



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

รถขนส่งอัตโนมัติเพื่อการขนส่งเครื่องอัดน้ำยา
AUTOMATED GUIDED VEHICLE TRANSFER COMPRESSOR

อิทธิพัทธ์ พรประเสริฐ

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

รถขนส่งอัตโนมัติเพื่อการขนส่งเครื่องอัดน้ำยา
AUTOMATED GUIDED VEHICLE TRANSFER COMPRESSOR

อิทธิพัทธ์ พรประเสริฐ

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงการ	รถขนส่งอัตโนมัติเพื่อการขนส่งเครื่องอัดน้ำยา
นักศึกษา	นายอิทธิพัทธ์ พรประเสริฐ
ภาควิชา	วิศวกรรมการวัดและควบคุม
อาจารย์นิเทศ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์
ผู้นิเทศงาน	นายคมกฤษ ทิพย์เกษร
สถานประกอบการ	บริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด (ศรีราชา)

บทคัดย่อ

โครงการฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินโครงการ ของรถขนส่งอัตโนมัติเพื่อการขนส่งเครื่องอัดน้ำยา (Automated Guided Vehicle Transfer Compressors) ตั้งแต่ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การออกแบบ การประกอบ หลักการทำงาน รวมไปถึงการแก้ปัญหาที่พบระหว่างดำเนินการ และข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป โดยโครงการฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ในการนำเครื่องจักรอัตโนมัติมาปฏิบัติงานแทนมนุษย์ สามารถลดจำนวนพนักงานขับรถโพล์คลิฟท์จำนวน 1 คน เพื่อลดค่าใช้จ่ายในระยะยาว เพิ่มความปลอดภัยแก่พนักงานจากการเกิดอุบัติเหตุจากรถโพล์คลิฟท์ รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงของรถโพล์คลิฟท์และเพิ่มกำลังการผลิตอีกด้วย โดยรถขนส่งอัตโนมัติการออกแบบจะคำนึงถึงเงื่อนไขความปลอดภัย ทรัพยากรที่มีอยู่ การแก้ไขหรือประยุกต์ได้ง่าย ความแข็งแรงทนทานของตัวรถและค่าใช้จ่าย จึงได้เลือกใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่มาใช้งาน และใช้การควบคุมด้วยอุปกรณ์ลอจิกขับเคลื่อนแบบโปรแกรมได้ (CPLD) ต้องอาศัยความสามารถทั้งด้านการออกแบบชิ้นส่วนทางกลที่ใช้ประกอบ หลังจากโครงการนี้ดำเนินงานจนสำเร็จลุล่วงแล้วนั้น โครงการนี้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ทั้งหมดและสามารถพัฒนาต่อยอดต่อไปในอนาคตได้

คำสำคัญ : รถขนส่งอัตโนมัติเพื่อขนส่งเครื่องอัดน้ำยา, รถขนส่งอัตโนมัติ, อุปกรณ์ลอจิกขับเคลื่อนแบบโปรแกรมได้

Project Title: Automated Guided Vehicle Transfer Compressors
Student: Mr.Ittipat Ponprasert
Department: Instrumentation and Control Engineering
Advisor: Assistant Professor Dr.Noppadol Maneerat
Mentor: Mr.Komkrit Thipgesorn
Company: Thai Samsung Electronics Co., Ltd. (Sriracha)

ABSTRACT

The thesis is written to demonstrate the process of creating Automated Guided Vehicle Transfer Compressors Project from theory and research, assembly, also working instruction and additional plan in future. This project assignment is to reduce 1 forklift driver. Which benefit is to reduce long term payment (salary), increase safety due to forklift accident, reduce fuel budget and also increase the rate of production. Designing on this project mainly focus on safety use the already have resource to repair and remodel to increase machine ductieness also decrease budget of the project. This project controlled with Complex Programmable Logic Device (CPLD) despite it have to use knowledge of machine assembly. In the end the project has archieved all of the tasks and ready the improvement in the future.

Keywords : Automated Guided Vehicle Transfer Compressors, AGV, CPLD

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงการในครั้งนี้สามารถทำให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากได้รับความช่วยเหลือจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์ ที่เป็นผู้มอบโอกาสในการเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษา คอยให้คำปรึกษา การสนับสนุน และความช่วยเหลือเป็นอย่างดี ตลอดจนการตรวจสอบความถูกต้องของรายงานจนทำให้รายงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณทางบริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด (ศรีราชา) นายคมกฤษ ทิพย์เกษร และขอขอบคุณพี่ๆ ทุกคนทั้งในแผนก Facility Innovation Technology (FIT) ที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนต่างๆ เช่น การให้คำปรึกษาและให้ข้อมูลในการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดช่วงเวลาโครงการสหกิจศึกษา การช่วยหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการดำเนินการ คอยดูแลไถ่ถามความคืบหน้าของโครงการอยู่เสมอ ทำให้โครงการสามารถดำเนินไปและประสบความสำเร็จลุล่วงด้วยดีได้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ เพื่อนร่วมงานทุกท่าน ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมาจนจบโครงการ จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใดให้ถือเป็นความบกพร่องของทางคณะผู้จัดทำ และขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

อิทธิพัทธ์ พรประเสริฐ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VI
สารบัญตาราง.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 วิธีดำเนินโครงการ.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 งานวิจัยการพัฒนาระบบรถขนส่งอัตโนมัติโดยการรวมระบบการรับรู้ชั้นสูงและ เทคโนโลยีการควบคุม.....	4
2.2 งานวิจัยรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับอุตสาหกรรม.....	5
2.3 อุปกรณ์ลอจิกที่ซับซ้อนแบบโปรแกรมได้ (Complex Programmable Logic Device, CPLD)	6
2.4 ภาษาวีเอชดีแอล (VHDL Language).....	8
2.5 การควบคุมแบบสัดส่วน ปริพันธ์ อนุพันธ์ (PID Control).....	10
2.6 มอเตอร์กระแสตรง (Direct Current Motor).....	15
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ.....	18
3.1 การวางแผนการดำเนินโครงการ.....	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 การศึกษาเงื่อนไขและลักษณะการทำงานของจุดงานพิมพ์กล่อง	19
3.3 การออกแบบโครงสร้างและกลไกทางกล.....	25
3.4 แนวทางในการดำเนินงานโครงการ.....	34
บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงการ	49
4.1 ระบบโครงสร้างและกลไก.....	49
4.2 ระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ	57
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินโครงการ อุปสรรคและข้อเสนอแนะ	71
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	71
5.2 อุปสรรคและข้อเสนอแนะ.....	79
เอกสารอ้างอิง	81
ประวัติผู้เขียน.....	82

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สภาพแวดล้อมการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติในงานวิจัยการพัฒนาระบบรถขนส่งอัตโนมัติ โดยการรวมระบบการรับรู้ขั้นสูงและเทคโนโลยีการควบคุม	5
2.2 ลำดับการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติในงานวิจัยรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับอุตสาหกรรม.....	6
2.3 ขั้นตอนการออกแบบวงจรถลจิกด้วยอุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้	7
2.4 การทำงานของการควบคุมแบบสัดส่วน ปริพันธ์ อินทิเกรต.....	10
2.5 กราฟ ตำแหน่ง (Position) ต่อเวลา โดยปรับค่า K_p	11
2.6 กราฟ ตำแหน่ง (Position) ต่อเวลา โดยปรับค่า K_i	12
2.7 กราฟ ตำแหน่ง (Position) ต่อเวลา โดยปรับ K_d	13
2.8 รหัสเทียมของการควบคุมแบบสัดส่วน ปริพันธ์ อินทิเกรต (PID Control).....	14
2.9 ลักษณะเฉพาะของมอเตอร์ (Motor Characteristic).....	16
3.1 ล้อแกนเหล็กมียางหุ้ม และลูกล้ออุตสาหกรรม.....	20
3.2 มอเตอร์กระแสตรง และเกียร์ทด	20
3.3 สายพานลำเลียงประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์	20
3.4 ตัวรับรู้ตรวจจับแสงตรวจจับสิ่งกีดขวางระยะใกล้ ระยะไกล	21
3.5 ไฟสัญญาณเตือนแบบขึ้นแสดงสถานะรถขนส่งอัตโนมัติ	21
3.6 วงจรการอ่านอาร์เอฟไอดี และแผ่นข้อมูลอาร์เอฟไอดี.....	22
3.7 วงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง 3 สาย.....	23
3.8 อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก Arduino รุ่น MEGA 2560	24
3.9 อุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้ รุ่น ซีพีแอลดี แมกซ์ ไฟว์ เดเวลอปเมนต์ คิท.....	24
3.10 การใช้งานรถขนส่งอัตโนมัติภายในโรงงานการผลิต	26
3.11 ระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ.....	30
3.12 สวิตช์ปุ่มกด สวิตช์ปุ่มกดพร้อมไฟ และสวิตช์เลือกใช้	30
3.13 หลอดไฟ ไฟสัญญาณเตือนแบบหมุน และไฟสัญญาณเตือนแบบขึ้น	31
3.14 อุปกรณ์ตัวรับรู้เพื่อตรวจจับวัตถุ.....	32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15 แบบโครงสร้างรถขนส่งอัตโนมัติ	32
3.16 โรลเลอร์คอนเวเยอร์	33
3.17 เบลท์คอนเวเยอร์.....	33
3.18 หลักการการออกแบบระบบควบคุม	34
3.19 การออกแบบระบบควบคุมทางไฟฟ้า.....	35
3.20 การจัดการพลังงานไฟฟ้า.....	35
3.21 ผังงานของโปรแกรมหรือลำดับการทำงานของระบบ	36
3.22 แบบรถขนส่งอัตโนมัติ.....	37
3.23 แบบโครงสร้างฐานสำหรับการรับน้ำหนักเครื่องอัดน้ำยา ขนาด 2,000 กิโลกรัม	38
3.24 ขนาดโครงสร้างฐานสำหรับการรับน้ำหนักเครื่องอัดน้ำยา ขนาด 2,000 กิโลกรัม.....	38
3.25 ขนาดฐานรถขนส่งอัตโนมัติด้านขวา	39
3.26 ขนาดความสูงของล้อช่วยในรถขนส่งอัตโนมัติ	39
3.27 ขนาดความสูงของล้อขับในรถขนส่งอัตโนมัติ	40
3.28 คลับลูกปืนในล้อขับของรถขนส่งอัตโนมัติ	40
3.29 สปริงในล้อขับของรถขนส่งอัตโนมัติ	40
3.30 ระยะสปริงในล้อขับของรถขนส่งอัตโนมัติระยะใกล้	41
3.31 การออกแบบชิ้นส่วนเพื่อยึดสปริงขั้นตอนการเพิ่มขึ้นส่วน	41
3.32 การออกแบบชิ้นส่วนเพื่อยึดสปริงขั้นตอนการเพิ่มขึ้นส่วนที่เหลือ	41
3.33 ชิ้นส่วนชุดล้อของรถขนส่งอัตโนมัติ.....	42
3.34 การออกแบบโครงสร้างฐานพร้อมชุดล้อขับของรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับการรับน้ำหนัก เครื่องอัดน้ำยา ขนาด 2,000 กิโลกรัม.....	42
3.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับเวลา	45
4.1 แบบโครงสร้างฐานของรถขนส่งอัตโนมัติ	49
4.2 การพัฒนาโครงสร้างฐานของรถขนส่งอัตโนมัติ	49

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 โครงสร้างกลไกการขนส่งประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์เก่า	50
4.4 การพัฒนากลไกการขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์.....	50
4.5 แบบชุดล้อขับสำหรับรถขนส่งอัตโนมัติ	51
4.6 ชุดล้อขับสำหรับรถขนส่งอัตโนมัติเก่า	51
4.7 ชิ้นส่วนของชุดล้อขับสำหรับรถขนส่งอัตโนมัติเก่า	51
4.8 ชุดล้อขับสำหรับรถขนส่งอัตโนมัติ.....	52
4.9 การทดสอบกลไกขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์	52
4.10 การทดสอบโครงสร้างกลไกการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ	54
4.11 การทดลองวางระบบวงจรควบคุมและเดินสายไฟของรถขนส่งอัตโนมัติ.....	57
4.12 วงจรไอโซเลเตอร์.....	58
4.13 อุปกรณ์สำหรับการอ่านอาร์เอฟไอดี รุ่น เอฟเอสอาร์ เอชวัน.....	59
4.14 ข้อมูลรหัสคำสั่งอาร์เอฟไอดี	60
4.15 อุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นมีชุดตรวจจับการสะท้อน 8 ชุด.....	61
4.16 ผลการทดสอบอุปกรณ์สำหรับการควบคุมมอเตอร์	61
5.1 แผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อนกับกลไกขนส่งเครื่องอัดน้ำยา ประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์ กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น	72
5.2 แผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อนรถขนส่งอัตโนมัติ กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น.....	73
5.3 แผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับรัศมีความโค้งสูงสุด ที่สามารถเดินตามได้.....	75
5.4 แผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะการอ่านข้อมูลคำสั่ง.....	76
5.5 แผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะหยุด เมื่อเจอสิ่งกีดขวางระยะไกล	77

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.6 แผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับเวลาในการทำงาน ของระบบรถขนส่งอัตโนมัติ.....	78

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน.....	3
2.1 การปรับจูนค่าคงที่ด้วยวิธีซีเกลอร์-นิโคลส์	15
3.1 รูปแบบไฟสัญญาณเตือนแบบขั้นเพื่อแสดงสถานะการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ.....	24
4.1 ความสัมพันธ์ความเร็วมอเตอร์คอนเวเยอร์กับข้อมูลเคลื่อนที่เชิงเส้น เมื่อมีถาดไม้หนัก 10 กิโลกรัม.....	53
4.2 ความสัมพันธ์ความเร็วมอเตอร์คอนเวเยอร์กับข้อมูลเคลื่อนที่เชิงเส้น เมื่อมีวัตถุขนาด 90 กิโลกรัม วางบนถาดไม้หนัก 10 กิโลกรัม	53
4.3 ความสัมพันธ์ความเร็วมอเตอร์คอนเวเยอร์กับข้อมูลเคลื่อนที่เชิงเส้น เมื่อมีวัตถุขนาด 1,500 กิโลกรัม วางบนถาดไม้หนัก 10 กิโลกรัม.....	54
4.4 ความสัมพันธ์ความเร็วมอเตอร์คอนเวเยอร์กับข้อมูลเคลื่อนที่เชิงเส้น	55
4.5 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับข้อมูลเคลื่อนที่เชิงเส้น	56
4.6 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับข้อมูลเคลื่อนที่เชิงเส้น	56
4.7 ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์สำหรับการอ่านอาร์เอฟไอดี รุ่น เอฟเอสอาร์ เอชวัน	59
4.8 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับรัศมีความโค้งสูงสุดสามารถเดินตามได้	63
4.9 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะการอ่านข้อมูลคำสั่ง	64
4.10 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะหยุดเมื่อเจอสิ่งกีดขวางระยะไกล	65
4.11 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับเวลาในการทำงานของระบบรถขนส่งอัตโนมัติ.....	66
4.12 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับรัศมีความโค้งสูงสุดที่สามารถเดินตามได้	67
4.13 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะการอ่านข้อมูลคำสั่ง	68
4.14 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะหยุดเมื่อเจอสิ่งกีดขวางระยะไกล	69
4.15 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับเวลาในการทำงานของระบบรถขนส่งอัตโนมัติ.....	70
5.1 สรุปความสัมพันธ์ความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อนกับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น ประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์ กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น	72

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.2 สรุปความสัมพันธ์ความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อนรถขนส่งอัตโนมัติ กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น	73
5.3 สรุปความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับความโค้งสูงสุดสามารถเดินตามได้	75
5.4 สรุปความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะเวลาอ่านข้อมูลคำสั่ง	76
5.5 สรุปความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะหยุดเมื่อเจอสิ่งกีดขวางระยะไกล	77
5.6 สรุปความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับเวลาในการทำงานของระบบรถขนส่งอัตโนมัติ	78

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

อุตสาหกรรมการผลิตในประเทศไทยในปัจจุบัน (ปี พุทธศักราช 2560) เป็นอุตสาหกรรมเพิ่มอัตราการลงทุนของชาวต่างชาติ สร้างกำไร สร้างรายได้ให้แก่ประเทศไทย เช่น โรงงานการผลิต สาธารณูปโภค โรงงานการผลิตเครื่องใช้ โรงงานการผลิตอาหาร เป็นต้น นอกจากนี้ยังเป็นอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันสูง ทั้งอัตราการผลิตและความคุ้มค่าในการผลิต โรงงานการผลิตจึงต้องพัฒนาสายการผลิตให้มีประสิทธิภาพ รวดเร็ว ต้นทุนต่ำ เพื่อให้สายการผลิตมีประสิทธิภาพมากที่สุด ทำให้โรงงานการผลิตมีลูกจ้างอยู่ในสายการผลิตเพื่อผลิตสินค้าเป็นจำนวนมาก และแบ่งงานแต่ละส่วนในสายการผลิตให้ลูกจ้างแต่ละคนรับผิดชอบ โดยลูกจ้างต้องทำงานให้มีความแม่นยำ และรวดเร็ว เพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายของอัตราการผลิตในแต่ละวัน โดยงานในสายการผลิตบางงานไม่เหมาะที่จะใช้แรงงานมนุษย์ เช่น งานขนส่งสินค้าระหว่างสายการผลิต งานใส่สกรูยึดประกอบสินค้า

เนื่องจากเป็นงานในสายการผลิต เป็นงานที่เสี่ยงต่อความปลอดภัยของพนักงาน ขั้นตอนการทำงานเหมือนเดิม ส่งผลเสียให้แก่พนักงานรวมถึงประสิทธิภาพการผลิตลดลง ดังนั้นปัจจุบันจึงเป็นยุคสำหรับการพัฒนาประเทศให้เข้าไปสู่ยุคของหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ ซึ่งเป็นยุคเครื่องจักรติดต่อกันพัฒนาสายการผลิตในโรงงานเป็นระบบอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทั้งในด้านเวลาการผลิต คุณภาพการผลิตและต้นทุนการผลิต

บริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด (ศรีราชา) เป็นผู้ผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน เช่น เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น เตารอบ เครื่องซักผ้า เป็นต้น ซึ่งมีจำนวนพนักงานในสายการผลิตจำนวนมาก และทางบริษัทต้องการพัฒนาสายการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงนำระบบอัตโนมัติ และหุ่นยนต์มาปฏิบัติงานแทนพนักงาน โดยปัจจุบันรถขนส่งอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle, AGV) ของบริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด (ศรีราชา) เป็นรถขนส่งอัตโนมัติของบริษัท ซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ ประเทศเกาหลีพัฒนาขึ้นมา โดยบริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด (ศรีราชา) เป็นผู้ประกอบรถขนส่งอัตโนมัติ ดังนั้นบริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด ต้องการพัฒนารถขนส่งอัตโนมัติ ให้เหมาะสมกับการทำงานในสายการผลิตของบริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด (ศรีราชา) เพื่อประหยัดต้นทุนและเวลาในการผลิตรถขนส่งอัตโนมัติ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. พัฒนาระบบรถขนส่งอัตโนมัติเพื่อใช้งานภายในโรงงานการผลิตของบริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด (ศรีราชา) และการพัฒนาระบบรถขนส่งอัตโนมัติในอนาคต
2. พัฒนารถขนส่งอัตโนมัติสำหรับการขนส่งเครื่องอัดน้ำยา ในโรงงานผลิตตู้เย็นของบริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด (ศรีราชา) โดยรถขนส่งอัตโนมัติสามารถรับน้ำหนัก 2,000 กิโลกรัม มีขนาดความกว้าง ความยาว และความสูงไม่เกิน 1.5 เมตร
3. เพิ่มความปลอดภัยในสายการผลิต
4. เพิ่มอัตราผลผลิตให้มากขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ระบบรถขนส่งอัตโนมัติ ง่ายต่อการพัฒนาในอนาคต
2. ระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติสามารถเปลี่ยนได้ เพื่อง่ายต่อการพัฒนาในอนาคต
3. รถขนส่งอัตโนมัติสามารถวิ่งตามเส้น อ่านคำสั่งการทำงานโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency Identification, RFID) และสื่อสารกัน เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานจริงในโรงงาน
4. รถขนส่งอัตโนมัติสามารถขนส่งเครื่องอัดน้ำยาในโรงงานการผลิตตู้เย็นได้

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ในการดำเนินโครงการครั้งนี้ใช้ระบบการควบคุม อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก (Arduino Mega 2560 Controller) และอุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้ (Complex Programmable Logic Device, CPLD) ในการพัฒนา
2. การเลือกใช้อุปกรณ์ในการพัฒนารถขนส่งอัตโนมัติมาจากทางผู้วิจัย โดยผู้วิจัยคำนึงถึง ต้นทุนการผลิต ความง่ายในการพัฒนา และการนำไปใช้งานจริงได้เป็นหลัก

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยการพัฒนากระบวนการขนส่งอัตโนมัติโดยการรวมระบบการรับรู้ขั้นสูงและเทคโนโลยีการควบคุม

งานวิจัยการพัฒนากระบวนการขนส่งอัตโนมัติ โดยการรวมระบบการรับรู้ขั้นสูงและเทคโนโลยีการควบคุม เป็นงานวิจัยศึกษาการรวมระบบการรับรู้ขั้นสูงเข้ากับเทคโนโลยีการควบคุม โดยนำเอาเทคโนโลยีนำทางอัตโนมัติ (Plug-and-Navigate Robots, PAN-Robots) เพื่อพัฒนาให้ระบบนำทางของรถขนส่งอัตโนมัติสามารถทำงานร่วมกับมนุษย์ เครื่องจักร และรถขนส่งอัตโนมัติด้วย [1]

ในการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติมีความแม่นยำ โดยสามารถระบุสถานะและตำแหน่งปัจจุบันในการทำงานของรถได้ การทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติภายในโรงงาน มีการทำงานร่วมกับคน เครื่องจักร ทำให้การวางแผนเส้นทาง หรือลำดับการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติมีความสำคัญ เมื่อมีเส้นทาง ลำดับการทำงานมีประสิทธิภาพ ช่วยลดการคำนวณในการจัดการการทำงานร่วมกัน ลดโอกาสเส้นทางการทำงานทับซ้อนกัน หรือการหยุดรอเพื่อทำงาน โดยในบริเวณมีสภาพแวดล้อมการทำงานมีจำนวนคน เครื่องจักรหรือรถขนส่งอัตโนมัติทำงานร่วมกันเป็นจำนวนมาก กำหนดให้รถขนส่งอัตโนมัติมีความเร็วในการเคลื่อนที่ลดลง เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ หรือการเกิดข้อผิดพลาดในการทำงาน [1]

เนื่องจากรถขนส่งอัตโนมัติ เครื่องจักรและหุ่นยนต์ ต้องใช้พื้นที่ทำงานร่วมกัน เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน ระบบรับรู้ของรถขนส่งอัตโนมัติจึงต้องมีประสิทธิภาพสูง ระบบรับรู้สามารถนำเสนอแผนการเดินทางปลอดภัยให้แก่รถขนส่งอัตโนมัติ เมื่อพบสิ่งกีดขวางตรวจสอบความหนาแน่นของผู้ร่วมงานในพื้นที่การทำงาน เพื่อลดความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถขนส่งอัตโนมัติ โดยในระบบรับรู้ของรถขนส่งอัตโนมัติประกอบด้วย เลเซอร์สแกนเนอร์ (Laser Scanner) ติดตั้งรอบรถขนส่งอัตโนมัติ และกล้อง โดยเพื่อให้รถขนส่งอัตโนมัติรับรู้สถานการณ์รอบตัวได้ 360 องศา แต่ในความเป็นจริงรถขนส่งอัตโนมัติไม่สามารถรับรู้สถานการณ์โดยรวมของสภาพแวดล้อมได้หมด จึงมีการติดกระจกนูนตามหัวมุม หรือแยกเพื่อให้แรงงานมนุษย์สามารถมองเห็นด้วยเหมือนกัน โดยงานวิจัยข้างต้นมีสภาพแวดล้อม ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สภาพแวดล้อมการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติในงานวิจัยการพัฒนาระบบรถขนส่งอัตโนมัติ โดยการรวมระบบการรับรู้ขั้นสูงและเทคโนโลยีการควบคุม
[ที่มา : <https://ieeexplore.ieee.org>]

2.2 งานวิจัยรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับอุตสาหกรรม

ปัจจุบันรถขนส่งอัตโนมัติ ถูกนำมาใช้ในงานขนส่งวัสดุอุปกรณ์การผลิตมีน้ำหนักมากภายในโรงงานการผลิต การกำหนดเส้นทางรถขนส่งอัตโนมัติใช้เส้นประเภทแม่เหล็ก หรือเส้นสี โดยเส้นประเภทแม่เหล็กสามารถฝังลงไปในพื้นที่ได้ มีความคงทนแต่ไม่สามารถเปลี่ยนเส้นทางการเดินของรถขนส่งอัตโนมัติได้ ส่วนเส้นสีต้องแปะบนพื้นภายในโรงงานการผลิต สามารถสร้างความสกปรก ไม่คงทน แต่สามารถเปลี่ยนเส้นทางการเดินของรถขนส่งอัตโนมัติได้ [2]

ผู้ผลิตในปัจจุบันต้องการพัฒนาประสิทธิภาพสายการผลิต ลดต้นทุนการผลิตของแรงงานมนุษย์ และลดเวลาในการผลิต ทำให้เกิดการนำหุ่นยนต์ เครื่องจักร ระบบอัตโนมัติมาทำงานแทนแรงงานมนุษย์ ดังนั้นในงานขนส่งภายในสายการผลิตจึงนิยมใช้รถขนส่งอัตโนมัติ ซึ่งในสภาพแวดล้อมการทำงานรถขนส่งอัตโนมัติต้องทำงานร่วมกับมนุษย์ หรือเครื่องจักร ทำให้ระบบรถขนส่งอัตโนมัติต้องมีระบบความปลอดภัย โดยตรวจจับสิ่งกีดขวางในเส้นทางการทำงาน [2]

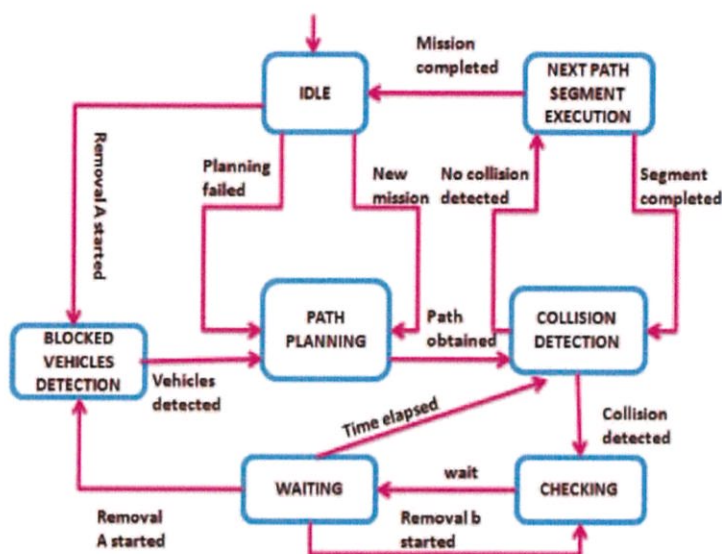
ระบบการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติประกอบด้วย [2]

1. ตัวควบคุมขนาดเล็ก Arduino Board
2. ไอซี แอลสองเก้าสามดี (L293D) ควบคุมการทำงานของมอเตอร์
3. วงจรอีพรอม (EEPROM) โมดูลในการเก็บข้อมูล

4. วงจรบลูทูธ หรือ ไวไฟ (Bluetooth/Wi-Fi Module) ในการรับส่งข้อมูลใช้สำหรับงานประมวลผลจากเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ระหว่างรถขนส่งอัตโนมัติกับเซิร์ฟเวอร์

5. ตัวรับรู้ประเภทอัลตราโซนิก (Ultrasonic) ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง

ขั้นตอนการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติมีขั้นตอน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ลำดับการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติในงานวิจัยรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับอุตสาหกรรม

[ที่มา : <https://ieeexplore.ieee.org>]

2.3 อุปกรณ์ลอจิกที่ซับซ้อนแบบโปรแกรมได้ (Complex Programmable Logic Device, CPLD)

อุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้เป็นวงจรรวม หรือไอซี (Integrated Circuit, IC) สามารถโปรแกรมได้โดยผู้ใช้งานภายในประกอบด้วยชุดลำดับการแอนด์ (AND Array) และชุดลำดับการออร์ (OR Array) ชุดลำดับทั้งสองชุดหรือชุดใดชุดหนึ่งสามารถโปรแกรมให้เป็นไปตามต้องการได้โดยป้อนสัญญาณขาเข้าออกชุดลำดับการแอนด์ เพื่อทำเป็นฟังก์ชันการแอนด์ หลังจากนั้นสัญญาณถูกส่งเข้าชุดลำดับการออร์ ดังนั้นการทำงานของวงจรถึงอยู่ในรูปผลรวมของผลคูณ (Sum of Product) โดยแต่ละอุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้ จะมีลักษณะจำนวนชุดลำดับและกลุ่มวงจรมงจรสำหรับสัญญาณขาออก เรียกว่า มาโครเซลล์ (Macrocell) แตกต่างกัน ซึ่งในแต่ละมาโครเซลล์ก็ประกอบด้วยวงจรถ (Gate) และวงจรถลิปฟลอป (Flipflop) [5]

2.4 ภาษาวีเอชดีแอล (VHDL Language)

ภาษาวีเอชดีแอล (VHSIC Hardware Description Language, VHDL) เป็นภาษาบรรยายฮาร์ดแวร์ มีการทำงานแบบขนาน (Concurrent) โดยไม่มีความสำคัญของตำแหน่งแต่ละบรรทัด และ ไม่มีความแตกต่างระหว่างอักษรพิมพ์เล็ก กับอักษรพิมพ์ใหญ่ (Case Insensitive) [6]

ภาษาวีเอชดีแอล เป็นภาษาบรรยายฮาร์ดแวร์หลายระดับ โดยเริ่มตั้งแต่การอธิบายการทำงานของวงจร การทำงานของลอจิกเกต (Logic Gate) หรือระดับทรานซิสเตอร์ (Transistor) โดยมีองค์ประกอบของภาษาวีเอชดีแอล หรือหน่วยการออกแบบของภาษาวีเอชดีแอล ดังนี้ [6]

2.4.1 เอนทิตี (Entity)

หน่วยการออกแบบพื้นฐานในภาษาวีเอชดีแอล เป็นหน่วยการออกแบบใช้ในการประกาศพอร์ตเพื่อติดต่อระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับวงจรในโปรแกรม รวมถึงการส่งค่าพารามิเตอร์ระหว่างวงจรถับอุปกรณ์ภายนอก

ประเภทของพอร์ตสามารถประกาศใช้ใน Entity มี 4 ประเภท ดังนี้

1. สัญญาณขาเข้า (Input)

สัญญาณขาเข้า เป็นพอร์ตทิศทางเดียวนำค่าสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอก เข้ามาใช้ในวงจร สามารถนำมาป้อนให้กับสัญญาณอื่นหรืออ่านค่าได้ แต่ไม่สามารถถูกเขียนจากภายในวงจรได้

2. สัญญาณขาออก (Output) เป็นพอร์ตทิศทางเดียวนำค่าสัญญาณจากวงจรส่งออกไปยังอุปกรณ์ภายนอก สามารถเขียนจากภายในวงจรได้ แต่ไม่สามารถอ่านจากภายในวงจรได้

3. สัญญาณสองทาง (Bidirectional) เป็นพอร์ตสองทิศทาง สามารถถูกเขียนและถูกอ่านจากภายในวงจรได้

4. สัญญาณบัฟเฟอร์ (Buffer) เป็นสัญญาณสามารถอ่านค่ากลับ (Feedback) เข้าภายในวงจรได้

2.4.2 หน่วยการออกแบบพื้นฐานในภาษาวีเอชดีแอล (Architecture)

หน่วยการออกแบบพื้นฐานในภาษาวีเอชดีแอล ใช้บรรยายพฤติกรรมการทำงานของวงจรที่ต้องการออกแบบ โดยหน่วยการออกแบบพื้นฐานในภาษาวีเอชดีแอล สามารถเขียนในรูปแบบโมเดลได้หลายรูปแบบ ดังต่อไปนี้

1. การอธิบายพฤติกรรม (Behavioral Style หรือ Algorithm Descriptions) เป็นการอธิบายพฤติกรรมการทำงานของวงจร หรือแบบอัลกอริทึม
2. การไหลของข้อมูล (Data Flow Style หรือ RTL Descriptions) เป็นการบรรยายลึกลงไปในส่วนรายละเอียดของวงจร และการไหลข้อมูลเข้าออกในแต่ละบล็อกของวงจร
3. การทำงานระดับโครงสร้าง (Structural Style หรือ Netlist Descriptions) เป็นการบรรยายลึกลงไปในระดับลอจิกเกต ฟลิปฟลอปภายในวงจร

2.4.3 การประกาศคอมโพเนนต์ (Component Declaration)

การประกาศคอมโพเนนต์คือ การสร้างคอมโพเนนต์สำหรับการนำมาเชื่อมต่อกันภายในวงจรส่วนบนสุด (Top Model) ซึ่งเป็นเขียนในลักษณะลำดับชั้น (Hierarchy) โดยออกแบบคอมโพเนนต์ประกาศคอมโพเนนต์ และการเรียกใช้งานคอมโพเนนต์

2.4.4 ออบเจกต์ในภาษาวีเอชดีแอล (VHDL Object)

ออบเจกต์ในภาษาวีเอชดีแอล มี 3 ประเภท คือ

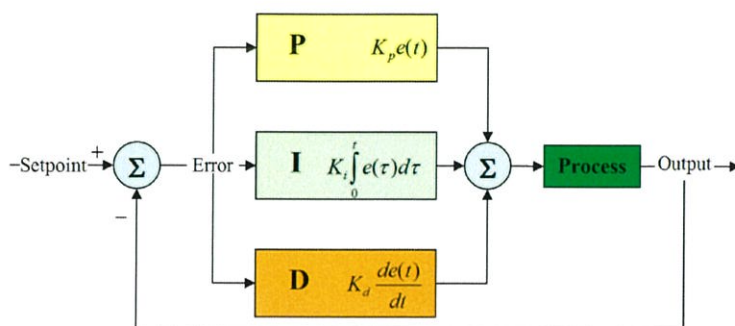
1. **ค่าคงที่ (Constant)** เป็นออบเจกต์กำหนดค่าเริ่มต้นให้แล้ว โดยที่ค่านั้นไว้ตลอดไม่สามารถดัดแปลงได้ หรือไม่สามารถแก้ไขได้ สามารถประกาศใช้ได้ในส่วนประกาศของโมเดล โดยมีรูปแบบการใช้งานต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับว่าประกาศไว้ใด

2. **สัญญาณ (Signal)** เป็นออบเจกต์สามารถกำหนดค่าสัมพันธ์กับเวลานั้น โดยออบเจกต์ประเภทสัญญาณสามารถรับค่าได้เพียงค่าเดียวในเวลาหนึ่งเท่านั้น ซึ่งมีหน้าที่ส่งผ่านข้อมูลต่างๆ เพื่อกำหนดพฤติกรรมการทำงานของวงจรและออบเจกต์ประเภทสัญญาณ ถูกประกาศไว้บริเวณเดียวกับค่าคงที่

3. **ตัวแปร (Variable)** เป็นออบเจกต์กำหนดค่าและเปลี่ยนแปลงค่าได้ตลอดเวลา โดยการทำงานแต่เก็บค่าเพียงค่าเดียวในขณะหนึ่ง โดยคุณสมบัติของตัวแปรแตกต่างจากสัญญาณตรงสามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ทันทีที่กำหนดค่า

2.5 การควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ (PID Control)

การควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ (PID Control) เป็นส่วนหนึ่งของการควบคุมในระบบวงปิด หรือระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Closed-loop Control Systems/Feedback Control Systems) มีขั้นตอนการทำงาน ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การทำงานของการควบคุมแบบสัดส่วน ปริพันธ์ อนุพันธ์

[ที่มา : <https://www.researchgate.net>]

ค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณหาผลลัพธ์เป็นค่าความผิดพลาด หามาจากความแตกต่างของตัวแปรในกระบวนการ โดยตัวควบคุมในการควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ ลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุด ด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการ และค่าตัวแปรของการควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ ปรับเปลี่ยนไปตามธรรมชาติของระบบ [8]

วิธีคำนวณของการควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ ขึ้นอยู่กับ ค่าสัดส่วน-ค่าปริพันธ์ และค่าอนุพันธ์ โดยค่าสัดส่วนกำหนดจากผลความผิดพลาดในปัจจุบัน ค่าปริพันธ์กำหนดจากผลรวมความผิดพลาดทั้งหมด โดยค่าอนุพันธ์กำหนดจากอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความผิดพลาด [3]

$$MV(t) = P_{out} + I_{out} + D_{out} \quad (2.1)$$

เมื่อ P_{out} , I_{out} และ D_{out} เป็นผลของสัญญาณขาออกจากระบบควบคุมแบบสัดส่วน ปริพันธ์-อนุพันธ์ (PID Control)

การปรับค่าคงที่ในการควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ หรือตัวควบคุม สามารถปรับรูปแบบการควบคุมให้เหมาะกับกระบวนการ การตอบสนองของตัวควบคุมอยู่ในรูปการเคลื่อนที่ของตัวควบคุม ค่าผิดพลาด ค่าโอเวอร์ชูต (Overshoots) ค่าแกว่งของระบบ (Oscillation) [3]

2.5.1 ส่วนการควบคุมในการควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ [3]

1. การควบคุมแบบสัดส่วน (Proportional Control Action, P-Action)

การควบคุมแบบสัดส่วน หรืออัตราขยาย (Proportional Control Action, P-Action) เป็นการเปลี่ยนแปลงตามค่าสัดส่วนของค่าความผิดพลาด โดยการตอบสนองของการควบคุมแบบสัดส่วนเกิดจากการคูณค่าความผิดพลาดด้วยค่าคงที่ หรืออัตราส่วนขยายสัดส่วน

$$P_{out} = K_p e(t) \quad (2.2)$$

เมื่อ P_{out} คือ สัญญาณขาออกของการควบคุมแบบสัดส่วน

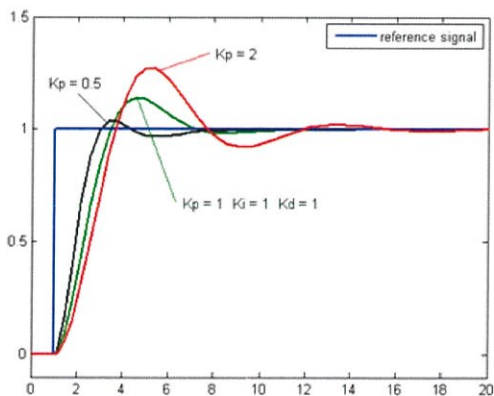
K_p คือ อัตราการขยายสัดส่วนสามารถปรับค่าได้

e คือ ค่าความผิดพลาด

(ค่าต้องการ (Set Point)–ค่าจริง (Actual Position))

t คือ เวลา

ค่าอัตราการขยายสัดส่วนมากส่งผลให้ค่าความผิดพลาดมีการเปลี่ยนแปลงมาก ซึ่งส่งผลให้ระบบไม่เสถียร แต่ถ้าค่าอัตราการขยายสัดส่วนน้อย ระบบควบคุมตอบสนองต่อกระบวนการน้อยตามไปด้วย ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 กราฟตำแหน่ง (Position) ต่อเวลา โดยปรับค่า K_p

[ที่มา : <https://www.researchgate.net>]

2. การควบคุมแบบปริพันธ์ (Integral Control Action, I-Action) [3]

ผลของการควบคุมแบบปริพันธ์ (Integral Control Action, I-Action) เป็นสัดส่วนของขนาดความผิดพลาดและระยะเวลาของความผิดพลาด ผลรวมความผิดพลาดในทุกช่วงเวลา หรือปริพันธ์ของความผิดพลาด ให้ค่าออฟเซต (Offset) สะสมควรเป็นในก่อนหน้า โดยความผิดพลาดสะสมถูกคูณโดยอัตราขยายปริพันธ์ และขนาดของผลการควบคุมแบบปริพันธ์ กำหนดโดยอัตราขยายปริพันธ์

$$I_{out} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (2.3)$$

เมื่อ I_{out} คือ สัญญาณขาออกของการควบคุมแบบปริพันธ์

(Integral Control Action, I-Action)

K_i คือ อัตราขยายปริพันธ์สามารถปรับค่าได้

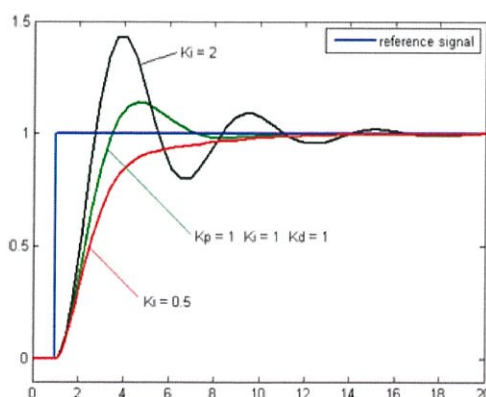
e คือ ค่าความผิดพลาด

(ค่าต้องการ (Set Point)-ค่าจริง (Actual Position))

t คือ เวลา

τ คือ ตัวแปรปริพันธ์

การควบคุมแบบปริพันธ์ เมื่อรวมกับการควบคุมแบบสัดส่วนเร่งกระบวนการ ให้เข้าสู่จุดต้องการและลดความผิดพลาด แต่ผลของการควบคุมแบบปริพันธ์เป็นการตอบสนองความผิดพลาดสะสมก่อนหน้า จึงสามารถส่งผลให้เกิดโอเวอร์ชูต (Overshoot) หรือสถานการณ์การตอบสนองของระบบข้ามจุดต้องการและเกิดการตอบสนองหันเหไปทิศทางอื่น ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 กราฟตำแหน่ง (Position) ต่อเวลา โดยปรับค่า K_i

[ที่มา : <https://www.researchgate.net>]

3. การควบคุมแบบอนุพันธ์ (Derivative Control Action, D-Action) [3]

การควบคุมแบบอนุพันธ์ (Derivative Control Action, D-Action) เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาดที่เกิดจากกระบวนการ โดยการคำนวณหาจากค่าความชันของความผิดพลาด ณ เวลาใดๆ และคูณด้วยอัตราขยายอนุพันธ์โดยผลของการควบคุมแบบอนุพันธ์ ขึ้นกับอัตราการขยายอนุพันธ์

$$D_{out} = K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (2.4)$$

เมื่อ D_{out} คือ สัญญาณขาออกของการควบคุมแบบอนุพันธ์

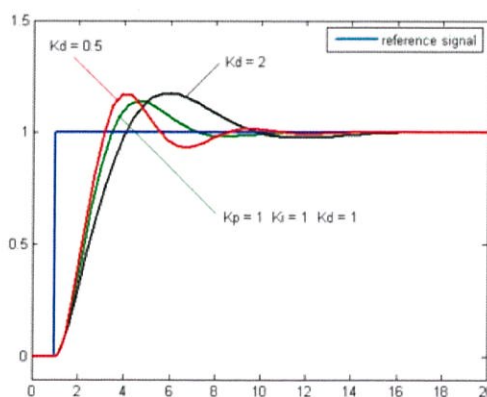
K_d คือ อัตราการขยายอนุพันธ์สามารถปรับค่าได้

e คือ ค่าความผิดพลาด

(ค่าต้องการ (Set Point)–ค่าจริง (Actual Position))

t คือ เวลา

การควบคุมแบบอนุพันธ์ เป็นการลดอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณขาออกของระบบควบคุม เพื่อให้ระบบควบคุมเข้าสู่จุดต้องการ ดังนั้นการควบคุมแบบอนุพันธ์จึงเป็นการควบคุมลดการเกิดโอเวอร์ชูต หรือสถานการณ์การตอบสนองของระบบข้ามจุดต้องการและเกิดการตอบสนองหันเหไปทิศทางอื่น เกิดจากการควบคุมแบบปริพันธ์ ส่งผลให้ระบบเสถียรภาพมากขึ้น แต่ถ้าอัตราการขยายอนุพันธ์มาก ทำให้ระบบควบคุมไวต่อสัญญาณรบกวน และส่งผลให้ระบบไม่เสถียรได้



รูปที่ 2.7 กราฟตำแหน่ง (Position) ต่อเวลา โดยปรับ K_d

[ที่มา : <https://www.researchgate.net>]

2.5.2 รหัสเทียมของการควบคุมแบบสัดส่วน ปริพันธ์ อนุพันธ์ [3]

รหัสเทียม (Pseudocode) ของขั้นตอนวิธีระบบควบคุมพีไอดี โดยอยู่บนสมมติฐานว่าตัวประมวลผลแบบขนานอย่างสมบูรณ์แบบ ดังรูปที่ 2.8

```

previous_error = setpoint -
actual_position
integral = 0
start:
    error = setpoint -
actual_position
    integral = integral + (error*dt)
    derivative = (error -
previous_error)/dt
    output = (Kp*error) +
(Ki*integral) + (Kd*derivative)
    previous_error = error
    wait(dt)
    goto start

```

รูปที่ 2.8 รหัสเทียมของการควบคุมแบบสัดส่วน ปริพันธ์ อนุพันธ์

[ที่มา : <https://www.cds.caltech.edu>]

2.5.3 การปรับจูนค่าคงที่ในการควบคุมแบบสัดส่วน ปริพันธ์ อนุพันธ์ [3]

1. การปรับจูนค่าคงที่ด้วยมือ

(1) ตั้งค่าอัตราการขยายปริพันธ์และอัตราการขยายอนุพันธ์เป็นศูนย์ เพื่อเพิ่มค่าอัตราการขยายสัดส่วนจนกระทั่งมีสัญญาณขาออกเกิดการแกว่ง (Oscillate)

(2) ตั้งค่าอัตราการขยายสัดส่วนให้เหลือครึ่งหนึ่งของค่าทำให้เกิดการแกว่ง

(3) เพิ่มอัตราการขยายปริพันธ์ จนกระทั่งได้ออฟเซต (Offset) ที่ถูกต้องภายในเวลาที่ต้องการ แต่ถ้าอัตราการขยายปริพันธ์มากทำให้ระบบไม่เสถียร

(4) เพิ่มค่าอัตราการขยายอนุพันธ์จนกระทั่งลูบอยู่ในระดับยอมรับได้ แต่ถ้าอัตราการขยายอนุพันธ์มากเกินไปเกิดการโอเวอร์ชูต

ปกติการปรับจูนค่าคงที่ ควรให้เกิดโอเวอร์ชูตเล็กน้อยช่วยให้เข้าสู่จุดต้องการเร็วขึ้น แต่ในบางระบบไม่สามารถยอมให้เกิดโอเวอร์ชูตได้ และถ้าค่าอัตราการขยายสัดส่วนน้อยทำให้เกิดการแกว่ง

2. การปรับจูนค่าคงที่ด้วยวิธีซีเกลอร์-นิโคลส์ (Ziegler–Nichols)

- (1) ตั้งค่าอัตราการขยายปริพันธ์และค่าอัตราการขยายอนุพันธ์เป็นศูนย์ ปรับเพิ่มค่าอัตราการขยายสัดส่วนสูงสุดจนกระทั่งสัญญาณขาออกเกิดการแกว่ง
- (2) นำค่าอัตราการขยายสัดส่วนสูงสุดและค่าช่วงการแกว่งมาหาค่าตัวแปรที่เหลือดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การปรับจูนค่าคงที่ด้วยวิธีซีเกลอร์-นิโคลส์

Control Type	K_p	K_i	K_d
P	$0.50K_u$	-	-
PI	$0.45K_u$	$1.2K_p/P_u$	-
PID	$0.60K_u$	$2K_p/P_u$	$K_p P_u / 8$

2.6 มอเตอร์กระแสตรง (Direct Current Motor)

มอเตอร์กระแสตรง (Direct Current Motor, DC Motor) เป็นชื่อเรียก เครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงมาเป็นพลังงานทางกล [4]

แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าและแรงดันให้แก่มอเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์ทำงานซึ่งแรงดันมอเตอร์ได้รับส่งผลต่อทอร์ก (Torque) และกระแสมอเตอร์ได้รับส่งผลต่อความเร็วเชิงมุมในการหมุน เมื่อพิจารณาเชิงกำลังได้กำลังทางไฟฟ้าและกำลังทางกล ดังนี้ [4]

$$\text{กำลังทางไฟฟ้า (P)} = \text{ความต่างศักย์ (V)} \times \text{กระแสไฟฟ้า (I)}$$

$$\text{กำลังทางกล (P)} = \text{ทอร์ก (\tau)} \times \text{ความเร็วรอบของมอเตอร์ (\omega)}$$

แหล่งจ่ายไฟฟ้าถ่ายทอดกำลังทางไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ มอเตอร์จะเปลี่ยนกำลังทางไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยในการเปลี่ยนรูปพลังงานจะมีการสูญเสียกำลังไปตามประสิทธิภาพของมอเตอร์ (Efficiency) ซึ่งได้ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังทางไฟฟ้าและกำลังทางกลของมอเตอร์ ดังนี้ [4]

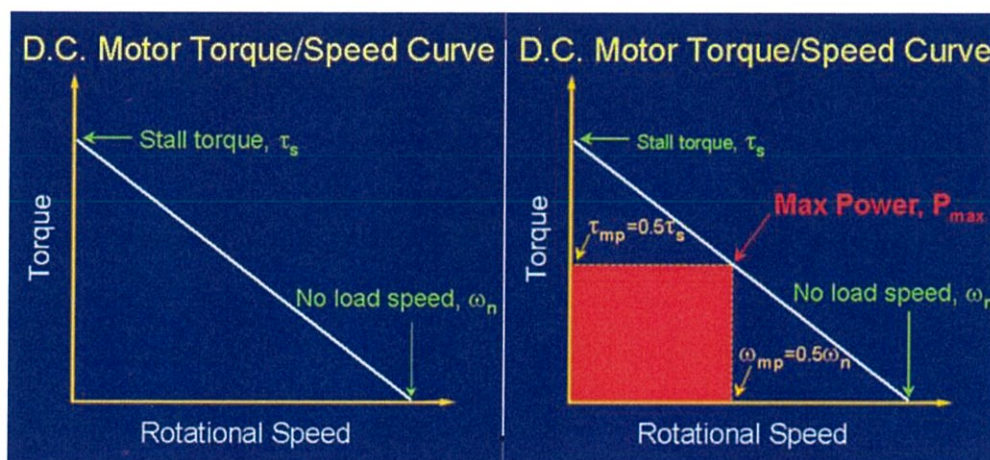
$$P = IV = \text{eff} \times \tau \times \omega \quad (2.5)$$

- เมื่อ P คือ กำลัง (Power)
- I คือ กระแสไฟฟ้ามอเตอร์ที่ได้รับ (Current) หน่วยแอมแปร์ (Ampere, A)
- V คือ แรงดันไฟฟ้ามอเตอร์ที่ได้รับ (Voltage) หน่วยโวลต์ (Volt, V)
- eff คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์ (Efficiency)
- τ คือ แรงบิดของมอเตอร์ (Torque) หน่วยนิวตัน-เมตร (Nm)
- ω คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์หรืออัตราเร็วเชิงมุมของมอเตอร์ หน่วยรอบต่อนาที (rpm)

ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและความเร็วเชิงมุม

$$P = \tau \times \omega \quad (2.6)$$

พบว่าทอร์กปฏิกิริยาคงกับอัตราเร็วเชิงมุม หมายความว่า ถ้าทอร์กมากอัตราเร็วเชิงมุมจะมีค่าน้อย ถ้าทอร์กน้อยอัตราเร็วเชิงมุมจะมีค่ามาก ทำให้นำลักษณะเฉพาะของมอเตอร์ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและความเร็วเชิงมุม มาพิจารณาหาทอร์กสูงสุด ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ลักษณะเฉพาะของมอเตอร์ (Motor Characteristic)

[ที่มา : <http://lancet.mit.edu>]

หาค่าตัวแปรต่างๆ จากสมการดังต่อไปนี้

$$\tau_{motor} = \tau_s - \omega\tau_s/\omega_n \quad (2.7)$$

$$\omega_{motor} = (\tau_s - \tau)\omega_n/\tau_s \quad (2.8)$$

$$P_{max} = \text{พื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและความเร็วเชิงมุม} \\ = 0.5\tau_s \times 0.5\omega_n$$

เมื่อ	τ_{motor}	คือ แรงบิดของมอเตอร์ (Torque) หน่วยนิวตัน-เมตร
	τ_s	คือ แรงบิดสูงสุดของมอเตอร์ (Stall Torque) หน่วยนิวตัน-เมตร
	ω	คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ หรืออัตราเร็วเชิงมุมของมอเตอร์ หน่วยรอบต่อนาที (rpm)
	ω_n	คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ หรืออัตราเร็วเชิงมุมของมอเตอร์ เมื่อไม่มีแรงต้านหน่วยรอบต่อนาที (rpm)
	ω_{motor}	คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ หรืออัตราเร็วเชิงมุมของมอเตอร์ที่ต้องการวัดหน่วยรอบต่อนาที (rpm)
	τ	คือ แรงบิดของมอเตอร์ที่วัดได้หน่วยนิวตัน-เมตร

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

โครงการนี้ดำเนินการเพื่อพัฒนาระบบรถขนส่งอัตโนมัติ และสร้างรถขนส่งอัตโนมัติใช้สำหรับบรรทุกเครื่องอัดน้ำยาที่มีน้ำหนัก 2,000 กิโลกรัม ภายในโรงงานการผลิตตู้เย็นซึ่งในโครงการนี้ประกอบด้วยการออกแบบโครงสร้างของรถขนส่งอัตโนมัติเพื่อรองรับน้ำหนักเครื่องอัดน้ำยา และการออกแบบระบบควบคุมโดยใช้หลักการทางอิเล็กทรอนิกส์ หลักการเขียนโปรแกรม

3.1 การวางแผนการดำเนินโครงการ

ในการดำเนินโครงการได้จัดทำตารางแผนการดำเนินงานที่ละเอียดและละเอียด เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจปฏิบัติงาน โดยมีการเรียงลำดับ ดังต่อไปนี้

1. รวบรวมข้อมูลของรถขนส่งอัตโนมัติ
2. ศึกษาระบบต่างๆ ของรถขนส่งอัตโนมัติ
3. ออกแบบลำดับการทำงานของโปรแกรมควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ
4. ออกแบบโครงสร้างทางกลของรถขนส่งอัตโนมัติ
5. วิเคราะห์แบบโครงสร้างทางกลของรถขนส่งอัตโนมัติ
6. ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ของรถขนส่งอัตโนมัติ โดยใช้อุปกรณ์ควบคุม Arduino
7. ทดสอบระบบการทำงาน โดยใช้อุปกรณ์ควบคุม Arduino
8. จัดทำรายการสั่งซื้อและศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ลอจิกซับซ็อนแบบโปรแกรมได้
9. ออกแบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ
10. ทดสอบระบบกลไกและโครงสร้างรถขนส่งอัตโนมัติ
11. จัดทำชิ้นส่วนและประกอบรถขนส่งอัตโนมัติ
12. ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ โดยใช้อุปกรณ์ลอจิกซับซ็อนแบบโปรแกรมได้
13. จัดทำระบบควบคุมโดยใช้อุปกรณ์ลอจิกซับซ็อนแบบโปรแกรมได้

14. ทดสอบระบบการทำงานของหุ่นยนต์ขนส่งอัตโนมัติ

15. บันทึกผลการทดสอบ

3.2 เครื่องมือในการดำเนินโครงการ

เครื่องมือในการดำเนินโครงการ หมายถึง เครื่องมือหรืออุปกรณ์ทั้งหมดนำมาใช้ในการทำการทดลองและการวิจัย

3.2.1 โครงสร้างของรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับขนส่งเครื่องอัดน้ำยา

โครงสร้างหลักของรถขนส่งอัตโนมัติ เป็นเหล็กกล่องและเหล็กแผ่นหนา 10 มิลลิเมตร ประกอบกันเป็นกรอบด้านนอกของรถขนส่งอัตโนมัติ โดยมีช่องว่างด้านในสำหรับวางวงจรการควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติทั้งหมด

3.2.2 โครงสร้างชุดล้อขับเคลื่อนของรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับขนส่งเครื่องอัดน้ำยา

โครงสร้างชุดล้อขับเคลื่อนของรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับขนส่งเครื่องอัดน้ำยา เป็นโครงสร้างในการประกอบล้อให้ติดกับโครงสร้างรถขนส่งเครื่องอัดน้ำยาอัตโนมัติ ประกอบขึ้นจากเหล็กท่อและเหล็กแผ่นเพลทหนา 10 มิลลิเมตร โดยมีการออกแบบให้สามารถติดสปริง เพื่อรับแรงกระแทกระหว่างล้อกับโครงสร้างหลักในระหว่างการขนส่ง เนื่องจากพื้นในโรงงานการผลิตบางจุดเกิดการทรุดทำให้พื้นในสายการผลิตไม่เท่ากัน และส่งผลให้เกิดแรงกระแทกระหว่างล้อกับโครงสร้างหลักในระหว่างการขนส่ง

3.2.3 โครงสร้างรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับการทดสอบระบบควบคุม

โครงสร้างรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับการทดสอบระบบควบคุมเป็นอลูมิเนียมโปรไฟล์ ขนาดกว้าง 40 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร โดยมีช่องด้านล่างสำหรับการวางแบตเตอรี่ และมีแผ่นบอร์ดสำหรับติดตั้งวงจรควบคุมระบบการทำงาน

3.2.4 ล้อสำหรับการขับเคลื่อนรถขนส่งอัตโนมัติ

ล้อสำหรับการขับเคลื่อนรถขนส่งอัตโนมัติ เป็นล้อแกนเหล็กมียางหุ้ม (Urethane Wheel) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร จำนวน 2 ล้อ สำหรับขับเคลื่อนให้รถขนส่งอัตโนมัติ เคลื่อนที่ และลูกล้ออุตสาหกรรม (Caster Wheel) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สำหรับการรองรับน้ำหนัก จำนวน 4 ล้อ ในการรับน้ำหนักเครื่องอัดน้ำยา 2,000 กิโลกรัม ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ล้อแกนเหล็กมียางหุ้ม และลูกล้ออุตสาหกรรม

3.2.5 มอเตอร์กระแสตรงสำหรับขับเคลื่อนรถขนส่งอัตโนมัติ

มอเตอร์กระแสตรงสำหรับการขับเคลื่อนรถขนส่งอัตโนมัติใช้มอเตอร์กำลัง 300 วัตต์ และใส่เกียร์ทดขนาด 100 : 1 เพื่อเพิ่มให้มีแรงบิดสำหรับการขับเพิ่มขึ้น



รูปที่ 3.2 มอเตอร์กระแสตรง และเกียร์ทด

3.2.6 กลไกการขับเพื่อส่งเครื่องอัดน้ำยาให้แก่เครื่องจักรในสายการผลิต

กลไกการขับเพื่อส่งเครื่องอัดน้ำยาให้แก่เครื่องจักรในสายการผลิต ประกอบด้วยสายพานลำเลียงประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์ ขนาดความกว้าง 60 เซนติเมตร เนื่องจากเหมาะสำหรับวัตถุมีน้ำหนักมาก และมอเตอร์กระแสตรง 300 วัตต์ ใส่ขนาดเกียร์ทด 100 : 1 เพิ่มเพื่อแรงบิดให้สามารถขับเครื่องอัดน้ำยาที่มีน้ำหนักมากได้ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 สายพานลำเลียงประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์

3.2.7 ระบบรับข้อมูลสำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของรถขนส่งอัตโนมัติ

ระบบรับข้อมูลสำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของรถขนส่งอัตโนมัติ ประกอบด้วย ปุ่มกดเพื่อเริ่มต้น ปุ่มกดเพื่อหยุดพัก ปุ่มกดเพื่อเริ่มการทำงาน แผงปุ่มกดสำหรับควบคุมการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ

3.2.8 ระบบและกลไกสำหรับป้องกันการชน

กลไกสำหรับการป้องกันการชนของรถขนส่งอัตโนมัติ ประกอบด้วยตัวรับรู้ตรวจจับแสงประเภทกระจายแสง รุ่น บีเอ 2 เอ็ม ดีดีที (BA2M DDT) เพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวางการเคลื่อนที่ในระยะไกล และ กลไกป้องกันการชน ติดตั้งตัวรับรู้ตรวจจับแสง ประเภทกระจายแสง รุ่น อีอี เอสวาย 672 (EE-SY672) เพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวางการเคลื่อนที่ในระยะใกล้ โดยกลไกป้องกันการชนของรถขนส่งอัตโนมัติ ทั้งสองประเภท ติดตั้งในบริเวณด้านหน้าของรถขนส่งอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ตัวรับรู้ตรวจจับแสงตรวจจับสิ่งกีดขวางระยะไกล ระยะใกล้

3.2.9 ระบบแสดงสถานะของรถขนส่งอัตโนมัติ

ระบบแสดงสถานะรถขนส่งอัตโนมัติประกอบไปด้วย ไฟสัญญาณเตือนแบบชั้น (Tower Light) เพื่อแจ้งสถานะการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ 6 รูปแบบ ดังรูปที่ 3.5 และดังตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.5 ไฟสัญญาณเตือนแบบชั้นแสดงสถานะรถขนส่งอัตโนมัติ

ตารางที่ 3.1 รูปแบบไฟสัญญาณเตือนแบบขั้นเพื่อแสดงสถานะการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ

รูปแบบไฟสัญญาณเตือนแบบขั้น	สถานะการทำงาน
ไฟสีเขียว	รถขนส่งอัตโนมัติเดินตามเส้น เลี้ยวซ้าย หรือเลี้ยวขวาในระบบอัตโนมัติ
ไฟสีเขียวกระพริบ	รถขนส่งอัตโนมัติกำลังรับหรือส่งเครื่องอัตโนมัติให้เครื่องจักรในสายการผลิตในระบบอัตโนมัติ
ไฟสีส้ม	รถขนส่งอัตโนมัติกำลังหยุดรอเพื่อทำงานในขั้นตอนที่ไปในระบบอัตโนมัติ
ไฟสีส้มกระพริบ	รถขนส่งอัตโนมัติ กำลังทำงานในอยู่ในระบบการบังคับมือ (Manual)
ไฟสีแดง	รถขนส่งอัตโนมัติ ไม่สามารถเดินตามเส้นได้ เนื่องจากหาเส้นไม่พบในระบบอัตโนมัติ
ไฟสีแดงกระพริบ	การรับส่งเครื่องอัตโนมัติระหว่างรถขนส่งอัตโนมัติกับเครื่องจักรในสายการผลิตมีปัญหาในระบบอัตโนมัติ

3.2.10 ระบบการอ่านคำสั่งจากเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี

ระบบการสั่งการรถขนส่งอัตโนมัติใช้ระบบการอ่านคำสั่งจากอาร์เอฟไอดี เนื่องจากต้นทุนราคาถูก ง่ายต่อการติดตั้ง ระบบไม่ซับซ้อน โดยระบบนี้ประกอบด้วย วงจรการอ่านอาร์เอฟไอดี (RFID Reader) และแผ่นข้อมูลอาร์เอฟไอดี (RFID Tag) เพื่อส่งข้อมูลอ่าน ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรการอ่านอาร์เอฟไอดี และแผ่นข้อมูลอาร์เอฟไอดี

3.2.11 สายไฟสำหรับการเชื่อมภายในระบบการควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ

สายไฟสำหรับการเชื่อมภายในระบบการควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ ใช้สายไฟสำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมโดยสายไฟต้องมีการเก็บให้เรียบร้อยเพื่อความปลอดภัย

3.2.12 วงจรการควบคุมมอเตอร์

วงจรในการควบคุมมอเตอร์ใช้วงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง 3 สายโดยใช้หลักการ เอช บิดจ์มอสเฟต (H-bridge Mosfet) หรือการนำมอสเฟตมาต่อเป็นวงจรเอชบิดจ์ เพื่อสร้างสัญญาณ ควบคุมมอเตอร์แต่ละเฟสของมอเตอร์กระแสตรงประเภท 3 สาย ซึ่งสามารถควบคุมทิศทาง ความเร็ว และการหยุดของมอเตอร์ได้ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง 3 สาย

3.2.13 วงจรควบคุมระดับสัญญาณเพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์

วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกให้ระดับแรงดันอยู่ในช่วง 0-4 โวลต์ เพื่อ ควบคุมความเร็วมอเตอร์จากตัวควบคุมหลัก โดยใช้หลักการการแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) และ วงจรมัลติเพลกเซอร์ (Multiplexer) ในการเลือกใช้แรงดัน

3.2.14 อุปกรณ์การตรวจจับเส้นของรถขนส่งอัตโนมัติ

อุปกรณ์การตรวจจับเส้นของรถขนส่งอัตโนมัติ ใช้ตัวรับรู้ประเภทสะท้อนแสงอินฟราเรด (Reflective Infrared Sensor Photoelectric) โดยใช้หลักการการสะท้อนแสงอินฟราเรดใน ทรานซิสเตอร์ประเภทแสง (Photo Transistor) ตรวจจับว่าปัจจุบันรถขนส่งอัตโนมัติเคลื่อนที่เอียง เบนออกจากเส้นหรือไม่ เพื่อควบคุมความเร็วและทิศทางของรถขนส่งอัตโนมัติ

3.2.15 ระบบประมวลผลส่วนกลาง

ระบบประมวลผลส่วนกลางของรถขนส่งอัตโนมัติมี 2 แบบ คือ

1. อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก Arduino รุ่น MEGA 2560 เป็นระบบควบคุมสามารถพัฒนาต่อ ยอดได้ง่าย ภายในเวลารวดเร็ว ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก Arduino รุ่น MEGA 2560

2. อุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้ รุ่น ซีพีแอลดี แมกซ์ ไฟว์ เดเวลอปเมนต์ คิท (CPLD Max V Development Kit) โดยอุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 อุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้ รุ่น ซีพีแอลดี แมกซ์ ไฟว์ เดเวลอปเมนต์ คิท

3.2.16 แหล่งจ่ายพลังงาน

แหล่งจ่ายพลังงานสามารถจ่ายไฟกระแสตรง 24 โวลต์ 52 แอมป์

3.2.17 วงจรปรับระดับแรงดัน

วงจรปรับระดับแรงดันในระบบการควบคุม มีทั้ง 4 วงจร ดังนี้

1. วงจรปรับระดับแรงดัน สำหรับการปรับระดับ 24 โวลต์ จากแหล่งจ่ายพลังงาน เป็นแรงดัน 12 โวลต์ สำหรับจ่ายให้ตัวรับรู้ อุปกรณ์ภายนอกและวงจรแปลงระดับสัญญาณ (Isolator)
2. วงจรปรับระดับแรงดัน สำหรับแปลงแรงดัน 24 โวลต์ จากแหล่งจ่ายพลังงานเป็นแรงดัน 5 โวลต์ สำหรับจ่ายให้ตัวรับสัญญาณอาร์เอฟไอดี และตัวควบคุมหลัก
3. วงจรปรับระดับแรงดัน สำหรับการปรับระดับ 24 โวลต์ จากแหล่งพลังงาน เป็นแรงดัน 0 -4 โวลต์สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์
4. วงจรปรับระดับแรงดัน สำหรับการปรับระดับ 24 โวลต์จากแหล่งจ่ายพลังงาน เป็นแรงดัน 2.4 โวลต์ สำหรับจ่ายให้กับวงจรแปลงระดับสัญญาณเพื่อแปลงระดับสัญญาณเข้าออก

3.2.18 วงจรแปลงระดับสัญญาณ (Isolator)

วงจรแปลงระดับสัญญาณ (Isolator) เป็นวงจรสำหรับแปลงระดับสัญญาณจากตัวรับรู้ อุปกรณ์ภายนอก เพื่อส่งให้ตัวควบคุมหลัก เช่น แปลงระดับแรงดันสัญญาณจากปุ่มกด 12 โวลต์ เป็นระดับแรงดัน 3.3 โวลต์ สำหรับตัวควบคุมหลัก

3.2.19 โปรแกรมอาร์ดูโนไอดีอี (Arduino IDE)

โปรแกรมอาร์ดูโนไอดีอี (Arduino IDE) เป็นโปรแกรมการเขียนออกแบบระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ โดยใช้ Arduino

3.2.20 โปรแกรมอัลเทราเวบอีดิชัน (Altera Web Edition)

โปรแกรมอัลเทราเวบอีดิชัน เป็นโปรแกรมสำหรับการเขียนโปรแกรมการควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ โดยใช้อุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้ (Complex Programmable Logic Device, CPLD)

3.2.21 โปรแกรมโซลิดเวิร์ก (SolidWorks)

โปรแกรมโซลิดเวิร์ก (SolidWorks) เป็นโปรแกรมสำหรับการเขียนแบบ และวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ

3.3 ข้อมูลในการดำเนินโครงการ

3.3.1 การศึกษาข้อมูลการรับส่งเครื่องอัดน้ำยาระหว่างรถขนส่งอัตโนมัติกับสายการผลิต

การขนส่งเครื่องอัดน้ำยาจากบริเวณด้านหน้าโรงงานมายังสายการผลิตตู้เย็น มีระยะทาง 35 เมตร โดยสายการผลิตใช้เวลา 5 วินาที ในการส่งเครื่องอัดน้ำยาให้แก่พนักงาน เพื่อให้พนักงาน ประกอบเครื่องอัดน้ำยากับตู้เย็น รถขนส่งเครื่องอัดน้ำยาอัตโนมัติขนส่งเครื่องอัดน้ำยาจำนวนอย่างน้อย 60 เครื่อง ในหนึ่งรอบของการขนส่ง ดังนั้นการขนส่งเครื่องอัดน้ำยาของรถขนส่งอัตโนมัติ ต้องใช้เวลาไม่เกิน 300 วินาที ในหนึ่งรอบการขนส่ง

3.3.2 การศึกษาข้อมูลการใช้งานรถขนส่งอัตโนมัติภายในสายการผลิต

ในการใช้งานรถขนส่งอัตโนมัติ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. พนักงานดูแลรถขนส่งอัตโนมัติ ต้องควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติอยู่ในเส้นทางการเดินรถของรถขนส่งอัตโนมัติ
2. รถขนส่งอัตโนมัติเดินตามเส้น ทำการอ่านคำสั่งการทำงานจากแผ่นอาร์เอฟไอดี และในระหว่างทางรถขนส่งอัตโนมัติส่งข้อมูลตำแหน่ง และสถานะการทำงานให้ระบบเซิร์ฟเวอร์เป็นระยะ
3. ระบบเซิร์ฟเวอร์ทำหน้าที่จัดเรียงลำดับคิวการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ เมื่อรถขนส่งอัตโนมัติหลายคันทำหน้าที่แบบเดียวกัน รวมถึงการจัดเรียงคิวการเดินทางตามเส้นเมื่อรถขนส่งอัตโนมัติใช้เส้นทางในการทำงานทับซ้อนกัน
4. รถขนส่งอัตโนมัติ สามารถปรับค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ ระยะเวลาในการรอเพื่อทำคำสั่งต่อไป ค่าความเร็วในการรับส่งวัตถุ จากการเลือกค่าผ่านหน้าจอ แอลซีดี (LCD)
5. เมื่อรถขนส่งอัตโนมัติมีปัญหาระหว่างการใช้งาน รถขนส่งอัตโนมัติจะแสดงรายละเอียดปัญหาการทำงานเป็นรหัสผ่านหน้าจอแอลซีดี โดยผู้ดูแลต้องกดปุ่มหยุด และปุ่มฉุกเฉินเพื่อให้รถขนส่งอัตโนมัติหยุดทำงาน เพื่อแก้ไขปัญหา
6. เมื่อผู้ดูแลแก้ไขปัญหาเรียบร้อยแล้ว ผู้ดูแลต้องทำการตั้งค่าให้รถขนส่งอัตโนมัติเริ่มทำงานใหม่ โดยกดปุ่มเพื่อสั่งให้รถขนส่งอัตโนมัติเริ่มทำงานใหม่
7. ในระหว่างการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ สามารถหยุดการทำงานโดยกดปุ่มหยุดการทำงาน และเมื่อกดปุ่มเริ่มทำงานรถขนส่งอัตโนมัติเริ่มทำงานต่อ

การใช้งานในสายการผลิตมีรายละเอียดคล้ายกันทั้งโรงงาน ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การใช้งานรถขนส่งอัตโนมัติภายในโรงงานการผลิต

3.3.3 การศึกษาการวางระบบการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติในสายการผลิต

การติดตั้งและวางระบบการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติในการสายการผลิตมีขั้นตอน ดังนี้

1. สั่งซื้อชิ้นส่วนรถขนส่งอัตโนมัติจากประเทศเกาหลี
2. ประกอบชิ้นส่วนรถขนส่งอัตโนมัติตามคู่มือการประกอบของประเทศเกาหลี
3. กำหนดการระบบการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ
4. วางแผนเส้นทางการเดินตามเส้น (Layout) ของรถขนส่งอัตโนมัติ
5. เขียนคำสั่งการทำงานตามแผนการทำงานและเส้นทางการเดินตามเส้น ที่ตัวควบคุมหลักของรถขนส่งอัตโนมัติ
6. ตั้งค่าเส้นทางการเดินตามเส้นของรถขนส่งอัตโนมัติ ในระบบเซิร์ฟเวอร์
7. ทดสอบการทำงานตามแผนการทำงาน และเส้นทางการเดินของรถขนส่งอัตโนมัติ
8. การติดตั้งภายในสายการผลิต

3.3.4 การศึกษาการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ ในการรับส่งของภายในสายการผลิต

หน้าที่การทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติภายในโรงงาน ประกอบด้วย

1. การเคลื่อนที่ไปตามเส้น

การเคลื่อนที่ไปตามเส้นของรถขนส่งอัตโนมัติ ใช้ระบบการตรวจจับเส้นเพื่อระบุตำแหน่งของรถขนส่งอัตโนมัติ เพื่อระบุว่ารถขนส่งอัตโนมัติเคลื่อนที่เบี่ยงออกจากเส้นทางหรือไม่ แล้วระบบประมวลผลกลางปรับความเร็ว ในการเคลื่อนที่ของแต่ละล้อเพื่อให้รถขนส่งอัตโนมัติไม่เคลื่อนที่ออกจากเส้น

2. การรับคำสั่งจากเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี

ระบบประมวลผลกลางควบคุมการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติด้วย คำสั่งเทคโนโลยี อาร์เอฟไอดี เช่น คำสั่งเลี้ยว คำสั่งลดหรือเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ คำสั่งในการเปลี่ยนความเร็วการเคลื่อนที่ คำสั่งส่งค่าตำแหน่งของรถขนส่งอัตโนมัติให้เซิร์ฟเวอร์ เป็นต้น

3. การรับและส่งของ

การรับและส่งเข้าจากรถขนส่งอัตโนมัติใช้ตัวรับรู้ประเภทแสง ระบุความพร้อมในการรับและส่งวัตถุระหว่างรถขนส่งอัตโนมัติกับสายการผลิต โดยในการรับวัตถุใช้มอเตอร์กระแสตรงในการขับเคลื่อนสายพาน และเซนเซอร์อินฟราเรด เพื่อตรวจสอบสถานะการรับและส่งของจากรถขนส่งอัตโนมัติ

3.3.5 การศึกษาปัญหาของรถขนส่งอัตโนมัติ

ปัญหาของรถขนส่งอัตโนมัติ ในบริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด มีดังนี้

1. ต้นทุนในการผลิตสูง
2. รถขนส่งอัตโนมัติ ผลิตจากบริษัท ซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ ประเทศเกาหลี และส่งให้บริษัทไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด เป็นผู้ประกอบ
3. ไม่สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติได้อย่างอิสระ ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ หรือเกิดการเปลี่ยนสายการผลิต ทำให้รถขนส่งอัตโนมัติเปลี่ยนเส้นทางการทำงาน โดยรอให้ทางเกาหลีแก้ไขโปรแกรมและส่งโปรแกรมมาให้ติดตั้งใหม่ ซึ่งใช้ระยะเวลาการรอนาน
4. บริษัท ซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ ประเทศเกาหลี ไม่สามารถผลิตรถขนส่งอัตโนมัติ สามารถขนส่งวัตถุมีน้ำหนักขนาด 2,000 กิโลกรัม

3.3.6 การศึกษาระบบการควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ

ระบบการควบคุมหลักของรถขนส่งอัตโนมัติ เป็นอุปกรณ์โลจิกโปรแกรมได้ แต่ระบบการควบคุมย่อย เช่น ระบบการตรวจจับเส้น ระบบการอ่านคำสั่ง เป็นระบบการควบคุมขนาดเล็ก และการเชื่อมต่อระหว่างระบบการควบคุมหลัก และระบบการควบคุมย่อย สื่อสารกันผ่านโปรโตคอล (Protocol) ซึ่งระบบการควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ ประกอบด้วย

1. วงจรควบคุมหลัก (Main Board)

วงจรควบคุมหลัก (Main Board) เป็นอุปกรณ์โลจิกโปรแกรมได้ประเภทซีพีแอลดี เชื่อมต่อรับส่งสัญญาณควบคุมระบบ โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมวงจรควบคุมหลัก เขียนผ่านอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก Arduino รุ่น MEGA 2560 เพื่อควบคุมอุปกรณ์โลจิกโปรแกรมได้ ประเภทซีพีแอลดี

2. วงจรควบคุมมอเตอร์

วงจรควบคุมมอเตอร์ เป็นวงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง 3 สาย โดยวงจรควบคุมหลัก ควบคุมการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์

3. วงจรอ่านตำแหน่งของเส้นสะท้อนสีเงิน

วงจรรอ่านตำแหน่งของเส้นสะท้อนสีเงิน เป็นตัวรับรู้ประเภทสะท้อนแสงอินฟราเรด 16 ชุด และมีอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก Arduino รุ่น MEGA 2560 ในการประมวลผลค่าอ่านมาได้จากตัวรับรู้ประเภทสะท้อนแสงอินฟราเรด รวบรวมข้อมูล แปลงข้อมูลเพื่อส่งข้อมูลในวงจรควบคุมหลัก ผ่าน โปรโตคอล

4. ระบบป้องกันการชนของรถขนส่งอัตโนมัติ

ระบบป้องกันการชนของรถขนส่งอัตโนมัติ ประกอบด้วย ระบบป้องกันการชนระยะใกล้โดยใช้กลไกในการกดสวิตช์ (Switch) โดยใช้ตัวรับรู้ประเภทสะท้อนแสง ประเภทกระจายแสง รุ่น อีอี เอ สวาย 672 และระบบป้องกันการชนระยะไกลโดยใช้ตัวรับรู้ประเภทสะท้อนแสง ประเภทกระจายแสง รุ่น บีเอ 2 เอ็ม ดีดีที ในการตรวจจับสิ่งกีดขวางห่างออกไปจากตัวรถเป็นระยะ 5 ถึง 100 เซนติเมตร

5. ระบบปุ่มกดในรถขนส่งอัตโนมัติ

ระบบปุ่มกดในรถขนส่งอัตโนมัติ ประกอบด้วย ระบบปุ่มกดเพื่อควบคุมการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติในระบบบังคับมือ และระบบปุ่มเพื่อตั้งค่าการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ เช่น ระดับความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถขนส่งอัตโนมัติ ระดับความเร็วของมอเตอร์ในการยกวัตถุขึ้น และระดับความเร็วของคอนเวเยอร์ในการส่งของ เป็นต้น

6. ระบบแสดงสถานะในการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ

ระบบแสดงสถานะในการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ ประกอบด้วย จอแอลอีดี แสดงข้อความ เสียงแจ้งเตือนเมื่อรถขนส่งอัตโนมัติทำงานผิดพลาด และเสียงเพลงขณะรถขนส่งอัตโนมัติเคลื่อนที่

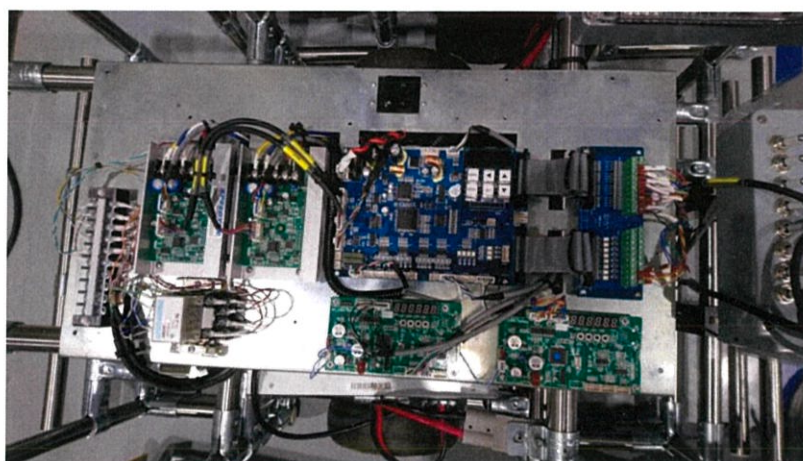
7. วงจรการสื่อสารระหว่างรถขนส่งอัตโนมัติกับระบบเซิร์ฟเวอร์

วงจรการสื่อสารระหว่างรถขนส่งอัตโนมัติกับระบบเซิร์ฟเวอร์ เป็นวงจรใช้สำหรับการรับข้อมูลคำสั่งเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี และรับส่งข้อมูลคำสั่งจากระบบเซิร์ฟเวอร์ เพื่อแสดงผลสถานะการทำงานให้ผู้ดูแลทราบผ่านคอมพิวเตอร์

8. วงจรอ่านคำสั่งเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี

วงจรอ่านคำสั่งเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี เป็นวงจรรับคำสั่งจากแผ่นข้อมูลอาร์เอฟไอดี มีการเขียนข้อมูลคำสั่ง เพื่อให้ลำดับการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติถูกต้อง

วงจรรระบบควบคุมต่อกัน ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ

3.3.7 การศึกษาอุปกรณ์ภายนอกประเภทปุ่มกดภายในโรงงานการผลิต

อุปกรณ์ภายนอกประเภทปุ่มกด ประกอบด้วย สวิตช์ปุ่มกด สวิตช์ปุ่มกดพร้อมไฟ และสวิตช์เลือกใช้ โดยอุปกรณ์ภายนอกประเภทปุ่มกดทั้งหมดมีหน้าสัมผัส ขณะกดสวิตช์ปุ่มกด หรือสวิตช์ปุ่มกดพร้อมไฟ หน้าสัมผัสกัน เมื่อปล่อยหน้าสัมผัสไม่สัมผัสกัน ส่วนสวิตช์เลือกใช้ เป็นการบิดเพื่อเลือกให้การสัมผัสของหน้าสัมผัส ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 สวิตช์ปุ่มกด สวิตช์ปุ่มกดพร้อมไฟ และสวิตช์เลือกใช้

3.3.8 การศึกษาอุปกรณ์ภายนอกประเภทการแสดงผลภายในโรงงานการผลิต

อุปกรณ์ภายนอกสำหรับแสดงผล หรือสถานะการทำงานของระบบ ภายในโรงงานการผลิต ประกอบด้วย หลอดไฟสำหรับติดตั้งบนตู้คอนโทรล ไฟสัญญาณเตือนแบบหมุนสำหรับติดตั้งบนรถขนส่งในสายการผลิต ไฟสัญญาณเตือนแบบหมุนพร้อมเสียงสำหรับแจ้งเตือน ไฟสัญญาณเตือนแบบขึ้นสำหรับติดตั้งบนตัวเครื่องจักร ไฟสัญญาณเตือนแบบขึ้นพร้อมเสียงเตือนสำหรับติดตั้งบนตัวเครื่องจักร เสียงเตือนติดตั้งบนตู้คอนโทรล และเสียงเพลงสำหรับรถขนส่งอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 หลอดไฟ ไฟสัญญาณเตือนแบบหมุน และไฟสัญญาณเตือนแบบขึ้น

3.3.9 การศึกษาอุปกรณ์ตัวรับรู้เพื่อตรวจจับวัตถุภายในโรงงานการผลิต

อุปกรณ์ตัวรับรู้เพื่อตรวจจับวัตถุภายในโรงงานการผลิต ประกอบด้วย

1. อุปกรณ์ตัวรับรู้เพื่อตรวจจับวัตถุ ประเภทอัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor) ซึ่งเหมาะกับการอ่านค่าระยะห่างระหว่างอุปกรณ์กับวัตถุ และการตรวจจับวัตถุระยะไกล ตั้งแต่ 20 ถึง 1,000 เซนติเมตร
2. อุปกรณ์ตัวรับรู้เพื่อตรวจจับวัตถุ ประเภทส่องผ่าน (Through-beam) ซึ่งเหมาะกับการตรวจจับการผ่านวัตถุหรือการตรวจจับวัตถุระยะไกล เนื่องจากตัวรับสัญญาณ และตัวส่งสัญญาณแยกจากกันทำให้สามารถติดตั้งให้ตัวรับและตัวส่ง คนละด้านเพื่อทำการตรวจจับการผ่านของวัตถุหรือวัตถุระยะไกล ตั้งแต่ 15 เซนติเมตร ถึง 10 เมตรโดยประมาณ
3. อุปกรณ์ตัวรับรู้เพื่อตรวจจับวัตถุ ประเภทสะท้อนแสงแบบสะท้อนแสงกลับ ตัวรับรู้ส่งสัญญาณแสงออกไปแล้วสะท้อนแสงเข้าตัวรับรู้ เมื่อเจอวัตถุขัดขวางการสะท้อนแสงกลับเข้าตัวรับรู้ ซึ่งเหมาะกับการตรวจจับวัตถุ ตั้งแต่ 2 เซนติเมตร ถึง 5 เมตรโดยประมาณ
4. อุปกรณ์ตัวรับรู้เพื่อตรวจจับวัตถุ ประเภทสะท้อนแสงแบบกระจายแสง (Diffuse Reflective) ซึ่งตัวรับรู้ส่งสัญญาณแสง เมื่อเจอวัตถุเกิดการกระจายแสงเข้าตัวรับรู้ เหมาะกับการตรวจจับวัตถุระยะใกล้ ตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร ถึง 1 เมตรโดยประมาณ

5. อุปกรณ์ตัวรับรู้เพื่อตรวจจ้งวัตถุประเภทพรีอกซิมีตี้ ซึ่งเหมาะกับการตรวจจ้งวัตถุระยะ ตั้งแต่ 4 ถึง 40 มิลลิเมตร เนื่องจากใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดในการตรวจจ้งวัตถุประเภทโลหะหรือการเปลี่ยนประจุในการตรวจจ้งวัตถุประเภทโลหะและอโลหะ

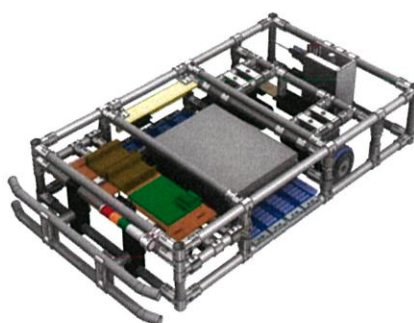
อุปกรณ์ตัวรับรู้เพื่อตรวจจ้งวัตถุดังกล่าว ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 อุปกรณ์ตัวรับรู้เพื่อตรวจจ้งวัตถุ

3.3.10 การศึกษาโครงสร้างรถขนส่งอัตโนมัติ

ปัจจุบันโครงสร้างรถขนส่งอัตโนมัติใช้เหล็กแผ่นหนา 5 มิลลิเมตร หรือเหล็กท่อขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.8 เซนติเมตร เป็นวัสดุหลัก โดยใช้สกรูขนาด 6 มิลลิเมตรยึด หรือสวมอัดในกรรมวิธีการประกอบ ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แบบโครงสร้างรถขนส่งอัตโนมัติ

3.3.11 การศึกษาระบบกลไกการขับเคลื่อนส่งวัตถุให้แก่เครื่องจักรในสายการผลิต

บริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด มีกลไกการขนส่งวัตถุประเภทระบบสายพานลำเลียงให้แก่เครื่องจักรในสายการผลิต 2 แบบ คือ

1. โรลเลอร์คอนเวเยอร์ (Roller Conveyor)

โรลเลอร์คอนเวเยอร์ เป็นระบบสายพานลำเลียงเหมาะสำหรับลำเลียงวัตถุมีน้ำหนักมาก มีความคงทน แต่มีข้อเสียคือ มีโอกาสไม่สามารถขับเคลื่อนวัตถุ เนื่องจากแรงเสียดทานเกิดระหว่างผิวสัมผัสของโรลเลอร์คอนเวเยอร์ และผิวสัมผัสของวัตถุน้อยเกินไปจนไม่เกิดการเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 โรลเลอร์คอนเวเยอร์

2. เบลท์คอนเวเยอร์ (Belt Conveyor)

เบลท์คอนเวเยอร์ เป็นระบบสายพานลำเลียงที่เหมาะสมสำหรับการลำเลียงวัตถุมีขนาดน้อยถึงปานกลาง ต้นทุนในการผลิตต่ำ ความคงทนน้อยกว่า โรลเลอร์คอนเวเยอร์ ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 เบลท์คอนเวเยอร์

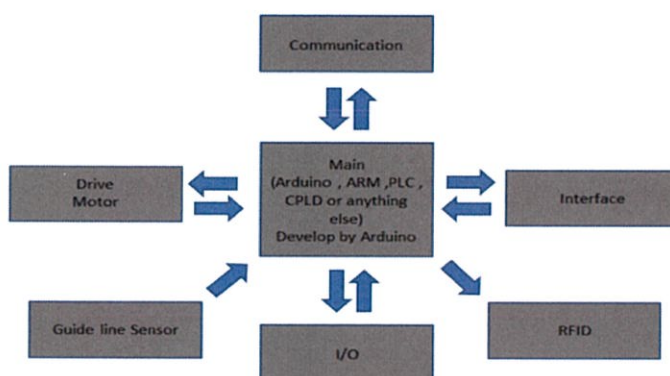
3.4 แนวทางในการดำเนินโครงการ

จากข้อมูลรายละเอียดการใช้งาน ปัญหาในการใช้งาน และวัสดุอุปกรณ์รถขนส่งอัตโนมัติ ของ บริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด ได้แนวทางในการดำเนินโครงการ ดังนี้

3.4.1 ระบบการควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ

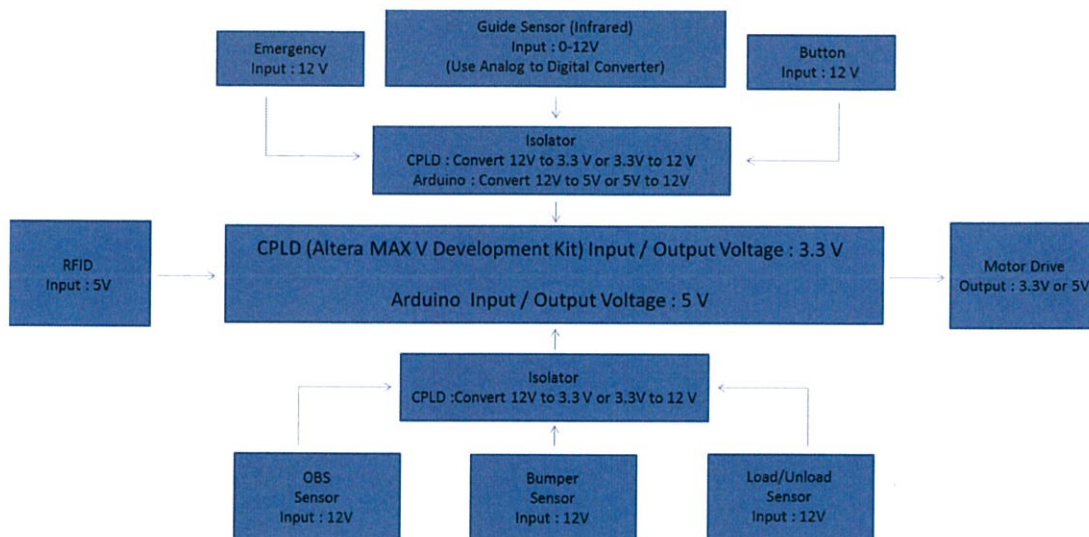
1. หลักการการออกแบบระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ

หลักในการออกแบบระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ ออกแบบให้ระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติสามารถเปลี่ยนตัวควบคุมกลางได้ เพื่อทำให้ง่ายต่อการพัฒนาและการนำไปใช้งานภายใน โรงงานการผลิต ซึ่งมีหลักการในการออกแบบ ดังรูปที่ 3.18



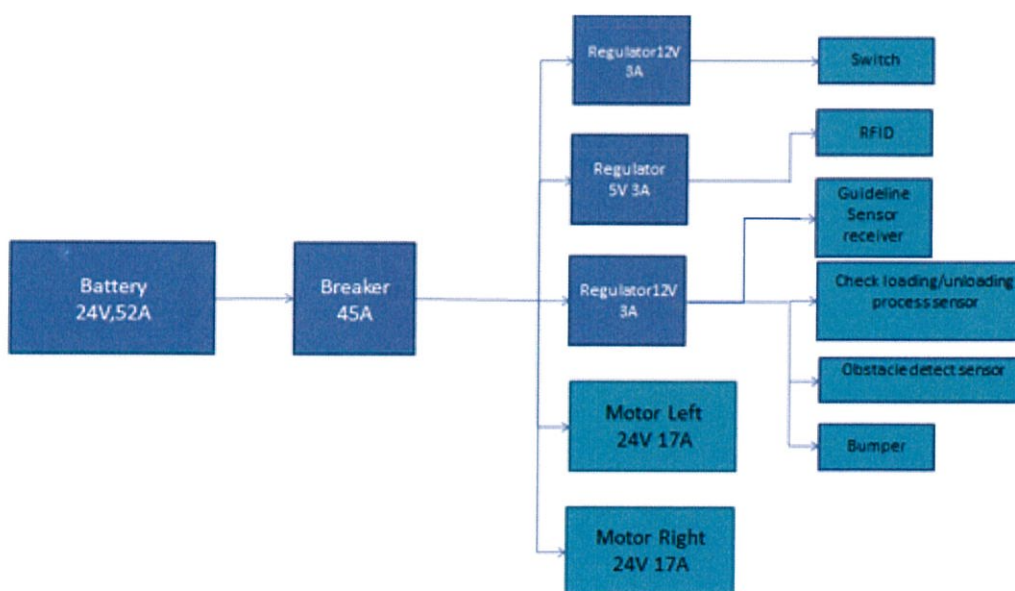
รูปที่ 3.18 หลักการการออกแบบระบบควบคุม

ในการออกแบบระบบควบคุมรถขนส่งเครื่องอัตโนมัติ ประกอบด้วยอุปกรณ์ประเภท ปุ่มกด (Button) อุปกรณ์ประเภทการตรวจจับวัตถุ อุปกรณ์แปลงแรงดันสัญญาณเข้าออกระหว่าง อุปกรณ์ตัวควบคุมหลักกับอุปกรณ์ภายนอก อุปกรณ์สำหรับการอ่านอาร์เอฟไอดี อุปกรณ์ตรวจจับ ตำแหน่งของเส้นและอุปกรณ์สำหรับการควบคุมมอเตอร์ โดยอุปกรณ์มีค่าแรงดันตกคร่อมสัญญาณ ไฟฟ้าขาเข้าและขาออกมากกว่า 3.3 โวลต์ หรือ 5 โวลต์ ผ่านวงจรไอโซเลเตอร์ใช้หลักการของ ทรานซิสเตอร์ เพื่อแปลงระดับแรงดันจากระดับแรงดันสูงไประดับแรงดันต่ำ หรือจากระดับแรงดันต่ำ ไประดับแรงดันสูง ซึ่งในการออกแบบระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ แรงดันสัญญาณไฟฟ้าขาเข้าขา ออก ในอุปกรณ์ภายนอกประเภทปุ่มกดตัวรับรู้เป็น 12 โวลต์ เนื่องจากอุปกรณ์สามารถรับส่งสัญญาณ 12 โวลต์ และสามารถปรับใช้งานให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก Arduino รุ่น MEGA 2560 หรืออุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้ โดยการปรับระดับแรงดันให้เป็น 5 โวลต์ หรือ 3.3 โวลต์ ดังรูปที่ 3.19



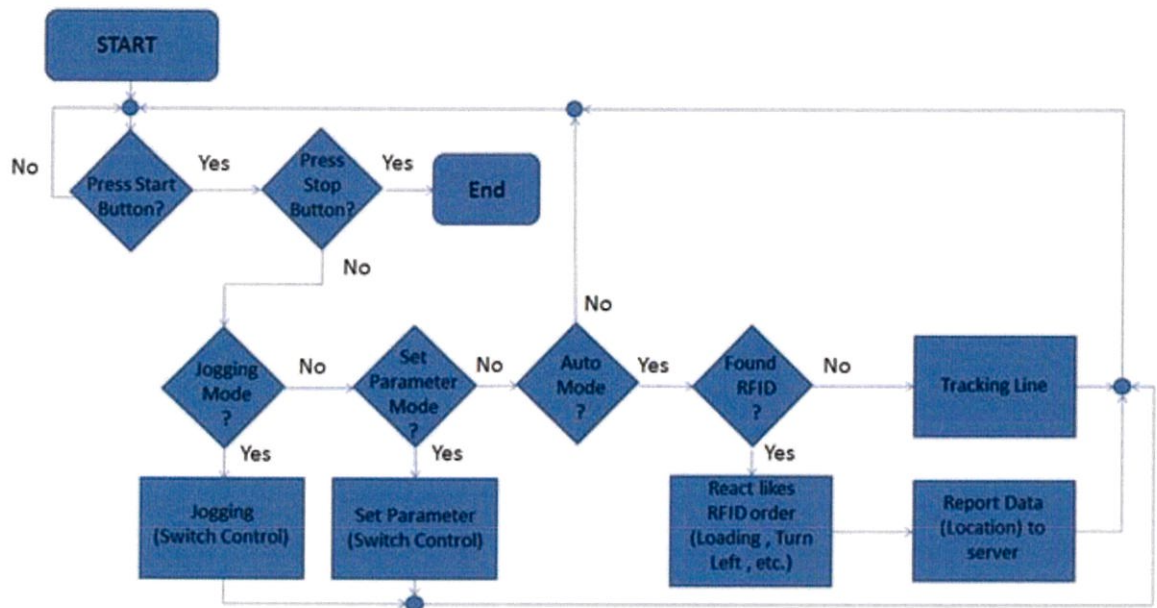
รูปที่ 3.19 การออกแบบระบบควบคุมทางไฟฟ้า

2. หลักการในการจัดการพลังงานไฟฟ้าภายในรถขนส่งอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การจัดการพลังงานไฟฟ้า

3. ลำดับการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติโดยรวมในรูปแบบของผังงาน (Flowchart) เพื่อนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมระบบควบคุม ของรถขนส่งอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ผังงานของโปรแกรมหรือลำดับการทำงานของระบบ

4. การทดสอบอุปกรณ์ในการจัดทำระบบการควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ

การใช้งานอุปกรณ์ในระบบการควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ มีการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์เพื่อหาอุปกรณ์เหมาะสมกับงาน และวิธีการในการใช้งาน เนื่องจากอุปกรณ์บางชนิดไม่มีข้อมูลแนะนำการใช้งาน ดังนั้นจึงต้องอาศัยการเก็บข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์ในขณะรถขนส่งอัตโนมัติ กำลังทำงาน และใช้อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก Arduino รุ่น MEGA 2560 ผ่านโปรแกรมอาร์ดิวไน์ ไอทีอี ในการทดสอบการทำงาน เพื่อหาข้อมูลการใช้งานอุปกรณ์

5. การทดสอบตัวควบคุมหลัก

การทดสอบตัวควบคุมหลัก เป็นการทดสอบการทำงานของตัวควบคุมหลักเมื่อต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งในการทดสอบประกอบด้วย การทดสอบความเร็วในการประมวลผล การทดสอบความเสถียรในการทำงาน การทดสอบความเร็วในการรับส่งข้อมูลระหว่างตัวควบคุมหลักกับอุปกรณ์ภายนอก ราคาต้นทุน เพื่อหาความแตกต่างของตัวควบคุมหลักแต่ละชนิด ทำให้สามารถเลือกใช้ตัวควบคุมหลักให้เหมาะสมกับระบบการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ เพื่อประสิทธิภาพและความคุ้มค่าในการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ

6. การออกแบบระบบควบคุมรถขนส่งเครื่องอัดน้ำยาอัตโนมัติ

การพัฒนา ระบบควบคุมให้สามารถเปลี่ยนตัวควบคุมหลักได้ เพื่อให้สะดวกต่อการพัฒนา ระบบการควบคุมของรถขนส่งอัตโนมัติในอนาคต โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก Arduino รุ่น MEGA 2560 ผ่านโปรแกรมอาร์ดิวไน์ ไอดีอี เพื่อศึกษา ทดลอง พัฒนาระบบการควบคุมให้สามารถ เข้าใจได้ง่าย และอุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้ในชุดพัฒนาซีพีแอลดี แมกซ์ ไฟฟ์ เพื่อเป็น พื้นฐานในการพัฒนาระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติให้สามารถใช้งานได้จริง ภายในโรงงานการผลิต

7. การจัดทำระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ

การจัดทำระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ เริ่มจากการจัดทำวงจรทดลองสำหรับทดสอบการทำงาน เมื่อทดสอบว่าวงจรทดลองสามารถทำงานได้จึงออกแบบและสั่งทำแผงวงจรพิมพ์ (PCB) เพื่อ ความคงทนในการใช้งาน ง่ายต่อการใช้งาน

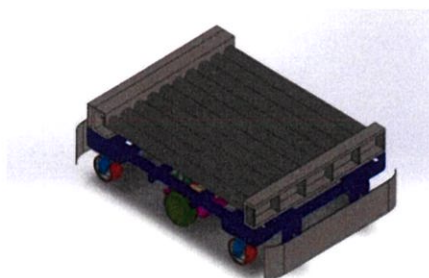
8. การทดสอบระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ

การทดสอบระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติแบ่งการทดสอบหลักออกเป็น 2 ส่วนคือ การ ทดสอบการทำงานในแต่ละส่วน เพื่อให้ระบบการทำงานในแต่ละส่วนทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และการทดสอบทำงานของระบบโดยรวม เพื่อให้ลำดับการทำงานถูกต้อง

3.4.2 ระบบโครงสร้างและกลไกของรถขนส่งอัตโนมัติ

1. การออกแบบระบบโครงสร้างกลไกของรถขนส่งอัตโนมัติ

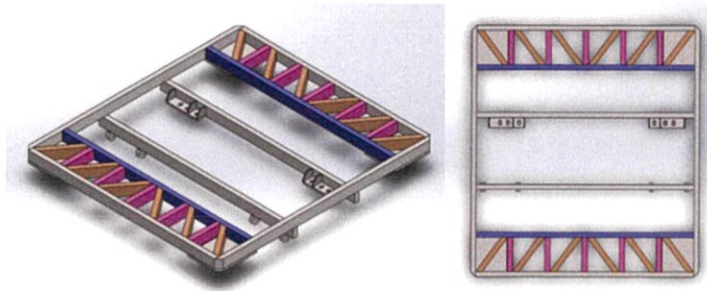
การออกแบบระบบโครงสร้างและกลไกของรถขนส่งอัตโนมัติ ออกแบบ คำนวณตามหลักการ ออกแบบแล้วจึงวาดแบบ (CAD) ผ่านโปรแกรมโซลิดเวิร์ก โดยยึดราคาวัสดุอุปกรณ์ ความง่าย และ ความรวดเร็วในการจัดทำขึ้นส่วนรวมถึงการประกอบรถขนส่งอัตโนมัติ โดยระบบโครงสร้างกลไก ประกอบด้วย โครงสร้างสำหรับการรับน้ำหนักเครื่องอัดน้ำยา ขนาด 2,000 กิโลกรัม และชุดล้อสำหรับ ขนส่งอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.22



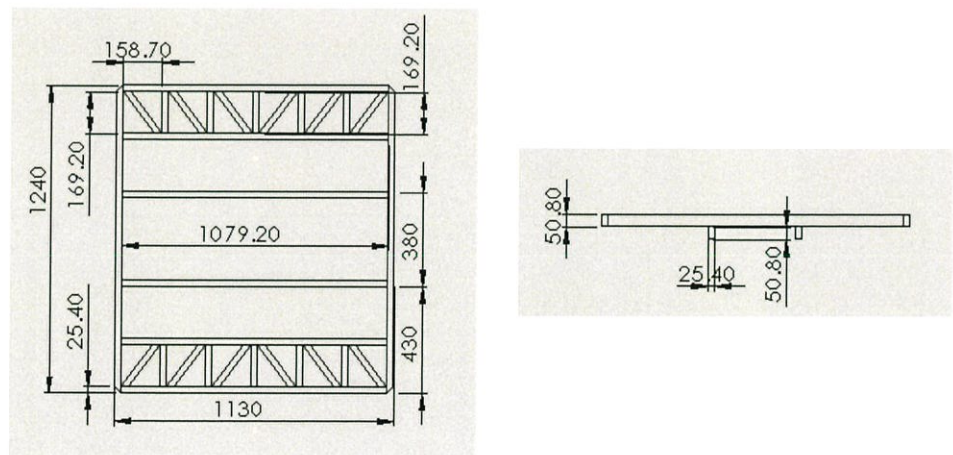
รูปที่ 3.22 แบบรถขนส่งอัตโนมัติ

การออกแบบโครงสร้างสำหรับการรับน้ำหนักเครื่องอัดน้ำยา ขนาด 2,000 กิโลกรัม

โครงสร้างรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับการรับน้ำหนักเครื่องอัดน้ำยา ขนาด 2,000 กิโลกรัม เป็นรูปแบบเดียวกับโครงสร้างของรถขนส่งอัตโนมัติ ณ ปัจจุบัน ซึ่งประกอบขึ้นมาจากเหล็กกล่อง และโครงสร้างสามเหลี่ยมเพื่อพัฒนาให้โครงสร้างสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น และเพื่อป้องกันการฉีกขาดตรงรอยเชื่อม โดยบริเวณขอบของโครงสร้างรับน้ำหนักของโรลเลอร์คอนเวเยอร์และเครื่องอัดน้ำยา ดังรูปที่ 3.23 และดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.23 แบบโครงสร้างฐานสำหรับการรับน้ำหนักเครื่องอัดน้ำยา ขนาด 2,000 กิโลกรัม

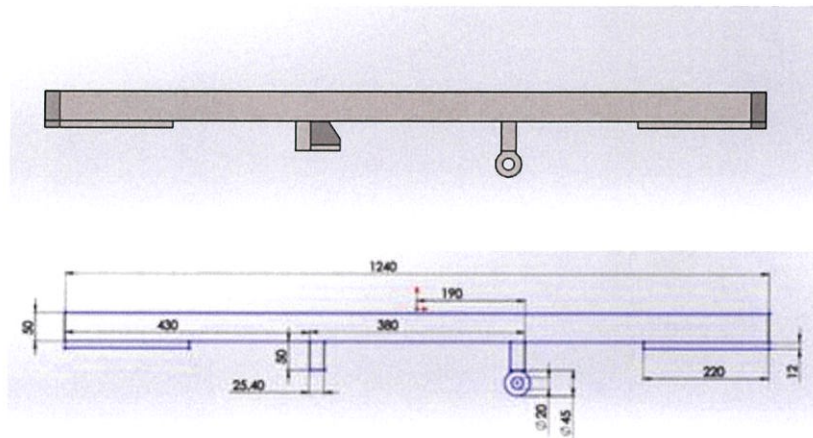


รูปที่ 3.24 ขนาดโครงสร้างฐานสำหรับการรับน้ำหนักเครื่องอัดน้ำยา ขนาด 2,000 กิโลกรัม

การออกแบบชุดล้อสำหรับรถขนส่งอัตโนมัติ

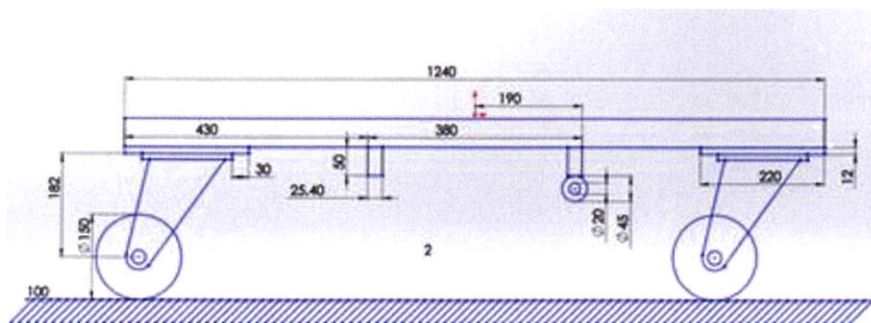
การออกแบบชุดล้อสำหรับรถขนส่งอัตโนมัติ ใช้รูปแบบเดียวกับชุดล้อในปัจจุบันพัฒนาให้โครงสร้างแข็งแรงขึ้น และประกอบง่ายขึ้น โดยขึ้นส่วนพัฒนามาจากเหล็กแผ่นเพลทและเพลากลมตัน โดยที่สามารถถอดประกอบได้

โครงรถขนส่งอัตโนมัติ ใช้เป็นรูปแบบเดียวกับโครงของรถขนส่งอัตโนมัติใช้ในงานมีภาระโหลดหนัก ณ ปัจจุบัน ใช้ในการขนส่งเครื่องอัตโนมัติ ยานา โครงดังกล่าวทำจากเหล็กกล่อง ดังรูปที่ 3.25



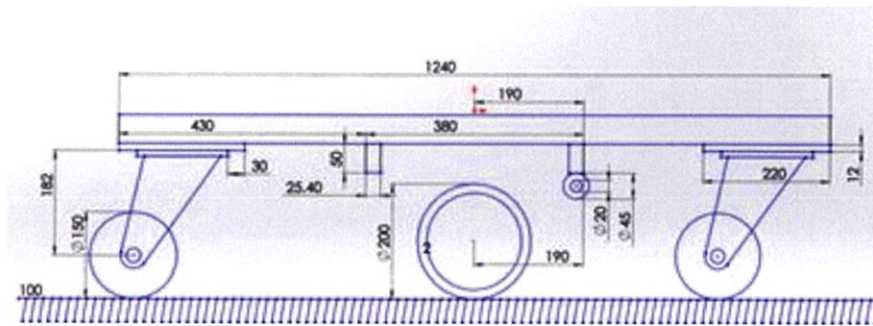
รูปที่ 3.25 ขนาดฐานรถขนส่งอัตโนมัติด้านขวา

ขนาดความสูงของล้อช่วยใช้ในการออกแบบชุดล้อขับ โดยทำการเลือกขนาดความสูงล้อช่วยมากที่สุดคือ 257 มิลลิเมตร ในการใช้งานจริงสามารถเลือกขนาดความสูงของล้อช่วยน้อยกว่ามาเปลี่ยนแทนได้ โดยมีขนาดของโครงรถขนส่งอัตโนมัติกับล้อช่วย ดังรูปที่ 3.26



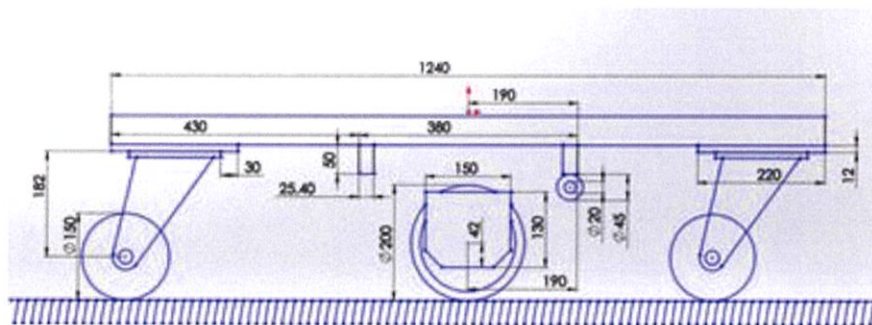
รูปที่ 3.26 ขนาดความสูงของล้อช่วยในรถขนส่งอัตโนมัติ

จากนั้นจึงเพิ่มล้อขับที่มีขนาด 200 มิลลิเมตร. กำหนดให้หน้าล้อสัมผัสพื้น และตำแหน่งล้ออยู่กึ่งกลางของโครงรถขนส่งอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.27



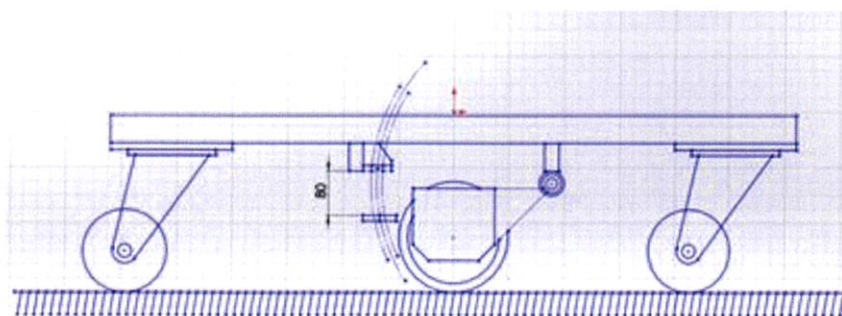
รูปที่ 3.27 ขนาดความสูงของล้อขับในรถขนส่งอัตโนมัติ

เมื่อเพิ่มล้อขับแล้วจึงทำการเพิ่มส่วนใส่ตลับลูกปืนซึ่งทำจากแผ่นอลูมิเนียม ตลับลูกปืนดังกล่าวยึดเพลาล้อของล้อขับ ดังรูปที่ 3.2.8

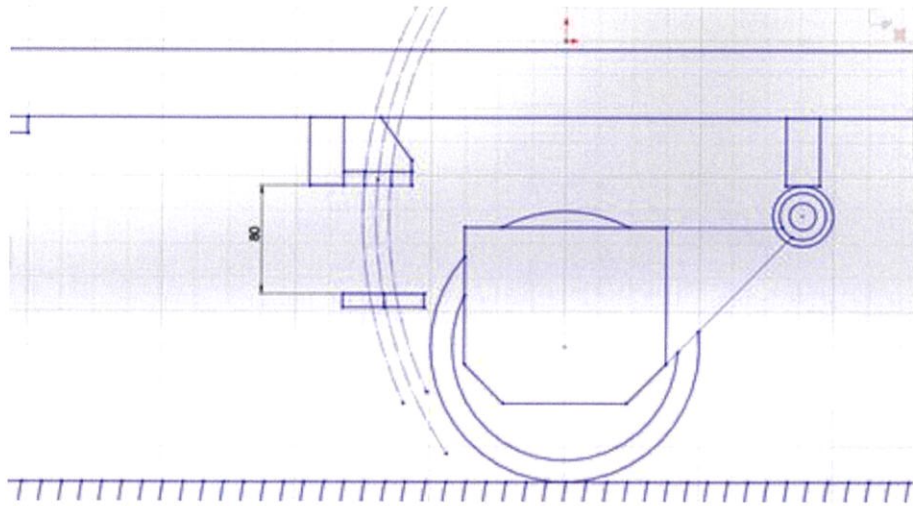


รูปที่ 3.28 ตลับลูกปืนในล้อขับของรถขนส่งอัตโนมัติ

จากภาพเป็นการกำหนดตำแหน่งแผ่นรองรับสปริง วิธีการกำหนดทำการร่างเส้นทางการเคลื่อนที่เงื่อนไขคือ สปริงสามารถอัดให้เหลือเพียง 80 มิลลิเมตร พร้อมกับร่างเส้นทางการเคลื่อนที่ของสปริง ดังรูปที่ 3.29 และรูปที่ 3.30

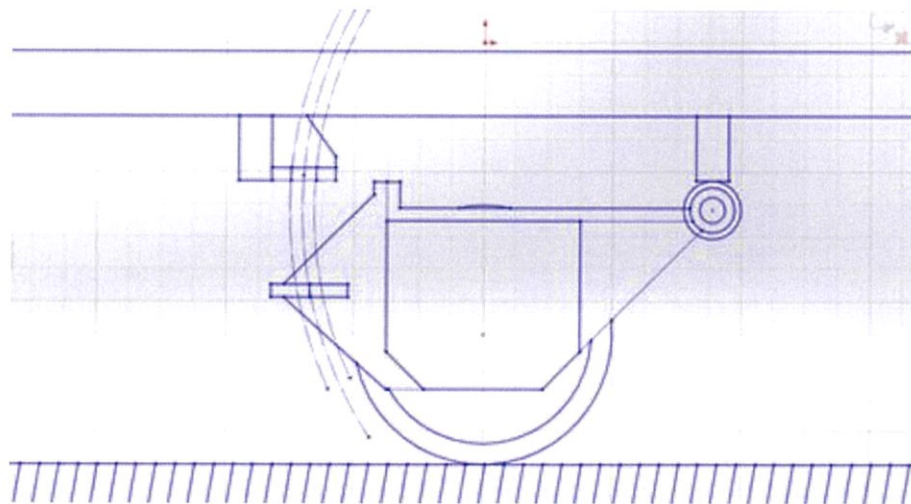


รูปที่ 3.29 สปริงในล้อขับของรถขนส่งอัตโนมัติ

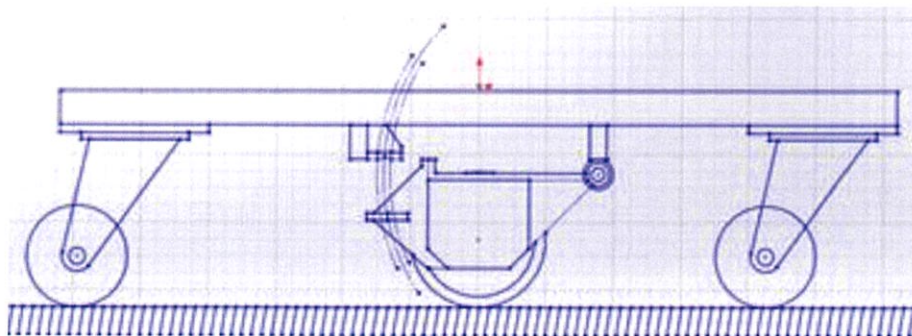


รูปที่ 3.30 ระยะสปริงในล้อขับของรถขนส่งอัตโนมัติระยะใกล้

จากนั้นทำการเพิ่มขึ้นส่วนของชุดล้อขับที่เหลือ ดังรูปที่ 3.31 และรูปที่ 3.32

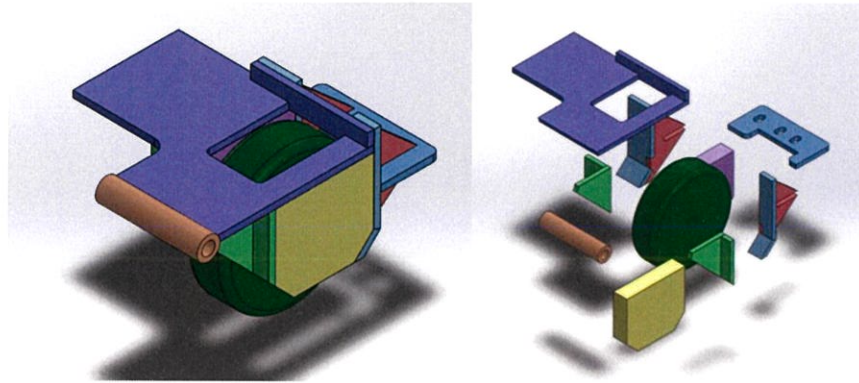


รูปที่ 3.31 การออกแบบชิ้นส่วนเพื่อยึดสปริงขั้นตอนการเพิ่มขึ้นส่วน



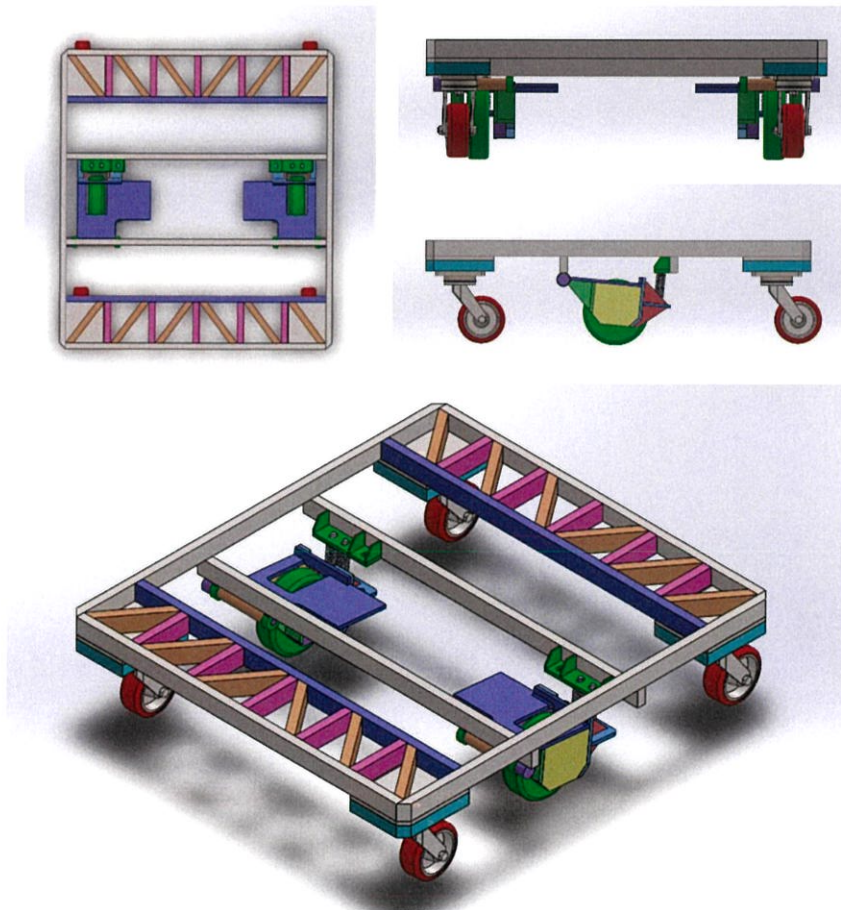
รูปที่ 3.32 การออกแบบชิ้นส่วนเพื่อยึดสปริงขั้นตอนการเพิ่มขึ้นส่วนที่เหลือ

หลังจากทำการออกแบบชุดล้อขับ 2 มิติ เสร็จแล้วจึงทำเป็น 3 มิติ ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 ชิ้นส่วนชุดล้อของรถขนส่งอัตโนมัติ

ทำการประกอบชุดล้อขับเข้ากับตัวโครงรถขนส่งอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 การออกแบบโครงสร้างฐานพร้อมชุดล้อขับของรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับการรับน้ำหนักเครื่องอัดน้ำยา ขนาด 2,000 กิโลกรัม

2. การคำนวณหาความเร็วในการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ

การขนส่งเครื่องอัตโนมัติจากบริเวณด้านหน้าโรงงาน ไปสายการผลิตผู้เย็บเป็นระยะทาง 35 เมตร และในหนึ่งรอบการขนส่งต้องใช้เวลาไม่เกิน 300 วินาที กำหนดให้ระยะเวลาการส่งของระหว่างรถขนส่งอัตโนมัติกับสายการผลิตเป็น 30 วินาที ระยะเวลาในรับเครื่องน้ำยา เป็นระยะเวลา 30 วินาที และระยะเวลาในการเลี้ยง 40 วินาที ซึ่งทำให้รถขนส่งอัตโนมัติต้องเคลื่อนที่ 70 เมตร ภายใน 200 วินาที ได้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถขนส่งอัตโนมัติ ไม่ต่ำกว่า 21 เมตรต่อนาที ดังนั้นจึงกำหนดให้รถขนส่งอัตโนมัติมีความสามารถในการเดินตามเส้น 25 เมตรต่อนาที

3. การคำนวณเพื่อหาข้อมูลจำเพาะมอเตอร์ของรถขนส่งอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle, AGV)

จากข้อมูลการใช้งานรถขนส่งอัตโนมัติ จะพบน้ำหนักของรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับขนส่งเครื่องอัตโนมัติ ประมาณ 1,500 กิโลกรัม ดังนั้นจะประมาณให้รถขนส่งอัตโนมัติสำหรับขนส่งเครื่องอัตโนมัติมีน้ำหนัก 2,000 กิโลกรัม โดยมีค่าความปลอดภัย (Safety Factor) เป็น 3 เพื่อความปลอดภัยและความคงทนในการใช้งาน

การคำนวณหาค่าแรงเสียดทานขณะกำลังจะเกิดการเคลื่อนที่บริเวณล้อขับ

$$\begin{aligned}
 \text{จาก} \quad F &= \mu N & (3.1) \\
 &= 0.01 \times \frac{2000}{2_{wheel}} \times 9.81 \\
 &= 9.81 \text{ N}
 \end{aligned}$$

เมื่อ F คือ แรงเสียดทานหน่วยนิวตัน (N)

μ คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต

N คือ แรงต้านของพื้นแนวตั้งฉากหน่วยนิวตัน (N)

ค่าแรงเสียดทานขณะกำลังจะเกิดการเคลื่อนที่บริเวณล้อขับเป็น 98.1 นิวตัน

การคำนวณหาค่าแรงบิด (Torque) ของมอเตอร์ที่เกิดจากแรงเสียดทาน

จาก
$$\begin{aligned} T &= Fr \\ &= 98.1 \times 0.1 \\ &= 9.81 \text{ Nm} \end{aligned} \quad (3.2)$$

เมื่อ T คือ แรงบิดหน่วยนิวตันเมตร (Nm)
 F คือ แรงที่กระทำให้เกิดการบิดหน่วยนิวตัน (N)
 r คือ ระยะตั้งฉากจุดหมุนกับแรงหน่วยเมตร (m)

ค่าแรงบิดของมอเตอร์ที่เกิดจากแรงเสียดทานเป็น 9.81 นิวตันเมตร

การคำนวณหาโมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of Inertia)

จาก
$$\begin{aligned} I &= I_m + I_{AGV} ; I_m \approx 0 \\ I &= I_{AGV} \\ &= \frac{1}{2} mr^2 \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{2000}{2_{wheel}} \times 0.1^2 \\ &= 5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \end{aligned} \quad (3.3)$$

เมื่อ I คือ โมเมนต์ความเฉื่อยรวมของรถขนส่งอัตโนมัติ
 หน่วยกิโลกรัม.เมตรกำลังสอง ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)
 I_m คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของมอเตอร์
 หน่วยกิโลกรัม.เมตรกำลังสอง ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)
 I_{AGV} คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของน้ำหนักเครื่องอัตโนมัติและ
 รถขนส่งอัตโนมัติหน่วยกิโลกรัม.เมตรกำลังสอง ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

m คือ มวลรถขนส่งอัตโนมัติหน่วยกิโลกรัม (Kg)

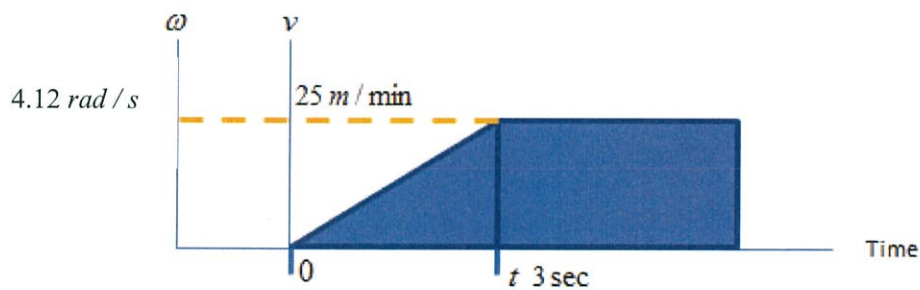
r คือ รัศมีล้อขับเคลื่อนอัตโนมัติหน่วยเมตร (m)

โมเมนต์ความเฉื่อยของรถขนส่งอัตโนมัติเป็น 11.25 กิโลกรัม.เมตรกำลังสอง

หมายเหตุ โมเมนต์ความเฉื่อยของมอเตอร์มีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของรถขนส่งอัตโนมัติ จึงประมาณค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของมอเตอร์ เป็น 0

การคำนวณหาอัตราเร่งเชิงมุม

จากข้อมูลการใช้งานรถขนส่งอัตโนมัติจะมีความเร็วเฉลี่ย 25 เมตรต่อนาที และใช้เวลา 3 วินาที จากสถานะหยุดนิ่ง จนถึงมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 25 เมตรต่อนาที ในกรณีที่ใช้ล้อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ทำเป็นกราฟ ดังรูปที่ 3.35



รูปที่ 3.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับเวลา

จาก

$$\alpha = \frac{w_f - w_s}{t} \quad (3.4)$$

$$= \frac{4.12 - 0}{3}$$

$$= 1.373 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

เมื่อ α คือ อัตราเร่งเชิงมุมหน่วยเรเดียนต่อวินาทีกำลังสอง ($\frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$)

w_f คือ อัตราเร็วเชิงมุมสุดท้ายของรถขนส่งอัตโนมัติหน่วยเรเดียนต่อวินาที ($\frac{\text{rad}}{\text{s}}$)

W_s คือ อัตราเร็วเชิงมุมเริ่มต้นของรถขนส่งอัตโนมัติหน่วย
เรเดียนต่อวินาที ($\frac{rad}{s}$)

t คือ ระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงความเร็วหน่วยวินาที (s)

อัตราเร่งเชิงมุมของรถขนส่งอัตโนมัติเป็น 1.373 เรเดียนต่อวินาทีกำลังสอง

การคำนวณหาค่าแรงบิดของมอเตอร์จากการขับเคลื่อนรถขนส่งอัตโนมัติ

จาก

$$T = I\alpha \quad (3.5)$$

$$= 5 \times 1.373$$

$$= 6.865 \text{ Nm}$$

เมื่อ T คือ แรงบิดหน่วยนิวตันเมตร (Nm)

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อยรวมของรถขนส่งอัตโนมัติ
หน่วยกิโลกรัม.เมตรกำลังสอง ($kg \cdot m^2$)

α คือ อัตราเร่งเชิงมุมหน่วยเรเดียนต่อวินาทีกำลังสอง ($\frac{rad}{s^2}$)

แรงบิดของมอเตอร์จากการขับเคลื่อนรถขนส่งอัตโนมัติเป็น 15.45 นิวตันเมตร

การคำนวณหาค่าแรงบิดสูงสุดของมอเตอร์ ในขณะที่รถขนส่งอัตโนมัติกำลังจะเคลื่อนที่

จาก

$$T = T_f + T_{AGV} \quad (3.6)$$

$$= 9.81 + 6.865 \text{ Nm}$$

$$= 16.68 \text{ Nm}$$

เมื่อ T คือ แรงบิดสูงสุดหน่วยนิวตันเมตร (Nm)

T_f คือ แรงบิดจากแรงเสียดทานหน่วยนิวตันเมตร (Nm)

T_{AGV} คือ แรงบิดจากแรงขับเคลื่อนนิวตันเมตร (Nm)
แรงบิดสูงสุดในการขับเคลื่อนรถขนส่งอัตโนมัติเป็น 16.68 นิวตันเมตร

4. การคำนวณหาขนาดล้อ

จากการหาข้อมูลจำเพาะของรถขนส่งอัตโนมัติ เลือกใช้มอเตอร์ รุ่น MMEB-074DAB แรงดันใช้ 24 ถึง 27 โวลต์ ต่อกับเกียร์ทด 100 : 1 โดยขณะไม่มีโหลดใช้กระแสไฟสูงสุด 1.4 แอมป์ ความเร็ว 3,300 รอบต่อนาที และขณะขับโหลดสูงสุดใช้กระแสไฟสูงสุด 1.7 แอมป์ ความเร็ว 2,800 รอบต่อนาที ในหนึ่งนาทีมอเตอร์สวมเกียร์ทดหมุน 28 รอบ รัศมีล้อต้องไม่ต่ำกว่า 9.2 เซนติเมตร ดังนั้นจึงใช้ล้อมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร

5. การวิเคราะห์ระบบโครงสร้างและกลไกของรถขนส่งอัตโนมัติ

การวิเคราะห์ระบบโครงสร้างและกลไกของรถขนส่งอัตโนมัติ วิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้าง ณ จุดรับแรงภายในรถขนส่งอัตโนมัติ และทำภาพเคลื่อนไหวจำลองการทำงานของกลไกในแต่ละส่วนของรถขนส่งอัตโนมัติผ่านโปรแกรมโซลิดเวิร์ก

6. การทดสอบระบบโครงสร้างและกลไกของรถขนส่งอัตโนมัติ

การทดสอบระบบโครงสร้างและกลไกของรถขนส่งคือ การทดลองต่อโครงสร้างและกลไกของรถขนส่งอัตโนมัติ จากวัสดุอุปกรณ์เลือกใช้เพื่อหาปัญหาในการใช้งาน

7. การจัดทำชิ้นส่วนและประกอบรถขนส่งอัตโนมัติ

การจัดทำชิ้นส่วนรถขนส่งอัตโนมัติตามที่ได้ออกแบบไว้โดยใช้เครื่องตัดเหล็ก เครื่องกลึง เครื่องกัด และเครื่องเชื่อมเป็นหลัก การประกอบเริ่มประกอบจากตัวโครง ล้อ และคอนเวเยอร์ตามลำดับ

8. การทดสอบการเคลื่อนที่ของรถขนส่งอัตโนมัติ

การทดสอบการเคลื่อนที่ของรถขนส่งอัตโนมัติ เป็นการทดสอบระบบการขับเคลื่อนระบบการขับเคลื่อนให้แก่ออกคอนเวเยอร์ เพื่อให้รถขนส่งอัตโนมัติสามารถทำงานได้ในขณะขนส่งเครื่องอัดน้ำยาหนัก 2,000 กิโลกรัม ได้อย่างต่อเนื่องและสามารถใช้งานได้ในระยะยาว ซึ่งการทดสอบประกอบด้วย การทดสอบการเดินตามเส้นตรง การเดินตามเส้นเฉียง การเดินตามเส้นโค้ง และการเลี้ยวของรถขนส่งอัตโนมัติ

9. การทดสอบการทำงานของกลไกการขนส่งเครื่องอัดน้ำยา

การทดสอบกลไกการขนส่งเครื่องอัดน้ำยา เป็นการทดสอบการขับเคลื่อนของกลไกในการขนส่งเครื่องอัดน้ำยา ซึ่งเป็นคอนเวเยอร์ประเภทโรลเลอร์ เพื่อให้รถขนส่งอัตโนมัติสามารถทำงานได้ในขณะขนส่งเครื่องอัดน้ำยาหนัก 2,000 กิโลกรัม ได้อย่างต่อเนื่องและสามารถใช้งานได้ในระยะยาว ซึ่งการทดสอบประกอบด้วยความเร็วมอเตอร์ในขับเคลื่อนกลไกการขนส่งเครื่องอัดน้ำยา ขนาดน้ำหนักกลไกการขนส่งรับ ความสูงรวมของเครื่องอัดน้ำยาในการขนส่งจากรถขนส่งอัตโนมัติให้สายการผลิต เวลาใช้ในการขนส่งเครื่องอัดน้ำยาระหว่างรถขนส่งอัตโนมัติกับสายการผลิต โดยมีตัวรับรู้ตรวจจับแสงประเภทส่องผ่าน รุ่น บีอีเอ็น 10 เอ็มทีเอฟอาร์ ในการตรวจจับสถานะการทำงานของรถขนส่งเครื่องอัดน้ำยา

10. การทดสอบการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติในระบบอัตโนมัติ

การทดสอบการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติในระบบอัตโนมัติ เป็นการทดสอบระบบการทำงานทั้งหมด ของรถขนส่งอัตโนมัติ โดยประกอบด้วย การควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติโดยปุ่มกด การเดินตามเส้น การเลี้ยว การอ่านคำสั่งจากเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี การทำงานตามคำสั่งจากเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี การขนส่งเครื่องอัดน้ำยาระหว่างรถขนส่งอัตโนมัติ กับสายการผลิต โดยจำลองเส้นทางและลำดับการทำงานจากการขนส่งจริงภายในสายการผลิต

11. การทดสอบการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติในระบบบังคับมือ

การทดสอบการทำงานของระบบขนส่งอัตโนมัติในระบบบังคับมือ เป็นการทดสอบระบบการทำงานของมอเตอร์ในรถขนส่งอัตโนมัติ โดยการบังคับมือ ซึ่งประกอบด้วย มอเตอร์ล้อด้านซ้ายของรถขนส่งอัตโนมัติ มอเตอร์ล้อด้านขวาของรถขนส่งอัตโนมัติ มอเตอร์ในการขับเคลื่อนกลไกการขนส่งเครื่องอัดน้ำยา รวมถึงการทดสอบความเร็วในการควบคุมมอเตอร์ให้เหมาะกับระบบบังคับมือ เพื่อความปลอดภัยในการใช้งานรถขนส่งอัตโนมัติ ของผู้ดูแล

บทที่ 4

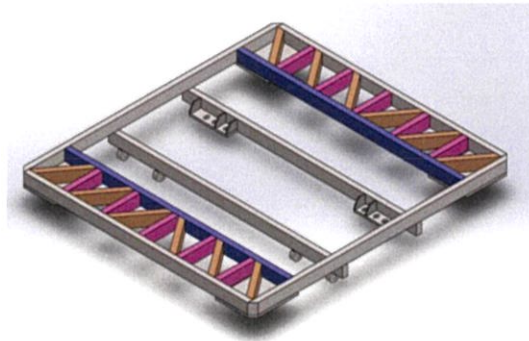
ผลการดำเนินโครงการ

4.1 ระบบโครงสร้างและกลไก

ผลการดำเนินงานในระบบโครงสร้างและกลไก ประกอบด้วย การพัฒนาโครงสร้างฐานของรถขนส่งอัตโนมัติ การพัฒนากลไกการขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์ การพัฒนาชุดล้อขับสำหรับรถขนส่งอัตโนมัติ การทดสอบกลไกขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์ คอนเวเยอร์ และการทดสอบระบบโครงสร้างกลไกการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ

4.1.1 การพัฒนาโครงสร้างฐานของรถขนส่งอัตโนมัติ

การพัฒนาโครงสร้างฐานของรถขนส่งอัตโนมัติพัฒนาจากเหล็กกล่อง เหล็กแผ่นเพลท เพลากลมตัน ผ่านการกลึง การตัด การกัดสร้างชิ้นส่วน เพื่อนำมาประกอบขึ้นผ่านการเชื่อมตามการออกแบบโครงสร้างฐานของรถขนส่งอัตโนมัติ ดังรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 แบบโครงสร้างฐานของรถขนส่งอัตโนมัติ



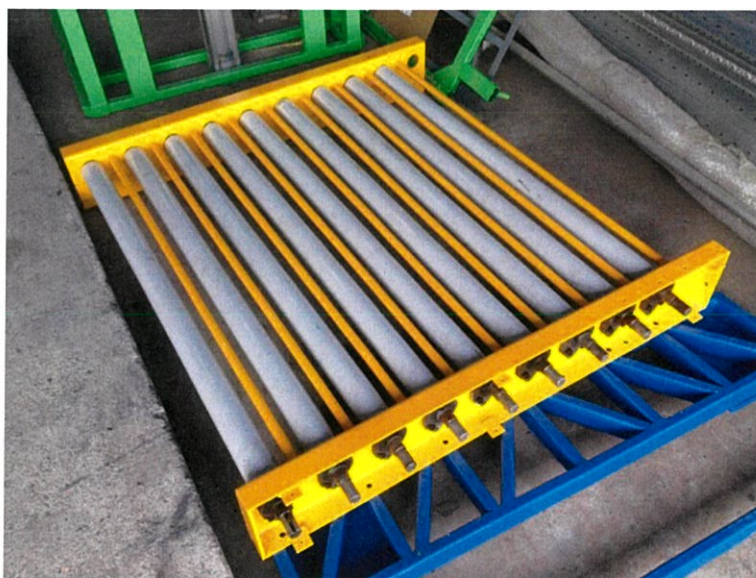
รูปที่ 4.2 การพัฒนาโครงสร้างฐานของรถขนส่งอัตโนมัติ

4.1.2 การพัฒนากลไกการขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์

การพัฒนากลไกการขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์ โดยพัฒนามาจาก โครงสร้างกลไกการขนส่งประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์เก่า เป็นโครงสร้างไม่ได้ใช้งานผ่านการตัด การ กิ่ง ให้ได้ขนาดตามกำหนดไว้ เพื่อให้กลไกการขนส่งสามารถประกอบเข้ากับโครงสร้างฐานได้ ก่อน ประกอบทำการขัดสนิมออกและพ่นสีใหม่ ดังรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4



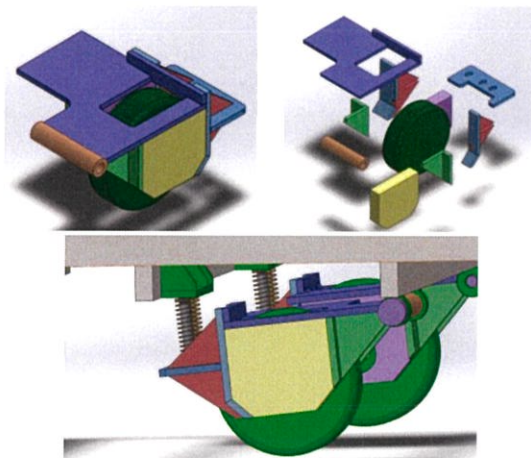
รูปที่ 4.3 โครงสร้างกลไกการขนส่งประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์เก่า



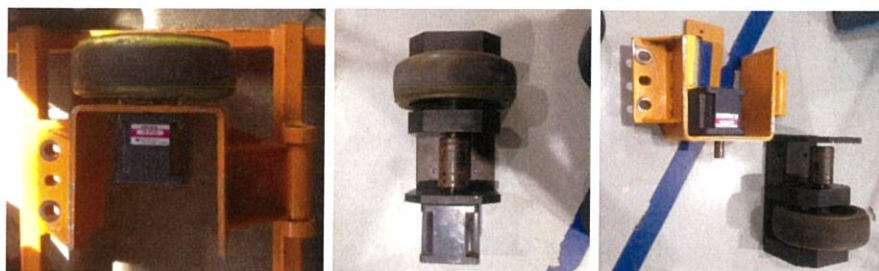
รูปที่ 4.4 การพัฒนากลไกการขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์

4.1.3 การพัฒนาชุดล้อขับเคลื่อนอัตโนมัติ

การพัฒนาชุดล้อขับเคลื่อนอัตโนมัติพัฒนาโดยใช้เหล็กแผ่นเพลท เหล็กกลมตันและชุดล้อขับเคลื่อนอัตโนมัติเก่า ผ่านการกัด การกลึง การตัดสร้างชิ้นส่วนเพื่อนำมาเชื่อมประกอบเป็นชุดล้อขับเคลื่อน ดังรูปที่ 4.5 รูปที่ 4.6 รูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.5 แบบชุดล้อขับเคลื่อนอัตโนมัติ



รูปที่ 4.6 ชุดล้อขับเคลื่อนอัตโนมัติเก่า



รูปที่ 4.7 ชิ้นส่วนของชุดล้อขับเคลื่อนอัตโนมัติเก่า



รูปที่ 4.8 ชุดล้อขับเคลื่อนสำหรับรถขนส่งอัตโนมัติ

4.1.4 การทดสอบกลไกขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์

การทดสอบกลไกขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์ ซึ่งเป็นการทดสอบความเร็วในการหมุนกับน้ำหนักที่สามารถรับได้ของกลไกการขนส่งเครื่องอัดน้ำยา ประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์ โดยระยะทางการเคลื่อนที่หรือความยาวของคอนเวเยอร์ คือ 90 เซนติเมตร ความเร็วของมอเตอร์ 2,000 รอบต่อนาที และเกียร์ทด 90 ต่อ 1 ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การทดสอบกลไกขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์

1. การทดสอบกลไกขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์ ทหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของมอเตอร์กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้นโดยใช้ถาดไม้ที่มีน้ำหนัก 10 กิโลกรัม ในการทดสอบได้ทำการเก็บบันทึกข้อมูล ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ความเร็วมอเตอร์คอนเวเยอร์กับข้อมูลเคลื่อนที่เชิงเส้น เมื่อมีถาดไม้หนัก 10 กิโลกรัม

ความเร็วของมอเตอร์		ข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น				
เปอร์เซ็นต์ (%)	ระดับแรงดัน (โวลต์)	เวลา (วินาที)				ความเร็ว (เซนติเมตรต่อนาที)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
5	0.2	77.31	77.01	77.26	77.19	69.9
10	0.4	38.43	38.50	38.54	38.49	136.7
25	1	15.46	15.51	15.40	15.46	348.8
50	2	7.45	7.53	7.38	7.45	725.8
75	3	5.13	5.02	5.13	5.09	1,061.3
100	4	3.56	3.59	3.52	3.56	1,517.7

2. การทดสอบกลไกขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์ หาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของมอเตอร์กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น โดยใช้วัตถุขนาด 90 กิโลกรัม วางบนถาดไม้หนัก 10 กิโลกรัม ในการทดสอบได้ทำการเก็บบันทึกข้อมูล ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ความเร็วมอเตอร์คอนเวเยอร์กับข้อมูลเคลื่อนที่เชิงเส้น เมื่อมีวัตถุขนาด 90 กิโลกรัม วางบนถาดไม้หนัก 10 กิโลกรัม

ความเร็วของมอเตอร์		ข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น				
เปอร์เซ็นต์ (%)	ระดับแรงดัน (โวลต์)	เวลา (วินาที)				ความเร็ว (เซนติเมตรต่อนาที)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
5	0.2	ไม่มีการเคลื่อนที่				
10	0.4	39.01	39.10	39.03	39.05	138.25
25	1	16.22	16.27	16.28	16.26	332.10
50	2	8.09	8.10	8.04	8.08	668.15
75	3	5.88	5.85	5.89	5.87	920.25
100	4	3.95	3.92	3.95	3.94	1,363.64

3. การทดสอบกลไกขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์ หาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของมอเตอร์กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น โดยใช้วัตถุขนาด 1,500 กิโลกรัม วางบนถาดไม้หนัก 10 กิโลกรัมในการทดสอบได้ทำการเก็บบันทึกข้อมูล ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ความเร็วมอเตอร์คอนเวเยอร์กับข้อมูลเคลื่อนที่เชิงเส้น เมื่อมีวัตถุขนาด 1,500 กิโลกรัม วางบนถาดไม้หนัก 10 กิโลกรัม

ความเร็วของมอเตอร์		ข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น				
เปอร์เซ็นต์ (%)	ระดับแรงดัน (โวลต์)	เวลา (วินาที)				ความเร็ว (เซนติเมตรต่อนาที)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
5	0.2	ไม่มีการเคลื่อนที่				
10	0.4	ไม่มีการเคลื่อนที่				
25	1	18.82	18.79	18.88	18.83	286.62
50	2	9.97	10.05	10.02	10.01	538.92
75	3	7.10	6.98	7.08	7.05	765.96
100	4	4.99	5.03	5.02	5.01	1,077.8

4.1.5 ผลการทดสอบระบบโครงสร้างกลไกการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ

การทดสอบโครงสร้างกลไกการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ เป็นการทดสอบความเร็วในการเคลื่อนที่ที่กับน้ำหนักสามารถรับได้ของระบบโครงสร้างและกลไกของรถขนส่งอัตโนมัติ ในการทดสอบให้ล้อขับเคลื่อนเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ทั้งสองข้างเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากันเป็นระยะทาง 1 เมตร และรับน้ำหนักแตกต่างกัน โดยโครงสร้างของรถขนส่งอัตโนมัติหนัก 350 กิโลกรัมมอเตอร์ 2,000 รอบต่อนาที และเกียร์ทด 90 ต่อ 1 ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การทดสอบโครงสร้างกลไกการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ

1. การทดสอบโครงสร้างกลไกการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของมอเตอร์กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น ได้ทำการเก็บบันทึกข้อมูล ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ความเร็วมอเตอร์คอนเวเยอร์กับข้อมูลเคลื่อนที่เชิงเส้น

ความเร็วของมอเตอร์ซ้ายและขวา		ข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น				
เปอร์เซน (%)	ระดับแรงดัน (โวลต์)	เวลา (วินาที)				ความเร็ว (เมตรต่อนาที)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
5	0.2	ไม่มีการเคลื่อนที่				
10	0.4	ไม่มีการเคลื่อนที่				
15	0.6	9.67	9.73	9.72	9.71	6.17
20	0.8	6.96	6.95	6.98	6.96	8.62
25	1	5.02	5.00	5.01	5.01	11.98
50	2	2.32	2.29	2.31	2.31	25.97
75	3	1.77	1.75	1.73	1.75	34.25
100	4	1.13	1.10	1.14	1.12	53.47

2. การทดสอบโครงสร้างกลไกการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของมอเตอร์กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น โดยรับน้ำหนัก 500 กิโลกรัม ทำการเก็บบันทึกข้อมูล ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับข้อมูลเคลื่อนที่เชิงเส้น

ความเร็วของมอเตอร์ซ้ายและขวา		ข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น				
เปอร์เซ็นต์ (%)	ระดับแรงดัน (โวลต์)	เวลา (วินาที)				ความเร็ว (เมตรต่อนาที)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
5	0.2	ไม่มีการเคลื่อนที่				
10	0.4	ไม่มีการเคลื่อนที่				
15	0.6	9.87	9.84	9.88	9.86	6.10
20	0.8	7.15	7.10	7.14	7.13	8.40
25	1	5.44	5.40	5.43	5.42	11.07
50	2	2.76	2.78	2.72	2.75	21.74
75	3	1.88	1.93	1.90	1.90	31.25
100	4	1.33	1.38	1.35	1.35	44.43

3. การทดสอบโครงสร้างกลไกการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของมอเตอร์กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น โดยรับน้ำหนัก 1,500 กิโลกรัม และทำการเก็บบันทึกข้อมูล ดังตารางที่ 4.6

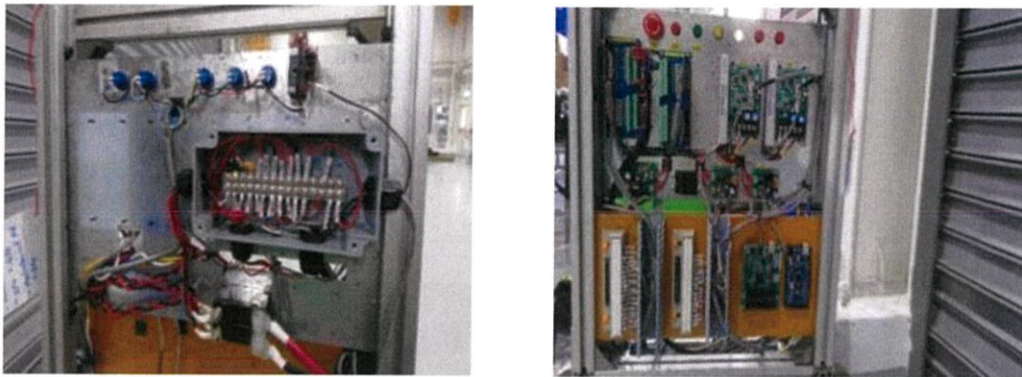
ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับข้อมูลเคลื่อนที่เชิงเส้น

ความเร็วของมอเตอร์ซ้ายและขวา		ข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น				
เปอร์เซ็นต์ (%)	ระดับแรงดัน (โวลต์)	เวลา (วินาที)				ความเร็ว (เมตรต่อนาที)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
5	0.2	ไม่มีการเคลื่อนที่				
10	0.4	ไม่มีการเคลื่อนที่				
15	0.6	10.06	10.08	10.00	10.05	5.97
20	0.8	7.45	7.40	7.44	7.43	8.08
25	1	5.95	5.93	5.87	5.92	10.10
50	2	2.96	3.08	3.02	3.02	19.88
75	3	2.06	2.04	2.03	2.05	29.24
100	4	1.53	1.48	1.55	1.52	39.53

4.2 ระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ

การทดสอบโครงสร้างรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับการทดสอบระบบควบคุม ประกอบขึ้นจาก อลูมิเนียมโปรไฟล์ เนื่องจากการออกแบบสร้างขึ้นส่วนรถขนส่งอัตโนมัติ สำหรับการขนส่งเครื่องอัตโนมัติ ใช้เวลานาน จึงเริ่มพัฒนาระบบควบคุมพร้อมพัฒนาระบบโครงสร้างสำหรับการขนส่งเครื่องอัตโนมัติ

จากหลักการออกแบบระบบโครงสร้างและระบบควบคุม สามารถที่จะประกอบรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับการทดสอบระบบควบคุม วางระบบวงจรควบคุมและเดินสายไฟ ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การทดลองวางระบบวงจรควบคุมและเดินสายไฟของรถขนส่งอัตโนมัติ

4.2.1 ผลการทดสอบอุปกรณ์ภายในระบบควบคุม

ในการทดสอบการรับส่งสัญญาณระหว่างตัวควบคุมหลักกับอุปกรณ์ภายนอก เช่น ปุ่มกด ตัวรับรู้เพื่อตรวจสอบการชิตขวาง ตัวรับรู้เพื่อตรวจสอบสถานะการขนส่งเครื่องอัตโนมัติ เป็นต้น ใช้อุปกรณ์ควบคุม Arduino ในการทดสอบอุปกรณ์ภายในระบบควบคุมมีการทดสอบรับส่งสัญญาณผ่านวงจรไอโซเลเตอร์ (Isolator) และการทดสอบรับส่งสัญญาณระหว่างตัวควบคุมหลักกับตัวรับรู้โดยตรง

การทดสอบการรับส่งสัญญาณขาเข้าและสัญญาณขาออก ระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับ อุปกรณ์ควบคุมหลักโดยตรง พบว่าสัญญาณมีคลื่นรบกวน (Noise) ทำให้มีความผิดพลาดในการรับส่งสัญญาณ ไม่สามารถนำมาใช้งานได้

การทดสอบการรับส่งสัญญาณเข้าออก ระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับอุปกรณ์ควบคุมหลักผ่าน วงจรไอโซเลเตอร์ พบว่าสัญญาณมีคลื่นรบกวนน้อยกว่าการรับส่งสัญญาณเข้าออก ระหว่างอุปกรณ์

ภายนอกกับอุปกรณ์ควบคุมหลัก โดยไม่ผ่านวงจรถ่ายไอโซเลเตอร์ซึ่งการรับส่งสัญญาณเข้าออกระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับอุปกรณ์ควบคุมหลัก โดยผ่านวงจรถ่ายไอโซเลเตอร์มีความเสถียรมากขึ้น

1. อุปกรณ์ประเภทปุ่มกด (Button)

อุปกรณ์ประเภทปุ่มกดเป็นประเภทกดแล้วหน้าสัมผัสของปุ่มกดติดกัน เมื่อทำการปล่อยหน้าสัมผัสของปุ่มกดไม่ติดกัน

ในการทดสอบต่อวงจรทดสอบ โดยอุปกรณ์ประเภทปุ่มกดอยู่ระหว่างวงจรถ่ายไอโซเลเตอร์กับกราวด์ (Ground)

เมื่อกดอุปกรณ์ประเภทปุ่มกดทำให้วงจรถ่ายไอโซเลเตอร์ส่งลอจิกศูนย์ ให้แก่ตัวควบคุมกลาง ทำให้อุปกรณ์ประเภทปุ่มกดเชื่อมต่อกับวงจรถ่ายแอลอีดี (LED) ในวงจรถ่ายไอโซเลเตอร์ทำงานแล้วส่งผลให้โฟโตทรานซิสเตอร์ทำงาน สัญญาณเข้าตัวควบคุมส่วนกลางเชื่อมต่อกับกราวด์ ในทางกลับกันถ้าปล่อยอุปกรณ์ประเภทปุ่มกดสัญญาณเข้าตัวควบคุมส่วนกลาง ไม่เชื่อมต่อกับกราวด์ทำให้อุปกรณ์ประเภทปุ่มกดส่งสัญญาณลอจิกหนึ่ง ให้แก่ตัวควบคุมส่วนกลาง

2. อุปกรณ์ประเภทการตรวจนับวัตถุ

อุปกรณ์ประเภทการตรวจนับวัตถุ เป็นประเภทเดียวกับอุปกรณ์ประเภทปุ่มกด เมื่อตรวจเจอวัตถุส่งลอจิกค่าหนึ่งออกมา และเมื่อตรวจไม่เจอวัตถุส่งลอจิกอีกค่าหนึ่งออกมา โดยค่าของลอจิกขึ้นอยู่กับประเภทสัญญาณของอุปกรณ์เป็นประเภทเอ็นพีเอ็น (NPN) หรือพีเอ็นพี (PNP)

3. อุปกรณ์แปลงแรงดันสัญญาณเข้าออก ระหว่างอุปกรณ์ควบคุมหลักกับอุปกรณ์ภายนอก

อุปกรณ์แปลงแรงดันสัญญาณเข้าออกระหว่างอุปกรณ์ควบคุมหลักกับอุปกรณ์ภายนอก ใช้ไอโซเลเตอร์หรือโฟโตทรานซิสเตอร์ในการแยกสัญญาณเพื่อแปลงแรงดันสัญญาณเข้าออก ระหว่างอุปกรณ์ควบคุมหลักกับอุปกรณ์ ให้หลักการของไอโซเลเตอร์ ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 วงจรถ่ายไอโซเลเตอร์

เมื่อต่อแรงดันขาเข้ากับกราวด์ โฟโตทรานซิสเตอร์จะทำงานและส่งผลให้สัญญาณเข้าที่ตัวควบคุมมีลอจิกเป็นศูนย์ เพราะสัญญาณเข้าตัวควบคุมมีค่าแรงดันน้อยประมาณแรงดันตกคร่อมขาคอลเลคเตอร์ (Collector, C) และขาอีมิเตอร์ (Emitter, E) ของโฟโตทรานซิสเตอร์ ในทางกลับกัน ถ้าแรงดันขาเข้าไม่ได้เชื่อมต่อกับกราวด์ ทำให้สัญญาณเข้าตัวควบคุมมีลอจิกเป็นหนึ่ง

4. อุปกรณ์สำหรับการอ่านอาร์เอฟไอดี (RFID)

อุปกรณ์สำหรับการอ่านอาร์เอฟไอดี เป็นอุปกรณ์สำหรับการอ่านอาร์เอฟไอดี รุ่น เอฟเอสอาร์ เอชวัน (FSR-H1) ใช้ไฟเลี้ยง 5 โวลต์ และมีข้อมูลจำเพาะ ดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์สำหรับการอ่านอาร์เอฟไอดี รุ่นเอฟเอสอาร์ เอชวัน

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Condition / Note
RF Frequency		13.56		MHz	
Power Supply	4.5	5	5.5	VDC	Stability DC voltage
Current Consumption		40	50	mA	@5V
RF Data Rate		26		Kbps	ISO15693-3
Host Interface					UART, RS232
Host Data Rate	9600		115,200	bps	6 step (Initial set 38400)
RF Power		100	200	mW	
Reading Range		8	12	Cm	@Card type tag
Visual Indicators					Optical 2 LED
Operating Temperature	0		80	°C	



รูปที่ 4.13 อุปกรณ์สำหรับการอ่านอาร์เอฟไอดี รุ่นเอฟเอสอาร์ เอชวัน

ในการทดสอบอุปกรณ์สำหรับการอ่านอาร์เอฟไอดี รุ่น เอฟเอสอาร์ เอชวัน ใช้อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก Arduino รุ่น MEGA 2560 ในการเก็บข้อมูลรหัสคำสั่งของรถขนส่งอัตโนมัติในโรงงานการผลิต

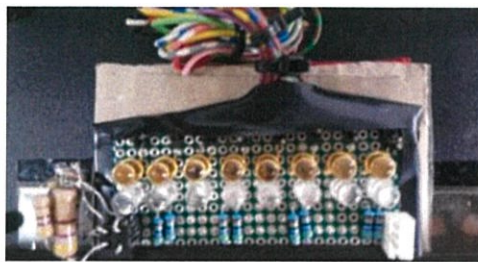
ในการเก็บข้อมูลรหัสคำสั่งอาร์เอฟไอดี จะเก็บข้อมูลคำสั่งผ่านการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication) ใช้ความเร็วในการรับส่งข้อมูล 38400 บิตต่อวินาที ได้ข้อมูลรหัสคำสั่ง ฐาน 16 ออกมา ดังรูปที่ 4.14

The image shows a serial monitor output with two columns of data. The left column is labeled 0x20 through 0x25, and the right column is labeled 0x10 through 0x19. Each label is followed by a list of hexadecimal values. For example, 0x20 contains 149, 118, 181, 246, 150, and 0. The right column shows similar data for 0x10 through 0x19.

รูปที่ 4.14 ข้อมูลรหัสคำสั่งอาร์เอฟไอดี

5. อุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้น

อุปกรณ์ในการตรวจจับตำแหน่งของเส้น ใช้หลักการการสะท้อนแสงอินฟราเรด (Infrared Light) เข้าตัวรับแสงอินฟราเรด (Infrared Receiver) ถ้าเจอเส้นเกิดการสะท้อนแสงเข้าตัวรับแสงอินฟราเรด โดยตัวรับแสงอินฟราเรดส่งสัญญาณลอจิก 1 ออกมา ในทางกลับกันถ้าไม่เจอเส้นเกิดการสะท้อนแสงเข้าตัวรับแสงอินฟราเรดน้อยมาก หรือไม่เกิดการสะท้อน การกระจายแสงทำให้ตัวรับแสงอินฟราเรดส่งสัญญาณลอจิก 0 ออกมา ซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นมี 2 ประเภทคือ อุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นมีชุดตรวจจับการสะท้อน 1 ชุด และอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นมีชุดตรวจจับการสะท้อน 8 ชุด ในการทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นใช้อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก Arduino รุ่น MEGA 2560 ในการทดสอบ เพื่ออ่านสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับเส้น ดังรูปที่ 4.15

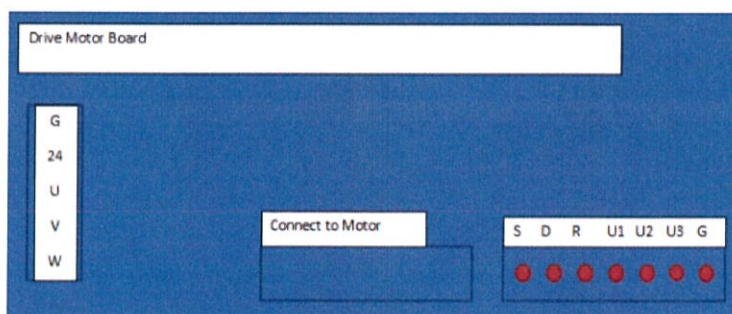


รูปที่ 4.15 อุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นมีชุดตรวจจับการสะท้อน 8 ชุด

6. อุปกรณ์สำหรับการควบคุมมอเตอร์

ในการทดสอบอุปกรณ์สำหรับการควบคุมมอเตอร์ ต้องทดสอบอุปกรณ์เพื่อได้ข้อมูลการใช้งานจากรถขนส่งอัตโนมัติ โดยการนำโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันตัวควบคุมส่วนกลางจ่ายให้อุปกรณ์สำหรับควบคุมมอเตอร์ในแต่ละจุด ข้อมูลการใช้งานหรือแรงดันต้องจ่ายในแต่ละจุด เพื่อให้อุปกรณ์สำหรับควบคุมมอเตอร์ทำงานได้อย่างสมบูรณ์ ใช้อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก Arduino รุ่น MEGA 2560 ในการทดสอบต่อไป ซึ่งได้ผลการทดสอบอุปกรณ์สำหรับควบคุมมอเตอร์ ดังรูปที่ 4.16

- (1) ช่องสัญญาณ เอส (S) เป็นสัญญาณขาเข้าเพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์ โดยจ่ายเป็นแรงดัน 0 ถึง 4 โวลต์
- (2) ช่องสัญญาณ ดี (D) เป็นสัญญาณขาเข้าเพื่อควบคุมทิศทางมอเตอร์ โดยจ่ายเป็นลอจิก 0 หรือ 1
- (3) ช่องสัญญาณ อาร์ (R) เป็นสัญญาณสั่งการทำงานมอเตอร์ โดยจ่ายเป็นลอจิก 0 หรือ 1
- (4) ช่องสัญญาณ ยู1, ยู2, ยู3 (U1, U2, U3) เป็นสัญญาณขาออกแสดงการทำงานของมอเตอร์
- (5) ช่องสัญญาณ ยู, วี, ดับเบิลยู (U, V, W) เป็นสัญญาณขาออกในการควบคุมมอเตอร์
- (6) ช่องสัญญาณ 24 เป็นไฟเลี้ยงมอเตอร์
- (7) ช่อง จี (G) เป็นกราวด์



รูปที่ 4.16 ผลการทดสอบอุปกรณ์สำหรับการควบคุมมอเตอร์

4.2.2 ผลการทดสอบระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติโดยใช้ Arduino

1. ผลการทดสอบการเดินตามเส้น

ในการทดสอบการเดินตามเส้นโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก Arduino รุ่น MEGA 2560 จะใช้อุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นมีชุดตรวจจับการสะท้อน 1 ชุด จำนวน 2 อัน เนื่องจากอยู่ระหว่างการสั่งซื้ออุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นมีชุดตรวจจับการสะท้อน 8 ชุด โดยติดอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นบริเวณตรงกลางของรถขนส่งอัตโนมัติ ซึ่งมีระยะห่างระหว่างชุดตรวจจับการสะท้อนแสง 6 เซนติเมตร เนื่องจากอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นบรรจุชุดตรวจจับการสะท้อน มีขนาดใหญ่

หลักการของโปรแกรมสำหรับการทดสอบการเดินตามเส้น เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นตรวจจับเจอเส้นด้านใด รถขนส่งอัตโนมัติเลี้ยวทางด้านนั้น แต่ถ้าอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นด้านใดไม่เจอเส้น มอเตอร์ด้านนั้นหยุด ถ้ามอเตอร์ไม่หยุดรถขนส่งอัตโนมัติ ตรวจไม่เจอเส้นหรือหลุดออกจากเส้น เนื่องจากใช้ชุดตรวจจับการสะท้อน 2 ชุด และตัวควบคุมหลักเป็น Arduino ซึ่งระบบการทำงานเป็นการทำงานที่ละบรรทัด ซึ่งทำให้มีการตอบสนองต่อชุดตรวจจับการสะท้อนช้า

ผลการทดสอบคือ รถขนส่งอัตโนมัติไม่สามารถเดินตามเส้นมีความกว้าง 1 เซนติเมตร ได้ แต่สามารถเดินตามเส้นมีความกว้าง 5 เซนติเมตร โดยลักษณะการเดินตามเส้นมีการสั่นเนื่องจากการตอบสนองต่อชุดตรวจจับเส้นช้า มีชุดตรวจจับเส้น

เมื่อใช้อุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นมีชุดตรวจจับการสะท้อน 8 ชุด โดยติดอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นบริเวณตรงกลางของรถขนส่ง และหลักการของโปรแกรมสำหรับการทดสอบการเดินตามเส้นคือ

เมื่อชุดตรวจจับการสะท้อนชุด 4 และ 5 พบเส้น รถขนส่งอัตโนมัติเคลื่อนที่ตรงไปด้วยความเร็วปกติ

เมื่อชุดตรวจจับการสะท้อนชุด 3 หรือ 4 พบเส้น รถขนส่งอัตโนมัติเคลื่อนที่ไปทางซ้ายด้วยความเร็วต่ำ

เมื่อชุดตรวจจับการสะท้อนชุด 6 หรือ 5 พบเส้น รถขนส่งอัตโนมัติเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็วต่ำ

เมื่อชุดตรวจจับการสะท้อนชุด 1 หรือ 2 พบเส้น รถขนส่งอัตโนมัติเคลื่อนที่ไปทางซ้ายด้วยความเร็วปกติ

โดยใช้หลักการพีไอดีคอนโทรล (PID Controller) ในการหาช่วงความเร็วเหมาะสมว่า ความเร็วปกติ ความเร็วช้าควรเป็นค่าความเร็วเท่าไร ในการทดสอบได้มีการเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ตามเส้นโค้ง ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับรัศมีความโค้งสูงสุดสามารถเดินตามได้

ความเร็วเฉลี่ย		รัศมีความโค้ง (เซนติเมตร)
เปอร์เซ็นต์ (%)	ความเร็ว (เมตรต่อนาที)	
15	7	23
20	9	31
25	12	37
50	25	59
75	35	90
100	55	107

2. ผลการทดสอบการอ่านข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดี (RFID)

ในการทดสอบการอ่านข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดีผ่านระบบการสื่อสารที่ทีแอนด์อี (TTL) โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก Arduino รุ่น MEGA 2560 ติดตั้งบริเวณด้านขวาของรถขนส่งอัตโนมัติ

หลักการของโปรแกรมสำหรับการทดสอบการอ่านข้อมูลชุดคำสั่งอาร์เอฟไอดีคือ เมื่อรับข้อมูลคำสั่งอาร์เอฟไอดี ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล จัดเก็บข้อมูลในตัวแปรประเภทอาร์เรย์ โดยใช้ความเร็วในการรับส่งข้อมูล (Baudrate) 115200 ซึ่งชุดข้อมูลคำสั่งอาร์เอฟไอดีประกอบด้วยข้อมูลบ่งบอกถึงการเริ่มต้นการรับส่งข้อมูล (Start Bit) ข้อมูลรหัสคำสั่งข้อบ่งบอกถึงการสิ้นสุดของการรับส่งข้อมูล (Stop Bit) ถ้าองค์ประกอบข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้อง จะเกิดวนการเก็บข้อมูลใหม่ จนกว่าได้ข้อมูลถูกต้อง และรถขนส่งอัตโนมัติจะเก็บชุดข้อมูลคำสั่ง เมื่อชุดข้อมูลคำสั่งอ่านแตกต่างจาก ชุดข้อมูลคำสั่งก่อนหน้านี้ทำให้รถขนส่งอัตโนมัติไม่ทำคำสั่งเหมือนกับคำสั่งก่อนหน้านี้ซ้ำเดิม เช่น รถขนส่งอัตโนมัติได้รับคำสั่งให้เลี้ยวขวา รถขนส่งอัตโนมัติจะเลี้ยวขวาแค่ครั้งเดียวจนกว่าจะอ่านเจอชุดข้อมูลคำสั่งอื่น ถึงทำการเลี้ยวขวาเมื่อได้รับคำสั่งให้เลี้ยวขวาอีกครั้ง ในการทดสอบได้มีการเก็บข้อมูลความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะเวลาการอ่านข้อมูลคำสั่ง ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะเวลาอ่านข้อมูลคำสั่ง

ความเร็วเฉลี่ย		ระยะเวลาอ่านข้อมูลคำสั่ง (เซนติเมตร)
เปอร์เซ็นต์ (%)	ความเร็ว (เมตรต่อนาที)	
15	7	10
20	9	9.5
25	12	9
50	25	7
75	35	6.5
100	55	5

ผลการทดสอบการอ่านข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดี รถขนส่งอัตโนมัติสามารถรับข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดีได้ถูกต้อง และระยะเวลาอ่านจะอยู่ในรัศมี 5 ถึง 10 เซนติเมตร จึงทำให้การอ่านข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดีมีระยะเวลาในการอ่านวนซ้ำ จนกว่าจะได้ข้อมูลถูกต้องได้ และนอกจากนี้จึงต้องมีการหน่วงเวลาเพื่อให้รถขนส่งอัตโนมัติ ทำตามคำสั่งเมื่อถึงแผ่นคำสั่งอาร์เอฟไอดี (RFID Card)

3. ผลการทดสอบการรับส่งของ

ในการทดสอบการรับส่งของ โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก Arduino รุ่น MEGA 2560 จะติดตั้งอุปกรณ์การตรวจจับวัตถุทั้งหมด 3 ตัว เพื่อตรวจสอบสถานะการรับส่งของ โดยอุปกรณ์การตรวจจับวัตถุติดตั้งอยู่บริเวณด้านใน ตรงกลาง และด้านนอกของบริเวณพื้นที่การจัดเก็บของบนรถขนส่งอัตโนมัติ

หลักการของโปรแกรมสำหรับการทดสอบการรับส่งของคือ เมื่ออุปกรณ์การตรวจจับวัตถุบริเวณใดตรวจเจอวัตถุ แสดงว่ามีของอยู่บริเวณนั้น ซึ่งหลักการนี้สามารถนำมาใช้บอกสถานะการขนของเข้าและออกระหว่างรถขนส่งอัตโนมัติ กับส่วนการผลิตเพื่อปรับความเร็วการขนส่งให้เหมาะสม

ผลการทดสอบการรับส่งของคือ รถขนส่งอัตโนมัติสามารถตรวจสอบสถานะการขนส่งระหว่างรถขนส่งอัตโนมัติ และส่วนการผลิต

4. ผลการทดสอบการหยุดเมื่อมีสิ่งกีดขวาง

ในการทดสอบการหยุดเมื่อมีสิ่งกีดขวางโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก จะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสิ่งกีดขวาง 2 ส่วนคือ ส่วนกันชน (Bumper) ด้านหน้าของรถขนส่ง เพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวางระยะสั้น และบริเวณด้านหน้าของรถขนส่งอัตโนมัติเพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวางระยะไกล โดยหลักการของโปรแกรมสำหรับการทดสอบหยุดเมื่อมีสิ่งกีดขวางคือ เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับสิ่งกีดขวางตัวใด เจอสิ่งกีดขวาง รถขนส่งอัตโนมัติหยุดทันที ที่ได้ทดสอบและเก็บข้อมูล ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะหยุดเมื่อเจอสิ่งกีดขวางระยะไกล

ความเร็วเฉลี่ย		ระยะหยุด (เซนติเมตร)
เปอร์เซ็นต์ (%)	ความเร็ว (เมตรต่อนาที)	
15	7	105
20	9	84
25	12	75
50	25	46
75	35	20
100	55	12

ผลการทดสอบรถขนส่งอัตโนมัติสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางระยะไกลในระยะ 10 ถึง 100 เซนติเมตร และสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางระยะใกล้ได้เมื่อเกิดการชนด้านหน้า

5. ผลการทดสอบระบบรถขนส่งอัตโนมัติ

ในการทดสอบระบบรถขนส่งอัตโนมัติ โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก Arduino รุ่น MEGA 2560 จะติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด เพื่อให้รถขนส่งอัตโนมัติสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์

หลักการของโปรแกรมสำหรับการทดสอบระบบคือ เมื่อมีการกดปุ่มเริ่มต้นอุปกรณ์ควบคุมหลักรับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้น ถ้าอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นตรวจพบเส้น รถขนส่งอัตโนมัติจะเริ่มเดินตามเส้น เมื่อรถขนส่งอัตโนมัติได้รับข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดี จะตรวจสอบข้อมูล ถ้าข้อมูลมีความถูกต้องและไม่ซ้ำกับข้อมูลคำสั่งก่อนหน้านี้ รถขนส่งอัตโนมัติจะทำตามข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดี ถ้าอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นตรวจไม่พบเส้น จะหยุดการเคลื่อนที่ และเมื่อมีการกดปุ่มหยุด รถขนส่งอัตโนมัติจะหยุดการทำงาน

ในการทดสอบจะจำลองเส้นทางการเดินรถเป็นเส้นตรงยาว 1 เมตร มีข้อมูลคำสั่งการรับวัตถุ จากอาร์เอฟไอดี รถขนส่งอัตโนมัติรับวัตถุจากสายการผลิต เดินรถต่อเป็นเส้นตรง 4 เมตร มีข้อมูล คำสั่งจากอาร์เอฟไอดีให้รถขนส่งอัตโนมัติเลี้ยวซ้าย เดินรถต่อเป็นเส้นตรง 3 เมตร มีข้อมูลคำสั่งจาก อาร์เอฟไอดีให้รถขนส่งอัตโนมัติเลี้ยวขวา เดินรถต่อเป็นเส้นตรง 3 เมตร มีข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดี ให้รถขนส่งอัตโนมัติส่งวัตถุจากสายการผลิต ได้ทดสอบและเก็บข้อมูล ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับเวลาในการทำงานของระบบรถขนส่ง อัตโนมัติ

ความเร็วเฉลี่ย		เวลาในการทำงาน (วินาที)
เปอร์เซ็นต์ (%)	ความเร็ว (เมตรต่อนาที)	
15	7	231
20	9	215
25	12	196
50	25	170
75	35	162
100	55	155

4.2.3 ผลทดสอบระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับการทดสอบระบบ โดยใช้อุปกรณ์ ลอจิกขับเคลื่อนแบบโปรแกรมได้ ด้วยภาษาวีเอชดีแอล

1. ผลการทดสอบการเดินตามเส้น

ในการทดสอบการเดินตามเส้นโดยใช้อุปกรณ์ลอจิกขับเคลื่อนแบบโปรแกรมได้ ซึ่งเป็นชุด พัฒนาซีพีแอลดี แม็กซ์ ไฟฟ์ ใช้อุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้น โดยประกอบด้วยชุดตรวจจับการ สะท้อน 8 ชุด ที่ติดอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นบริเวณตรงกลางรถขนส่ง

หลักการของโปรแกรมสำหรับการทดสอบการเดินตามเส้น มีดังต่อไปนี้

- (1) เมื่อชุดตรวจจับการสะท้อนชุด 4 และ 5 พบเส้น รถขนส่งอัตโนมัติเคลื่อนที่ตรงไปด้วยความเร็วปกติ
- (2) เมื่อชุดตรวจจับการสะท้อนชุด 3 หรือ 4 พบเส้น รถขนส่งอัตโนมัติเคลื่อนที่ไปทางซ้ายด้วยความเร็วต่ำ
- (3) เมื่อชุดตรวจจับการสะท้อนชุด 6 หรือ 5 พบเส้น รถขนส่งอัตโนมัติเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็วต่ำ
- (4) เมื่อชุดตรวจจับการสะท้อนชุด 1 หรือ 2 พบเส้น รถขนส่งอัตโนมัติเคลื่อนที่ไปทางซ้ายด้วยความเร็วปกติ

ในการทดสอบได้มีการเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ตามเส้นโค้ง ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับรัศมีความโค้งสูงสุดที่สามารถเดินตามได้

ความเร็วเฉลี่ย		รัศมีความโค้ง (เซนติเมตร)
เปอร์เซ็นต์ (%)	ความเร็ว (เมตรต่อนาที)	
15	7	18
20	9	27
25	12	34
50	25	53
75	35	87
100	55	105

ผลการทดสอบคือ รถขนส่งอัตโนมัติสามารถเดินตามเส้นมีความกว้าง 1 เซนติเมตร และเดินตามเส้นโค้งได้โดยลักษณะการเดินตามเส้นมีการสั่นเล็กน้อยในช่วงการเปลี่ยนความเร็ว เนื่องจากมีการเปลี่ยนความเร็วกะทันหัน

2. ผลการทดสอบการอ่านข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดี (RFID)

ในการทดสอบการอ่านข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดีผ่านระบบการสื่อสารที่ทีแอล โดยใช้อุปกรณ์ลอจิกซิปซ็อนแบบโปรแกรมได้ ชุดพัฒนาซีพีแอลดี แม็กซ์ ไฟฟ์ ติดตั้งบริเวณด้านขวาของรถขนส่งอัตโนมัติ

หลักการของโปรแกรมสำหรับการทดสอบการอ่านข้อมูลคำสั่งอาร์เอฟไอดี หลักการของ สเตทแมชชีน (State Machine) เมื่อมีการรับข้อมูลคำสั่งอาร์เอฟไอดี จะตรวจสอบความถูกต้องของ ข้อมูลทีละบิต โดยใช้ความเร็วในการรับส่งข้อมูล (Buadrate) 115200 ถ้าองค์ประกอบของข้อมูลไม่ ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้อง จะไปรอตรวจสอบข้อมูลในลำดับแรก จนกว่าจะได้ข้อมูลถูกต้อง และ รถขนส่ง อัตโนมัตินี้จะเก็บชุดข้อมูลคำสั่ง เมื่อชุดข้อมูลคำสั่งอ่านได้แตกต่างจากชุดข้อมูลคำสั่งก่อนหน้าทำให้รถ ขนส่งอัตโนมัติ ไม่ทำคำสั่งเหมือนกับคำสั่งก่อนหน้าซ้ำเดิม เช่น รถขนส่งอัตโนมัติ ได้รับคำสั่งให้เลี้ยว ขวา รถขนส่งอัตโนมัติจะเลี้ยวขวาแค่ครั้งเดียว จนกว่าจะอ่านเจอชุดข้อมูลคำสั่งอื่นถึงจะทำการเลี้ยว ขวา เมื่อได้รับคำสั่งให้เลี้ยวขวาอีกครั้ง ในการทดสอบได้มีการเก็บข้อมูลความสัมพันธ์ความเร็วรถ ขนส่งอัตโนมัติกับระยะเวลาการอ่านข้อมูลคำสั่ง ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะเวลาการอ่านข้อมูลคำสั่ง

ความเร็วเฉลี่ย		ระยะเวลาการอ่านข้อมูลคำสั่ง (เซนติเมตร)
เปอร์เซ็นต์ (%)	ความเร็ว (เมตรต่อนาที)	
15	7	12
20	9	10
25	12	9.5
50	25	8
75	35	7.5
100	55	7

ผลการทดสอบการอ่านข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดีคือ รถขนส่งอัตโนมัติสามารถรับข้อมูล คำสั่งจากอาร์เอฟไอดีได้ถูกต้อง และระยะเวลาการอ่านจะอยู่ในรัศมี 7 ถึง 12 เซนติเมตร จึงทำให้การอ่าน ข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดีมีระยะเวลาในการอ่านวนซ้ำ จนกว่าจะได้ข้อมูลถูกต้องได้ และนอกจากนี้ ต้องมีการหน่วงเวลาเพื่อให้รถขนส่งอัตโนมัติทำตามคำสั่งเมื่อถึงแผ่นคำสั่งอาร์เอฟไอดี (RFID Card)

3. ผลการทดสอบการหยุดเมื่อมีสิ่งกีดขวาง

ในการทดสอบการหยุดเมื่อมีสิ่งกีดขวางโดยใช้อุปกรณ์ลอจิกขับเคลื่อนแบบโปรแกรมได้ ชุดพัฒนาซีพีแอลดี แมกซ์ ไฟฟ์ จะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสิ่งกีดขวาง 2 ส่วนคือ ส่วนกันชน (Bumper) ด้านหน้าของรถขนส่ง เพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวางระยะสั้น และบริเวณด้านหน้าของรถขนส่งอัตโนมัติเพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวางระยะไกล โดยหลักการของโปรแกรมในการทดสอบการหยุดเมื่อมีสิ่งกีดขวาง เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับสิ่งกีดขวางตัวใดเจอสิ่งกีดขวางรถขนส่งอัตโนมัติจะหยุดทันที ได้ทำการทดสอบ และเก็บข้อมูล ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะหยุดเมื่อเจอสิ่งกีดขวางระยะไกล

ความเร็วเฉลี่ย		ระยะหยุด (เซนติเมตร)
เปอร์เซ็นต์ (%)	ความเร็ว (เมตรต่อนาที)	
15	7	198
20	9	164
25	12	155
50	25	123
75	35	87
100	55	40

ผลการทดสอบการตรวจจับสิ่งกีดขวางคือ รถขนส่งอัตโนมัติสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางระยะไกลในระยะ 10 เซนติเมตร ถึง 1 เมตร และสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางระยะใกล้ได้เมื่อเกิดการชนด้านหน้า

4. ผลการทดสอบระบบรถขนส่งอัตโนมัติ

ในการทดสอบระบบรถขนส่งอัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์ลอจิกขับเคลื่อนแบบโปรแกรมได้ ชุดพัฒนาซีพีแอลดี แมกซ์ ไฟฟ์ จะติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด เพื่อให้รถขนส่งอัตโนมัติสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์

หลักการของโปรแกรมสำหรับการทดสอบระบบรถขนส่งอัตโนมัติ เมื่อมีการกดปุ่มเริ่มต้นให้รถขนส่งอัตโนมัติทำงาน อุปกรณ์ควบคุมหลักจะรับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้น

อุปกรณ์อ่านข้อมูลคำสั่ง และอุปกรณ์ภายนอกพร้อมกัน โดยถ้าอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นตรวจพบเส้นรถขนส่งอัตโนมัติจะเริ่มเดินตามเส้น เมื่อรถขนส่งอัตโนมัติได้รับข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดี จะตรวจสอบข้อมูล ถ้าข้อมูลมีความถูกต้องและไม่ซ้ำกับข้อมูลคำสั่งก่อนหน้านี้ รถขนส่งอัตโนมัติจะทำตามข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดี ถ้าอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของเส้นตรวจไม่พบเส้น จะหยุดการเคลื่อนที่ และเมื่อมีการกดปุ่มหยุด รถขนส่งอัตโนมัติจะหยุดการทำงาน

ในการทดสอบจะจำลองเส้นทางการเดินรถเป็นเส้นตรงยาว 1 เมตร

มีข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดีให้รถขนส่งอัตโนมัติรับวัตถุจากสายการผลิต เดินรถต่อเป็นเส้นตรง 4 เมตร

มีข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดีให้รถขนส่งอัตโนมัติเลี้ยวซ้าย เดินรถต่อเป็นเส้นตรง 3 เมตร

มีข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดีให้รถขนส่งอัตโนมัติเลี้ยวขวา เดินรถต่อเป็นเส้นตรง 3 เมตร

มีข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดีให้รถขนส่งอัตโนมัติส่งวัตถุจากสายการผลิต

ในการทดสอบได้ค่า ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับเวลา ในการทำงานของระบบรถขนส่งอัตโนมัติ

ความเร็วเฉลี่ย		เวลาในการทำงาน (วินาที)
เปอร์เซ็นต์ (%)	ความเร็ว (เมตรต่อนาที)	
15	7	226
20	9	210
25	12	193
50	25	168
75	35	157
100	55	151

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินโครงการและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

จากที่มาและความสำคัญในการพัฒนารถขนส่งอัตโนมัติ เพื่อการขนส่งเครื่องอัดน้ำยาในสายการผลิตตู้เย็น ได้ข้อสรุปดังนี้

5.1.1 ระบบโครงสร้างและกลไก

ในการพัฒนาระบบโครงสร้างและกลไก จะพัฒนาจากเหล็กแผ่นเพลท เหล็กกลมตัน เหล็กกล่อง ผ่านวิธีการกลึง การตัด การกัดในการสร้างชิ้นส่วน เพื่อนำมาประกอบเป็นรถขนส่งอัตโนมัติ

โครงสร้างฐานของรถขนส่งอัตโนมัติ จะใช้โครงสร้างสามเหลี่ยมบริเวณจุดรับน้ำหนัก เพื่อสร้างความแข็งแรงให้แก่โครงสร้าง โดยบริเวณโครงสร้างฐานของรถขนส่งอัตโนมัติสามารถรับน้ำหนักได้ถึง 2,000 กิโลกรัม จากการทดสอบ

กลไกการขนส่งของรถขนส่งอัตโนมัติ จะเป็นกลไกการขนส่งประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์ ประกอบกับเกียร์ทดขนาด 100 : 1 และมอเตอร์กระแสตรงขนาด 300 วัตต์ 24 โวลต์ 17 แอมป์ 2,800 รอบต่อนาที โดยรับน้ำหนักวัตถุได้ถึง 1,500 กิโลกรัม จากการทดสอบ

กลไกชุดล้อขับ จะเป็นกลไกยึดมอเตอร์ ล้อ และโครงสร้างฐานเข้าด้วยกัน และสามารถสวมสปริงเพื่อเป็นรับแรงกระแทกในขณะเคลื่อนที่ เนื่องจากพื้นไม่เท่ากัน

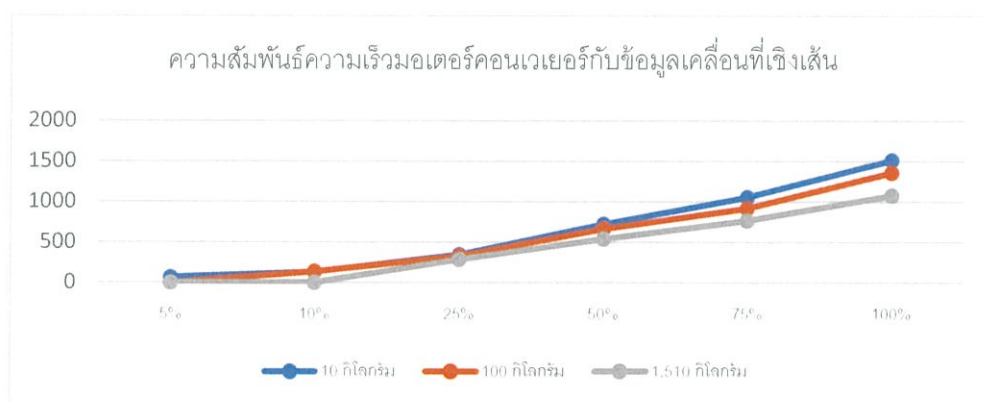
ล้อสำหรับขับเคลื่อนรถขนส่งอัตโนมัติ เป็นล้อแกนเหล็กมียางหุ้ม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร จำนวน 2 ล้อ และลูกล้ออุตสาหกรรมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สำหรับการรองรับน้ำหนัก จำนวน 4 ล้อ

การทดสอบระบบโครงสร้างและกลไกของรถขนส่งอัตโนมัติ จะทดสอบการเคลื่อนที่เชิงเส้นของกลไก และระบบโครงสร้างของรถขนส่งอัตโนมัติ ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบดังนี้

1. การทดสอบกลไกขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์ หาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อนกลไกขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์ กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น ดังตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปความสัมพันธ์ความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อนของรถขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์ กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น

ความเร็วของมอเตอร์		ความเร็วเชิงเส้นของรถขนส่งอัตโนมัติ (เซนติเมตรต่อนาที)		
เปอร์เซ็นต์ (%)	ระดับแรงดัน (โวลต์)	รับน้ำหนัก 10 กิโลกรัม	รับน้ำหนัก 100 กิโลกรัม	รับน้ำหนัก 1,510 กิโลกรัม
5	0.2	69.9	ไม่มีการเคลื่อนที่	ไม่มีการเคลื่อนที่
10	0.4	136.7	138.25	
25	1	348.8	332.10	286.62
50	2	725.8	668.15	538.92
75	3	1,061.3	920.25	765.96
100	4	1,517.7	1,363.64	1,077.8



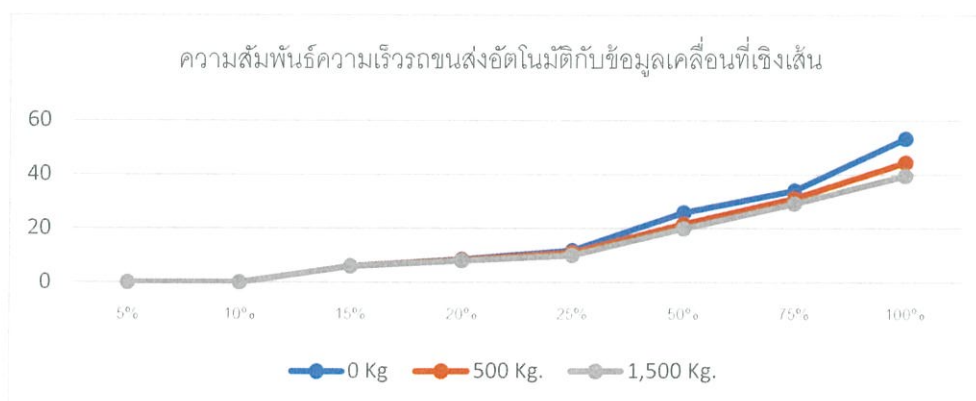
รูปที่ 5.1 แผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อนของรถขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น

จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อนของรถขนส่งเครื่องอัดน้ำยาประเภทโรลเลอร์คอนเวเยอร์กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีน้ำหนักมากขึ้นมอเตอร์จะต้องเพิ่มแรงบิด ส่งผลให้ลดความเร็วในการหมุน และความเร็วมอเตอร์น้อย จะทำให้การขนส่งวัตถุระหว่างรถขนส่งอัตโนมัติกับสายการผลิตมีความเสถียรมาก แต่เวลาในการขนส่งจะมากตามด้วย

2. การทดสอบกลไกการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของมอเตอร์กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น ดังตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 สรุปความสัมพันธ์ความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อนรถขนส่งอัตโนมัติ กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น

ความเร็วของมอเตอร์		ความเร็วเชิงเส้นของรถขนส่งอัตโนมัติ (เมตรต่อวินาที)		
เปอร์เซ็นต์ (%)	ระดับแรงดัน (โวลต์)	โครงรถ	รับน้ำหนัก 500 กิโลกรัม	รับน้ำหนัก 1,500 กิโลกรัม
5	0.2	ไม่มีการเคลื่อนที่	ไม่มีการเคลื่อนที่	ไม่มีการเคลื่อนที่
10	0.4			
15	0.6	6.17	6.10	5.97
20	0.8	8.62	8.40	8.08
25	1	11.98	11.07	10.10
50	2	25.97	21.74	19.88
75	3	34.25	31.25	29.24
100	4	53.47	44.43	39.53



รูปที่ 5.2 แผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อนรถขนส่งอัตโนมัติ กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น

จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อนรถขนส่งอัตโนมัติ กับข้อมูลการเคลื่อนที่เชิงเส้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีน้ำหนักมากขึ้นความเร็วในการหมุนน้อยลง เนื่องจากมอเตอร์จะต้องเพิ่มแรงบิด ส่งผลให้ลดความเร็วในการหมุน ซึ่งแรงบิดสูงสุดของมอเตอร์จะเป็นแรงล้อยพยายามจะเคลื่อนที่เพื่อขับเคลื่อนส่งอัตโนมัติให้เคลื่อนที่ จากการทดสอบรถขนส่งอัตโนมัติสามารถรับน้ำหนัก 1,500 กิโลกรัม เมื่อรวมกับน้ำหนักของรถขนส่งอัตโนมัติ ซึ่งมีน้ำหนัก 350 กิโลกรัม จะเป็น 1,850 กิโลกรัม ซึ่งเป็นน้ำหนักรวมมากสุดในการทดสอบการเคลื่อนที่ของรถขนส่งอัตโนมัติ

5.1.2 ระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ

ในการพัฒนาระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ จะใช้อุปกรณ์ควบคุมหลัก 2 ตัวคือ อุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้ ด้วยภาษาวีเอชดีแอลในการควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ และอุปกรณ์ควบคุม arduino ในการทดสอบอุปกรณ์ภายนอกและการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ

อุปกรณ์ภายนอกและตัวรับรู้ โดยใช้อุปกรณ์ควบคุม Arduino จะต้องมีการรับส่งสัญญาณผ่านวงจรไอโซเลเตอร์ (Isolator) เนื่องจากการต่ออุปกรณ์ภายนอกและตัวรับรู้ โดยตรงสัญญาณมีคลื่นรบกวน (Noise) ทำให้มีความผิดพลาดในการรับส่งสัญญาณไม่สามารถนำมาใช้งานได้

อุปกรณ์การอ่านตำแหน่งรถขนส่งอัตโนมัติ จะต้องใช้หลักการของการสะท้อนแสงอินฟราเรด (Infrared Light) เข้าตัวรับแสงอินฟราเรด (Infrared Receiver) เพื่อบอกตำแหน่งรถขนส่งอัตโนมัติว่าเบนออกจากเส้นหรือไม่

อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ จะใช้ลอจิก 0 และ 1 ในการควบคุมให้มอเตอร์ทำงานหรือหยุด และควบคุมทิศทางของมอเตอร์ แต่ในส่วนของการควบคุมความเร็วจะต้องใช้แรงดันอนาล็อกในการควบคุม ดังนั้นการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ผ่านตัวควบคุมหลัก จะต้องใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก

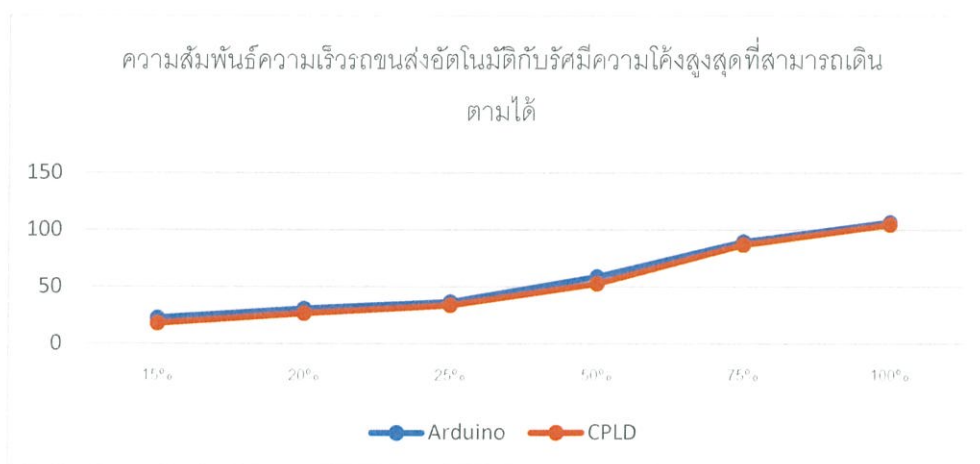
อุปกรณ์สำหรับการอ่านอาร์เอฟไอดี โดยใช้อุปกรณ์ควบคุม Arduino และอุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้ จะมีความแตกต่างกันโดยการใช้งานอุปกรณ์สำหรับการอ่านอาร์เอฟไอดีผ่านอุปกรณ์ควบคุม Arduino จะใช้หลักการพิจารณาความถูกต้องของข้อมูลแบบชุดข้อมูล ซึ่งเป็นความสะดวกและง่ายต่อเขียนโปรแกรม เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้งานอุปกรณ์สำหรับการอ่านอาร์เอฟไอดี ผ่านอุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้ ใช้หลักการสเตทแมชชีน พิจารณาข้อมูลที่ละบิต

การทดสอบการเดินตามเส้นโดยใช้อุปกรณ์ควบคุม Arduino จะต้องใช้หลักการของพีไอดีคอนโทรลในการหาช่วงความเร็วที่เหมาะสม แต่ในการทดสอบการเดินตามเส้นโดยใช้อุปกรณ์ลอจิกซิปซ้อนแบบโปรแกรมได้ จะใช้การปรับค่าหาความเร็วที่เหมาะสมจากการทดลอง

1. การทดสอบหาความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับรัศมีความโค้งสูงสุดสามารถเดินตามได้ ดังตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 สรุปความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับ รัศมีความโค้งสูงสุดสามารถเดินตามได้

ความเร็วเฉลี่ย		รัศมีความโค้ง (เซนติเมตร)	
เปอร์เซ็นต์ (%)	ความเร็ว (เมตรต่อนาที)	อุปกรณ์ควบคุม Arduino	อุปกรณ์ลอจิกซิปซ้อนแบบโปรแกรมได้
15	7	23	18
20	9	31	27
25	12	37	34
50	25	59	53
75	35	90	87
100	55	107	105

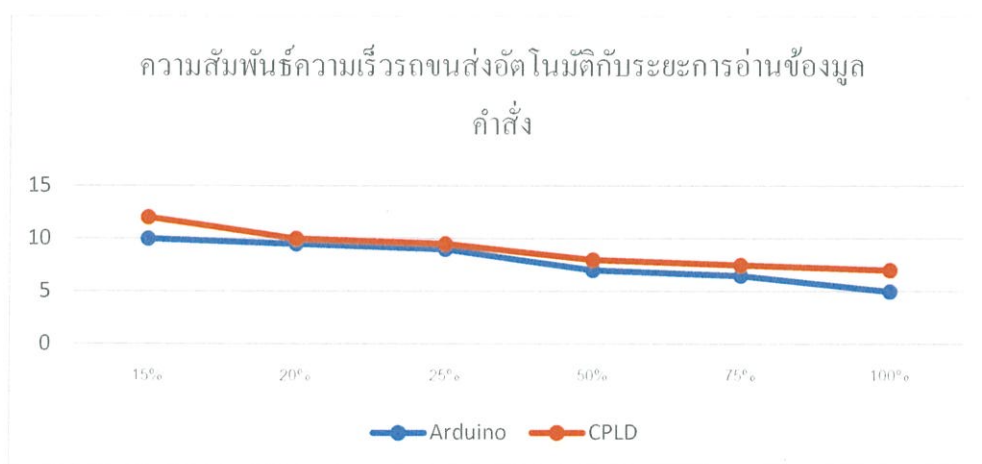


รูปที่ 5.3 แผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติ กับรัศมีความโค้งสูงสุดที่สามารถเดินตามได้

2. การทดสอบหาความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะเวลาอ่านข้อมูลคำสั่งทดสอบและเก็บข้อมูล ดังตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 สรุปความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะเวลาอ่านข้อมูลคำสั่ง

ความเร็วเฉลี่ย		ระยะเวลาอ่านข้อมูลคำสั่ง (เซนติเมตร)	
เปอร์เซ็นต์ (%)	ความเร็ว (เมตรต่อนาที)	อุปกรณ์ควบคุม Arduino	อุปกรณ์ลอจิกซิปซ็อนแบบโปรแกรมได้
15	7	10	12
20	9	9.5	10
25	12	9	9.5
50	25	7	8
75	35	6.5	7.5
100	55	5	7

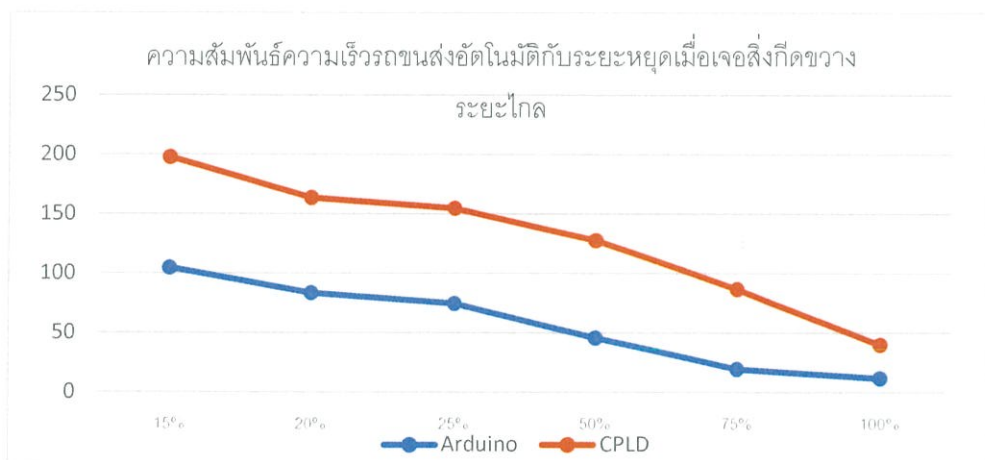


รูปที่ 5.4 แผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะเวลาอ่านข้อมูลคำสั่ง

3. การทดสอบหาความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะเวลาหยุด เมื่อเจอสิ่งกีดขวางระยะไกล ดังตารางที่ 5.5 รูปที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 สรุปความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะเวลาหยุด เมื่อเจอสิ่งกีดขวางระยะไกล

ความเร็วเฉลี่ย		ระยะเวลาหยุด (เซนติเมตร)	
เปอร์เซ็นต์ (%)	ความเร็ว (เมตรต่อนาที)	อุปกรณ์ควบคุม Arduino	อุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้
15	7	105	198
20	9	84	164
25	12	75	155
50	25	46	123
75	35	20	87
100	55	12	40



รูปที่ 5.5 แผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับระยะเวลาหยุดเมื่อเจอสิ่งกีดขวางระยะไกล

4. การทดสอบหาความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับเวลาในการทำงานของระบบรถขนส่งอัตโนมัติ

ในการทดสอบจะจำลองเส้นทางการเดินรถเป็นเส้นตรงยาว 1 เมตร

มีข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดีให้รถขนส่งอัตโนมัติรับวัตถุจากสายการผลิต เดินรถต่อเป็นเส้นตรง 4 เมตร

มีข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดีให้รถขนส่งอัตโนมัติเลี้ยวซ้าย เดินรถต่อเป็นเส้นตรง 3 เมตร

มีข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดีให้รถขนส่งอัตโนมัติเลี้ยวขวา เดินรถต่อเป็นเส้นตรง 3 เมตร

มีข้อมูลคำสั่งจากอาร์เอฟไอดีให้รถขนส่งอัตโนมัติส่งวัตถุจากสายการผลิต

ทดสอบและเก็บข้อมูลเวลาในการทำงานของระบบควบคุม ดังตารางที่ 5.6 และรูปที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 สรุปความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับเวลาในการทำงานของระบบรถขนส่งอัตโนมัติ

ความเร็วเฉลี่ย		เวลาในการทำงาน (วินาที)	
เปอร์เซ็นต์ (%)	ความเร็ว (เมตรต่อนาที)	อุปกรณ์ควบคุม Arduino	อุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้
15	7	231	226
20	9	215	210
25	12	196	193
50	25	170	168
75	35	162	157
100	55	155	151



รูปที่ 5.6 แผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ความเร็วรถขนส่งอัตโนมัติกับเวลาในการทำงานของระบบรถขนส่งอัตโนมัติ

จากการทดสอบในการทำงานจะพบว่าอุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้ มีความรวดเร็วต่อการตอบสนองของตัวรับรู้หรืออุปกรณ์ภายนอกมากกว่าอุปกรณ์ควบคุม Arduino เนื่องจากอุปกรณ์ลอจิกซับซ้อนแบบโปรแกรมได้ มีลักษณะการทำงานแบบขนาน ทำให้สามารถตอบสนองของตัวรับรู้หรืออุปกรณ์ภายนอกได้เร็วกว่าอุปกรณ์ควบคุม Arduino มีลักษณะการทำงานที่ละบรรทัด ซึ่งต้องรับค่าจากตัวรับรู้และอุปกรณ์ภายนอกก่อน จึงทำการประมวลผล

5.2 อุปสรรคและข้อเสนอแนะ

5.2.1 อุปสรรคในการดำเนินโครงการ

1. การสั่งอุปกรณ์ในการดำเนินโครงการ จะต้องทำเรื่องขออนุมัติการซื้อวัสดุอุปกรณ์จาก บริษัท ไทยซัมซุง อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด ทำให้เกิดความล่าช้าในการสั่งวัสดุอุปกรณ์

2. บริษัท ไทยซัมซุง อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด มีนโยบายให้สั่งอุปกรณ์จากบริษัทจัดจำหน่ายในประเทศเกาหลี โดยให้การสั่งของกับบริษัทจัดจำหน่ายในประเทศเกาหลีง่ายกว่าบริษัทจัดจำหน่ายในประเทศไทย ซึ่งการสั่งของกับทางบริษัทที่จัดจำหน่ายในประเทศไทย ต้องทำรายการเปรียบเทียบลงทะเบียนเป็นผู้ค้าขายกับบริษัท บริษัท ไทยซัมซุง อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด ทำให้ความล่าช้าในการสั่งวัสดุอุปกรณ์

3. ในกรณีเกิดการสั่งของกับบริษัทจัดจำหน่ายในประเทศเกาหลี เกิดความล่าช้าในการจัดส่ง

4. ความล่าช้าในการจัดส่งทำให้แผนการดำเนินงานล่าช้าตาม และไม่สามารถเก็บผลการดำเนินงานบางส่วนได้ เนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ในการดำเนินงาน เช่น ความล่าช้าในการจัดส่งมอเตอร์ 300 วัตต์ และเกียร์ทดขนาด 100 : 1 ทำให้ไม่สามารถเก็บบันทึกผลการทดลองในการเคลื่อนที่เมื่อรถขนส่งอัตโนมัติ รับน้ำหนัก 2,000 กิโลกรัม สามารถเก็บผลการทดลองในการเคลื่อนที่เมื่อรถขนส่งอัตโนมัติ รับน้ำหนัก 1,500 กิโลกรัม

5. รถขนส่งอัตโนมัติมีขนาดใหญ่ ทำให้ใช้พื้นที่ในการทดสอบขนาดใหญ่ โดยพื้นที่ในการทดสอบไม่สามารถจะนำรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับไปติดตั้งได้ เนื่องจากจากพื้นที่นั้นเป็นพื้นที่ภายในสายการผลิต มีการดำเนินการผลิตสินค้าตลอดเวลา

6. การเดินสายไฟของระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติมีการแก้ไขอยู่หลายครั้ง เนื่องจากต้องย้ายระบบควบคุมจากรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับการทดสอบระบบ ไปติดตั้งที่ตัวรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับการขนส่งเครื่องอัตโนมัติ

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการดำเนินโครงการ

1. ในการวางแผนการทำงาน ต้องมีระยะเวลาในการเกิดความล่าช้าของการสั่งซื้อ หรือขนส่งอุปกรณ์ในการดำเนินงาน ทำให้ต้องวางแผนสำหรับความล่าช้าเกิดขึ้น
2. ในการทดสอบรถขนส่งอัตโนมัติ ไม่สามารถทำการทดสอบการทำงานจริงได้ ทำให้ต้องออกแบบการทดลองให้เสมือนการทำงานจริง เพื่อคาดการณ์ผลการดำเนินงานและปัญหาเกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน
3. การเดินสายไฟสำหรับระบบควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ ควรมีการออกแบบให้สามารถใช้งานได้ทั้งในรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับทดสอบระบบ และสำหรับการติดตั้งในรถขนส่งอัตโนมัติสำหรับการขนส่งเครื่องอัตโนมัติเพื่อความรวดเร็วในการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Fabio Oleari, Massimiliano Magnani and Davide Ronzoni, 2015, “Improving AGV systems: Integration of advanced sensing and control technologies”, IEEE International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP). IEEE,
- [2] J. Sankari and R. Imtiaz, 2016, “Automated guided vehicle (AGV) for industrial sector”, Intelligent Systems and Control (ISCO), 2016 10 th International Conference,
- [3] Karl Johan Astrom, 2012, **PID Control** [Online],
 Avialable : <https://www.cds.caltech.edu/~murray/courses/cds101/fa02/caltech/astrom-ch6.pdf>. [2017, September 25].
- [4] Matt Page, 2007, **DC Motor** [Online], Avialable :
<http://lancet.mit.edu/motors/motors3.html#power>. [2017, September 20].
- [5] Tawan SRIJUN, 2012, **CPLD คือ อะไร** [Online],
 Avialable : <http://srijunseayangcpld.blogspot.com/2012/12/cpld-complex-programmable-logic-device.html>. [2017, กรกฎาคม 18].
- [6] ชำนาญ ปัญญาใส, 2004, **ภาษา VHDL สำหรับการออกแบบดิจิทัล**, กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- [7] รศ.ณรงค์ บวบทอง, 2011, **อุปกรณ์โลจิกแบบโปรแกรมได้ (Programmable Logic Device)** [Online], Avialable : <http://narong.ece.engr.tu.ac.th/vhdl/document/06-ch6.pdf>. [2017, กรกฎาคม 18].
- [8] ศุภพงศ์ ประภาศรี, 2012, **PID Control** [Online],
 Avialable : <https://sites.google.com/site/suppapongclub/ceaa-luk-rabbpid>. [2017, กรกฎาคม 25].

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายอิทธิพัทธ์ พรประเสริฐ
วัน เดือน ปีเกิด	23 ธันวาคม พุทธศักราช 2537
ที่อยู่ปัจจุบัน	40 ถ.ธรรมคุณากร ต.โกรกกราก อ.เมือง จ.สมุทรสาคร 74000
เบอร์โทรศัพท์	086-7524292
E-mail	Jomjonkid_smt4@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

พุทธศักราช 2545-2550	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา จาก โรงเรียนเทศบาลวัดติ๊กมหาขาราม (สมุทรคุณากร)
พุทธศักราช 2551-2553	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จาก โรงเรียนเทศบาลวัดติ๊กมหาขาราม (สมุทรคุณากร)
พุทธศักราช 2554-2556	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สายการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ จาก โรงเรียนสมุทรสาครบูรณะ
พุทธศักราช 2558-2561	ศึกษาระดับอุดมศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ประวัติการทำงาน

พุทธศักราช 2560	ฝึกงานบริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด (ศรีราชา) แผนก Facility Innovation Technology (FIT)
-----------------	---