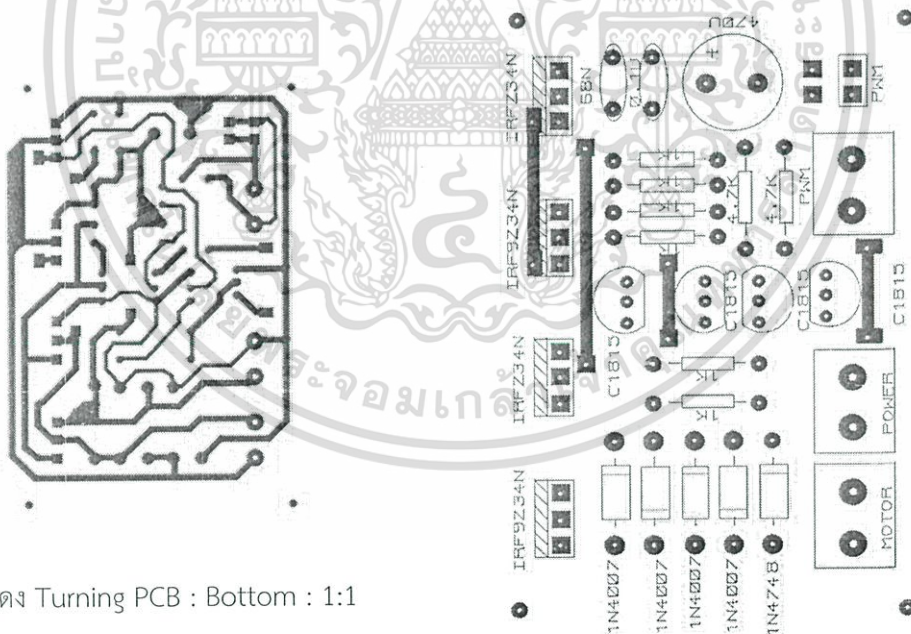
ภาพแสดง Driving PCB : Top : 1:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# วงจรระบบเลี้ยว



ภาพแสดง Turning Schematic

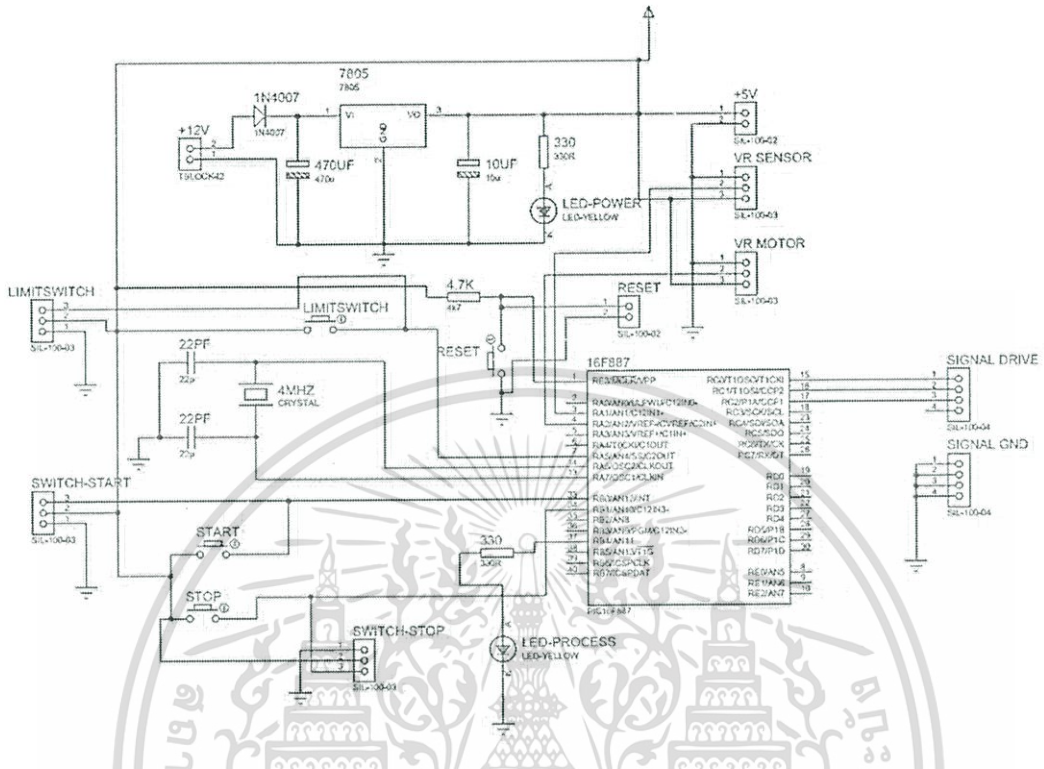


ภาพแสดง Turning PCB : Bottom : 1:1

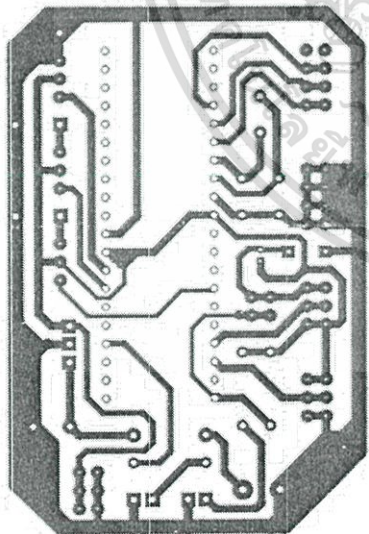
ภาพแสดง Turning PCB : Top : 1:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# วงจรควบคุมหลัก

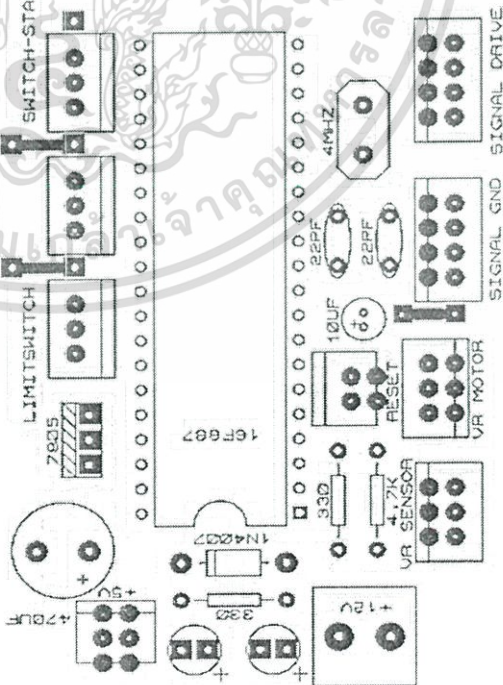


ภาพแสดง Main Processor Schematic



ภาพแสดง Main Processor PCB :

Bottom : 1:1



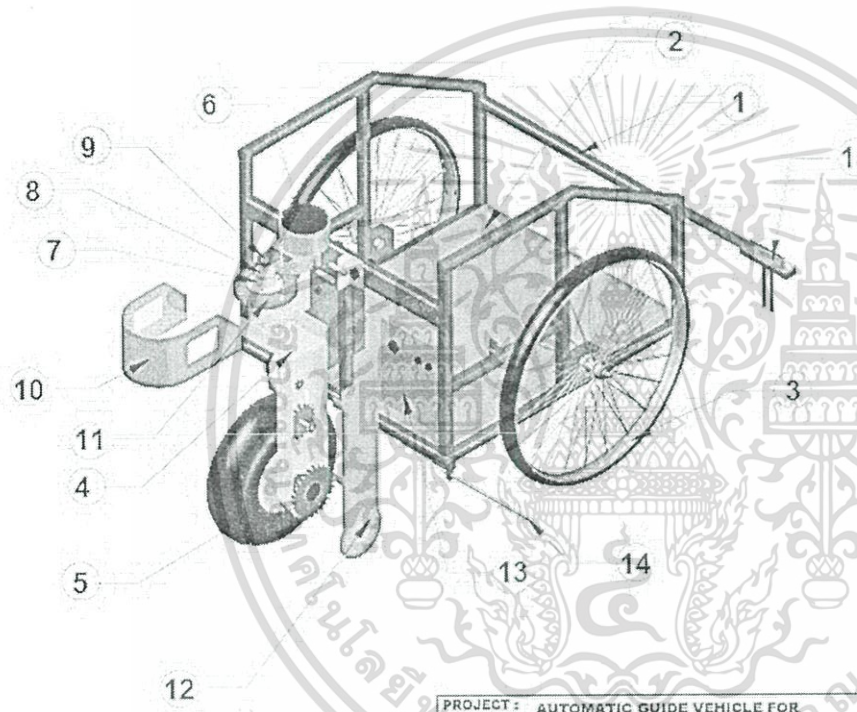
ภาพแสดง Main Processor PCB :

Top : 1:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

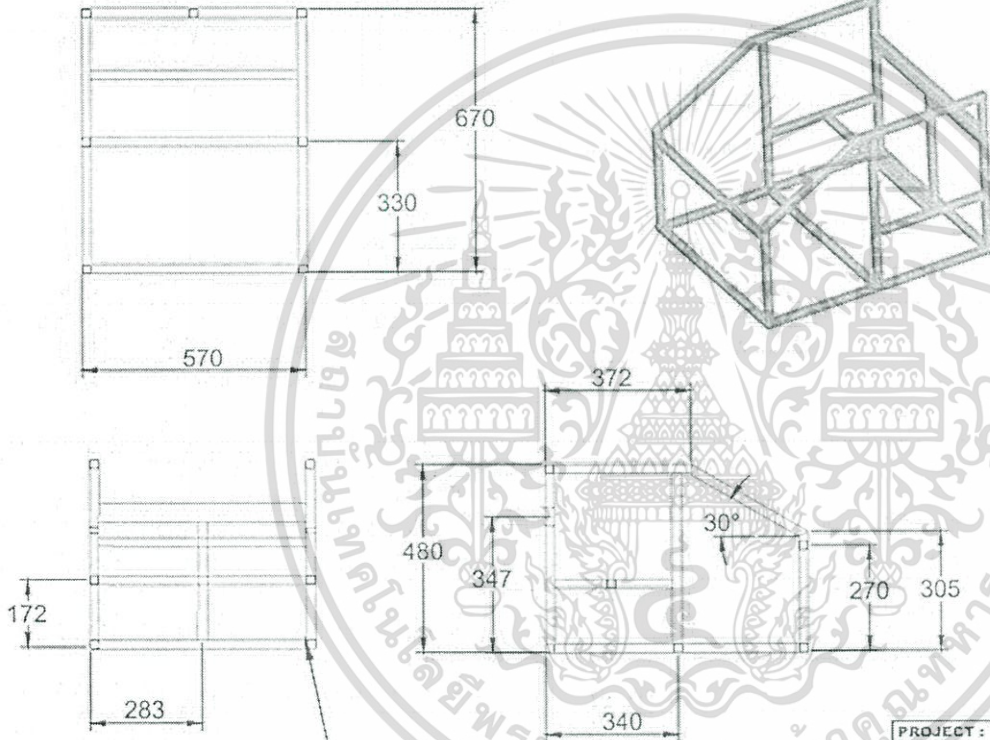


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



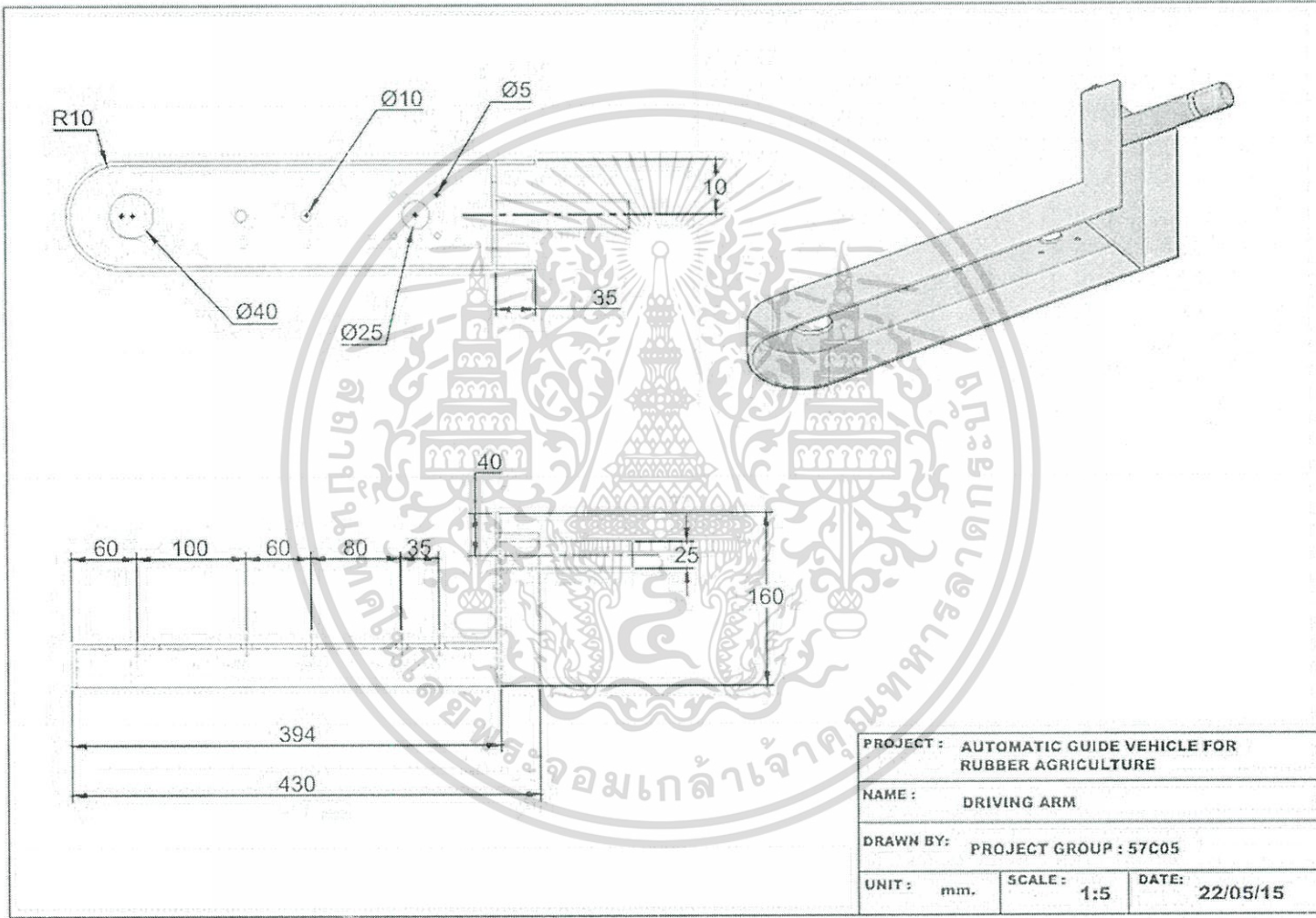
No.	PART NAME	PIECE
1	FAME STRUCTURE	1
2	PLATE	1
3	FREE WHEEL	2
4	DRIVING ARM	1
5	DRIVING WHEEL	1
6	MOTOR 12 VDC	2
7	GEAR SPAN	1
8	POTENTIOMETER LOCKER	1
9	POTENTIOMETER	1
10	TURNING GARD	1
11	GEAR 80, 20 TEETH	1
12	DRIVING GARD	1
13	CONTROL BOX	1
14	LIMIT SWITCH	1
15	DETECTOR	1

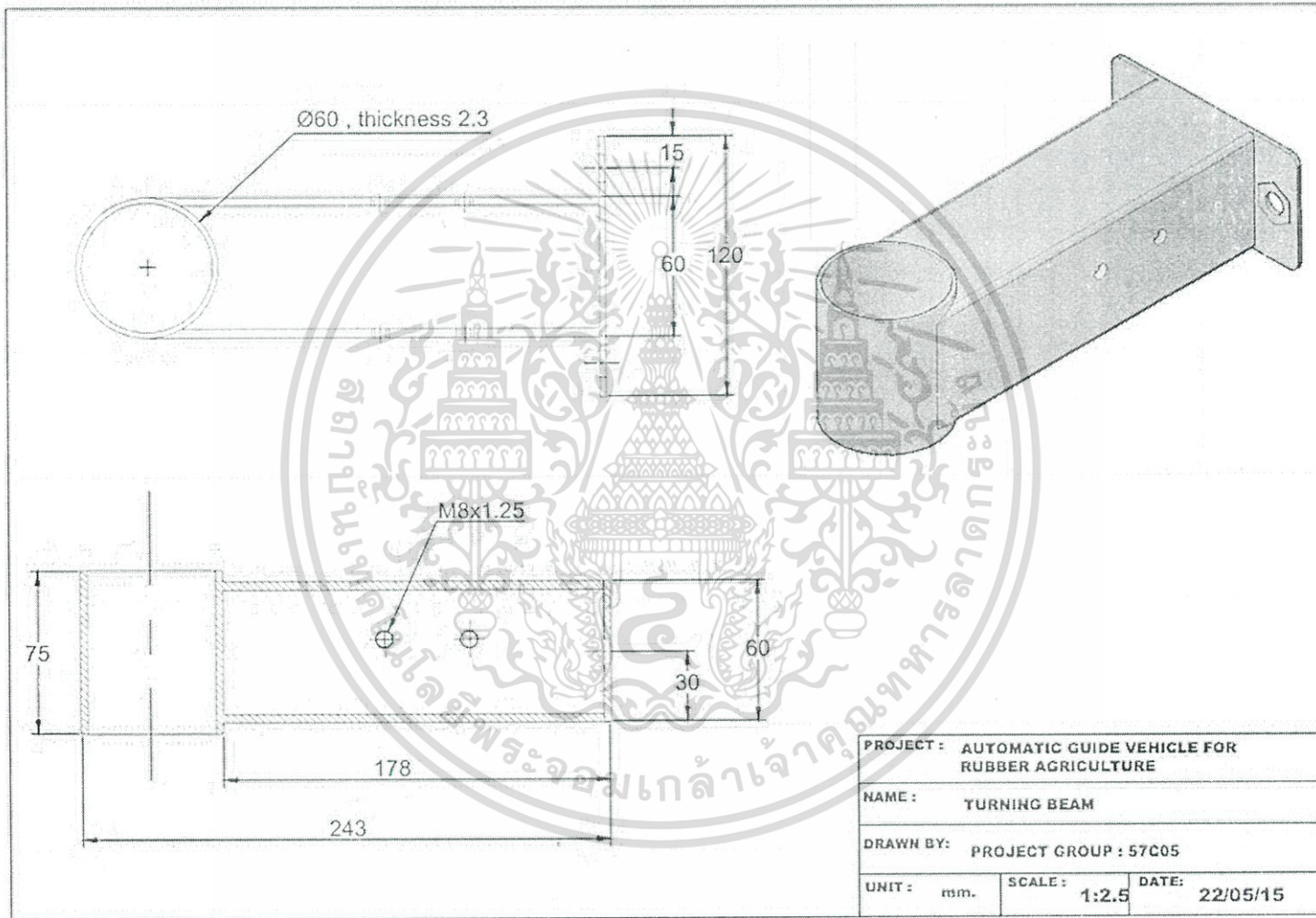
PROJECT : AUTOMATIC GUIDE VEHICLE FOR RUBBER AGRICULTURE  
 NAME : ASSEMBLY  
 DRAWN BY: PROJECT GROUP : 57C05  
 UNIT : mm. SCALE : 1:2 DATE: 22/05/15



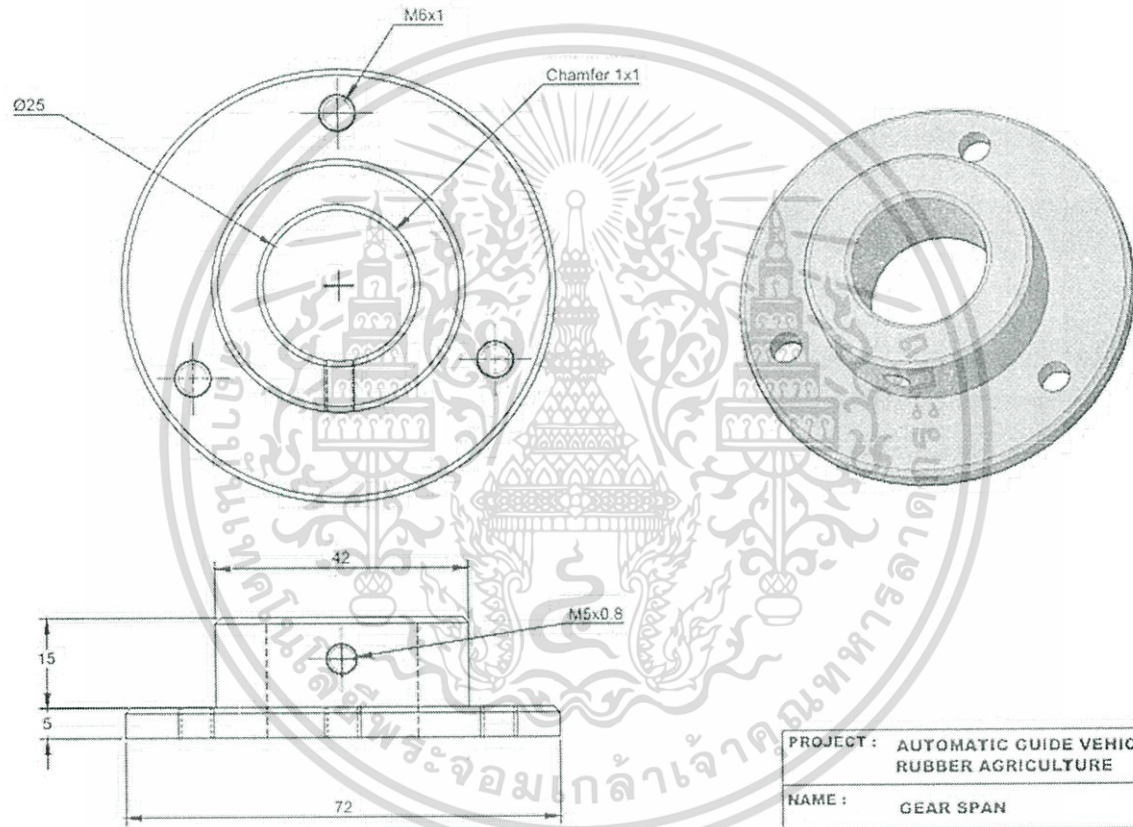
Square Box Steel 25.4x25.4  
Thickness 2

PROJECT :			AUTOMATIC GUIDE VEHICLE FOR RUBBER AGRICULTURE		
NAME :			STRUCTURE		
DRAWN BY :			PROJECT GROUP : 57C05		
UNIT :	SCALE :	DATE :	mm.	1:15	22/05/15

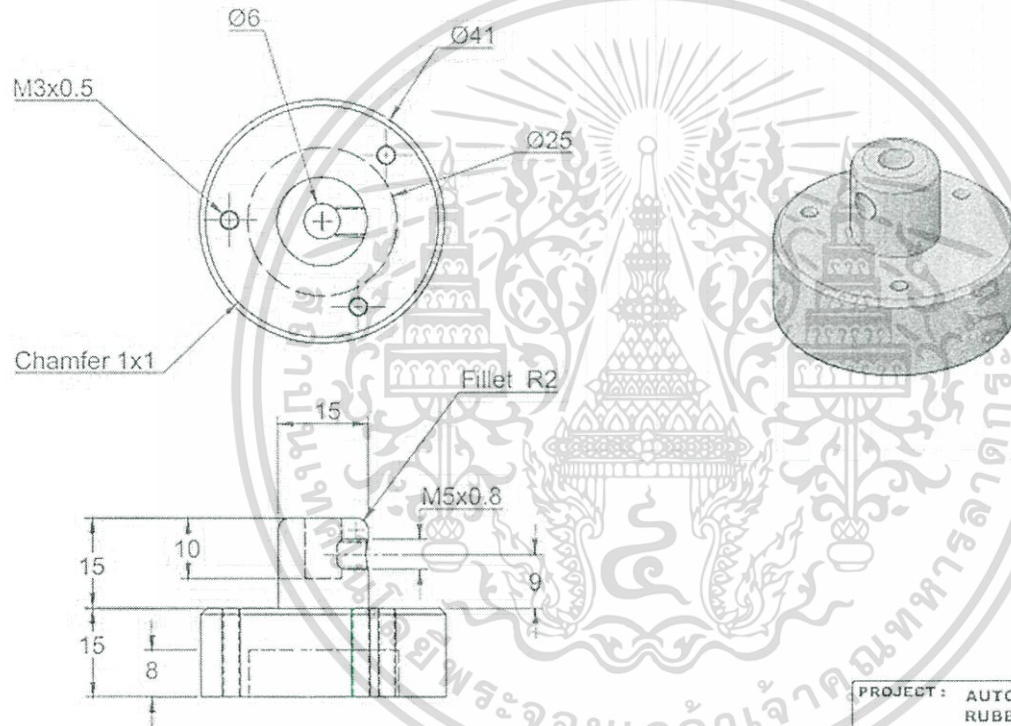




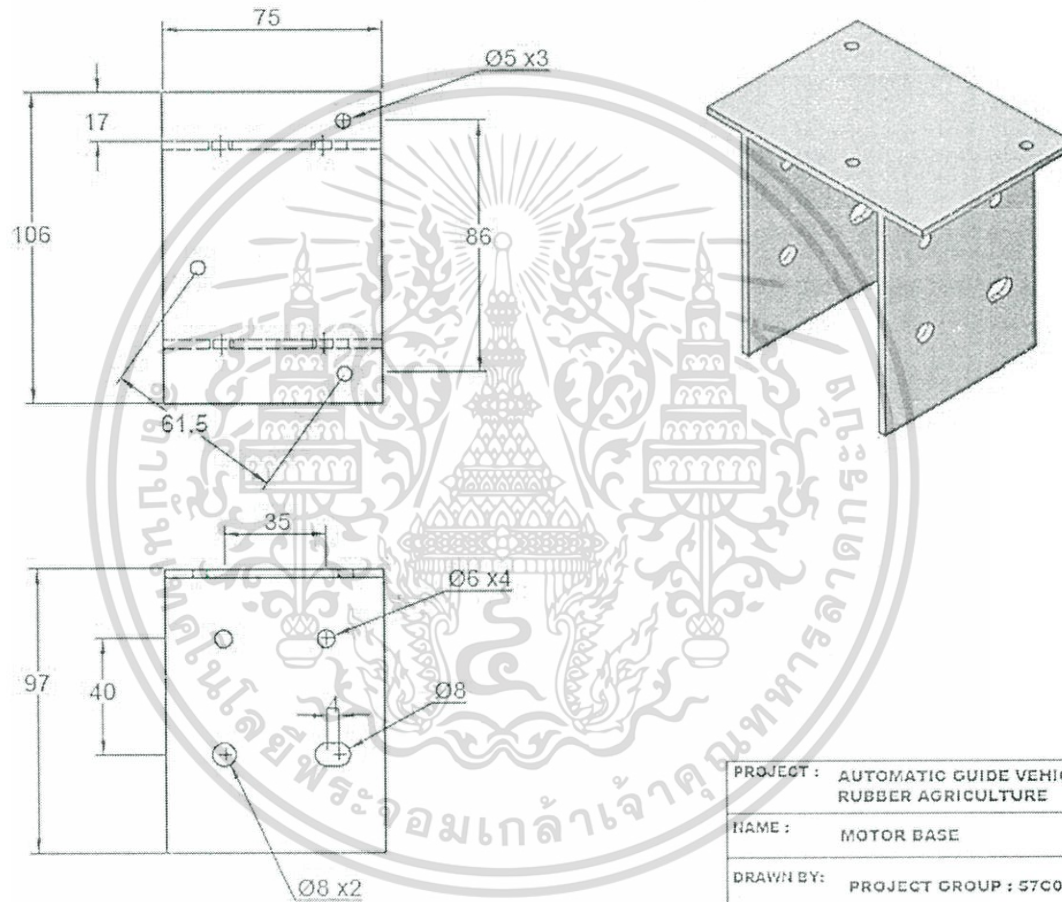
PROJECT : AUTOMATIC GUIDE VEHICLE FOR RUBBER AGRICULTURE		
NAME : TURNING BEAM		
DRAWN BY : PROJECT GROUP : 57C05		
UNIT : mm.	SCALE : 1:2.5	DATE: 22/05/15



PROJECT : AUTOMATIC GUIDE VEHICLE FOR RUBBER AGRICULTURE		
NAME : GEAR SPAN		
DRAWN BY : PROJECT GROUP : 57C05		
UNIT : mm.	SCALE : 1:1	DATE : 22/05/15



PROJECT : AUTOMATIC GUIDE VEHICLE FOR RUBBER AGRICULTURE		
NAME : POTENTIOMETER LOCKER		
DRAWN BY: PROJECT GROUP : 57C05		
UNIT : mm.	SCALE : 1:1	DATE: 22/05/15



PROJECT : AUTOMATIC GUIDE VEHICLE FOR RUBBER AGRICULTURE		
NAME : MOTOR BASE		
DRAWN BY : PROJECT GROUP : 57C05		
UNIT : mm.	SCALE : 1:2	DATE : 22/05/15