

การพัฒนาเครื่องจักรเพื่อติดตั้งชุดสายสัญญาณแบบอัตโนมัติ

ว่าที่ร้อยตรี ธีรพล หอมสินธุ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2553

**DEVELOPMENT OF FLEX SCREWS
INSTALLATION MACHINE**

Acting Sub Lt. Nattaphon Homsin

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering**

Suranaree University of Technology

Academic Year 2010

การพัฒนาเครื่องจักรเพื่อติดตั้งชุดสายสัญญาณแบบอัตโนมัติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นักศึกษานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.จิระพล ศรีเสวีผล)

ประธานกรรมการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อาจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร. กীরติ สุลักษณ์)

กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิ้มปิจำนงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. น.อ. ดร.วรพจน์ จำพิศ)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ณัฐพล หอมสินธุ์ : การพัฒนาเครื่องจักรเพื่อติดตั้งชุดสายสัญญาณแบบอัตโนมัติ
(DEVELOPMENT OF FLEX SCREWS INSTALLATION MACHINE)

อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์, 100 หน้า.

ปัจจุบันกระบวนการผลิตของ บริษัท ฮิตาชิโกลบอลสตอเรจเทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด การขันสกรูเพื่อประกอบชุดสายสัญญาณ (flex) เข้ากับตัวชุดหัวอ่าน (HSA) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ยังใช้มนุษย์ในการประกอบทุกขั้นตอน ทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ หลายรูปแบบโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ความสิ้นเปลืองเวลาในการทำงาน เกิดการปนเปื้อนในระหว่างการประกอบ เกิดการกัดกร่อนมาก เพราะมือผู้ประกอบอาจไม่แห้งพอ เป็นต้น โครงการวิจัยนี้จึงออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบที่ประกอบชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่านแบบอัตโนมัติ เพื่อลดเวลาในการผลิตพร้อมมีระบบตรวจสอบความตึงของสกรู มีระบบการทำความสะอาด ป้องกันสารปนเปื้อนในฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ การทดสอบเครื่องต้นแบบให้ผลเป็นที่น่าพอใจ สามารถรองรับอัตราการผลิตของสายการผลิตปกติได้เป็นอย่างดีโดยใช้เวลาในการประกอบต่อ 1 ชิ้นงานอยู่ที่ 9.43 วินาที ซึ่งน้อยกว่าเวลาที่สายการผลิตปกติต้องการอยู่ 2.04 วินาที นอกจากนี้ยังได้ออกแบบการทำงานของชุดขันสกรูไฟฟ้า ทำให้เครื่องต้นแบบสามารถลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการประกอบได้ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์จากปกติ และยังช่วยลดต้นทุนการผลิตจากการลดพนักงานได้ 1 คน นอกจากนี้ยังช่วยสร้างองค์ความรู้ในด้านการสร้างเครื่องจักรและระบบควบคุมที่ใช้ในการประกอบชิ้นส่วนขนาดเล็กที่ต้องการความละเอียดและแม่นยำสูงจากการดำเนินงาน

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2553

ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

NATTAPHON HOMSIN : DEVELOPMENT OF FLEX SCREWS
INSTALLATION MACHINE. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF.
FLT. LT. KONTORN CHAMNIPRASART, Ph.D., 100 PP.

AUTOMATIC CONTROL SYSTEM DESIGN/MECHANISM DESIGN/
FLEX SYSTEM

The aim of this research project is the design and the development of a prototype for automatically producing and assembling HDD in Flex systems. At present, the screw turning for installing Flex to HSA was HGST factories is done by human labor. This caused a lot of problems such as the uneven level of the screw and the time consuming and contamination issues. The developed prototype would solve the problems by simultaneously processing several points of screw turning, testing the tightening degree of screws and protecting the contamination in HDD. In the experiment, fastening screw by auto tool can decrease process time up to 2.04 second, and the manufacturer can save 1 operator per production line. In order to the product quality, defect from auto tool is less than the manual fastening screw 70%. Moreover, the project shed some light on the development of control systems that involved high precision and lots of details.

School of Mechanical Engineering

Academic year 2010

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์ทุกประการ ทั้งนี้ผู้ทำโครงการวิจัย ขอขอบพระคุณบุคคลและหน่วยงานต่าง ๆ ที่ได้ให้โอกาส ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งเสมอมา ดังนี้

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ที่ได้มอบเงินทุนสนับสนุนในการทำโครงการวิจัย

บริษัท อิตาชิ โกลบอลสตรีตเรจเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด และบุคลากรของบริษัททุกท่านที่ได้ให้การสนับสนุนผู้ทำโครงการวิจัย ในการสร้างผลงานวิจัยชิ้นนี้ขึ้นมาเป็นผลสำเร็จ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ให้โอกาสผู้ทำโครงการวิจัยได้เข้ามาศึกษาหาความรู้ และได้สร้างบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถในด้านต่าง ๆ หลากหลายสาขาอาชีพ

รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ อบรมสั่งสอน ให้คำปรึกษา ชี้แนะข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัย และแนวทางการแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยความเมตตากรุณาเสมอมา

รองศาสตราจารย์ นาวาอากาศเอก ดร.วรพจน์ ขำพิศ รองศาสตราจารย์ ดร.ทวิช จิตรสมบูรณ์ และคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน ให้วิชาความรู้ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำโครงการวิจัยชิ้นนี้ อีกทั้งยังนำไปใช้ในชีวิตการทำงานได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

เจ้าหน้าที่ประจำสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่านที่คอยช่วยเหลือประสานงานและอำนวยความสะดวกในด้านธุรการต่าง ๆ

คุณนิติพงษ์ พรหมรักษ์ ผู้ร่วมในโครงการวิจัยชิ้นนี้ ที่คอยให้ความช่วยเหลือเป็นที่ปรึกษาหาทางแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาที่ได้ร่วมกันทำโครงการวิจัย จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณเฉลิมพงศ์ สรรพทรัพย์ศิริ คุณกฤษณา เนระแก คุณพิชารัตน์ แก้วคำไสย์ และพี่ ๆ เพื่อน ๆ บัณฑิตศึกษาทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้เสมอมาตลอดระยะเวลาที่ผู้ทำโครงการวิจัยได้ศึกษาอยู่ ณ สถาบันแห่งนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้ชีวิต อบรมเลี้ยงดู สนับสนุนด้านการศึกษาและคอยเป็นกำลังใจให้ตลอดเวลา จนทำให้ผู้ทำโครงการวิจัยประสบความสำเร็จได้ในวันนี้

ณัฐพล หอมสินธุ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
1.4.1 ระเบียบวิธีวิจัย.....	2
1.4.2 สถานที่ทำการวิจัย.....	3
1.4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 ทัศนัวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ส่วนประกอบของชุดหัวอ่าน.....	4
2.1.1 HGA Up/HGA Down.....	5
2.1.2 Coil support.....	7
2.1.3 Carriage.....	7
2.1.4 ชุดสายสัญญาณ (Flex cable).....	9
2.2 การยึดด้วยสลักเกลียว.....	11
2.2.1 แบบของเกลียว.....	11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.2	สกรู (Screw).....	12
2.2.3	สกรูสำหรับขันชุดสายสัญญาณ (Flex screw).....	13
2.2.4	การทดแรงของสกรู.....	14
2.2.5	การคำนวณ โมเมนต์ขันดิ่งสกรู.....	16
2.2.6	สกรูที่มีภาระกระทำก่อน.....	17
2.3	หุ่นยนต์ (Robot)	18
2.3.1	ความเป็นมาของหุ่นยนต์.....	18
2.3.2	ส่วนประกอบหลักของหุ่นยนต์.....	18
2.3.2.1	แขนกล (Manipulator).....	18
2.3.2.2	ระบบต้นกำลัง (Power Supplies System)	19
2.3.2.3	ส่วนตรวจจับ.....	20
2.3.2.4	ส่วนควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์.....	20
2.4	The Programmable Logic Controller (PLC)	21
2.4.1	โครงสร้างของ PLC	22
2.4.2	การเขียนโปรแกรมสำหรับ PLC	24
2.5	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
3	การดำเนินงานวิจัย.....	28
3.1	กระบวนการประกอบชุดสายสัญญาณโดยมนุษย์.....	28
3.2	การออกแบบเครื่องจักร และระบบกลไก	31
3.2.1	การออกแบบเครื่องจักร.....	31
3.2.2	ชุดส่วนประกอบหลักที่ใช้ในเครื่องจักรต้นแบบ.....	34
3.2.2.1	เซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor).....	34
3.2.2.2	ชุดวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง (Power Amplifier).....	34
3.2.2.3	ชุดการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง.....	35
3.2.2.4	ชุดอุปกรณ์ขันสกรู.....	37
3.3	การควบคุมระบบการทำงานของเครื่องจักร	38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.1	แผนผังของการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ.....	39
3.4	การทดสอบหาค่าแรงบิดที่เหมาะสม.....	43
4	ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	45
4.1	ออกแบบขั้นตอนสำหรับการขึ้นสกรูที่เหมาะสม.....	45
4.1.1	ทดสอบหาค่าแรงบิดที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นสกรู.....	45
4.1.2	ทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสม.....	49
4.1.3	ออกแบบการทำงานของเครื่องขึ้นสกรูไฟฟ้า.....	50
4.2	ผลการดำเนินงานของเครื่องจักรต้นแบบ.....	52
4.2.1	การลดปัญหาในระหว่างการประกอบชุดสายสัญญาณ เข้ากับชุดหัวอ่าน.....	52
4.2.2	ระยะเวลาในการประกอบชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่าน.....	55
5	สรุปและข้อเสนอแนะ.....	57
5.1	สรุป.....	57
5.2	เสนอแนะ.....	58
	รายการอ้างอิง.....	59
	ภาคผนวก.....	60
	ภาคผนวก ก. รายละเอียดขนาดชิ้นส่วนของเครื่องจักรต้นแบบ.....	60
	ภาคผนวก ข. รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของเครื่องจักรต้นแบบ.....	77
	ภาคผนวก ค. บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์.....	77
	ประวัติผู้เขียน.....	100

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	หน้าที่และส่วนประกอบของ HGA 6
2.2	หน้าที่และส่วนประกอบของ Carriage 8
2.3	หน้าที่และส่วนประกอบของ Carriage 10
3.1	ข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการขึ้นสกรู 31
4.1	ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยกำหนดแรงบิดที่ 30 - 60 มิลลินิวตันเมตร 41
4.2	เปอร์เซ็นต์ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยกำหนดแรงบิดที่ 49 มิลลินิวตันเมตร 48
4.3	ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยกำหนดความเร็วรอบที่ 350 - 650 รอบต่อนาที 49
4.4	เปอร์เซ็นต์ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยกำหนดความเร็วรอบที่ 550 รอบต่อนาที..... 50
4.5	เวลาประกอบชุดสายสัญญาณโดยมนุษย์ 55
4.6	เวลาประกอบชุดสายสัญญาณของเครื่องต้นแบบ 56

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของชุดหัวอ่าน	5
2.2 HGA Up และ HGA Down.....	5
2.3 องค์ประกอบของ HGA	6
2.4 องค์ประกอบของ Coil support.....	7
2.5 องค์ประกอบของ Carriage.....	8
2.6 องค์ประกอบของชุดสายสัญญาณ	9
2.7 ขั้นตอนการทำงานของ AE Module	11
2.8 ลักษณะเกลียวจะมีแบบรากฐาน	12
2.9 ลักษณะของสกรูต่างๆ	13
2.10 ลักษณะ Screw M1.0	13
2.11 ตำแหน่งการยึดของ Flex screw.....	14
2.12 แรงที่กระทำกับเกลียวของสกรู	14
2.13 ลักษณะแรงที่ทำให้เกิดโมเมนต์บิด	16
2.14 การยึดตัว-หดตัวของสกรู	17
2.15 โครงสร้างของ PLC.....	22
2.16 ลักษณะวงจรแบบ AND	24
2.17 ลักษณะวงจรแบบ OR.....	25
2.18 คำสั่งแบบ AND	26
2.19 คำสั่งแบบ OR.....	26
3.1 เครื่อง Flex attach tool.....	29
3.2 สกรูขันไม่ได้ระดับ.....	29
3.3 หัวสกรูเกิดความเสียหาย	30
3.4 เครื่อง Flex attach tool พร้อมตัวจับยึดเครื่องขันสกรูไฟฟ้า.....	31
3.5 ลักษณะของเครื่องจักรต้นแบบที่ทำการออกแบบ	32
3.6 ชุดจับยึดชุดสายสัญญาณ	34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.7 ชุดจับยึดชุดหัวอ่าน.....	33
3.8 เซอร์โวมอเตอร์ของบริษัท YASKAWA รุ่น SGMM-A2C312	34
3.9 ชุดวงจรขับมอเตอร์กระแสตรงของบริษัท YASKAWA รุ่น SGDF-A2CS	35
3.10 IAI รุ่นตระกูล SA6.....	36
3.11 IAI รุ่นตระกูล SS.....	37
3.12 ชุดอุปกรณ์ขันสกรูไฟฟ้าของบริษัท Technart รุ่น ABL10YP01H-U-S.....	37
3.13 ชุดควบคุมอุปกรณ์ขันสกรูไฟฟ้าของบริษัท Technart รุ่น TN401	38
3.14 อุปกรณ์ควบคุมเครื่องต้นแบบของบริษัท IAI	39
3.15 แผนผังการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ	39
3.16 แสดงความสัมพันธ์ของ F_v, μ_m, r_m	44
4.1 เครื่องจักรต้นแบบ	45
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างรอบกับแรงบิดในฟังก์ชันปกติ.....	51
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างรอบกับแรงบิดในฟังก์ชันที่ออกแบบ.....	52
4.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการประกอบชุดสายสัญญาณปี 2552	53
4.5 ปัญหาที่เกิดขึ้นที่สายการผลิตปกติและเครื่องต้นแบบ	54
ก.1 รายละเอียดขนาดของ NEST FLEX CLAMP.....	61
ก.2 รายละเอียดขนาดของ NEST FLEX CLAMP TIP.....	61
ก.3 รายละเอียดขนาดของ NEST FLEX LOCATE PIN	62
ก.4 รายละเอียดขนาดของ AE VACUUM BRACKET MAIN MOUNT	62
ก.5 รายละเอียดขนาดของ AE VACUUM BRACKET MOUNT	63
ก.6 รายละเอียดขนาดของ AE VACUUM BRACKET.....	63
ก.7 รายละเอียดขนาดของ NEST FLEX LOCATE BLAS PIN	64
ก.8 รายละเอียดขนาดของ NEST FLEX LOCATE BIAS KNOB	64
ก.9 รายละเอียดขนาดของ NEST FLEX LOCATE BIAS.....	65
ก.10 รายละเอียดขนาดของ FLEX LOCATE BIAS SPRING HOLD	65

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.11 รายละเอียดขนาดของ FLEX BIASING BUSHING	66
ก.12 รายละเอียดขนาดของ NEST FLEX LOCATE MOUNT	66
ก.13 รายละเอียดขนาดของ COMB ORIENTATION SENSOR MOUNT.....	67
ก.14 รายละเอียดขนาดของ AE BRACKET SUPPORT SHAFT	67
ก.15 รายละเอียดขนาดของ AE BRACKET HOLDER A	68
ก.16 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB CLAMP BASE.....	68
ก.17 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB CLAMP	69
ก.18 รายละเอียดขนาดของ LASER BEAM BLOCK.....	69
ก.19 รายละเอียดขนาดของ NEST PIVOT SUPPORT	70
ก.20 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB MOUNT	70
ก.21 รายละเอียดขนาดของ NEST DATUM MOUNT	71
ก.22 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB SWAGE LOCATE.....	71
ก.23 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB SWAGE LOCATE MOUNT	72
ก.24 รายละเอียดขนาดของ MODEL SHIFT MOUNTING	72
ก.25 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB SWAGE SPIRING ADJUST	73
ก.26 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB SLIDE STOPPER HOLDER.....	73
ก.27 รายละเอียดขนาดของ MODEL SHIFT LINEAR SLIDE MOUNTIONG BASE	74
ก.28 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB LOCATE STOPPER HOLDER.....	74
ก.29 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB ADJUSTMENT BLOCK.....	75
ก.30 รายละเอียดขนาดของ COBRAB MASTER HOLDER COVER.....	75
ก.31 รายละเอียดขนาดของ SCANNER ANGLE BRACKET.....	76
ข.1 รายละเอียดขนาดของ RELAY CIRCUIT	78
ข.2 รายละเอียดขนาดของ PC CARD 1 INPUT WIRING.....	79
ข.3 รายละเอียดขนาดของ PC CARD 2 INPUT WIRING.....	80
ข.4 รายละเอียดขนาดของ PC CARD 1 OUTPUT WIRING.....	81
ข.5 รายละเอียดขนาดของ PC CARD 2 OUTPUT WIRING.....	82

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.6 รายละเอียดขนาดของ IA ROBOT IO SLOT 1 PIN ASSIGNMNET	83
ข.7 รายละเอียดขนาดของ IA ROBOT IO SLOT 2 PIN ASSIGNMENT	84
ข.8 รายละเอียดขนาดของ ROBOT CYLINDER PIN ASSIGNMENT	85
ข.9 รายละเอียดขนาดของ L TECHNART DRIVER PIN ASSIGNMENT.....	86
ข.10 รายละเอียดขนาดของ R TECHNART DRIVER PIN ASSIGNMENT	87

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

HDD	Hard Disk Drive
HSA	Head Stack Assembly
G-Shock	Gravity Shock
AE	Arm Electronic
HGA	Head Gimbals Assembly
ROM	Read Only Memory
RAM	Random Access Memory
EEPROM	Erasable Electrically Read-Only Memory
CPU	Central Processing Unit
PLC	Programmable Logic Controller
VCM	Voice Coil Motor
ISO	International Organization for Standardization
GND	Ground
VCC	แรงดันสะสม
F_u	แรงตามแนววงกลม
F_{Rv}	แรงเสียดทานจากแนวชั้นสกรู
F_v	แรงตามแนวชั้นสกรู
F_{Ru}	แรงเสียดทานจากแนววงกลม
d_2	Mean Diameter
P	Pitch
α	มุมเอียงของเกลียว
μ	สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน
R_c	ความเค้นครากของสกรู
A	พื้นที่ภาคตัดขวางของเกลียวใน
σ	จุดคราก
μ_m	สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างหัวสกรูกับผิวชิ้นงาน
r_m	รัศมีเฉลี่ยที่ทำให้พื้นที่ใต้หัวสกรูด้านในและด้านนอกมีขนาดเท่ากัน

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้โรงงานผลิตของบริษัท ฮิตาชิโกลบอลสตอเรจเทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด ได้มีวิธีการที่จะติดตั้งชุดสายสัญญาณ (flex cable) ของหัวบันทึกเข้ากับตัวชุดจับยึดหัวอ่าน (Head Stack Assembly : HSA) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drive : HDD) ด้วยการขันสกรูเข้ากับชุดหัวอ่าน โดยใช้มนุษย์ในการประกอบ ซึ่งในการประกอบจะมีเครื่องช่วยจับยึดที่เรียกว่า flex attach tool แม้ว่าจะมีอุปกรณ์ช่วยแล้วก็ตาม เราพบว่าได้เกิดความผิดพลาดจากการทำงานของมนุษย์ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่าง ๆ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ

1. การขันสกรูไม่ได้ระดับจนทำให้หัวสกรูโผล่ออกมามากเกินไปและในเมื่อนำชุดหัวอ่านนี้ไปประกอบเข้ากับส่วนอื่นจะเกิดปัญหาตามมา สาเหตุของปัญหาเป็นผลมาจากผู้ขันสกรูไม่ขันสกรูให้ได้แรงบิดตามที่กำหนดให้หรือแรงบิดถึงตามต้องการแต่หัวสกรูยังไม่ลงไปถึงจุดที่ต้องการ ซึ่งอาจมาจากสาเหตุที่รูสกรูที่ทำไว้บนชุดหัวอ่านบางตัวขนาดไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ ซึ่งกรณีหลังนี้จะพบน้อยกว่ากรณีแรกมาก

2. รูของสกรูเกิดความเสียหายในขั้นตอนการขัน ส่วนนี้เป็นผลมาจากเวลาการขันสกรู ผู้ขันสกรูวางแกนของเครื่องขันสกรูไฟฟ้าไม่ตรงเป็นแนวเดียวกับแกนของรูสกรูและอีกกรณีหนึ่งเกิดจากการขันสกรูซ้ำหลายครั้ง ปัญหาที่ตามมาคือจะเกิดเศษผงของพลาสติกที่ถูกกัดกร่อนมาเป็นสารปนเปื้อนในขบวนการผลิต ซึ่งในอุตสาหกรรม HDD เป็นเรื่องที่สำคัญมาก ซึ่งข้างต้นทางผู้วิจัยได้วิเคราะห์ปัญหาพร้อมกับพนักงานของบริษัท ซึ่งได้แนวทางในการแก้ไขปัญหาข้างต้นของแต่ละส่วนดังนี้

- การขันสกรูไม่ได้ระดับปัญหานี้เกิดจากแรงบิดในการขันสกรูยังไม่ถึงจุดที่ต้องการ แต่พนักงานได้นำเครื่องขันสกรูไฟฟ้าออกก่อน คณะผู้ร่วมวิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะติดตั้งเครื่องตรวจวัดแรงบิดมาติดตั้งไว้และสามารถส่งสัญญาณแจ้งเตือนพนักงานเมื่อแรงบิดได้ตามที่ต้องการแล้วเพื่อให้พนักงานทราบว่าควรจะหยุดขันสกรูเมื่อใด

- รูของสกรูเกิดความเสียหาย คณะผู้ร่วมวิจัยได้ทำการออกแบบเครื่อง flex attach tool ใหม่โดยส่วนของการจับยึดชุดสายสัญญาณและชุดหัวอ่านยังใช้รูปแบบเดิมทั้งหมด แต่ได้ทำการเพิ่มตัวจับยึดชุดตัวขันสกรูไฟฟ้าเพิ่มเข้าไป ซึ่งจะช่วยให้แนวแกนของตัวขันสกรูไฟฟ้ากับแกนของสกรูอยู่ในแนวเดียวกัน ลดการเสียดสีและฝุ่นผงที่จะเกิดขึ้นในระหว่างขันสกรูได้

จากการทดลองใช้แนวทางในการแก้ไขปัญหาลำบากขึ้นไปแล้วก็สามารถลดปัญหาได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่ถึงระดับที่น่าพอใจของทางบริษัท เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนมากยังเกิดจากความผิดพลาดหรือละเลยของพนักงานในขั้นตอนการขึ้นสกรู ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางวิจัยที่จะสร้างเครื่องต้นแบบที่ประกอบชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่านแบบกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งจะเป็นการจัดสร้างเครื่องจักรที่สามารถขึ้นสกรูได้ถูกต้องและรวดเร็วเพื่อลดเวลาในการผลิต มีระบบการขึ้นสกรูที่ป้องกันการกระแทก พร้อมมีระบบตรวจสอบความตึงของสกรู และมีระบบการทำความสะอาด เพื่อป้องกันสารปนเปื้อนในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ทั้งหมดนี้ก็เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้กับบริษัทฮิตาชิ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อใช้ในการติดตั้งชุดสายสัญญาณ (flex cable) โดยอัตโนมัติ
2. ออกแบบระบบทำความสะอาดเพื่อป้องกันสารปนเปื้อนที่อาจจะเกิดขึ้น ในระหว่างกระบวนการขึ้นสกรูเพื่อติดตั้งชุดสายสัญญาณ
3. ออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเครื่องต้นแบบโดยอัตโนมัติ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ในการดำเนินการนี้ ผู้วิจัยจะมุ่งดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพียงขนาดเดียว โดยจะใช้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว เท่านั้น
2. สร้างเครื่องต้นแบบและควบคุมการทำงานของระบบ ด้วย PLC
3. ทดสอบหาค่าแรงบิดที่เหมาะสมสำหรับขับเคลื่อนเพื่อติดตั้งชุดสายสัญญาณ

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยในส่วนของงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ระเบียบวิธีวิจัย สถานที่ทำการวิจัย และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.4.1 ระเบียบวิธีวิจัย แบ่งเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษากระบวนการประกอบชุดสายสัญญาณ โดยมนุษย์อย่างละเอียด
2. ศึกษาแบบ-ระเบียบวิธีการควบคุมอัตโนมัติที่เหมาะสมในการที่จะควบคุมระบบกลไก
3. ออกแบบเครื่องจักรกลและกลไกต่าง ๆ

4. ออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ
5. ออกแบบกลไกเพื่อรองรับการทำงานอัตโนมัติ
6. จัดสร้างเครื่องต้นแบบ
7. การทดสอบและปรับแก้การทำงานของเครื่องต้นแบบ

1.4.2 สถานที่ทำการวิจัย

ใช้สถานที่ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000 และ บริษัทอิตาซีโกลบอลสตอเรจเทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด

1.4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. คอมพิวเตอร์
2. โปรแกรม Solidwork 2008
3. อุปกรณ์ และฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ จากบริษัท อิตาซีโกลบอลสตอเรจเทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้งชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่าน
2. ลดต้นทุนในการผลิต เนื่องมาจากการที่สามารถลดความเสียหายในกระบวนการประกอบลงได้
3. สร้างองค์ความรู้ในด้านการสร้างเครื่องจักรและระบบควบคุมที่ใช้ในการประกอบชิ้นส่วนขนาดเล็กที่ต้องการความละเอียดและแม่นยำสูง

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เทคโนโลยีการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบัน กระบวนการผลิตต่าง ๆ จะเป็นการผลิตด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ เนื่องจากการใช้เครื่องจักรอัตโนมัติเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตทำให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น ภาคอุตสาหกรรมสามารถลดต้นทุนและเวลาในการผลิตจากการใช้มนุษย์ในการผลิตได้

2.1 ส่วนประกอบของชุดหัวอ่าน

ส่วนนี้จะอธิบายหน้าที่และการทำงานของส่วนประกอบของชุดหัวอ่าน (Head Stack Assembly : HSA) ซึ่งชิ้นส่วนประกอบของชุดหัวอ่านประกอบไปด้วย HGA Up/HGA Down ชุดสายสัญญาณ (flex cable) และ Carriage โดยชุดหัวอ่านทำหน้าที่อ่านและเขียนสัญญาณแม่เหล็กลงบนแผ่นข้อมูล โดยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่อ่านและเขียนสัญญาณแม่เหล็ก ภายในตัวชุดหัวอ่านก็คือ หัวอ่านและเขียนข้อมูล ซึ่งตัวหัวอ่านและเขียนข้อมูลมีโครงสร้างภายในที่สลับซับซ้อนมาก เนื่องจากการนำชิ้นส่วนหลาย ๆ ชิ้นมารวมกัน ซึ่งถือว่าเป็นหัวใจหลักของการอ่านและเขียนข้อมูล โดยเมื่อมีการอ่านสัญญาณ หัวอ่านและเขียนข้อมูลที่ทำการอ่าน (Read Head) จะนำสัญญาณส่งมายังที่ Arm Electronic Module (AE Module) เพื่อให้ได้ความแรงของสัญญาณ หลังจากนั้นจึงส่งสัญญาณไปที่ Pin Connector เพื่อเชื่อมต่อให้ตัวประมวลผล (Card) ถอดรหัสและทำการประมวลผลต่อไป

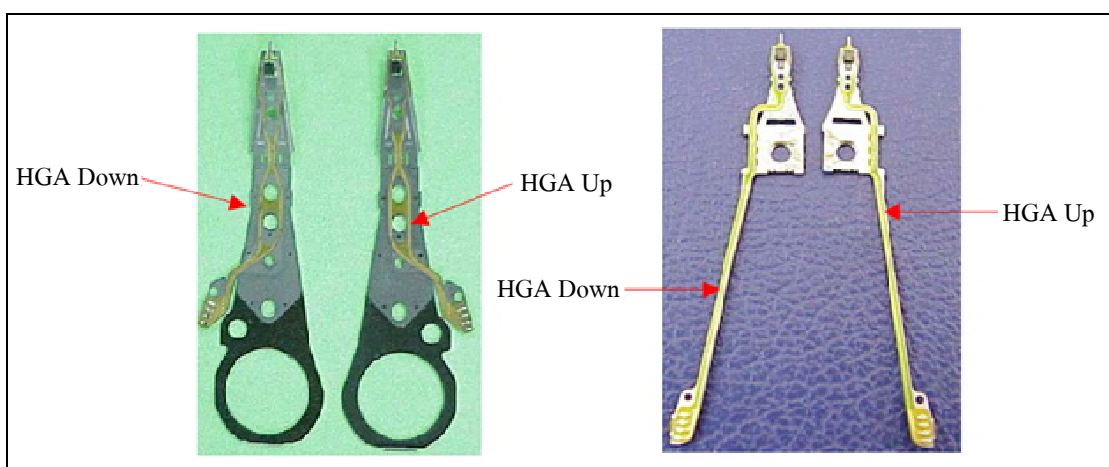
ในการเขียนสัญญาณข้อมูลจาก Card จะถูกส่งผ่านมาจาก Pin Connector โดยมี AE Module ทำหน้าที่ในการเลือกหัวที่ใช้ในการเขียนสัญญาณ (Write Head) หลังจากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปยังหัวเขียนที่ได้เลือกไว้เพื่อทำการเขียนสัญญาณลงบนแผ่นข้อมูล



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของชุดหัวอ่าน

2.1.1 HGA Up/HGA Down

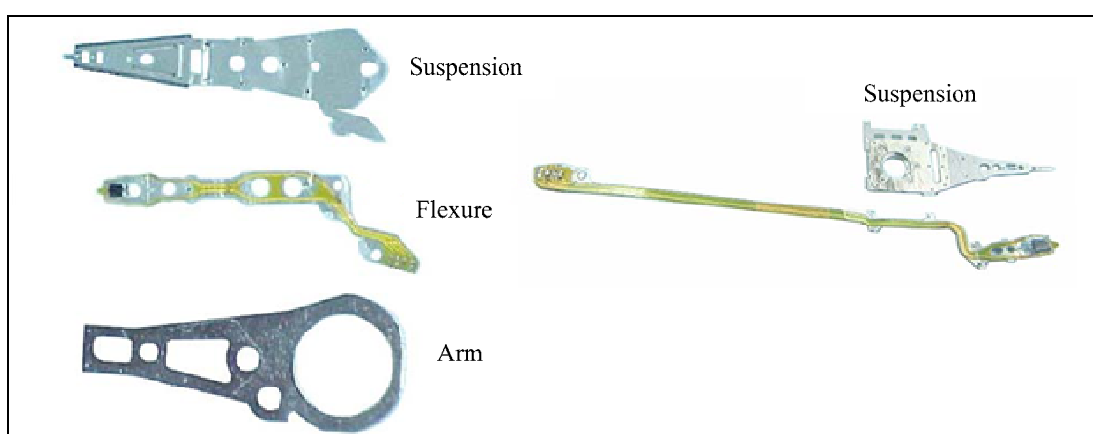
HGA Up/HGA Down นั้นมีลักษณะที่คล้ายกันจะแตกต่างกันตรงที่ตำแหน่งการวาง Tail และ Arm ว่าอยู่ด้านซ้ายมือหรือด้านขวามือ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งาน HGA Up ตำแหน่งของ Tail อยู่ทางด้านขวามือ เมื่อประกอบเป็นชุดหัวอ่านแล้ว Slider จะอยู่บริเวณด้านล่างของแผ่นดิสก์ ส่วน HGA Down ตำแหน่งของ Tail อยู่ทางด้านซ้ายมือ เมื่อประกอบเป็น HSA แล้ว Slider จะอยู่บริเวณด้านบนของแผ่นดิสก์โดย HGA จะมีโครงสร้าง หน้าทีและ ส่วนประกอบตามตารางที่ 2.1 และรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 HGA Up และ HGA Down

ตารางที่ 2.1 หน้าที่และส่วนประกอบของ HGA

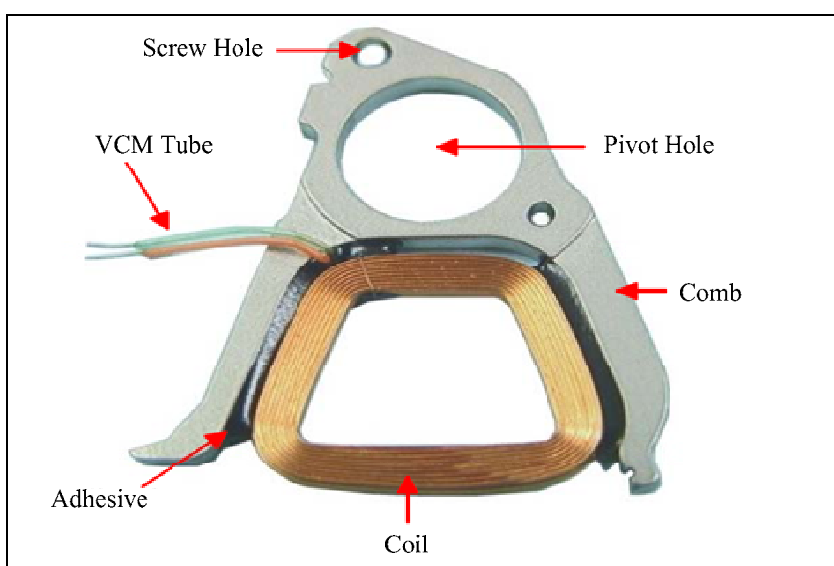
ชื่อส่วนประกอบ	หน้าที่
Merged lip	เป็นส่วนปลายของ HGA ให้นำชุดหัวอ่านเข้าไปพักที่ Ramp
Nose limiter	เป็นส่วนปลายของสายสัญญาณ ช่วยในการบินของ HGA
Flexure tab	สร้างความสมดุลให้กับชุดหัวอ่านในการอ่านและเขียนสัญญาณแม่เหล็ก
Slider	อ่านและเขียนสัญญาณแม่เหล็กลงบนแผ่นดิสก์
Limiter	ให้ความยืดหยุ่นกับ Slider
Load beam tab	สร้างความสมดุลให้กับชุดหัวอ่านในการอ่านและเขียนสัญญาณแม่เหล็ก
Bending zone	เป็นส่วนที่ช่วยทำให้ HGA เกิดความยืดหยุ่น
Lead	เป็นสายเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง Slider กับ Card
Mount plate	ใช้ยึดติดกับ Carriage โดยใช้ Swage ball อัดผ่านรู
ILS tail	สายสัญญาณที่ต่อจากตัว Slider มีทั้งหมด 4 เส้น คือจากขั้วของหัวอ่าน 2 เส้นและหัวเขียน 2 เส้น
Tail	เป็นส่วนที่ใช้ประกอบเข้ากับชุดสายสัญญาณ
Solder pad	ขั้วที่ใช้เชื่อมสัญญาณจากชุดสายสัญญาณ



รูปที่ 2.3 องค์ประกอบของ HGA

2.1.2 Coil support

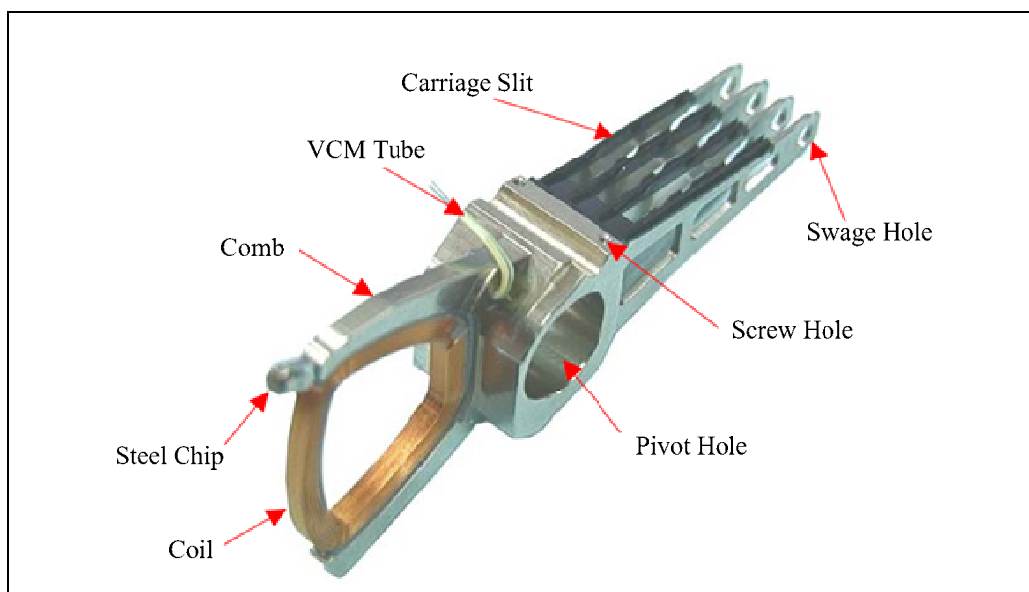
Coil support มีหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้กับชุดหัวอ่านเพื่อผลัดกับสนามแม่เหล็กของ VCM ทำให้ชุดหัวอ่านเกิดการเคลื่อนที่และเป็นฐานสำหรับประกอบ HGA Up/HGA Down หลักการทำงานของ Coil support คือเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่าน VCM Wire เข้าสู่ Coil จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น ซึ่งสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะเกิดแรงต้านกับสนามแม่เหล็กของ VCM ทำให้เกิดแรงผลัดให้ชุดหัวอ่านเคลื่อนที่



รูปที่ 2.4 องค์ประกอบของ Coil support

2.1.3 Carriage

Carriage มีหน้าที่และหลักการทำงานเหมือนกับ Coil support โดยมีโครงสร้างหน้าที่และส่วนประกอบตามตารางที่ 2.2 และรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของ Carriage

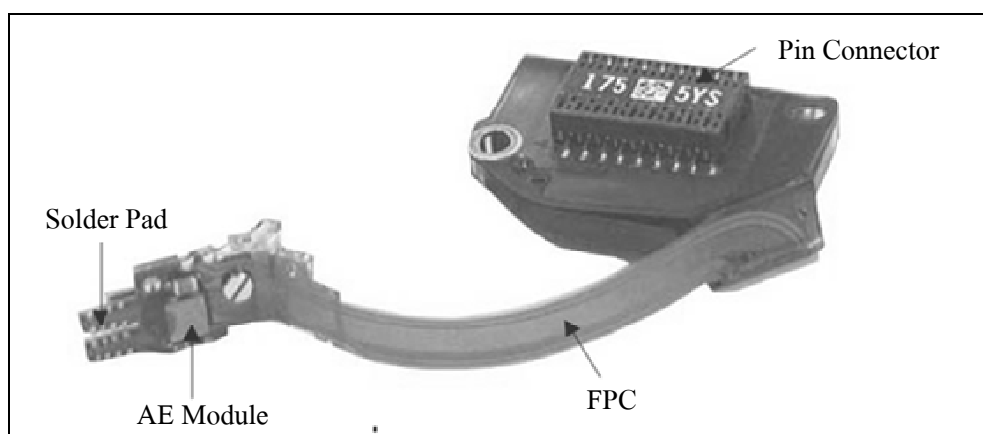
ตารางที่ 2.2 หน้าที่และส่วนประกอบของ Carriage

ชื่อส่วนประกอบ	หน้าที่
Swage Hole	รูสำหรับประกอบ HGA Up/HGA Down
Carriage Arm	ฐานสำหรับประกอบ HGA
Carriage Slit	ยึด ILS Tail ของ HGA แต่ละตัว
Pivot Hole	รูสำหรับประกอบ Pivot
Screw Hole	รูสำหรับใส่สกรู M1.0 เพื่อยึด Carriage กับชุดสายสัญญาณให้ติดกัน
VCM Tube	ฉนวนป้องกันการลัดวงจรทางไฟฟ้า
VCM Wire	นำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ Coil
Coil	ขดลวดทองแดงเคลือบน้ำยา
Comb	ฐานสำหรับประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของชุดหัวอ่าน

2.1.4 ชุดสายสัญญาณ (Flex cable)

ชุดสายสัญญาณมีหน้าที่ส่งสัญญาณการอ่าน และเขียนข้อมูลระหว่าง HGA กับ Card โดยมี AE Module ทำหน้าที่เลือก Slider ในการเขียนสัญญาณบนแผ่นดิสก์ และขยายสัญญาณที่ได้จากการอ่านส่งเข้า Card เพื่อประมวลผล

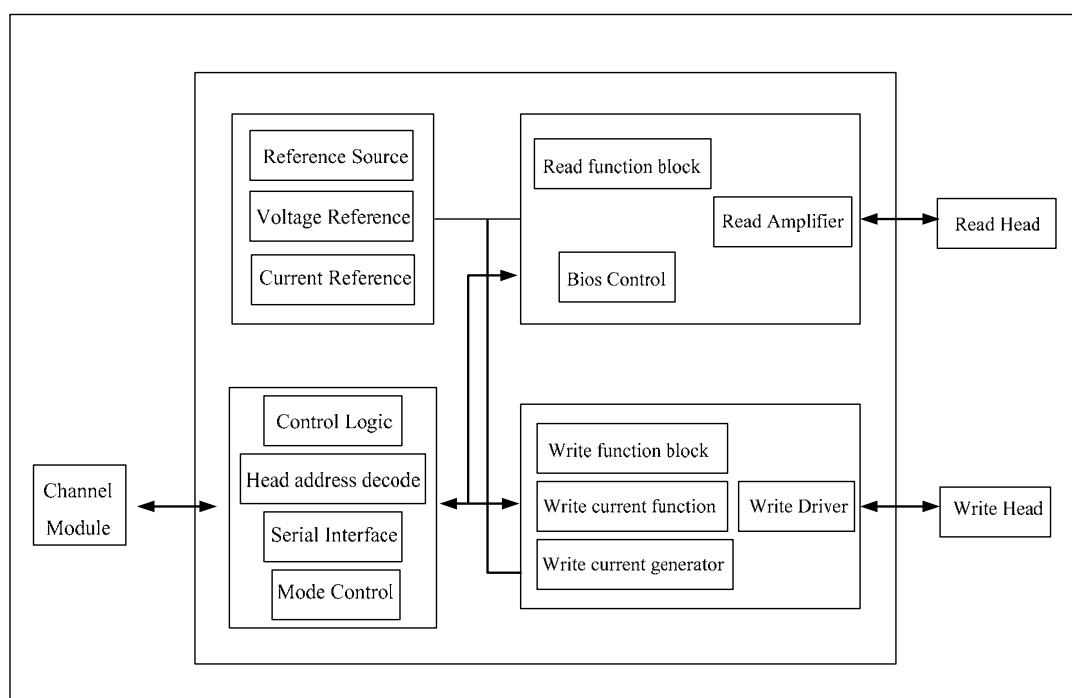
หลักการทำงานคือเมื่อมีการอ่านสัญญาณแม่เหล็ก Card จะส่งข้อมูลมายัง AE Module หัวอ่านจะถูกเลือกใช้งาน โดยภาค Mode Control ซึ่งข้อมูลที่อ่านได้นี้จะถูกส่งไปยังภาคขยายสัญญาณการอ่าน (Read Amplifier) เพื่อขยายสัญญาณให้มีความแรงและลดปัญหาสัญญาณรบกวนหลังจากนั้นจึงส่งสัญญาณให้ Card เพื่อถอดรหัสและประมวลผลเช่นเดียวกันเมื่อมีการเขียนสัญญาณแม่เหล็ก Card จะส่งข้อมูลผ่านมายัง AE Module โดยภาค Mode Control จะเลือกหัวเขียน เพื่อเขียนสัญญาณลงบนแผ่นดิสก์และส่งผลกลับมายัง Card เพื่อประมวลผล จากหลักการดังกล่าวจึงทำให้ Hard Disk Drive สามารถอ่านและเขียนสัญญาณได้ครั้งละหลายหัวหรือทั้งอ่านทั้งเขียนในเวลาเดียวกัน โดยชุดสายสัญญาณจะมีโครงสร้าง หน้าที่และส่วนประกอบตามตารางที่ 2.3 และรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 องค์ประกอบของชุดสายสัญญาณ

ตารางที่ 2.3 หน้าที่และส่วนประกอบของ Carriage

ชื่อส่วนประกอบ	หน้าที่
Solder pad	จุดเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง AE Module กับ Slider
Flex pin	ล๊อคชุดสายสัญญาณ ให้ติดกับ Bracket
VCM solder pad	จุดเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง VCM coil กับชุดสายสัญญาณ
Screw hole	รูสำหรับใส่สกรู M1 เพื่อยึด Carriage กับชุดสายสัญญาณให้ติดกัน
Flex bracket band	ตัวล๊อคชุดสายสัญญาณ
Dynamic area	สายเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง HGA กับ Card
Flex bracket	เพิ่มความแข็งแรงให้กับชุดสายสัญญาณ
Connector	โครงที่บรรจุ Pin connector
Metal bracket	เพิ่มความแข็งแรงให้กับชุดสายสัญญาณและเป็นจุดต่อกราวด์
Pin connector	เชื่อมต่อสัญญาณระหว่างหัวอ่านกับ Card และนำกระแสไฟฟ้าจาก Card ไปจ่ายให้กับ Coil support
Ground pad	สลายความเป็นไฟฟ้าสถิตจากร่างกายลงสู่กราวด์
AE Module	ทำหน้าที่ควบคุมการอ่านและเขียนสัญญาณของ Slider เมื่อมีการอ่านสัญญาณหัวอ่านจะถูกเลือกใช้งานโดยภาค Mode control ของ AE Module ซึ่งสัญญาณที่ได้จะถูกส่งไปยังภาคขยายสัญญาณการอ่าน (Read amplifier) เพื่อขยายสัญญาณให้มีความแรงและลดปัญหาสัญญาณรบกวน หลังจากนั้นจึงส่งให้ Card ถอดรหัสและประมวลผลต่อไป ในลักษณะเดียวกันเมื่อมีคำสั่งให้เขียนสัญญาณ Mode control จะเลือกหัวเขียนเพื่อเขียนสัญญาณบนแผ่นดิสก์



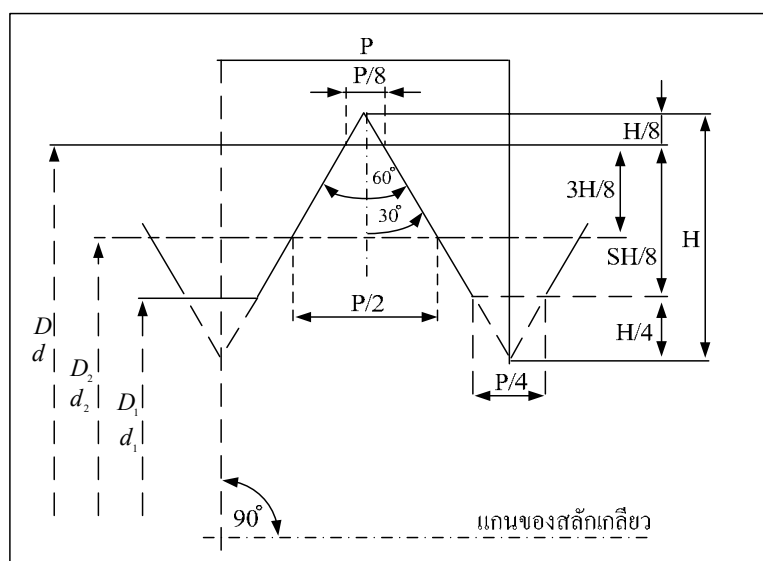
รูปที่ 2.7 ขั้นตอนการทำงานของ AE Module

2.2 การยึดด้วยสลักเกลียว

เครื่องจักรกลจะประกอบด้วยชิ้นส่วนจำนวนมากที่ยึดติดอยู่ด้วยกัน วิธีการยึดชิ้นส่วนมีอยู่หลายวิธี แต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป ชิ้นส่วนของเครื่องจักรบางชิ้นต้องการความระมัดระวังในการถอดประกอบโดยที่ชิ้นส่วนต้องไม่เกิดการเสียหาย ได้แก่ งานประเภทจับยึด ปรับแต่ง ตรวจสอบ ซ่อมแซม เปลี่ยนชิ้นงาน ผลิตหรือประกอบเป็นต้น งานลักษณะประเภทนี้นิยมใช้ยึดด้วยสลักเกลียว แต่สลักเกลียวมีข้อเสียอยู่ตรงที่จะมีความเค้นหนาแน่นมากที่บริเวณยอดเกลียวและโคนเกลียว ซึ่งเป็นข้อด้อยเมื่อใช้งานภายใต้แรงที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

2.2.1 แบบของเกลียว

เพื่อสะดวกในการสื่อสารและใช้งาน องค์กรมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO) จึงกำหนดมาตรฐานของเกลียวขึ้น ลักษณะเกลียวจะมีแบบรากฐานดังรูปที่ 2.8

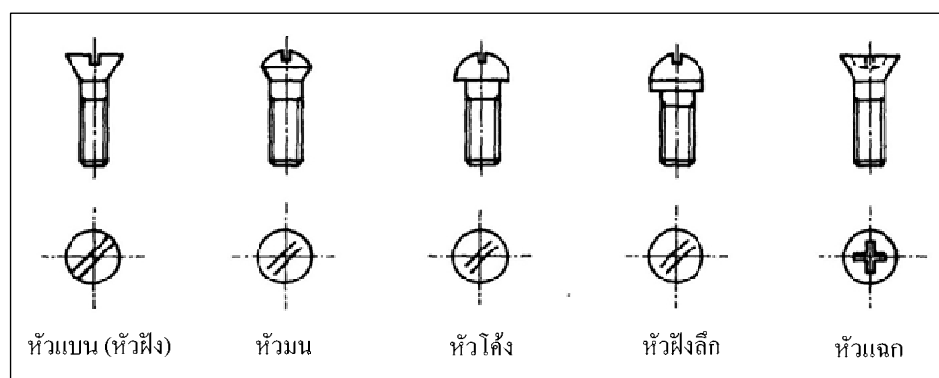


รูปที่ 2.8 ลักษณะเกลียวจะมีแบบรากฐาน (मानप दान्तरबन्धित्य, 2540)

โดยที่ D, d (Outside Diameter)	คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอกของเกลียว
D_1, d_1 (Inside Diameter)	คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรอบในของเกลียว
D_2, d_2 (Mean or Major Diameter)	คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียวที่อยู่กึ่งกลางระหว่างรอบนอก และรอบใน
P (Pitch)	คือ ระยะที่วัดตามแนวแกนของเกลียวจากจุดจุดหนึ่งบนเกลียวหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งที่สมนัยกันบนเกลียวก่อนหน้าหรือถัดไป
H	คือ ความสูงของเกลียวที่วัดจากเกลียวรอบในจนถึงเกลียวรอบนอกตามแนวตั้งฉากกับแกนของเกลียว

2.2.2 สกรู (Screw)

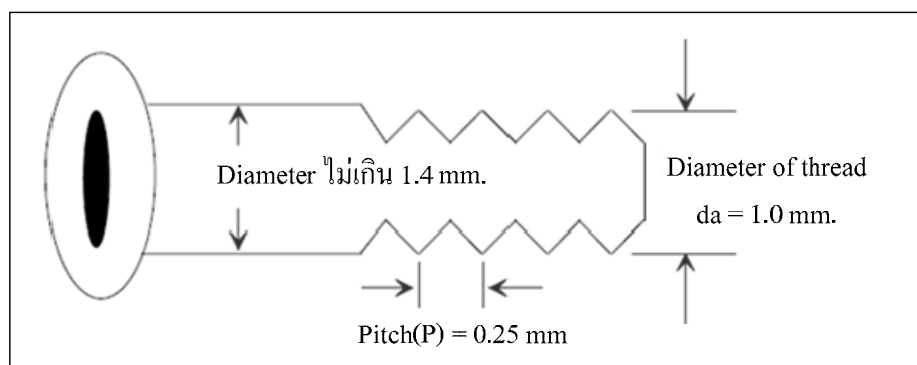
เป็นสลักเกลียวขนาดเล็กมีรูปร่างต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับการใช้งาน ส่วนมากที่หัวมักจะมีย่องเพื่อใช้ในการขัน โดยทั่วไปจะใช้กับงานประกอบชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก สกรูจะมีลักษณะต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ลักษณะของสกรูต่าง ๆ (มาตรฐาน ดันตระบัณฑิตย์, 2540)

2.2.3 สกรูสำหรับขันชุดสายสัญญาณ (Flex screw)

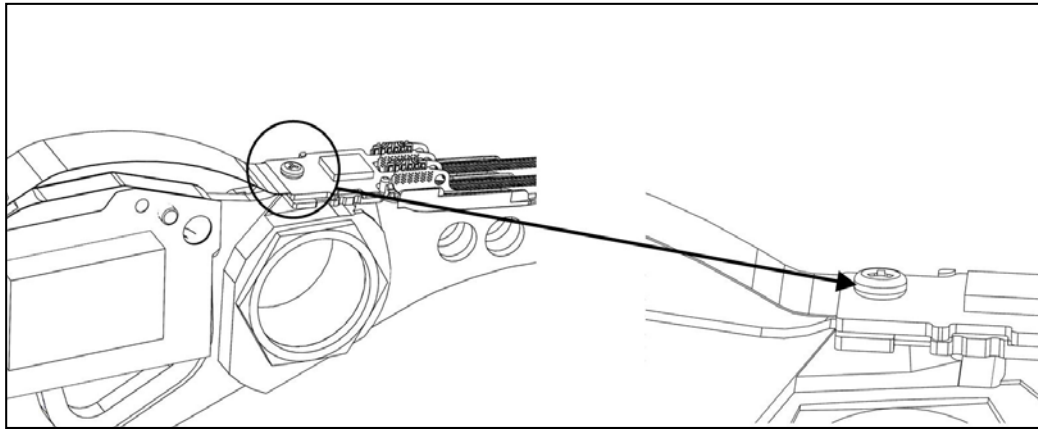
Flex screw คือ สกรูที่ขันยึดชุดสายสัญญาณ ให้ติดกับ Coil Support (Carriage) โดยมีขนาดสกรูเท่ากับ M1.0 ตามรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ลักษณะ Screw M1.0

จากรูป Screw M1.0 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเกลียวเท่ากับ 1.0 มิลลิเมตร และมีระยะห่างของเกลียวแต่ละชั้น (Pitch) เท่ากับ 0.25 มิลลิเมตร โดยเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่ง Screw ก่อนการทำเกลียวต้องไม่เกิน 1.4 มิลลิเมตร

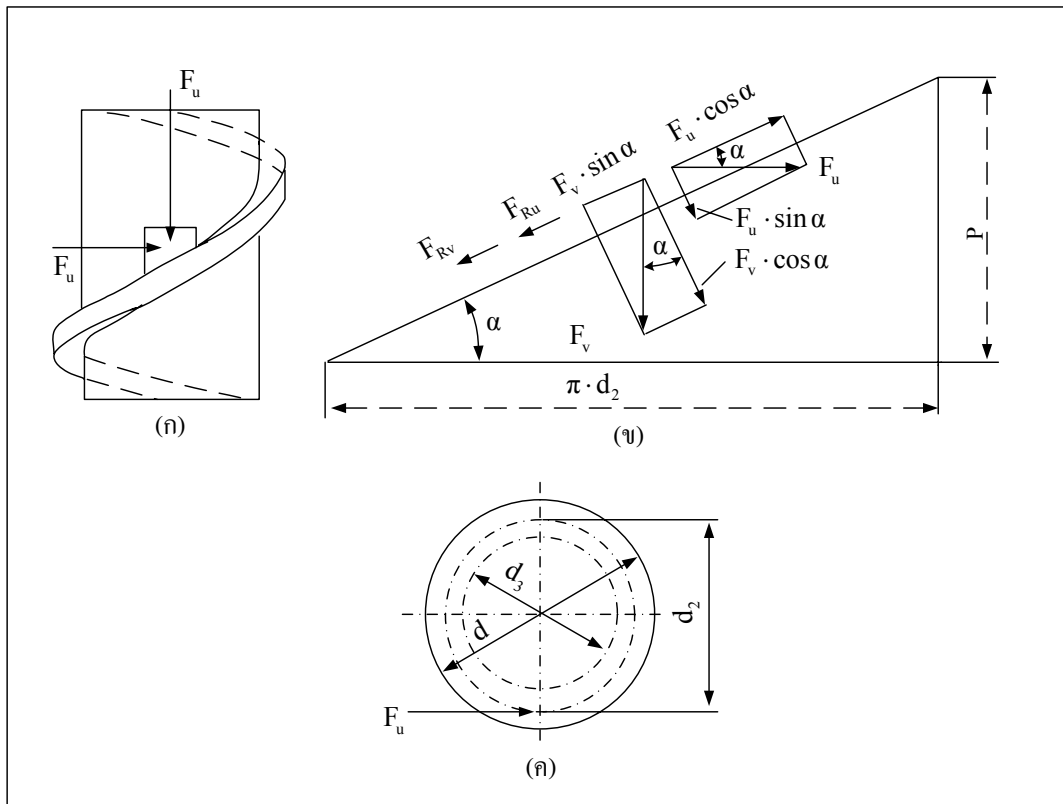
สำหรับ Hard Disk Drive รุ่น 2.5 นิ้ว จะใช้สกรู 1 ตัวในการจับยึด โดยมีตำแหน่งตามรูปที่ 2.11 โดยใช้ไขควงไฟฟ้าที่ตั้งค่าแรงบิดได้ (Electric Torque Driver) เป็นเครื่องมือในการขันสกรู



รูปที่ 2.11 ตำแหน่งการยึดของ Flex screw

2.2.4 การทอดแรงของสกรู

ในขณะที่ขันสกรูจะมีแรงที่กระทำกับเกลียวตามรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แรงที่กระทำกับเกลียวของสกรู

- กำหนดให้ F_u คือ แรงตามแนววงกลม (N)
 F_{Rv} คือ แรงเสียดทานจากแนวชั้นสกรู (N)
 F_v คือ แรงตามแนวชั้นสกรู (N)
 F_{Ru} คือ แรงเสียดทานจากแนววงกลม (N)
 d_2 คือ Mean Diameter (mm)
 P คือ Pitch (mm)
 α คือ มุมเอียงของเกลียว (องศา)
 μ คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

เมื่อแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กรณี แบบไม่มีแรงเสียดทานกับมีแรงเสียดทานซึ่งเราสามารถคำนวณหาแรงที่ใช้ชั้นสกรูได้ดังนี้ กรณีไม่มีแรงเสียดทาน

$$F_u = F_v \cdot \tan \alpha \quad (2.1)$$

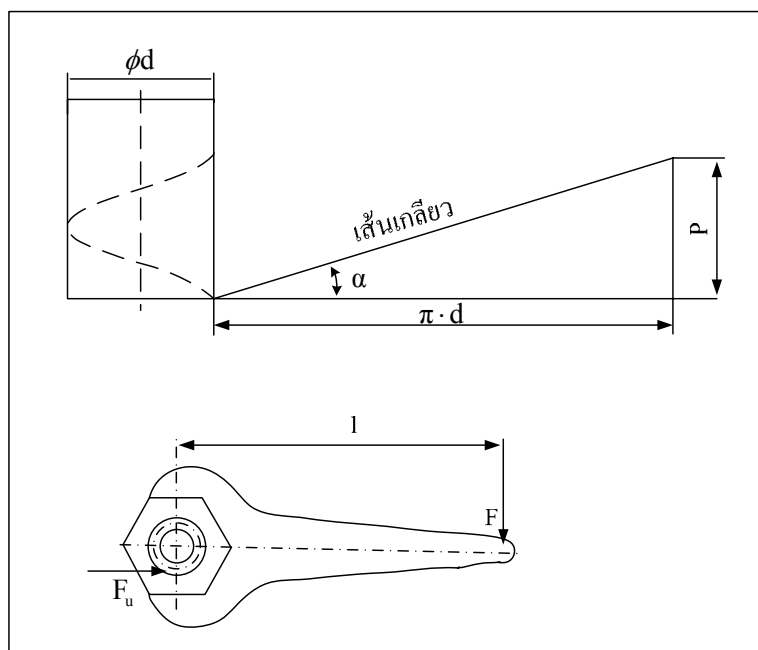
กรณีมีแรงเสียดทาน

$$F_u = F_v \cdot \tan(\alpha + \rho) \quad (2.2)$$

$$F_u = F_v \cdot \tan(\alpha - \rho) \quad (2.3)$$

ซึ่งสมการที่ (2.2) เป็นการขันสกรูขึ้น ส่วนสมการที่ (2.3) เป็นการขันลง จากสมการด้านบนสามารถคำนวณหาแรงในการขันสกรูเบื้องต้นได้ แต่ในการขันจริงจะมีองค์ประกอบอื่นที่จะต้องพิจารณา เช่น จำนวนชั้นร่องในการขัน อาทิ แหวน ความละเอียดของผิวเกลียวของตัวสกรูและตัวชิ้นงาน และความแข็งของเนื้อสกรูและชิ้นงาน เป็นต้น ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้จะมีค่าความเพี้ยนแตกต่างกันไป ส่วนมากค่าเหล่านี้จะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 1.5 ถึง 5.0 เท่าของแรงจริงที่ใช้ โดยค่าเหล่านี้ได้มาจากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญทางด้านนี้

2.2.5 การคำนวณโมเมนต์ชั้นดิ่งสกรู



รูปที่ 2.13 ลักษณะแรงที่ทำให้เกิดโมเมนต์บิด (มานพ ตันตระบัณฑิตย์, 2540)

ตามรูปที่ 2.13 สามารถเขียนสมการโมเมนต์บิดได้เป็น

$$M_a = F \cdot l = F_u \cdot \frac{d_2}{2} \quad (2.4)$$

ถ้าคิดค่าโมเมนต์บิดที่ทำให้เกิดความเค้นในสกรู โดยไม่คิดความเสียดทานระหว่างสกรูและผิวรองรับจะได้

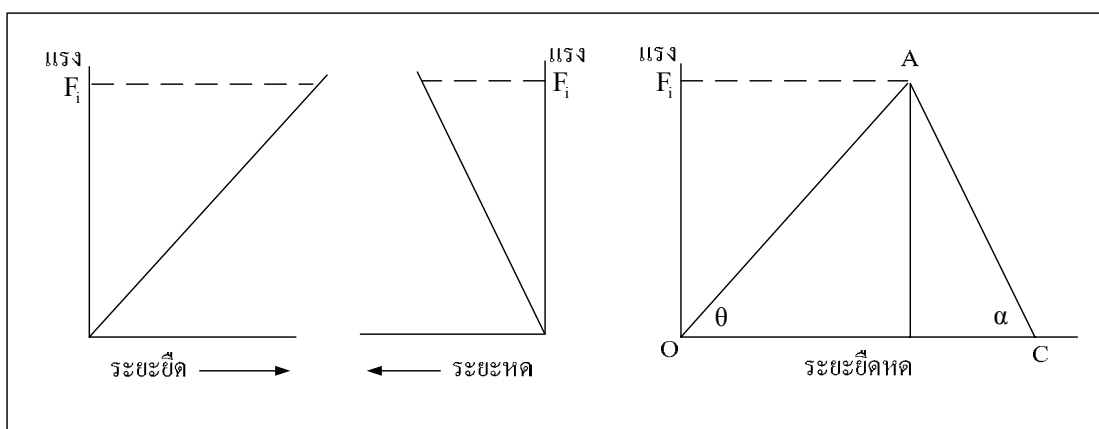
$$M_a = F_u \cdot \frac{d_2}{2} = F_v \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho) \quad (2.5)$$

แต่ถ้าพิจารณาความเสียดทานระหว่างหัวสกรูกับผิวรองรับเราจะได้

$$M_a = F_v \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho) + F_v \cdot \mu \cdot r \quad (2.6)$$

2.2.6 สกรูที่มีภาระกระทำก่อน

สกรูส่วนใหญ่ที่ขันยึดแน่นแล้วจะมีภาระกระทำ (Preload) ทันทีเมื่อพิจารณา กฎของฮุกในช่วงยืดหยุ่นของวัสดุ เมื่อขันสกรูจะทำให้สกรูมีแรงดึงเพิ่มขึ้นสกรูจะยืดออกและในเวลาเดียวกันชิ้นงานที่อยู่ระหว่างสกรูก็จะหดตัวลง ดังรูปที่ 2.14 ถ้าชิ้นงานมีความแข็ง (Stiffness) มากเส้นกราฟก็จะชันมากเนื่องจากต้องใช้แรงในการทำให้ยืดหดมาก



รูปที่ 2.14 การยืดตัว-หดตัวของสกรู (มานพ ตันตระบัณฑิตย์, 2540)

จากภาวะที่กล่าวสามารถหาความเค้นรวมของสกรูได้เป็น

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{F_v}{A}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{F_v \cdot d_2 \cdot \tan(\alpha + \rho)}{2 \cdot \pi \cdot d_1^3}\right)^2} \quad (2.7)$$

Prof. G. Niemann ได้ศึกษาวิจัยแล้วพบว่าถ้าเกลียวอดแหลมปกติ $\sigma \approx 0.84 \cdot R_c$ และ $\sigma \approx 0.73 \cdot R_c$ สำหรับเกลียวอดแหลมละเอียด เมื่อแทนค่าสมการก็จะได้ค่าแรงขันอนุญาตสูงสุด

$$F_{v,\max} = \frac{0.84 \cdot R_c \cdot A}{\sqrt{1 + 3 \cdot \left(\frac{A \cdot d_2 \cdot \tan(\alpha + \rho)}{2 \cdot \pi \cdot d_1^3}\right)^2}} \quad (2.8)$$

โดยที่ R_c คือ ความเค้นครากของสกรู (N/mm^2)

A คือ พื้นที่ภาคตัดขวางของเกลียวใน (mm^2)

จากที่กล่าวมาทำให้ทราบถึงช่วงการกำหนดแรงที่ใช้ขันสกรู โดยที่ค่าต่ำสุดคือแรงบิดที่พอใช้ในการขันสกรูให้ยึดติดชิ้นงานพอดี และค่าสูงสุดคือแรงอนุญาตสูงสุดที่สกรูสามารถรับได้ ซึ่งทั้งสองค่านี้เป็นประโยชน์อย่างมากในการนำมาคำนวณหาค่าแรงบิดที่เหมาะสมกับการขัน flex สกรูให้พอดีกับชิ้นงาน

2.3 หุ่นยนต์ (Robot)

2.3.1 ความเป็นมาของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ มาจากคำว่า “Robota” ซึ่งแปลว่าทาส ศัพท์นี้มาจากบทละครเรื่อง Rossum’s Universal Robots (Karel, 1992) จากจุดนี้เองทำให้แนวคิดเรื่องหุ่นยนต์แพร่หลายสู่สาธารณชน จนกระทั่งปี ค.ศ. 1961 หุ่นยนต์ได้รับการพัฒนาเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น โดยบริษัทเจนเนอรัลมอเตอร์ (General Motors) ได้พัฒนาเครื่องมือช่วยในการผลิตเป็นลักษณะกลไกที่เคลื่อนไหวได้ตามโปรแกรม ทำให้ความหมายของหุ่นยนต์ขยายวงกว้างออกไป หมายถึงรวมเครื่องจักรอัตโนมัติที่ช่วยในการผลิต แต่ทั้งนี้สิ่งที่ยังคงเป็นหัวใจสำคัญของหุ่นยนต์ก็คือความสามารถทำงานได้ด้วยโปรแกรม และต้องทำงานได้เองอย่างอัตโนมัติ ภายใต้เงื่อนไขของโปรแกรมที่กำหนด

2.3.2 ส่วนประกอบหลักของหุ่นยนต์

ในหุ่นยนต์อัตโนมัติโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญทั้งหมด 4 ส่วนคือ

2.3.2.1 แขนกล (Manipulator)

1) แกนหลักในการเคลื่อนที่ได้แก่ หมุน (Rotational) ขึ้นลง (Up and down) เอื้อม (Reach)

2) แกนรองในการเคลื่อนที่ซึ่งจะพบได้ในข้อต่อของหุ่นยนต์ได้แก่ เหวียง (Pitch) ม้วน (Roll) เอียงหรือหัน (Yaw)

กลไกสำหรับการเคลื่อนที่ทั้งในแกนหลักและแกนรอง สามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การใช้เฟือง สายพาน กระจบอกลูกสูบ เป็นต้น การเลือกใช้ระบบกลไกใด ผู้ใช้สามารถเลือกได้อย่างอิสระแต่ควรคำนึงถึงลักษณะงานที่จะใช้ ความซับซ้อนของระบบ ขนาดของเครื่องจักร และระบบต้นกำลัง เป็นส่วนประกอบในการตัดสินใจเลือกกลไกที่เหมาะสม

2.3.2.2 ระบบต้นกำลัง (Power Supplies System)

- **ต้นกำลังจากไฮดรอลิก (Hydraulic Power Supplies)** จ่ายพลังงานโดยอาศัยการบีบน้ำมัน หรือของเหลวผ่านท่อ รู ไปยังกระบอกไฮดรอลิก หรือ ไฮดรอลิกมอเตอร์ ซึ่งตัวไฮดรอลิกมอเตอร์สามารถเคลื่อนที่แบบหมุน (Rotational) หรือ บิด (Twisting)

ข้อดีของระบบไฮดรอลิก

1. ไม่มีการสปาร์ค เกิดประกายไฟ ฉะนั้นเครื่องกลที่มีต้นกำลังจากไฮดรอลิกจะใช้ในที่ที่เสี่ยงต่อการระเบิด หรือติดไฟง่าย
2. สามารถรับภาระยกของหนักได้มากกว่ามอเตอร์ไฟฟ้า ยกของได้หนักมากกว่า 30,000 ปอนด์ หรือ 13,620 กิโลกรัมข้อเสียของระบบไฮดรอลิก
3. ระบบไฮดรอลิกต้องมีการดูแลรักษาให้อยู่ในสภาพดี ต้องตรวจระดับของเหลวในระบบไฮดรอลิก เปลี่ยนฟิลเตอร์ตามระยะเวลา
4. ระบบไฮดรอลิกต้องการเวลาอุ่นเครื่องด้วย บางแบบอาจต้องการเวลา 15-30 นาทีก่อนเริ่มทำงาน หากไม่อุ่นเครื่อง เครื่องจักรจะเคลื่อนที่ไม่ราบรื่นและถูกต้อง

- **ต้นกำลังจากลม (Pneumatic Power Supplies)** มีลักษณะคล้ายระบบไฮดรอลิก แตกต่างตรงการใช้ตัวกลางในการส่งผ่านพลังงานไปสู่แขนกล ในระบบไฮดรอลิกจะใช้การไหลของน้ำมันในการขับเคลื่อน ในขณะที่ระบบลมจะใช้การไหลของลมในการขับเคลื่อน

ข้อดีของระบบลม

1. ระบบเรียบง่าย เครื่องจักรสามารถทำงานโดยรับแรงดันลมผ่านระบบท่อภายในโรงงานซึ่งแรงดันลมได้มาจากคอมเพรสเซอร์ศูนย์กลาง (Central Air Compressor) สูบลมเข้าถังเก็บก่อนจ่ายลมตามท่อไปสู่บริเวณที่ต้องการใช้พลังงานลม

2. กรณีเกิดการรั่วขึ้นในระบบ อากาศสามารถกำจัดได้ง่ายกว่าน้ำมัน

ข้อเสียของระบบลม

1. มีความนุ่มนวลเหมือนฟองน้ำ ถ้ามีน้ำหนักมากขึ้นที่ส่วนปลายของแขนกล ก็จะมีโอกาสที่จะเกิดการหย่อนและหลุดตัวได้ การหลุดตัวทำให้ความสามารถในการกลับเข้าสู่ตำแหน่งเดิมทุกครั้งไม่คงที่ ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยใช้เบรกพิเศษ และระบบควบคุม แต่ก็ลดระดับความเรียบง่ายของระบบลง

- **ต้นกำลังจากไฟฟ้า (Electric Power Supplies)** เป็นระบบที่ได้รับความนิยมเพราะง่ายในการออกแบบและซ่อมบำรุง ระบบไฟฟ้าไม่ต้องการระบบท่อดังเช่นในระบบลม หรือการติดตั้งระบบจ่ายไฮดรอลิก และไม่ต้องการเวลาในการอุ่นเครื่องเหมือนในระบบไฮดรอลิก และไม่มีปัญหาในเรื่องของการยุบตัวของแขนกลเหมือนระบบลม

ข้อดีระบบไฟฟ้า

1. ความเรียบง่ายของระบบที่มีมากกว่า เพราะทั้งสองระบบข้างต้นต้องการระบบท่อและการเก็บกักของของไหล (อากาศ หรือ น้ำมัน) ภายใต้อันดันซึ่งก่อให้เกิดการรั่วซึม อันนำไปสู่ปัญหาของการซ่อมบำรุงที่ต้องเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษ
2. มอเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำงานซ้ำ ๆ ได้ดีที่ตำแหน่งของแขนกลในระบบไฮดรอลิก และระบบลมจะเปลี่ยนแปลงตามภาระที่เครื่องได้รับ ภาระมาก ๆ ของไหลจะถูกกด จึงมีผลให้การทำซ้ำของแขนกลก็จะกระทำไม่ได้ ซึ่งปัญหานี้ในมอเตอร์ไฟฟ้าสามารถแก้ไขได้โดยการใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนติดตามตำแหน่งของแขนกล แล้วแก้ไขความแปรปรวนที่เกิดจากภาวะ แต่กระนั้นก็ทำให้เครื่องจักรทวีความซับซ้อน

ข้อเสียระบบไฟฟ้า

1. สามารถรับภาระได้ต่ำ ซึ่งในอดีตรับภาระได้ต่ำเพียง 3,000 กิโลกรัม เท่านั้น ปัจจุบันรับภาระได้มากกว่า 5,000 กิโลกรัม

2.3.2.3 ส่วนตรวจจับ

ส่วนนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งยวด หุ่นยนต์จะทำงานได้ถูกต้องหรือไม่จะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ตรวจจับนี้ เพราะในการทำงานของหุ่นยนต์จะต้องรับสัญญาณอินพุตมากำหนดเงื่อนไขในการทำงาน หน้าที่ของอุปกรณ์ตรวจจับคือ ทำการตรวจจับสัญญาณหรือการเปลี่ยนแปลงของปริมาณทางกายภาพแล้วรายงานให้ส่วนควบคุมรับทราบ อุปกรณ์ตรวจจับ อาทิ ลิมิตสวิทช์ (Limit Switch) เป็นสวิทช์ที่ใช้ในการตรวจจับตำแหน่ง ของการเคลื่อนที่ของชิ้นงานหรือส่วนประกอบของเครื่องจักร การเปิดปิดหน้าสัมผัสการทำงานของลิมิตสวิทช์ ต้องใช้แรงกลจากภายนอกเท่านั้น

2.3.2.4 ส่วนควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

ใช้การควบคุมได้หลายวิธีดังนี้

1. Drum Controller คล้ายกลองดนตรีมีปุ่มขึ้น ไว้แตะให้ระบบทำงานตามจังหวะ
2. Air Logic Controller ใช้ในระบบหุ่นยนต์ประเภทหยิบแล้ววาง (Pneumatic pick and place robots) เท่านั้น เป็นการรวมกลุ่มของวาล์วลมและ ไทม์เมอร์เพื่อควบคุมการเปิดปิดของวาล์วหลัก
3. Relay Sequential Control คือวงจรควบคุมที่ประกอบด้วยวงจรที่มีหน้าสัมผัสเชิงกล ได้แก่สวิทช์ต่าง ๆ รีเลย์ คอนแทกเตอร์ เป็นต้น
4. The Programmable Logic Controller เป็นระบบควบคุมที่เก็บโปรแกรมในรูปของอิเล็กทรอนิกส์ตัวควบคุมเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions)

5. The Microprocessor Control เป็นระบบควบคุมที่มีหน่วยความจำเพื่อเก็บโปรแกรมของหุ่นยนต์ ภายในจะมีวงจรมีพิเศษเพื่อจะแปลคำสั่งเข้าไปในหน่วยความจำของหุ่นยนต์ หรือสั่งการทำงานของวาล์ว หรือมอเตอร์เพื่อให้แขนกลของหุ่นยนต์ทำงาน

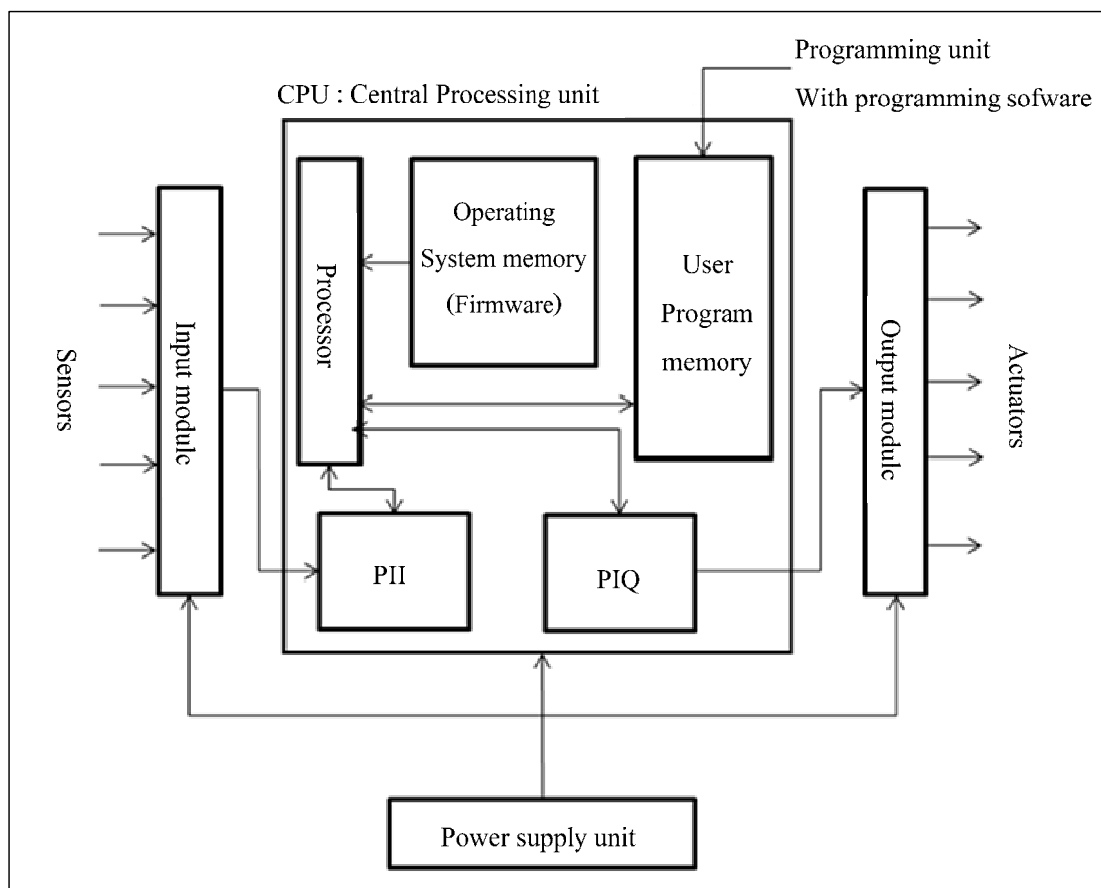
6. The Microcomputer เป็นระบบควบคุมที่ใช้คอมพิวเตอร์ทำหน้าที่สั่งการทำงานของเครื่องจักรผ่านการรับสัญญาณจากภายนอกเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อนำไปประมวลผล และสั่งการให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานตามที่ได้กำหนดไว้ในโปรแกรม

2.4 The Programmable Logic Controller (PLC)

PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรมีหน่วยความจำในการเก็บโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่ต่อกับขั้วออกของมัน นอกจากนี้ยังมีชื่อเรียกอย่างอื่นอีก เช่น PC (Programmable Controller) หรือ SC (Sequence Controller) ในกรณีของ PLC ขนาดเล็กอาจเรียกเป็นตัวซีเควินเซอร์ (Sequencer)

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มักนำ PLC มาใช้เป็นอุปกรณ์ควบคุมเครื่องจักรของโรงงานให้ทำงานอย่างอัตโนมัติในระบบ FA (Factory Automation) PLC ถูกใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรให้เครื่องจักรทำงานได้เองอัตโนมัติ ช่วยลดงานของคนงานลดของเสีย โครงสร้างโดยทั่วไปของ PLC มีส่วนประกอบคล้ายกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์จะมีไมโครโปรเซสเซอร์เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นช่องรับสัญญาณเข้าและส่งสัญญาณออกที่เราสามารถต่อไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัด (Sensor) หรือสวิทช์ต่าง ๆ จะต่อเข้ากับช่องรับสัญญาณเข้า ส่วนช่องสัญญาณออกจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย สำหรับส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์นั้น PLC จะสร้างอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ภายในตัวเอง เช่น รีเลย์ ตัวตั้งเวลา ตัวนับสัญญาณ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้เป็นสิ่งที่ไม่มีตัวตนในรูปของวัตถุ แต่จะปรากฏในรูปของฟังก์ชัน โดยการทำงานที่ตรงกับของจริง การต่อสายเชื่อมโยงอุปกรณ์เหล่านี้เข้ากันเป็นวงจร ทำได้โดยอาศัยซอฟต์แวร์ทั้งสิ้น การสร้างวงจรหรือแบบควบคุมทำได้โดยการป้อนโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC โดยโปรแกรมเหล่านี้จะทำหน้าที่เหมือนวงจรรีเลย์ ตัวตั้งเวลา และตัวนับสัญญาณที่เคยใช้กันตามปกติ เมื่อกดสวิทช์บังคับให้ PLC เริ่มทำงานมันจะทำงานเหมือนวงจรรีเลย์ที่เราป้อนเข้าไป

2.4.1 โครงสร้างของ PLC



รูปที่ 2.15 แสดงโครงสร้างของ PLC

ตามรูปด้านบนจะเห็นว่าภายใน PLC จะมีโครงสร้างเป็นไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย

1. วงจรอินพุต (Input-Unit) ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้วแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมแล้วส่งให้หน่วยประมวลผลต่อไป ปกติสัญญาณจากอุปกรณ์ตัวตรวจ หรือสวิตซ์ต่าง ๆ จะมีกระแสไฟฟ้าประมาณ 7-10 มิลลิแอมแปร์
2. วงจรเอาต์พุต (Output-Unit) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งสัญญาณที่มีขนาดใหญ่พอที่จะขับอุปกรณ์ขาออก เช่น รีเลย์ คอนแทกเตอร์ โซลีนอยด์ หลอดไฟ เป็นต้น โดยปกติแล้วเอาต์พุตมีความสามารถในการขับโหลดด้วยกระแสประมาณ 1-2 แอมแปร์ ฉะนั้นกรณีที่โหลดต้องการกระแสมากกว่านี้ผู้ใช้จะต้องนำไปต่อเข้ากับอุปกรณ์ขับหรือขยายอีกทีหนึ่งด้วยอุปกรณ์พวกรีเลย์ คอนแทกเตอร์ เป็นต้น

3. หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของ PLC ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดบนพื้นฐานไมโครโปรเซสเซอร์ (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ เคาน์เตอร์/ไทม์เมอร์ และซีเควนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้ CPU จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตต่าง ๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาต์พุต

4. หน่วยความจำ (Memory Unit) ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต ก็จะมีค่าสถานะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันไปแล้วแต่คำสั่ง ซึ่ง PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ ROM และ RAM

RAM ทำหน้าที่เก็บ โปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็ก ๆ ต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้นจึงเหมาะกับงานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อย ๆ

ROM ทำหน้าที่เก็บ โปรแกรมสำหรับใช้ในการ ปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบ ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น EPROM ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบ EEPROM หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับ RAM แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง แต่ราคาจะแพงกว่า เนื่องจากรวมคุณสมบัติของ ROM และ RAM ไว้ด้วยกัน

5. โปรแกรม (Program) ชุดคำสั่งที่ใช้ป้อนเข้าสู่หน่วยความจำของ PLC ไว้สำหรับควบคุมการทำงานของหน่วยประมวลผลกลางเพื่อให้ PLC ทำงานตามซีเควนซ์ที่ต้องการเหมือนวงจรรีเลย์

6. แผงป้อนโปรแกรม (Remote Control) ใช้สำหรับป้อนโปรแกรมหรือเช็คโปรแกรมที่เก็บในหน่วยความจำและแสดงผลควบคุม เราสามารถใช้คอมพิวเตอร์ต่อแทนแผงป้อนโปรแกรมได้โดยโปรแกรมจะแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

7. แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับ CPU Unit หน่วยความจำและหน่วยอินพุต/เอาต์พุต

ด้วยความสะดวกในการต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับ PLC ได้อย่างง่ายดายช่วยลดความซับซ้อนและใหญ่โตของวงจรไฟฟ้า การสั่งงานอุปกรณ์ที่ต่อพ่วงกับ PLC โดยโปรแกรมคำสั่งเปิดโอกาสให้สามารถแก้ไขระบบได้อย่างรวดเร็ว การจัดสร้างจึงเลือก PLC เป็นตัวควบคุมการทำงาน

2.4.2 การเขียนโปรแกรมสำหรับ PLC

ทฤษฎีที่สำคัญในการออกแบบวงจรลอจิกคือตรรกพีชคณิต (Boolean Algebra) ซึ่งมีจุดเริ่มต้นจากงานวิจัยเกี่ยวกับ “การวิเคราะห์ற்றะดด้วยคณิตศาสตร์” และเริ่มนำมาประยุกต์ใช้กับวงจรสวิตช์ (Switching Circuit) ในการออกแบบชุมสายโทรศัพท์และคอมพิวเตอร์

พีชคณิตบูลีนจะแตกต่างจากพีชคณิตธรรมดาตรงที่ใช้ตัวแปรไบนารี (Binary Variable) ดังนั้นเมื่อนำพีชคณิตบูลีนมาประยุกต์ใช้กับวงจรรีเลย์หรือวงจรสวิตช์ซึ่ง ก็จะทำให้สามารถวิเคราะห์วงจรต่าง ๆ ได้โดยง่าย พีชคณิตบูลีนจึงมีประโยชน์มากต่อการศึกษาวงจรที่ควรรู้

ถ้ากำหนดให้ A แทนหน้าสัมผัสใด ๆ

$A = 0$ หมายถึงหน้าสัมผัสปิดจะทำให้กระแสไหลผ่านได้

$A = 1$ หมายถึงหน้าสัมผัสเปิดจะทำให้กระแสไหลผ่านไม่ได้

โอเปอเรเตอร์ AND เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ (\cdot) เช่น $A \cdot B$ มีคุณสมบัติดังนี้

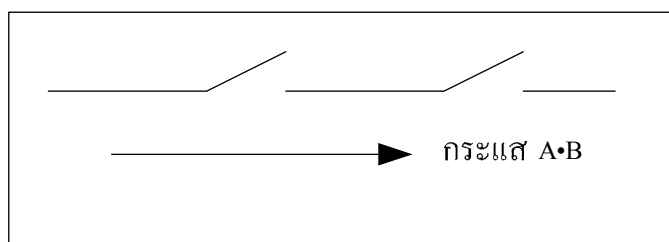
$$0 \cdot 0 = 0$$

$$0 \cdot 1 = 0$$

$$1 \cdot 0 = 0$$

$$1 \cdot 1 = 1$$

AND จะตรงกับการนำหน้าสัมผัส A และ B มาต่ออนุกรมกัน ถ้าหน้าสัมผัส A และ B ปิดทั้งคู่จะทำให้กระแสไหลในวงจรได้ (กรณี $1 \cdot 1 = 1$) ถ้าหน้าสัมผัสใดหรือทั้งคู่เปิดวงจรก็จะทำให้กระแสไหลผ่านในวงจรไม่ได้



รูปที่ 2.16 ลักษณะวงจรแบบ AND

โอเปอเรเตอร์ OR เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ($+$) เช่น $A + B$ มีคุณสมบัติดังนี้

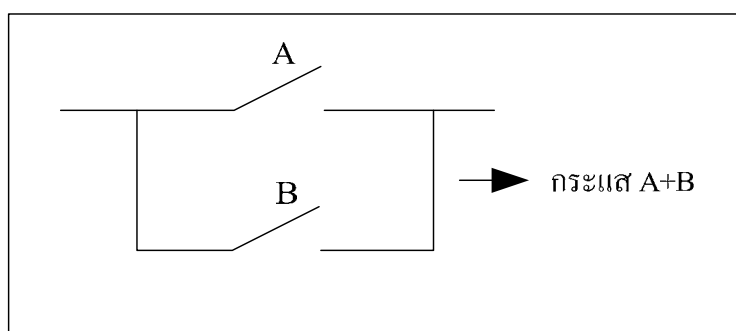
$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 1$$

OR จะตรงกับการนำน้ำสัมผัส A และ B มาต่อขนานกัน ถ้าหน้าสัมผัสหนึ่งปิด จะทำให้กระแสไหลผ่านในวงจรได้ แต่ถ้าหน้าสัมผัสทั้งคู่เปิดจะทำให้กระแสไม่สามารถไหลผ่านในวงจร (กรณี $0 + 0 = 0$)



รูปที่ 2.17 ลักษณะวงจรแบบ OR

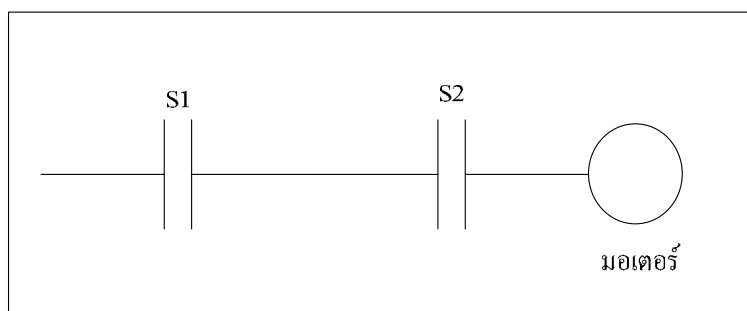
โอเพอเรเตอร์ NOT เขียนด้วยสัญลักษณ์ \bar{A} คือการกลับตัวแปรจาก 0 เป็น 1 และจาก 1 เป็น 0 มีคุณสมบัติดังนี้

$$\overline{\bar{1}} = 0$$

$$\overline{\bar{0}} = 1$$

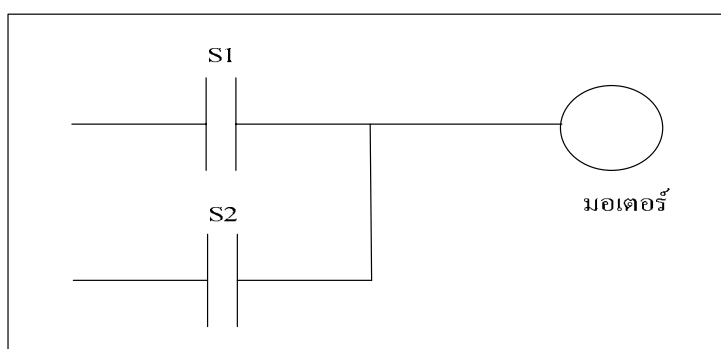
การเขียนโปรแกรม PLC หากนำพีชคณิตบูลีนมาใช้จะทำให้การเขียนโปรแกรม PLC เป็นเรื่องง่ายขึ้นหลักการสำหรับการทำงานอย่างง่าย ๆ ดังนี้

หาอุปกรณ์ตัวใดที่ต้องการทำงานพร้อมกันจึงจะเกิดผลลัพธ์ ก็ให้ใช้คำสั่ง AND ตัวอย่างเช่นสวิตช์ S1 และสวิตช์ S2 ทำงานจึงจะทำให้มอเตอร์หมุน จะเขียนเป็นโปรแกรม PLC ได้ ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 คำสั่งแบบ AND

หากอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งทำงานก็จะเกิดผลลัพธ์ ก็ให้ใช้คำสั่ง OR ตัวอย่างเช่น สวิตช์ S1 หรือสวิตช์ S2 ทำงานก็จะทำให้มอเตอร์หมุน จะเขียนเป็นโปรแกรม PLC ได้ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 คำสั่งแบบ OR

หนึ่งในตัว PLC มีคำสั่งการทำงานอื่นอีกมากมายเพื่อรองรับความต้องการของงานที่ซับซ้อน และ PLC ของผู้ผลิตแต่ละยี่ห้อก็มีคำสั่งพิเศษที่แตกต่างกัน ฉะนั้นผู้เขียนโปรแกรมควรศึกษาคำสั่งในโปรแกรมของ PLC แต่ละยี่ห้อให้ถี่ถ้วน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ประภาช อुकคธิมาพันธุ์ (2540) ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องวางอัดโนมัติ โดยเครื่องได้รับการพัฒนามาจากเครื่องจักรในอุตสาหกรรมการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การทำงานของเครื่องคือเครื่องจะทำการจับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จากตำแหน่งของตัวจ่ายชิ้นงาน

มาวางประกอบลงบนแผงวงจรไฟฟ้า ซึ่งเครื่องได้ใช้สแต็ปมอเตอร์และรอกเฟืองในการขับเคลื่อนกลไก ควบคุมการทำงานอัตโนมัติด้วยระบบ PLC ที่เชื่อมต่อการควบคุมและแสดงผลเข้ากับคอมพิวเตอร์

2. กิตติ เอกแสงกุล (2546) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องฟันสีอัตโนมัติ โดยเครื่องฟันสีแบบอัตโนมัตินี้ใช้ PLC เป็นระบบควบคุม ใช้บอลสกรูเป็นกลไกการเคลื่อน มีมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อน การทำงานของเครื่อง คือเครื่องจะฟันสีรถยนต์ขึ้นลงตามแนวโค้งแบบอัตโนมัติ ทั้งสองงานวิจัยทำให้เข้าใจแนวคิดและขั้นตอนในการออกแบบเครื่องจักรอัตโนมัติ ทั้งการเลือกกลไกทางกลสำหรับการเคลื่อนที่ เลือกระบบในการควบคุมอัตโนมัติ และการเขียนโปรแกรมควบคุม อีกทั้งยังทราบถึงข้อควรระวังในการออกแบบ และวิธีการทดสอบ ซึ่งเป็นผลดีในการนำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบเครื่องตัดตั้งชุดสายสัญญาณอัตโนมัติ

3. Arthur, J., and Aspers (1992) ได้ศึกษาและออกแบบระบบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ชิ้น สกรูที่สามารถคำนวณหาแรงบิดที่เหมาะสมในการขันได้เอง โดยอุปกรณ์ชิ้นสกรูจะใช้ระบบลม เป็นระบบขับเคลื่อนกลไก ตัวอุปกรณ์สามารถจะส่งสัญญาณแรงบิดที่เกิดขึ้นจริงในขณะที่ขันสกรูเข้าสู่ระบบควบคุมโดยส่งสัญญาณเป็นแบบดิจิทัล ระบบควบคุมจะนำสัญญาณไปประมวลผลและเมื่อได้แรงบิดที่ต้องการระบบควบคุมจะส่งสัญญาณตัดการทำงานของระบบลมที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ชิ้นสกรูต่อไป ซึ่งระบบควบคุมจะพิจารณาแรงภายนอกที่กระทำกับสกรูในขณะที่ขันยึดเพื่อบีบอัดชิ้นงาน (Preload) เป็นสำคัญ

งานวิจัยได้กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวกับการยึดของสกรู ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ค่าความเค้น แรงบิดในการขัน แรง Preload เป็นต้นในงานวิจัยยังบอกถึงผลเสียในการขันสกรูที่ให้แรงบิดมากหรือน้อยเกินไป อีกทั้งการออกแบบระบบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ชิ้นสกรู ยังเป็นประโยชน์ที่จะนำมาพัฒนาเครื่องตัดตั้งชุดสายสัญญาณ อัตโนมัติในครั้งต่อไป เพราะปัจจุบันเครื่องตัดตั้งชุดสายสัญญาณ ได้ใช้อุปกรณ์ชิ้นสกรูแบบปรับค่าได้ในขบวนการขันสกรู

บทที่ 3

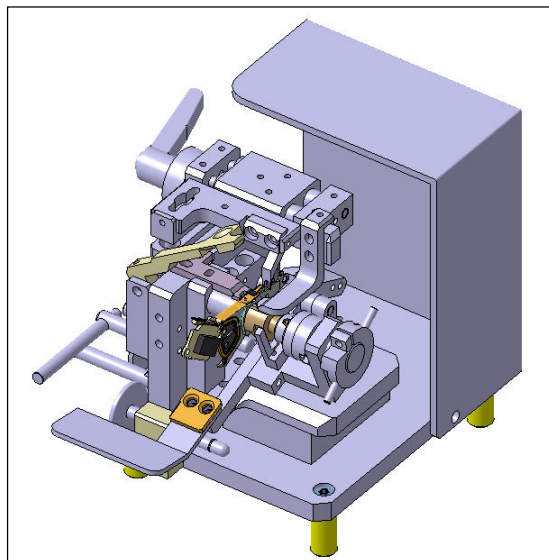
การดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบในกระบวนการประกอบชุดสายสัญญาณแบบอัตโนมัติ โดยเริ่มต้นด้วยการศึกษาชุดหัวอ่านและวิธีการประกอบชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่าน อีกทั้งเก็บข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องต้นแบบ การออกแบบเครื่องต้นแบบทางผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะลดเวลาและความเสียหายลงจากกระบวนการประกอบโดยใช้มนุษย์ในปัจจุบัน ทางผู้วิจัยให้ความสนใจเกี่ยวกับการชันสกรูเป็นหลัก เพราะส่วนนี้เป็นปัญหาหลักในระหว่างกระบวนการประกอบชุดสายสัญญาณ ซึ่งงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นในการทดลองเพื่อหาค่าแรงบิดที่เหมาะสมในการชันสกรูสำหรับจับยึดชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่าน

3.1 กระบวนการประกอบชุดสายสัญญาณโดยมนุษย์

เครื่อง flex attach tool นี้มีหน้าที่เป็นตัวช่วยในการจับยึดเพื่อติดตั้งชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่านซึ่งกระบวนการติดตั้งชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่านที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนี้มีขั้นตอนดังนี้

1. พนักงานนำชุดหัวอ่านใส่ในตัวจับยึด (Jig) ของเครื่อง flex attach tool และทำการจับยึดให้เข้าที่
2. พนักงานนำชุดสายสัญญาณใส่ในตัวจับยึดของเครื่อง flex attach tool และทำการจับยึดให้เข้าที่
3. พนักงานเปิดฝาของเครื่อง flex attach tool เพื่อจัดแนวชุดสายสัญญาณ และชุดหัวอ่านให้อยู่ในแนวที่ต้องการ โดยให้รูสกรูของทั้งสองอยู่ในแนวเดียวกัน บนฝาของเครื่องจะมีช่องสำหรับใช้เป็นแนวทางในการชันสกรูเจาะอยู่ด้วย
4. พนักงานนำเครื่องชันสกรูไฟฟ้ามาดูดสกรูขึ้นมาจากถาดใส่สกรู จากนั้นนำสกรูไปขันตรงรูของฝาเพื่อให้สกรูยึดชุดสายสัญญาณและชุดหัวอ่านเข้าไว้ด้วยกัน
5. พนักงานเปิดฝายกออกคลายชุดการจับยึดและนำชุดหัวอ่านที่ติดตั้งชุดสายสัญญาณเรียบร้อยแล้วออกจากเครื่องและส่งไปสู่กระบวนการประกอบอื่นต่อไป



รูปที่ 3.1 เครื่อง Flex attach tool

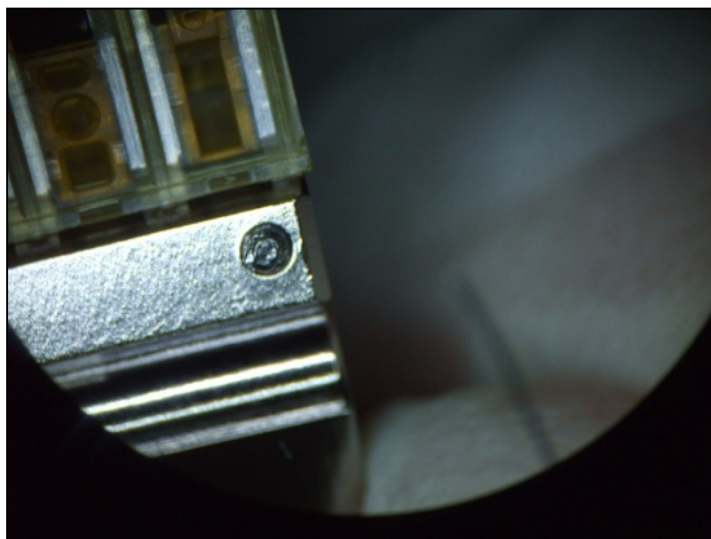
ในขบวนการที่กล่าวมาแล้วทุกขั้นตอนต้องใช้พนักงานเป็นผู้ทำงานด้วยตนเองทั้งสิ้น ซึ่งทำให้เกิดปัญหาขึ้นหลายอย่าง คณะผู้วิจัยได้เข้าไปศึกษาและพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นหลักที่สำคัญอยู่ 3 ส่วนดังนี้

1. การขันสกรูไม่ได้ระดับจะทำให้หัวสกรูโผล่ออกมามากเกินไปดังแสดงในรูปที่ 3.2 จะทำให้เกิดปัญหาเมื่อนำชุดหัวอ่านนี้ไปประกอบเข้ากับส่วนอื่นต่อไป สาเหตุของปัญหาเป็นผลมาจากผู้ขันสกรูไม่ขันสกรูให้ได้แรงบิดตามที่กำหนดให้



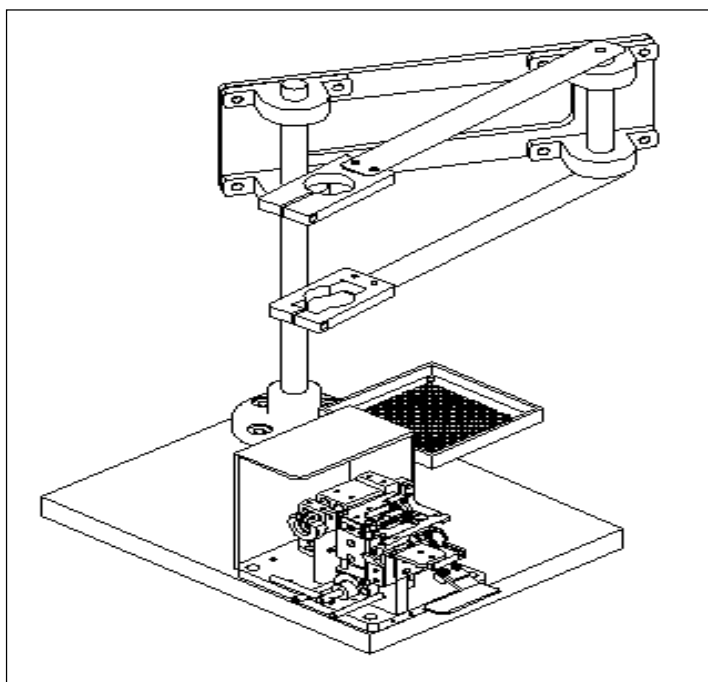
รูปที่ 3.2 สกรูขันไม่ได้ระดับ

2. หัวสกรูเกิดความเสียหายดังแสดงในรูปที่ 3.3 เป็นผลมาจากการตั้งค่าแรงบิดของเครื่องขันสกรูไฟฟ้าที่มากเกินไป



รูปที่ 3.3 หัวสกรูเกิดความเสียหาย

3. รูของสกรูเกิดความเสียหายในขั้นตอนการขัน ส่วนนี้เป็นเป็นผลมาจากเวลาการขันสกรู ผู้ขันสกรูวางแกนของเครื่องขันสกรูไฟฟ้าไม่ตรงเป็นแนวเดียวกับแกนของรูสกรู และอีกกรณีหนึ่งเกิดจากการขันสกรูซ้ำหลายครั้งซึ่งในกรณีนี้ทางผู้วิจัยได้นำเสนอและออกแบบแนวทางแก้ปัญหาเบื้องต้นสำหรับใช้ในสายการผลิตในปัจจุบัน โดยส่วนของการจับยึดชุดสายสัญญาณและชุดหัวอ่านยังใช้รูปแบบเดิมทั้งหมด แต่ได้ทำการเพิ่มตัวจับยึดเครื่องขันสกรูไฟฟ้าเพิ่มเข้าไปดังแสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่งจะช่วยให้แนวแกนของตัวขันสกรูไฟฟ้ากับแกนของสกรูอยู่ในแนวเดียวกันลดการเสียดสีและฝุ่นผงที่จะเกิดขึ้นในระหว่างขันสกรูได้



รูปที่ 3.4 เครื่อง flex attach tool พร้อมตัวจับยึดเครื่องขันสกรูไฟฟ้า

ปัญหาที่เกิดขึ้นทั้ง 3 กรณีทางผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลาทั้งหมด 10 สัปดาห์ เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อชิ้นงานที่ได้จากสายการผลิต ซึ่งผลที่ได้แสดงตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการขันสกรู

ชนิดของปัญหา	เวลาในการเก็บข้อมูล (สัปดาห์)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
สกรูขันไม่ได้ระดับ	0.37	0.45	0.51	0.36	0.42	0.36	0.48	0.46	0.41	0.45
หัวสกรูขาด	0.08	0.02	0.03	0.03	0.06	0.03	0.04	0.05	0.06	0.01
รูสกรูเกิดความเสียหาย	3.43	4.51	3.78	4.21	4.10	4.03	3.08	4.67	4.02	4.02

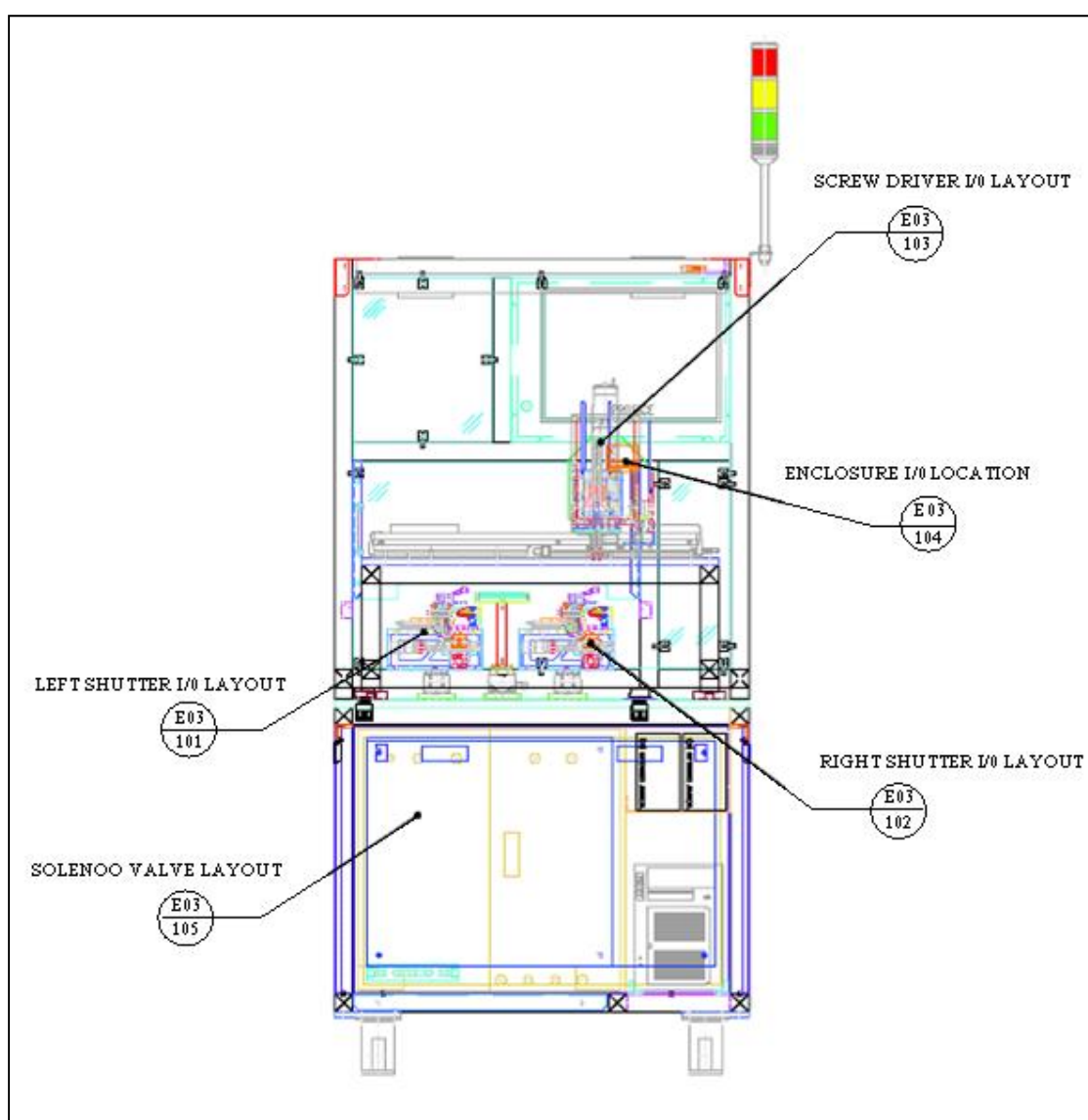
3.2 การออกแบบเครื่องจักรและระบบกลไก

3.2.1 การออกแบบเครื่องจักร

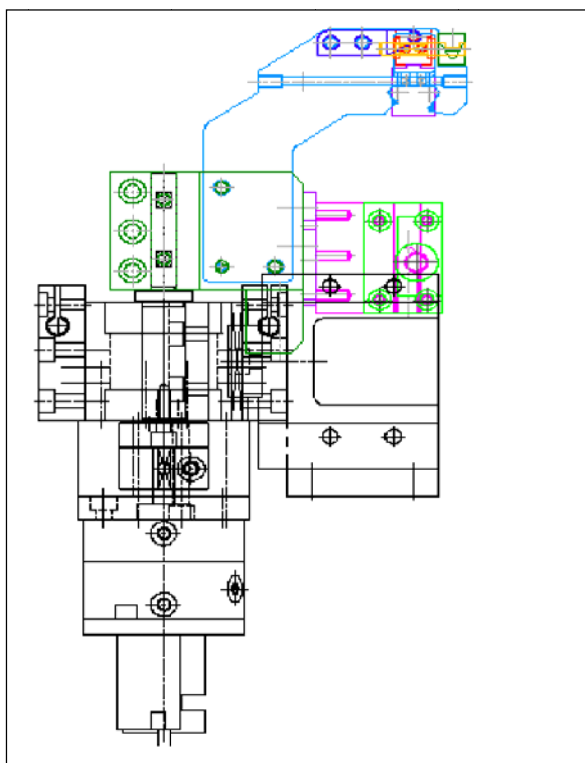
การออกแบบเครื่องจักรต้นแบบจะทำการออกแบบ โดยแนวคิดในการออกแบบเครื่องจักรเพื่อติดตั้งชุดสายสัญญาณ คือออกแบบเครื่องต้นแบบให้มีชุดจับยึดชิ้นงาน(Fixture) 2 ชุด

ซึ่งแต่ละชุดทำงานแยกกัน แต่จะมีชุดเครื่องขันสกรูไฟฟ้าเพียงชุดเดียว ลักษณะของเครื่องจักรที่ทำการออกแบบดังแสดงในรูปที่ 3.5

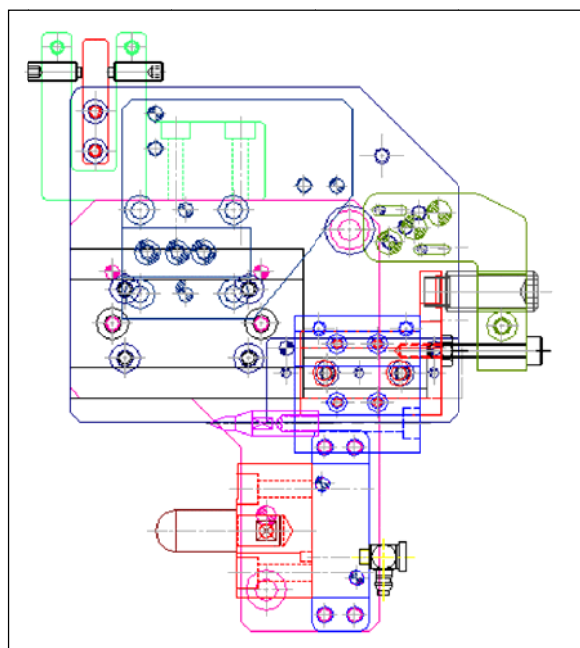
ในส่วนของการออกแบบชุดจับยึดชิ้นงานถูกออกแบบให้พนักงานมีหน้าที่ในการใส่ชุดสายสัญญาณกับชุดหัวอ่าน และมีหน้าที่นำชุดหัวอ่านที่ประกอบเสร็จออกเท่านั้น โดยในแต่ละชุดจับยึดชิ้นงานจะแบ่งแยกชุดสำหรับยึดชุดสายสัญญาณกับยึดชุดหัวอ่านออกจากกันดังแสดงในรูปที่ 3.6 และ 3.7 เมื่อเครื่องทำงานชุดจับยึดทั้ง 2 จะเคลื่อนที่มาประกบกัน โดยรูสกรูของชุดสายสัญญาณกับชุดหัวอ่านจะอยู่ตรงกันพอดี



รูปที่ 3.5 ลักษณะของเครื่องจักรต้นแบบที่ทำการออกแบบ



รูปที่ 3.6 ชุดจับยึดชุดสายสัญญาณ



รูปที่ 3.7 ชุดจับยึดชุดหัวอ่าน

3.2.2 ชุดส่วนประกอบหลักที่ใช้ในเครื่องจักรต้นแบบ

อุปกรณ์ที่เลือกใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องจักรต้นแบบ มีรายละเอียดดังนี้

1. เซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor)

เซอร์โวมอเตอร์ คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) ที่ถูกประกอบร่วมกับชุดเกียร์และส่วนควบคุมต่าง ๆ ไว้ในโมดูลเดียวกัน โดยจะมีสัญญาณใช้งาน 1 เส้น และอีก 2 เส้น เป็น VCC และ GND เท่านั้น ซึ่งสามารถควบคุมให้ตัวเซอร์โวมอเตอร์ หมุนซ้ายหรือขวาได้ +90 องศา - 90 องศา (180 องศา) โดยสามารถสั่งงานในการหมุนให้หมุนไปได้ตามองศาต่าง ๆ ที่ต้องการได้ด้วยตัวของ Servo motor เอง เช่น ต้องการหมุน 1 องศา หรือ 15 องศา ก็ได้ไม่ต้องมีส่วนควบคุมหรือ sensor ใด ๆ กลับมาตรวจสอบอีกทำให้ง่าย และสะดวกในการในการนำไปประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ ได้จริง งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในเรื่องข้อพื้นที่ในการติดตั้งและชุดจับยึดที่ติดต่อกันกับชุดเซอร์โวมอเตอร์มีน้ำหนักน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ YASKAWA รุ่น SGMM-A2C312 ดังแสดงในรูปที่ 3.8 มีแรงบิดสูงสุดอยู่ที่ 0.2 นิวตันเมตร และมีขนาดกว้าง 25 มิลลิเมตร สูง 25 มิลลิเมตร และ ลึก 80 มิลลิเมตร ซึ่งเหมาะสมกับเครื่องต้นแบบ

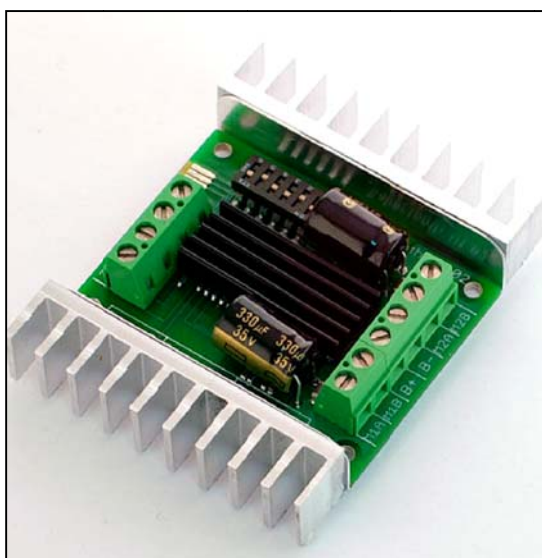


รูปที่ 3.8 เซอร์โวมอเตอร์ของบริษัท YASKAWA รุ่น SGMM-A2C312

2. ชุดวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง (Power Amplifier)

ชุดวงจรขับมอเตอร์กระแสตรงทำหน้าที่ขยายกระแสไฟฟ้า โดยอุปกรณ์นี้จะรับสัญญาณป้อนเข้าคือกระแสไฟฟ้าที่มีปริมาณและแรงดันต่ำ และจ่ายกระแสไฟฟ้าที่มีปริมาณและ

แรงดันสูงกว่า โดยใช้พลังงานจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าไปยังมอเตอร์กระแสตรงที่ติดตั้งอยู่บนหุ่นยนต์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์ YASKAWA รุ่น SGDF-A2CS ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ทำหน้าที่เป็นวงจรขับที่รับและจ่ายไฟฟ้าโดยแปรผันตามแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 3.9 ชุดวงจรขับมอเตอร์กระแสตรงของบริษัท YASKAWA รุ่น SGDF-A2CS

3. ชุดการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

ชุดอุปกรณ์การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงสำหรับเครื่องจักรต้นแบบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการเลือกใช้อุปกรณ์ของบริษัท IAI ทั้งหมด เนื่องจากเครื่องต้นแบบมีความต้องการความเที่ยงตรงเป็นอย่างมากเพื่อที่จะไม่ให้ชิ้นงานเกิดความเสียหาย อุปกรณ์ของบริษัท IAI นั้นมีข้อผิดพลาดสำหรับตำแหน่งอยู่ที่ 0.02 มิลลิเมตร ซึ่งตอบสนองต่อลักษณะการทำงานได้เป็นอย่างดี อุปกรณ์ที่เลือกใช้นั้นแบ่งออกเป็นสามส่วนหลักตามหน้าที่การทำงาน

1) สำหรับแขนที่ใช้จับยึดและช่วยในการเคลื่อนที่ของชุดขับเคลื่อนสกรูไฟฟ้า การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ชุดนี้มีความจำเป็นที่ต้องเคลื่อนที่ได้ทั้งดิ่งและแนวขวางของเครื่อง เพื่อที่จะเคลื่อนที่ทำงานระหว่างชุดจับยึดชิ้นงานและชุดถาดบรรจุสกรูแต่ละแกนการทำงาน มีระยะที่แตกต่างกันโดยทางผู้วิจัยได้เลือกใช้รุ่นดังนี้

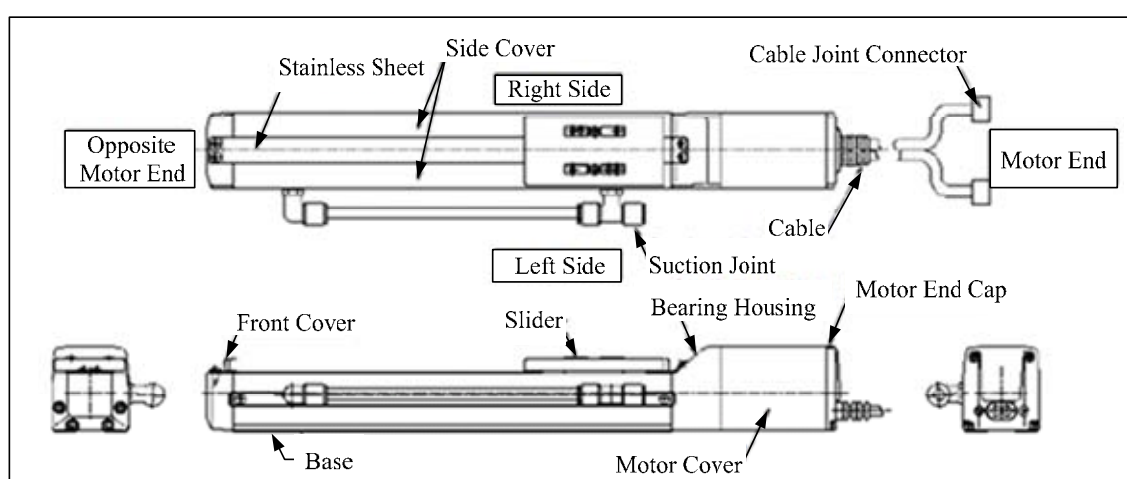
- การเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง เลือกใช้รุ่น DSCR-SA6-I-30-3-100-T1-M-BL-IU เป็นกระบอกสูบไฟฟ้า สามารถรับน้ำหนักในแนวดิ่งได้ 6 กิโลกรัม รับน้ำหนักในแนวระนาบได้ 12 กิโลกรัม ปรับค่าความเร็วได้ตั้งแต่ 1-150 มิลลิเมตรต่อวินาที และมีช่วงของกระบอกสูบ 100 มิลลิเมตร

- การเคลื่อนที่ในแนวขวาง เลือกใช้รุ่น ISDCR-S-I-60-8-400-T1-S-IU เป็นกระบอกสูบไฟฟ้า สามารถรับน้ำหนักในแนวตั้งได้ 12 กิโลกรัม รับน้ำหนักในแนวระนาบได้ 30 กิโลกรัม ปรับค่าความเร็วได้ตั้งแต่ 1-400 มิลลิเมตรต่อวินาที และมีช่วงของกระบอกสูบ 400 มิลลิเมตร

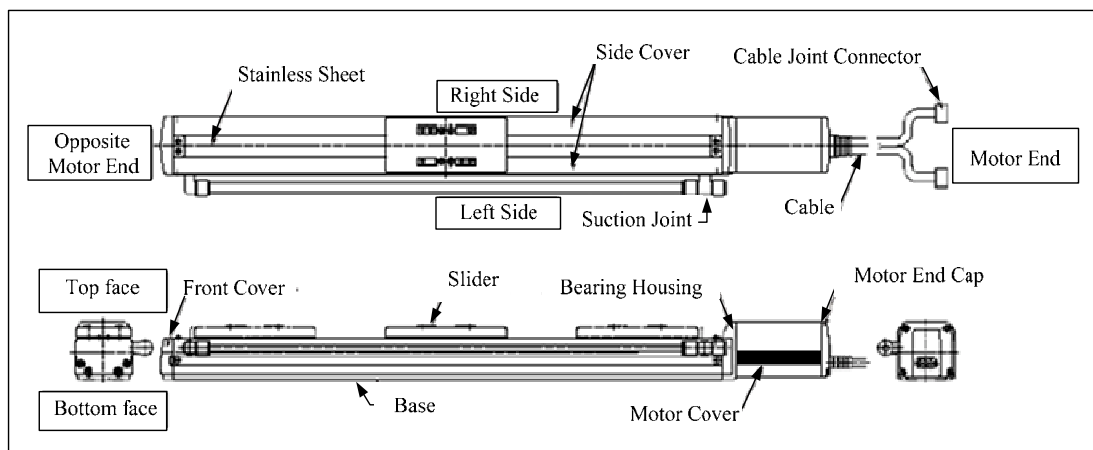
2) สำหรับแขนที่ใช้จับยึดและช่วยในการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุสกรู การเคลื่อนที่ของชุดนี้คือการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุสกรูไปยังตำแหน่งพร้อมดูดของชุดชั้นสกรูไฟฟ้า โดยเคลื่อนที่ในแนวลึกของเครื่องต้นแบบ ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้รุ่น RCP2CR-SS-I-PM-6-300-P1-S-IU เป็นกระบอกสูบไฟฟ้า สามารถรับน้ำหนักในแนวตั้งได้ 6 กิโลกรัม รับน้ำหนักในแนวระนาบได้ 12 กิโลกรัม ปรับค่าความเร็วได้ตั้งแต่ 5-300 มิลลิเมตรต่อวินาที และมีช่วงของกระบอกสูบ 300 มิลลิเมตร

3) สำหรับแขนที่ใช้จับยึดและช่วยในการเคลื่อนที่ของชุดจับยึดชิ้นงาน การเคลื่อนที่ของชุดนี้คือการเคลื่อนที่ของชุดจับยึดชิ้นงานไปยังตำแหน่งพร้อมขันสกรูของชุดชั้นสกรูไฟฟ้า โดยเคลื่อนที่ในแนวลึกของเครื่องต้นแบบ ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้รุ่น DSCR-SA6-I-30-6-300-T1-S-IU เป็นกระบอกสูบไฟฟ้า สามารถรับน้ำหนักในแนวตั้งได้ 3 กิโลกรัม รับน้ำหนักในแนวระนาบได้ 12 กิโลกรัม ปรับค่าความเร็วได้ตั้งแต่ 5-300 มิลลิเมตรต่อวินาที และมีช่วงของกระบอกสูบ 300 มิลลิเมตร

ซึ่งอุปกรณ์ทุกรุ่นนี้เหมาะสำหรับใช้งานในห้องสะอาด เนื่องจากการทำงานของบริษัทผู้ผลิตมีการควบคุมเรื่องฝุ่นผง



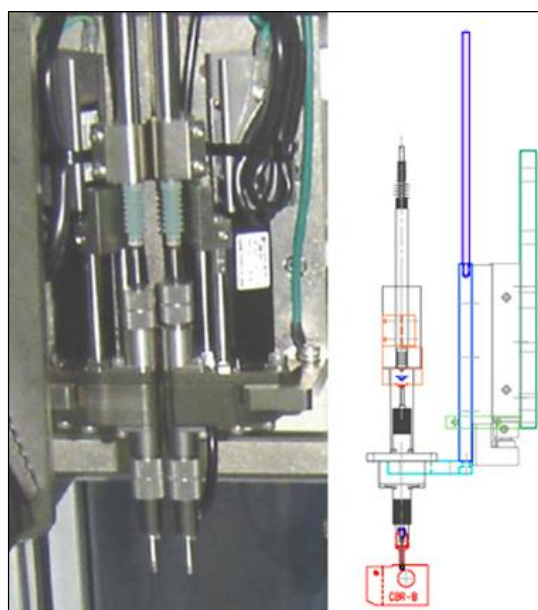
รูปที่ 3.10 IAI รุ่นตระกูล SA6



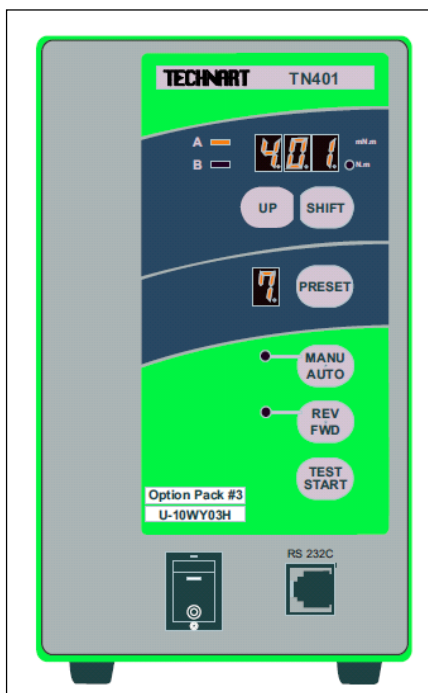
รูปที่ 3.11 IAI รุ่นตระกุก SS

4. ชุดอุปกรณ์ขับเคลื่อน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนจะใช้ชุดขับเคลื่อนไฟฟ้า (Electric driver) ของบริษัท Technart รุ่น ABL10YP01H-U-S ดังแสดงในรูปที่ 3.12 ซึ่งชุดขับเคลื่อนไฟฟ้าทำงานโดยการสั่งงานจากกล่องควบคุม รุ่นของกล่องควบคุมคือ TN401 ดังแสดงในรูปที่ 3.12 สามารถปรับค่าแรงบิดได้ตั้งแต่ 0.02-1.5 กิโลกรัมแรงเซนติเมตร ความเร็วรอบอยู่ระหว่าง 250-900 รอบต่อนาที



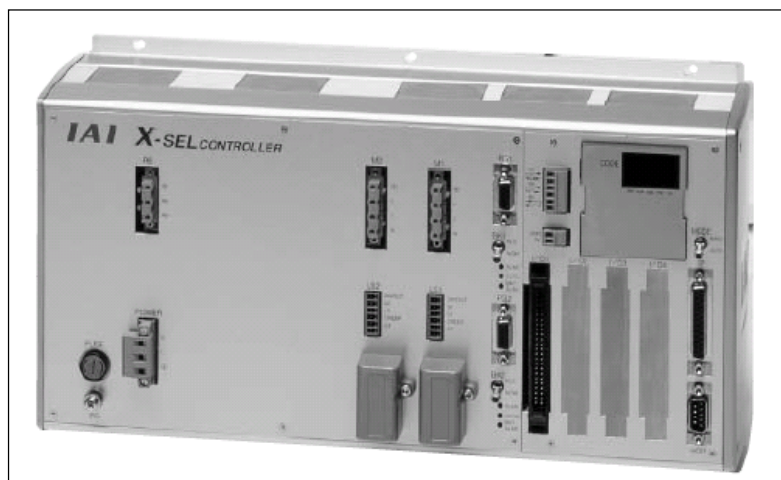
รูปที่ 3.12 ชุดอุปกรณ์ขับเคลื่อนไฟฟ้าของบริษัท Technart รุ่น ABL10YP01H-U-S



รูปที่ 3.13 ชุดควบคุมอุปกรณ์ขั้นสูงไฟฟ้าของบริษัท Technart รุ่น TN401

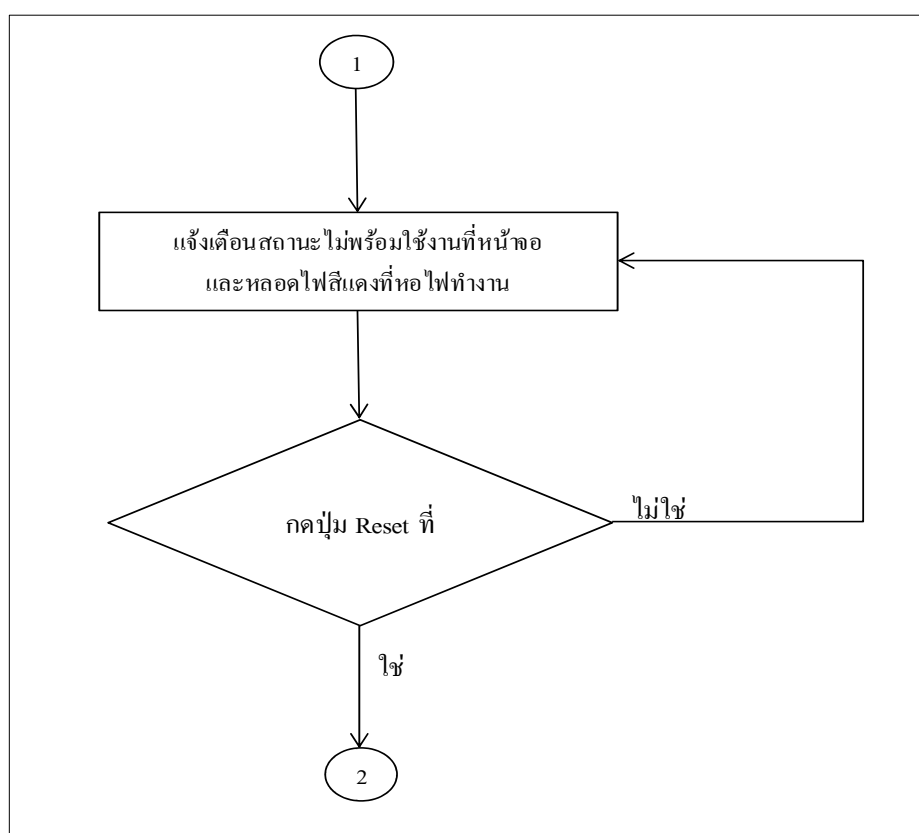
3.3 การควบคุมระบบการทำงานของเครื่องจักร

ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องจักรต้นแบบจะควบคุมด้วยชุดควบคุม เนื่องจากการสร้างเครื่องจักรต้นแบบ เพื่อต้องการดูผลของการทำงาน ซึ่งลักษณะการใช้งานและขั้นตอนทำงานของเครื่องจักรต้นแบบที่ทำการออกแบบมีขั้นตอนในการทำงานไม่ซับซ้อนมากและ ปัจจุบันนี้ระบบควบคุมอัตโนมัติ มีการพัฒนาในส่วนต่าง ๆ มากขึ้น เช่น การใช้งาน ความสามารถในการรองรับการเก็บข้อมูล การประมวลผล การเขียน โปรแกรมควบคุม และมีราคาที่ไม่แพง เป็นต้น อุปกรณ์ที่เลือกใช้ในการควบคุม IAI รุ่น XSEL-K-4-60I-30DIB-30DI-N1-N2ESA-2-1-IU ดังแสดงในรูปที่ 3.14 ซึ่งอุปกรณ์ที่เลือกนี้มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดกระบอกสูบที่กล่าวมาก่อนหน้านี้

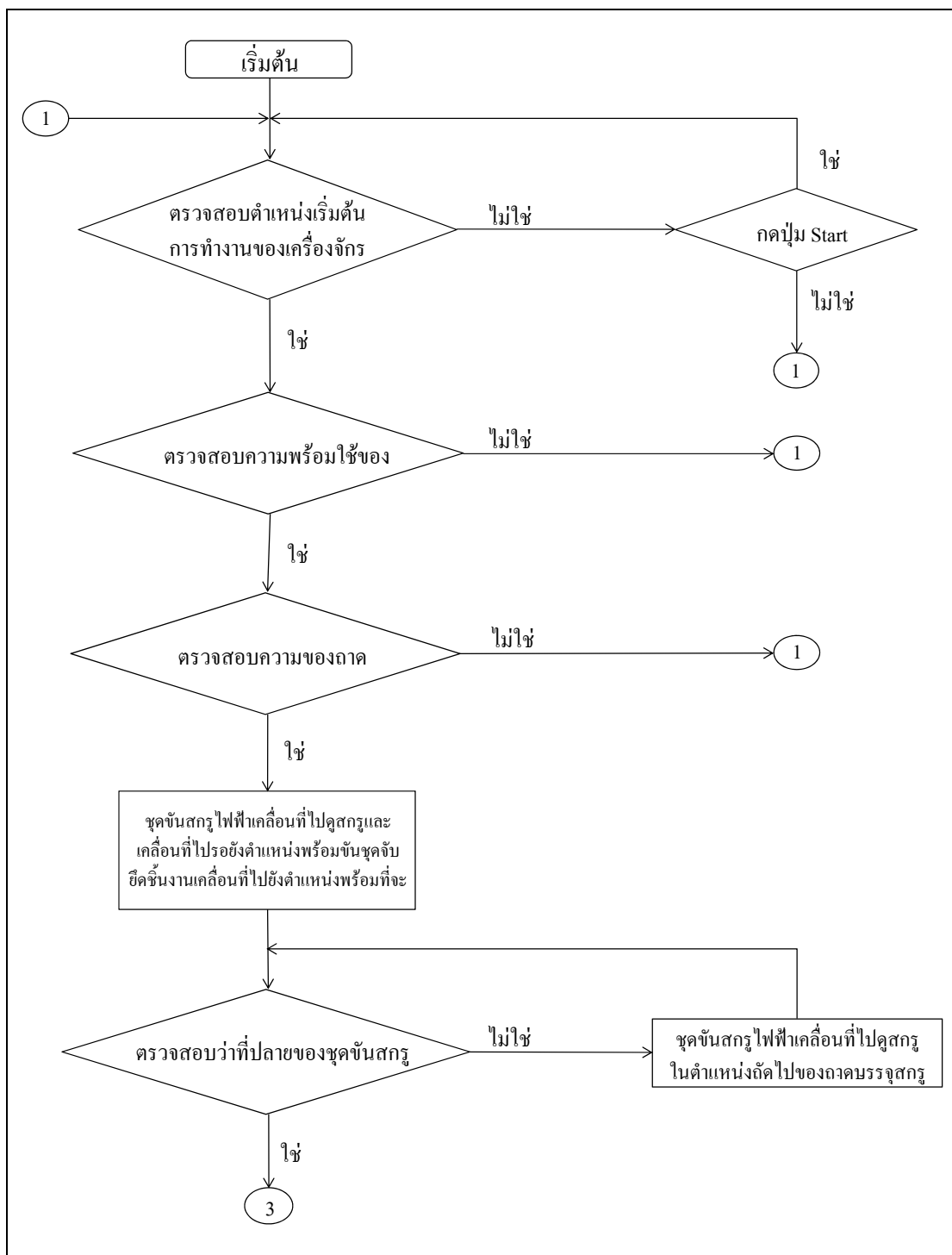


รูปที่ 3.14 อุปกรณ์ควบคุมเครื่องต้นแบบของบริษัท IAI

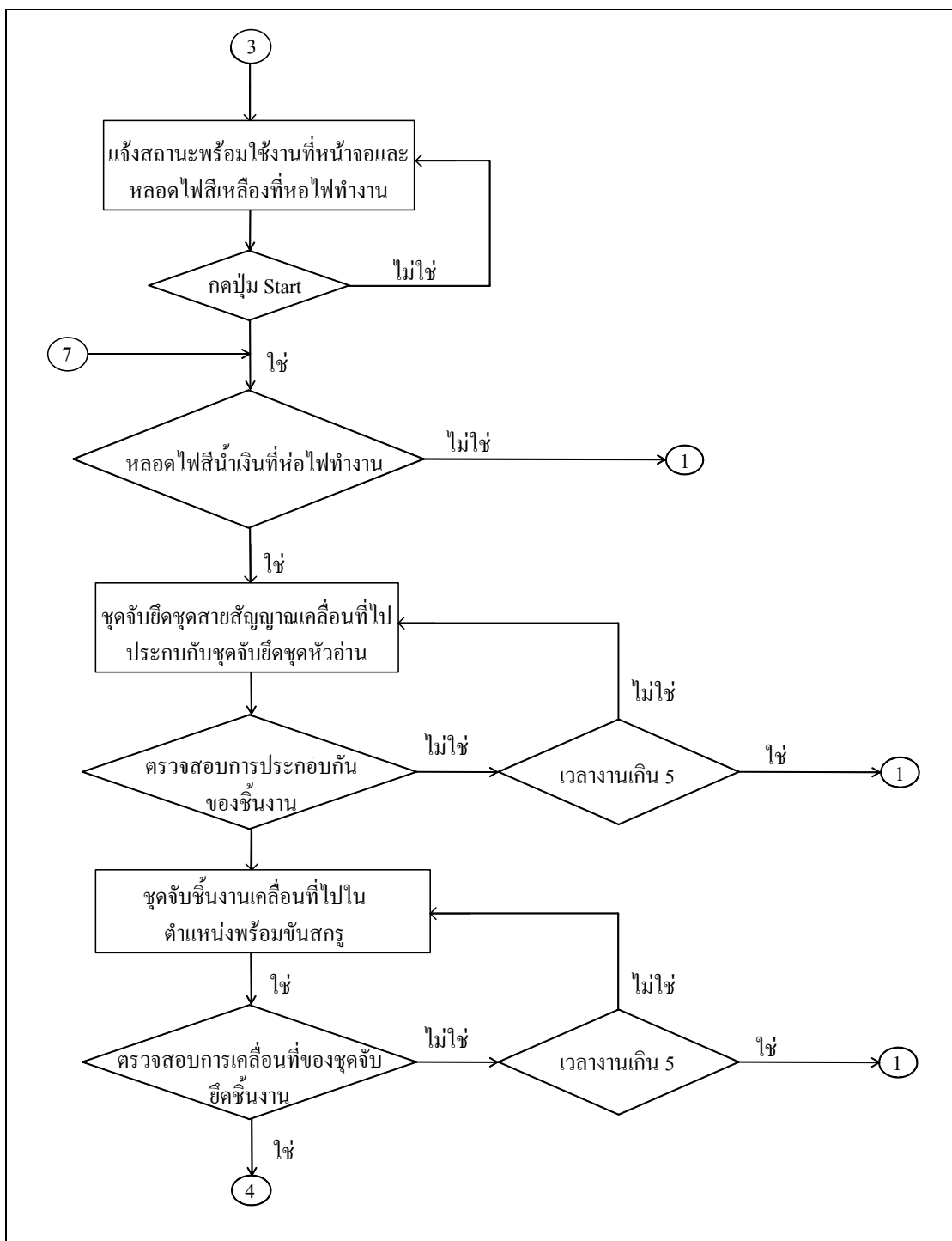
i. แผนผังของการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ



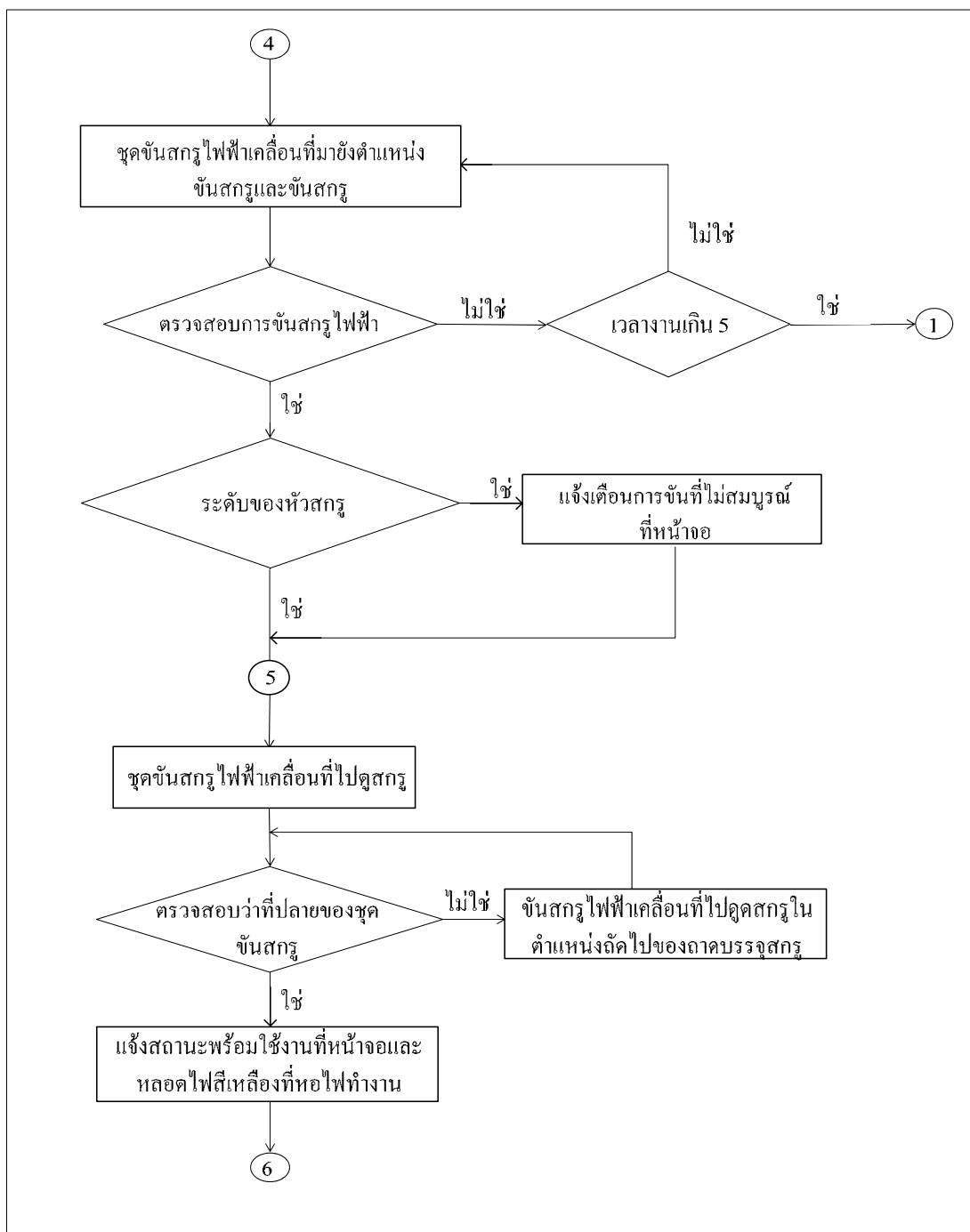
รูปที่ 3.15 แผนผังการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ



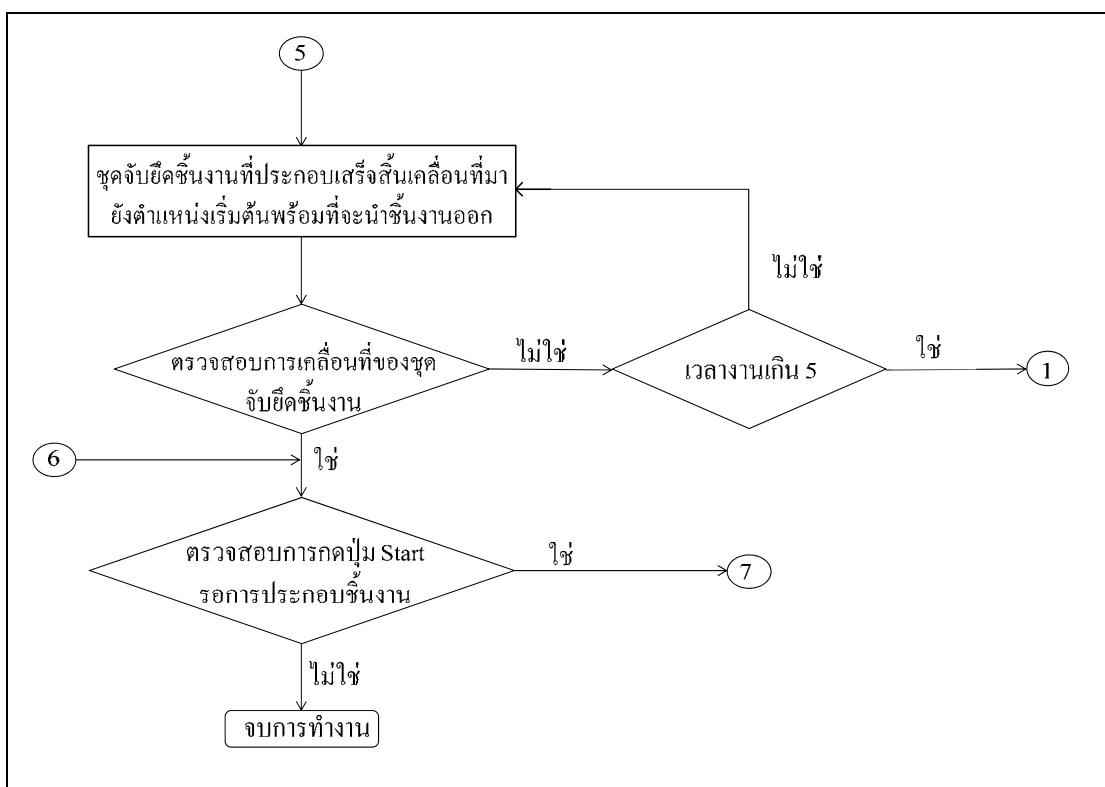
รูปที่ 3.15 แผนผังการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ (ต่อ)



รูปที่ 3.15 แผนผังการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ (ต่อ)



รูปที่ 3.15 แผนผังการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ (ต่อ)



รูปที่ 3.15 แผนผังการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ (ต่อ)

3.4 การทดสอบหาค่าแรงบิดที่เหมาะสม

เนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะหาแรงบิดที่เหมาะสมในการขันสกรูโดยไม่ให้เกิดความเสียหายกับหัวสกรูและชิ้นงาน อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงแรงที่มากพอที่จะขันสกรูให้ได้ระดับ ตามทฤษฎีที่ได้นำเสนอในบทก่อนหน้านี้ สามารถหาค่าแรงที่มากที่สุดในการกดหัวสกรูที่ไม่ทำให้สกรูเกิดความเสียหายได้ตามสมการที่ (3.1)

$$F_{v,max} = \frac{0.84 \cdot \sigma_{yield} \cdot A}{\sqrt{1 + 3 \cdot \left(\frac{8 \cdot A \cdot d_2 \cdot \tan(\alpha + \rho)}{\pi \cdot d_3^3} \right)^2}} \quad 3.1$$

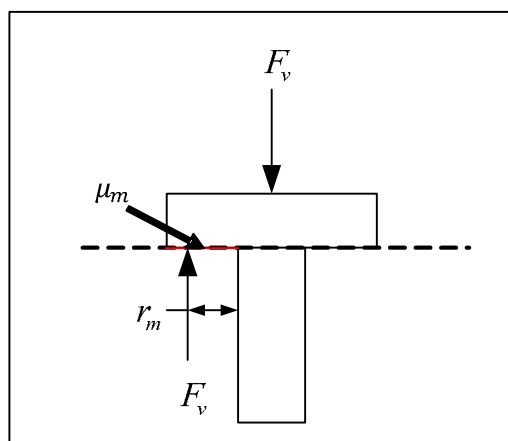
และค่าแรงบิดที่ใช้ในการขันสกรูเราสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ (3.2)

$$T = F_v \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho) + F_v \cdot \mu_m \cdot r_m \quad 3.2$$

แทนค่าสมการที่ (1) ในสมการที่ (2) เราจะได้สมการแรงบิดที่มากที่สุดที่ไม่ทำให้สกรูเกิดความเสียหายดังสมการที่ (3)

$$T_{max} \leq F_{v,max} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho) + F_{v,max} \cdot \mu_m \cdot r_m \quad (3.3)$$

โดยที่ μ_m คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างหัวสกรูกับผิวชิ้นงาน
 r_m คือ รัศมีเฉลี่ยที่ทำให้พื้นที่ใต้หัวสกรูด้านในและด้านนอกมีขนาดเท่ากัน



รูปที่ 3.16 ความสัมพันธ์ของ F_v , μ_m , r_m

จากสมการด้านบนสามารถหาค่าแรงบิดที่เหมาะสมสำหรับขันสกรูได้ และเพื่อสนับสนุนความถูกต้อง ในงานวิจัยจึงได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการขันสกรูด้วยค่าแรงบิดต่าง ๆ และตรวจสอบผลว่าค่าที่ตรงกับทฤษฎีมีความเหมาะสมจริงหรือไม่ พร้อมทั้งทดสอบหาความเร็วรอบและออกแบบการทำงานของชุดขันสกรูไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการประกอบชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่าน

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

สำหรับบทนี้จะนำเสนอผลการดำเนินงานสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องจักรเพื่อติดตั้งชุดสายสัญญาณว่ามีข้อแตกต่างจากการประกอบขึ้นโดยมนุษย์อย่างไร ทั้งเรื่องระยะเวลาในการประกอบ เรื่องปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการติดตั้งและการทดสอบหาค่าแรงบิดที่เหมาะสมกับการขันสกรูของเครื่องขันสกรูไฟฟ้า รวมถึงการออกแบบขั้นตอนในการขันสกรู



รูปที่ 4.1 เครื่องจักรต้นแบบ

4.1 ออกแบบขั้นตอนสำหรับการขันสกรูที่เหมาะสม

4.1.1 ทดสอบหาค่าแรงบิดที่เหมาะสมสำหรับการขันสกรู

จากบทที่ผ่านมาเราได้สมการหาค่าแรงบิดที่มากที่สุดที่ไม่ทำให้หัวสกรูเกิดความเสียหายดังสมการที่ (4.1) และสมการที่ (4.2)

$$T_{max} \leq F_{v,max} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho) + F_{v,max} \cdot \mu_m \cdot r_m \quad (4.1)$$

$$F_{v,max} = \frac{0.84 \cdot \sigma_{yield} \cdot A}{\sqrt{1 + 3 \cdot \left(\frac{8 \cdot A \cdot d_2 \cdot \tan(\alpha + \rho)}{\pi \cdot d_3^3} \right)^2}} \quad (4.2)$$

ซึ่งสกรูของที่ใช้ในการผลิตนั้นมีขนาดเท่ากับ M1 ผลิตจากวัสดุประเภทสแตนเลส SUS XM7 ซึ่งมีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องดังนี้

P ระยะพิตช์ (Pitch) เท่ากับ 0.25 มิลลิเมตร

d_2 ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตช์ (Pitch Diameter) เท่ากับ 0.838 มิลลิเมตร

d_3 ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางวงในของสกรู (Inner Diameter) เท่ากับ 0.676 มิลลิเมตร

σ_{yield} จุดคราก (Yield Strength) เท่ากับ 540 MPa

μ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (Friction coefficient) ที่เกิดขึ้นระหว่างสกรูกับชุดหัวอ่าน และสกรูกับชุดสายสัญญาณมีค่าเท่ากับ 0.41 และ 0.35 ตามลำดับ

นำค่าที่ได้ทั้งหมดใส่ในสมการ โดย $\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{P}{\pi \cdot r}\right)$ และ $\rho = \tan^{-1}(\mu)$ จะได้ $\alpha = 9.043$ และ $\rho = 22.33$ จากนั้นแทนค่าสมการที่ (4.2)

$$F_{v,max} = \frac{0.84 \cdot 540 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot (0.5 \cdot 10^{-3})^2}{\sqrt{1 + 3 \cdot \left(\frac{8 \cdot \pi \cdot (0.5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot (0.838 \cdot 10^{-3}) \cdot \tan(9.043 + 22.23)}{\pi \cdot (0.676 \cdot 10^{-3})^3} \right)^2}} = 70.72 \text{ N} \quad (4.3)$$

นำค่า $F_{v,max}$ มาแทนค่าในสมการที่ (4.1)

$$T_{max} \leq 70.72 \cdot \frac{(0.5 \cdot 10^{-3})}{2} \cdot \tan(9.043 + 22.23) + 70.72 \cdot 0.35 \cdot (1.35 \cdot 10^{-3}) \leq 49 \text{ mNm} \quad (4.4)$$

จะเห็นได้ว่าค่าแรงบิดที่มากที่สุดที่ทำให้หัวสกรูเกิดความเสียหายจะมีค่าอยู่ที่ 49 มิลลิวัตตันเมตร ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าค่าที่คำนวณได้ดังกล่าวเป็นค่าที่เหมาะสมจริงหรือไม่ โดยทำการแบ่งช่วงการทดลองการขันสกรูด้วยแรงบิดต่าง ๆ ในระหว่าง 30-60 มิลลิวัตตันเมตรและแบ่งระยะการทดลองอยู่ที่ 3 มิลลิวัตตันเมตร แต่ละระยะจะทำการขันสกรูเป็นจำนวน 200 ตัว ซึ่งผลการทดลองแสดงตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงปัญหาที่เกิดขึ้นโดยกำหนดแรงบิดที่ 30-60 มิลลิวัตตันเมตร

แรงบิดในการขันสกรู (มิลลิวัตตันเมตร)	ขันสกรูไม่ได้ระดับ (ตัว)	หัวสกรูเกิดความเสียหาย (ตัว)
30	43	0
33	22	0
36	12	0
39	8	0
42	2	0
45	0	0
48	0	0
51	0	0
54	0	0
57	0	2
60	0	7

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าช่วงค่าแรงบิดที่เหมาะสมสำหรับการขันสกรูจะอยู่ที่ 45-54 มิลลิวัตตันเมตร สอดคล้องกับผลที่คำนวณได้จากสมการที่มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมเพื่อเป็นงานยืนยันความถูกต้องทางผู้วิจัยจึงนำเสนอทางบริษัทผู้ผลิตให้ทดลองตั้งค่าชุดขันสกรูไว้ที่ 49 มิลลิวัตตันเมตร โดยให้ค่าเผื่อบวกกลับอยู่ที่ 5 มิลลิวัตตันเมตร เพื่อที่จะเก็บข้อมูลในระยะยาว การเก็บข้อมูลจะเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ความเสียหายต่อจำนวนการผลิตในแต่ละวัน โดยเก็บข้อมูลที่ 1 สายการผลิตเป็นเวลาทั้งสิ้น 14 วัน โดยเทียบกับสายการผลิตอื่น การตั้งค่าชุดขันสกรูปกติ

จะอยู่ที่ 44 มิลลิวัตต์เมตร ค่าเพื่อบวก 5 มิลลิวัตต์เมตร ซึ่งผลการเก็บข้อมูลแสดงตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยกำหนดแรงบิดที่ 49 มิลลิวัตต์เมตร

วันที่ (วัน)	ขั้นสูงไม่ได้ระดับ (%)		หัวสกรูเกิดความเสียหาย (%)	
	สายการผลิตที่ทำการ ทดลอง	สายการผลิต อื่น	สายการผลิตที่ทำการ ทดลอง	สายการผลิต อื่น
1	0.27	0.37	0.01	0.01
2	0.18	0.41	0.02	0.02
3	0.21	0.32	0.00	0.03
4	0.14	0.29	0.01	0.01
5	0.09	0.33	0.00	0.02
6	0.16	0.45	0.01	0.00
7	0.23	0.25	0.00	0.02
8	0.18	0.27	0.01	0.01
9	0.15	0.33	0.02	0.03
10	0.24	0.38	0.01	0.01
11	0.2	0.24	0.01	0.02
12	0.11	0.3	0.00	0.01
13	0.21	0.35	0.01	0.02
14	0.19	0.27	0.00	0.02
เฉลี่ย	0.18	0.33	0.01	0.02

ผลการทดลองที่ออกมาเมื่อเทียบกับสายการผลิตปกติจะเห็นว่าค่าแรงบิดที่ทำการทดลองจะช่วยทำให้การขันไม่ได้ระดับดีขึ้น แต่มีผลทำให้หัวสกรูเกิดความเสียหายมากกว่าปกติ แต่เนื่องจากเปอร์เซ็นต์หัวสกรูเกิดความเสียหายยังอยู่ต่ำกว่าค่าที่ทางบริษัทกำหนด คือต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงยึดถือค่าแรงบิดที่ 49 มิลลิวัตต์เมตรเป็นค่าที่ใช้สำหรับกำหนดของเครื่องต้นแบบ

4.1.2 ทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสม

เนื่องจากปกติในการชันสกรูเพื่อติดตั้งชุดสายสัญญาณ จำนวนรอบในการชันจะอยู่ที่ประมาณ 1800 องศา (5 รอบ) และใช้ความเร็วในการชันอยู่ 600 รอบต่อนาที จากข้อมูลดังกล่าวทางผู้วิจัยเห็นว่าความเร็วรอบน่าจะมีผลต่อความเสียหายของหัวสกรู จึงทำการทดลองหาค่าความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการชันสกรู โดยเก็บข้อมูลที่ความเร็ว 350-650 รอบต่อนาที แบ่งระยะการเก็บข้อมูลที่ 50 รอบต่อนาที แต่ละระยะจะทำการชันสกรูเป็นจำนวน 200 ตัว และยึดแรงบิดอยู่ที่ 49 มิลลินิวตันเมตร ในการทดลองนี้จะทำการเก็บข้อมูลในส่วนของแรงบิดที่ใช้สำหรับการคลายตัวของสกรูด้วย ซึ่งผลการเก็บข้อมูลแสดงตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงปัญหาที่เกิดขึ้นโดยกำหนดความเร็วรอบที่ 350-650 รอบต่อนาที

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ชันสกรูไม่ได้ ระดับ (ตัว)	หัวสกรูเกิด ความเสียหาย (ตัว)	แรงบิดการคลายตัว โดยเฉลี่ย (มิลลินิวตันเมตร)
350	4	0	14.28
400	0	0	17.61
450	0	0	20.07
500	0	0	25.24
550	0	0	30.72
600	0	2	34.18
650	0	23	37.64

ผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าค่าความเร็วรอบมีผลต่อการชันไม่ได้ระดับของสกรู และความเสียหายของหัวสกรู ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ความเร็วรอบปกติที่ 600 รอบต่อนาทีนั้นสามารถทำให้หัวสกรูเกิดความเสียหายได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงเปลี่ยนความเร็วรอบสูงสุดในการชันสกรูมาอยู่ที่ 550 รอบต่อนาที เนื่องจากแรงบิดสำหรับการคลายตัวของสกรูยังมีค่ามากกว่าค่าที่ทางบริษัทกำหนดคือสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของค่าที่ขันเข้าหรือเท่ากับ 19.6 มิลลินิวตันเมตร และได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบกับสายการผลิตปกติ ดังแสดงตามตารางที่ 4.4

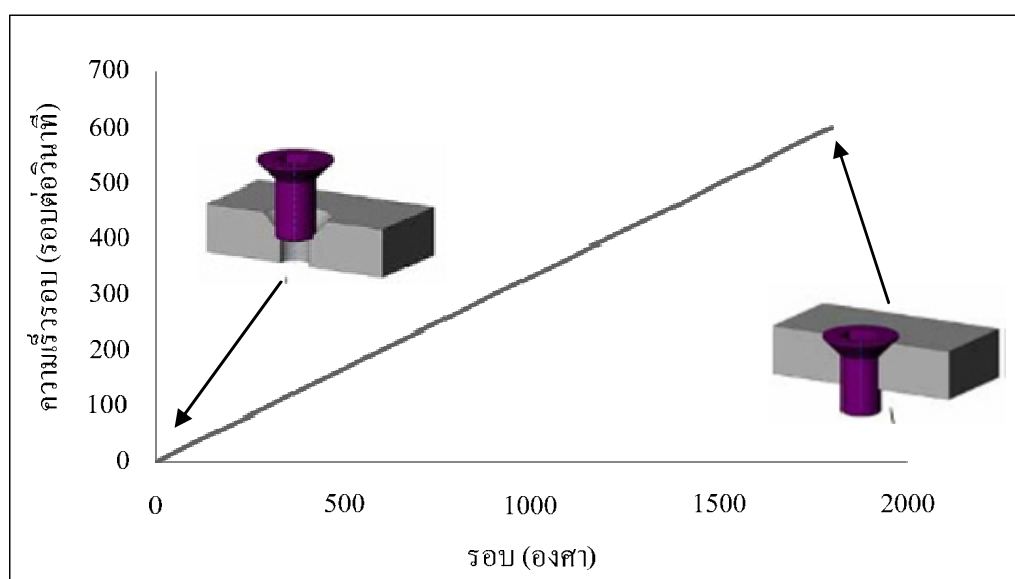
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยกำหนดความเร็วรอบที่ 550 รอบต่อนาที

วันที่ (วัน)	ชั้นสกรูไม่ได้ระดับ (%)		หัวสกรูเกิดความเสียหาย (%)	
	สายการผลิตที่ทำการ ทดลอง	สายการผลิต อื่น	สายการผลิตที่ทำการ ทดลอง	สายการผลิต อื่น
1	0.22	0.45	0.00	0.02
2	0.21	0.41	0.00	0.02
3	0.16	0.38	0.00	0.03
4	0.13	0.45	0.00	0.01
5	0.20	0.32	0.01	0.01
6	0.14	0.36	0.00	0.00
7	0.19	0.29	0.00	0.02
8	0.12	0.35	0.02	0.00
9	0.25	0.41	0.00	0.02
10	0.16	0.42	0.00	0.01
11	0.19	0.28	0.00	0.01
12	0.13	0.36	0.00	0.00
13	0.15	0.32	0.01	0.02
14	0.22	0.37	0.00	0.02
เฉลี่ย	0.18	0.37	0.00	0.01

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่ค่าแรงบิด 49 มิลลินิวตันเมตร และความเร็วรอบที่ 550 รอบต่อนาทีสามารถลดปัญหาในระหว่างกระบวนการชั้นสกรูได้ดังนั้นผู้วิจัยจึงยึดถือค่าดังกล่าวไว้สำหรับตั้งค่าเครื่องจักรต้นแบบ

4.1.3 ออกแบบการทำงานของเครื่องชั้นสกรูไฟฟ้า

โดยปกติการทำงานของเครื่องชั้นสกรูไฟฟ้าจะเพิ่มความเร็วเมื่อเทียบกับรอบในการขันเป็นแบบเส้นตรงดังแสดงในรูป 4.2 ซึ่งเป็นฟังก์ชันปกติสำหรับเลือกใช้งาน



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบกับแรงบิดในฟังก์ชันปกติ

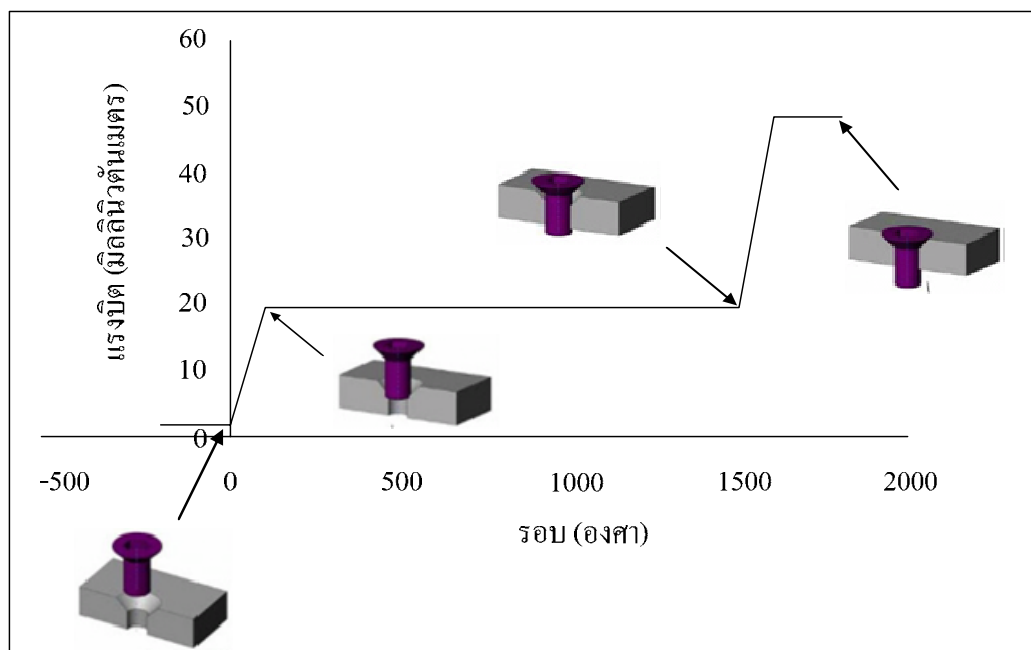
แต่ชุดควบคุมเครื่องจักรที่เลือกใช้กับเครื่องต้นแบบนั้น มีฟังก์ชันเพิ่มเติมเพื่อที่จะตรวจสอบการจักรไม่ไ้ระดับด้วยชุดควบคุมเองได้ ซึ่งปกติการตรวจสอบในส่วนนี้จะเป็นพนักงานตรวจสอบฟังก์ชันนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนการทำงาน

1. ขั้นตอนเริ่มการจักร (Step start) หลักการทำงานในส่วนนี้คือจะให้แรงบิดต่ำ ๆ ประมาณ 100 องศา เพื่อให้ดอกของไขควงลงในแฉกของหัวจักร ในงานวิจัยนี้ได้ตั้งค่าแรงบิดเท่ากับ 2 มิลลินิวตันเมตร ความเร็วรอบอยู่ที่ 200 รอบต่อนาที (ค่าต่ำที่สุดของเครื่องควบคุม)

2. ขั้นตอนควบคุมแรงบิด (Torque control) หลักการทำงานในส่วนนี้คือการทำงานในช่วงนี้จะควบคุมแรงบิดไว้ค่าใดค่าหนึ่ง ถ้าระหว่างจักรในช่วงนี้เกิด แรงบิดสูงกว่าค่าดังกล่าวเครื่องจะทำการเตือน หรือกล่าวอีกนัยได้ว่าตรวจสอบการไหลลื่นของเกลียวจักรนั่นเอง ถ้ามีเศษอะไรบางอย่างเข้าไปขวางการจักร หรือเกิดการป็นเกลียวของจักร ค่าแรงบิดก็จะสูงขึ้นผิดปกติ ซึ่งอาจจะมีผลต่อการจักรไม่ไ้ระดับ การทำงานของช่วงนี้จะเริ่มตั้งแต่จักรเริ่มเข้าสู่จักรจนถึงหัวจักรใกล้ฝั่งตัว ในงานวิจัยนี้ได้ตั้งค่าแรงบิดเท่ากับ 20 มิลลินิวตันเมตร ความเร็วรอบอยู่ที่ 400 รอบต่อนาที จำนวนรอบในการจักรอยู่ที่ 1500 องศา

3. ขั้นตอนควบคุมความเร็วรอบ (Speed control) หลักการทำงานในส่วนนี้คือจะทำการนับรอบการจักรว่าได้เท่ากับจำนวนรอบที่ได้ตั้งค่าไว้หรือไม่ ในส่วนนี้จะเพิ่มค่าแรงบิดและความเร็วรอบไปที่ค่าที่สูงที่สุด เพื่อที่จะให้หัวจักรฝั่งตัวลง ในงานวิจัยนี้ได้ตั้งค่าแรงบิดไว้ที่ 49 มิลลินิวตันเมตร ความเร็วรอบที่ 550 รอบต่อนาที จำนวนรอบในการจักรต่ำสุดอยู่ที่ 300 องศา

4. ซึ่งรูปแบบการทำงานดังแสดงในรูปที่ 4.3 สามารถทำงานได้เป็นปกติดีและช่วยให้สามารถตรวจสอบการขันสกรูไม่ได้รับได้ในช่วงเวลาการขึ้น ทำให้ไม่มีการส่งชุดหัวอ่านที่ขันสกรูไม่ไ้ระดับไปในขบวนการถัดไป



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบกับแรงบิดในฟังก์ชันที่ออกแบบ

4.2 ผลการดำเนินงานของเครื่องจักรต้นแบบ

เนื่องจากวัตถุประสงค์การดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบนี้ คือการลดปัญหาในระหว่างการประกอบชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่าน และลดเวลาในการประกอบชุดสายสัญญาณจากปกติที่ประกอบด้วยมนุษย์ ซึ่งผลที่ได้จะอธิบายดังต่อไปนี้

4.2.1 การลดปัญหาในระหว่างการประกอบชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่าน

โดยปกติปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการประกอบชุดสายสัญญาณไม่ได้มีแค่เพียงปัญหาที่เกิดจากการขันสกรูเท่านั้น ยังมีปัญหาที่เกี่ยวกับการจับยึดของเครื่อง flex attach tool อีกด้วย ซึ่งปัญหาทั้งหมดที่เกิดขึ้นและทางบริษัทให้ความสนใจมีดังนี้

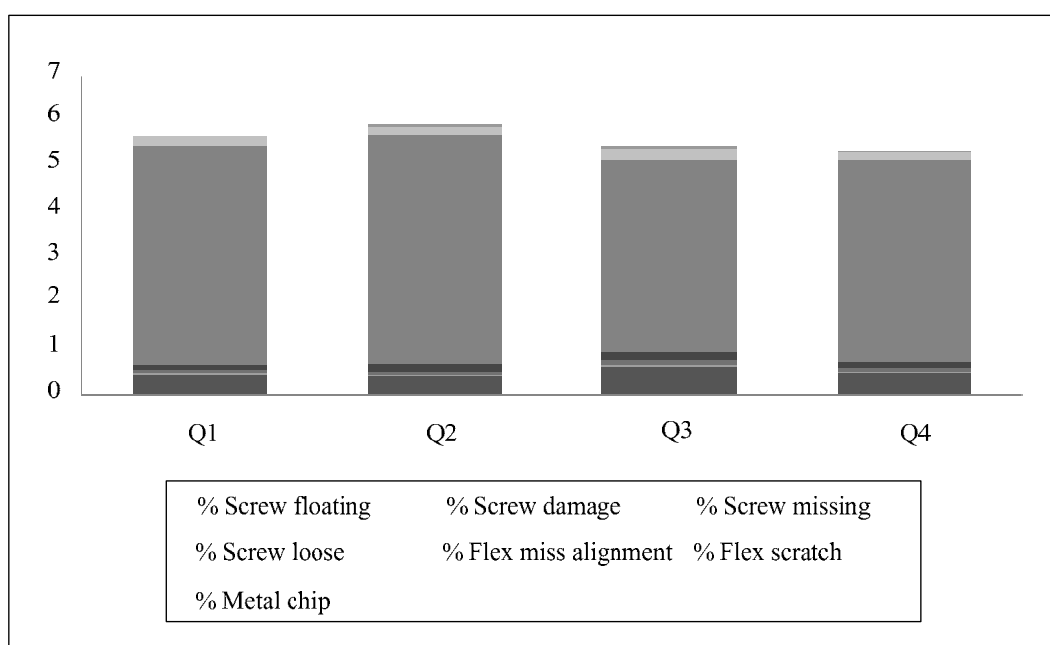
1. ขันสกรูไม่ไ้ระดับ (Screw floating)
2. หัวสกรูเกิดความเสียหาย (Screw damage)
3. ไม่มีการขันยึดสกรูที่ชุดหัวอ่าน (Screw missing)
4. สกรูเกิดการคลายตัว (Screw loose)

5. ชุดสายสัญญาณเอียงออกจากแนว (Flex miss alignment)

6. ชุดสายสัญญาณเกิดรอยขีดข่วน (Flex scratch)

7. เศษเสี้ยนจากสกรูที่พร้อมจะหลุดออก (Metal chip)

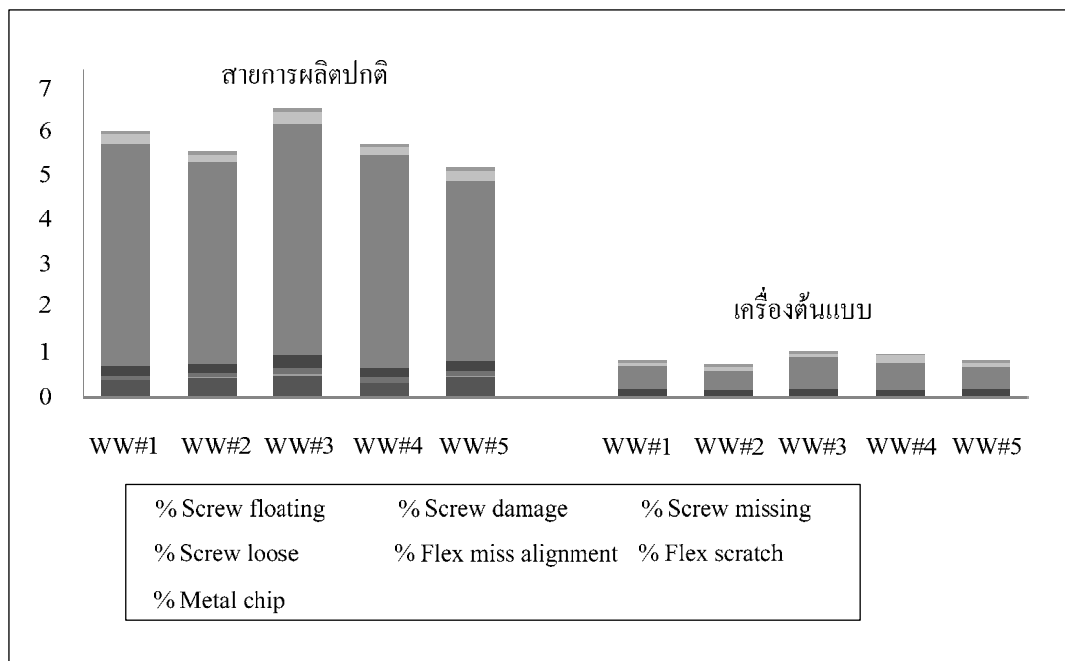
ซึ่งข้อมูลของปัญหาที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2552 จะแสดงดังรูปที่ โดยจะแบ่งแสดงเป็นไตรมาส เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อชิ้นงานที่ออกจากสายการผลิต



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการประกอบชุดสายสัญญาณปี 2552

จากรูปจะเห็นได้ว่าปัญหาหลักที่เกิดขึ้นในระหว่างการประกอบชุดสายสัญญาณคือ ชุดสายสัญญาณเอียงออกจากแนว ซึ่งในส่วนนี้ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการขันสกรูโดยตรง แต่เป็นผลมาจากการจับยึดของเครื่อง flex attach tool ที่ไม่ได้ระนาบ ซึ่งเครื่องต้นแบบได้นำข้อมูลในส่วนนี้มาพิจารณาในการออกแบบด้วย

หลังจากสร้างเครื่องต้นแบบเป็นที่เรียบร้อยแล้วจึงทำการเก็บข้อมูลของปัญหาเพื่อเปรียบเทียบว่าเครื่องต้นแบบได้พัฒนาปัญหาไปจากปกติหรือไม่ ซึ่งผลแสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงปัญหาที่เกิดขึ้นที่สายการผลิตปกติและเครื่องต้นแบบ

จากผลที่ได้จะเห็นว่าปัญหาที่เกิดขึ้นจากเครื่องต้นแบบมีค่าน้อยกว่าสายการผลิตปกติทุกกรณี โดยแต่ละกรณีสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ชั้นสกรูไม่ได้ระดับลดลงเนื่องจากการออกแบบขั้นตอนการทำงานของชุดควบคุมเครื่องชั้นสกรูไฟฟ้าที่ได้นำเสนอก่อนหน้านี้
2. หัวสกรูเกิดความเสียหายลดลงเนื่องจากได้ทดสอบหาค่าแรงบิดและความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการชั้นสกรู ซึ่งแรงบิดมีค่าเท่ากับ 49 มิลลินิวตันเมตร และความเร็วรอบอยู่ที่ 550 รอบต่อนาที
3. ไม่มีการขันยึดสกรูที่ชุดหัวอ่านลดลงเนื่องจากเครื่องต้นแบบมีเซ็นเซอร์ในการตรวจจับที่ปลายเครื่องชั้นสกรูไฟฟ้าว่ามีการดูดสกรูมาจริงหรือไม่
4. สกรูเกิดการคลายตัวลดลงเนื่องจากการออกแบบขั้นตอนการทำงานของชุดควบคุมเครื่องชั้นสกรูไฟฟ้าที่ได้นำเสนอก่อนหน้านี้
5. ชุดสายสัญญาณเอียงออกจากแนวลดลงเนื่องจากชุดจับยึดชิ้นงานของเครื่องต้นแบบได้มีแนวทางในการวางชิ้นงานให้ได้ระดับ
6. ชุดสายสัญญาณเกิดความเสียหายบริเวณรูสกรูลดลงเนื่องจากใช้ค่าแรงบิดที่เหมาะสมและยังลดความเร็วรอบในการขันลงจาก 600 รอบต่อนาที เป็น 550 รอบต่อนาทีทำให้การยุบตัวของชุดสายสัญญาณลดน้อยลง

7. เศษเสี้ยนจากสกรูที่พร้อมจะหลุดออกตกลงเนื่องจากเครื่องต้นแบบมีระบบทำความสะอาดในระหว่างกระบวนการขึ้น

4.2.2 ระยะเวลาในการประกอบชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่าน

ระยะเวลาในการประกอบชุดสายสัญญาณ โดยมนุษย์แสดงตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงเวลาประกอบชุดสายสัญญาณ โดยมนุษย์

ลำดับที่	ขั้นตอน	เวลา (วินาที)
1	หยิบชุดสายสัญญาณและชุดหัวอ่าน	2.87
2	ใส่ชุดหัวอ่านเข้าเครื่อง Flex attach tool	1.27
3	ยึดชุดหัวอ่าน	0.86
4	ปรับตำแหน่งสายไฟ	1.60
5	ใส่ชุดสายสัญญาณ	1.85
6	ยึดชุดสายสัญญาณ	0.93
7	นำเครื่องขึ้นสกรูไฟฟ้าไปจุดสกรู	2.40
8	ทำการขึ้นสกรู	1.70
9	คลายการยึดชิ้นงาน	1.39
10	นำชิ้นงานใส่ถาด	2.55
	รวม	17.42

จะเห็นว่าเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการประกอบอยู่ที่ 17.42 วินาที โดยปกติในสายการผลิตจะมี สถานีในการประกอบชุดสายสัญญาณ 2 สถานีต่อ 1 สายการผลิตและวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้ คือใช้เครื่องต้นแบบ 1 เครื่องต่อ 1 สายการผลิตดังนั้นเครื่องต้นแบบจำเป็นต้องใช้เวลาในการประกอบอย่างมากได้เพียงเครื่องเดียวของการประกอบปกติ หรือเท่ากับ 8.71 วินาที ซึ่งการจำลองการทำงานของเครื่องต้นแบบได้คำนวณดังแสดงตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงเวลาประกอบชุดสายสัญญาณของเครื่องต้นแบบ

ลำดับที่	ขั้นตอน	เวลา (วินาที)
1	พนักงานหยิบชุดสายสัญญาณ	0.81
2	ใส่ชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดจับยึดชุดสายสัญญาณ	1.43
3	พนักงานหยิบชุดหัวอ่านพร้อมจัดสายไฟ	0.96
4	ใส่ชุดหัวอ่านเข้ากับชุดจับยึดชุดหัวอ่าน	1.12
5	กดปุ่มเริ่มทำงาน	0.46
6	ชุดสายสัญญาณเคลื่อนที่มาประกบกับชุดหัวอ่าน	0.78
7	ชุดจับยึดชิ้นงานเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งชั้นสกรู	0.92
8	เครื่องชั้นสกรูไฟฟ้าเคลื่อนที่ลงมาชั้นสกรู	1.23
9	ชุดจับยึดชิ้นงานเคลื่อนที่กลับตำแหน่งเริ่มต้น	0.91
10	ชุดจับยึดชิ้นงานคลายการจับยึด	0.81
	รวม	9.43

จากเวลาที่ได้จะอยู่ที่ 9.43 วินาที ซึ่งมากกว่าที่กำหนดไว้ 0.71 วินาที แต่เนื่องจากเวลาของสายการผลิตมีความต้องการต่อหนึ่งชิ้นงานในแต่ละสถานีห้ามมากกว่า 11.47 วินาที ทำให้เครื่องต้นแบบสามารถรองรับการผลิตได้เป็นปกติ โดยไม่มีผลกระทบต่อจำนวนชิ้นงานที่ออกจากสายการผลิต

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องจักรต้นแบบเพื่อติดตั้งชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่าน ซึ่งเครื่องต้นแบบสามารถประกอบชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่านได้ตามความต้องการของบริษัทผู้ผลิตทุกประการ ช่วยลดระยะเวลาในการประกอบ ลดข้อผิดพลาดในระหว่างการประกอบชิ้นงาน อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาการยึดจับชิ้นงานที่ทำให้ชุดสายสัญญาณเอียงออกไปจากแนว เป็นผลให้สามารถช่วยลดระยะเวลาของพนักงานในการปรับแต่งชุดสายสัญญาณให้เข้าแนวตามปกติ และยังช่วยทดแทนการทำงานของพนักงานในสายปกติได้เป็นอย่างดี

เครื่องต้นแบบใช้ระยะเวลาในการประกอบต่อ 1 ชิ้นงานอยู่ที่ 9.43 วินาที จากปกติที่ประกอบโดยพนักงาน 17.42 วินาที แต่สายการผลิตปกติจะมีสถานีในการประกอบชุดสายสัญญาณ 2 สถานีต่อ 1 สายการผลิต ทำให้เสมือนว่าเวลาในการประกอบโดยพนักงานลดลงครึ่งหนึ่ง หรือเท่ากับ 8.71 วินาที จะเห็นได้ว่าเครื่องต้นแบบใช้เวลาในการประกอบมากกว่า แต่สายการผลิตปกติมีความต้องการระยะเวลาในการประกอบต่อ 1 ชิ้นงานน้อยกว่า 11.47 วินาที ซึ่งเครื่องต้นแบบใช้เวลาน้อยกว่าประมาณ 2.04 วินาที ดังนั้นเครื่องต้นแบบจึงสามารถรองรับอัตราการผลิตได้โดยไม่มีผลกระทบต่อจำนวนชิ้นงานที่ได้จากสายการผลิต และยังช่วยลดพนักงานได้ 1 คนจากสายการผลิตปกติ จึงทำให้บริษัทสามารถที่จะลดต้นทุนในการผลิตได้

นอกจากสร้างเครื่องต้นแบบแล้ว ในงานวิจัยนี้ยังได้ทำการออกแบบการทำงานของชุดขับเคลื่อนไฟฟ้าเพื่อที่จะลดปัญหาต่าง ๆ จากการขับเคลื่อน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและทดลองเพื่อหาค่าแรงบิด และความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการขับเคลื่อน M1 ซึ่งค่าแรงบิดที่เหมาะสมเท่ากับ 49 มิลลินิวตันเมตร และ ความเร็วรอบที่เหมาะสมเท่ากับ 550 รอบต่อนาที ซึ่งในสายการผลิตปกติจะใช้ค่าแรงบิดเท่ากับ 44 มิลลินิวตันเมตร และความเร็วรอบเท่ากับ 600 รอบต่อนาที ผลที่ได้จากการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าที่เหมาะสมสามารถช่วยลดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการขับเคลื่อนไม่ได้ระยะได้ประมาณ 52 เปอร์เซ็นต์จากปกติ และลดปัญหาหัวสกรูเกิดความเสียหายได้ประมาณ 79 เปอร์เซ็นต์จากปกติ ซึ่งค่าที่เหมาะสมนี้ได้นำมาเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบขั้นตอนการขับเคลื่อนของชุดขับเคลื่อนไฟฟ้า

การออกแบบขั้นตอนการขึ้นสกรูของชุดขึ้นสกรูไฟฟ้าได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน

1. ขั้นตอนเริ่มการขึ้น ตั้งค่าแรงบิดเท่ากับ 2 มิลลินิวตันเมตร ความเร็วรอบอยู่ที่ 200 รอบต่อนาที
2. ขั้นตอนควบคุม ตั้งค่าแรงบิดเท่ากับ 20 มิลลินิวตันเมตร ความเร็วรอบอยู่ที่ 400 รอบต่อนาที จำนวนรอบในการขันอยู่ที่ 1500 รอบ
3. ขั้นตอนควบคุมความเร็วรอบ ตั้งค่าแรงบิดไว้ที่ 49 มิลลินิวตันเมตร ความเร็วรอบที่ 550 รอบต่อนาที จำนวนรอบในการขันต่ำสุดอยู่ที่ 300 รอบ

ขั้นตอนในการขึ้นสกรูนี้สามารถที่จะช่วยลดข้อผิดพลาดในการขึ้นสกรูได้ ทั้งด้านการขึ้นสกรูไม่ได้ระยะ หัวสกรูเกิดความเสียหาย การคลายตัวของสกรู อีกทั้งลดการป็นเกลียวของสกรูซึ่งโดยเฉลี่ยสามารถลดข้อผิดพลาดจากปกติได้โดยประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์

5.2 ข้อเสนอแนะ

ปัจจุบันเครื่องต้นแบบสามารถรองรับอัตราการผลิตจากสายการผลิตได้ แต่เนื่องจากความต้องการและการแข่งขันอย่างสูงของตลาด HDD ทำให้อัตราการผลิตของสายการผลิตปกติมีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มขึ้นในอนาคต ซึ่งอาจจะมากกว่าอัตราการผลิตของเครื่องต้นแบบในปัจจุบันทางผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางไว้กับทางบริษัท เกี่ยวกับการปรับแต่งความเร็วในการเคลื่อนที่ของชุดแกนกล IAI และชุดเซอร์โวมอเตอร์ โดยคำนึงถึงการสั่นสะเทือนที่จะมีผลต่อชุดหัวอ่านหรือที่เรียกกันว่า G-shock ซึ่งในปัจจุบันทุกกระบวนการทำงานของเครื่องต้นแบบมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของทางบริษัท หรือต่ำกว่า 60 G

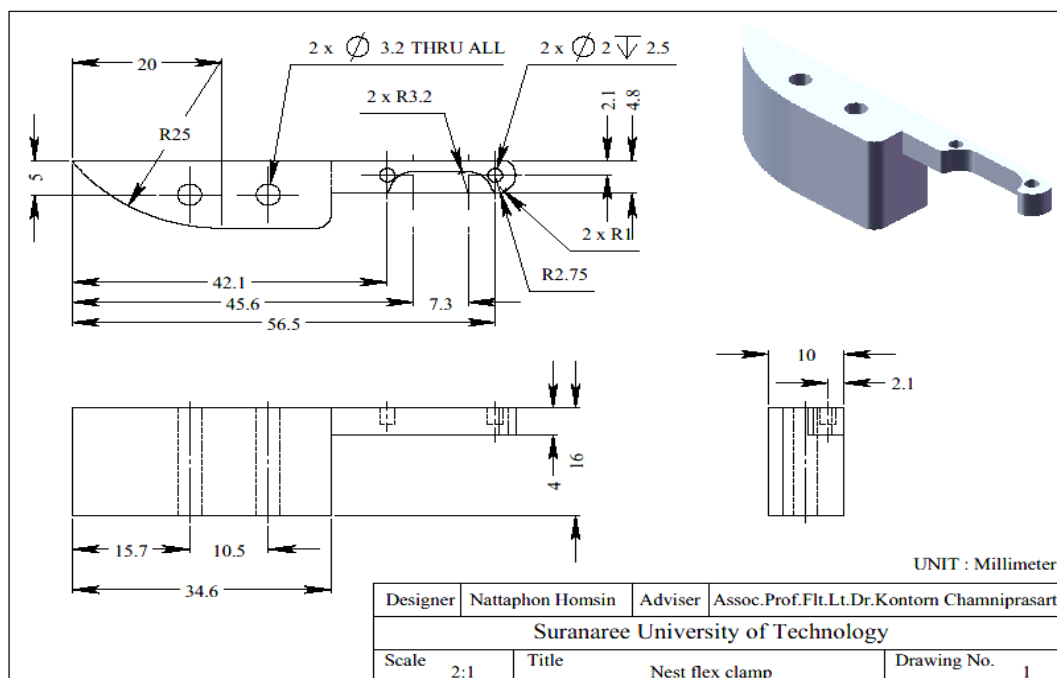
ในส่วนการทำงานของเครื่องขึ้นสกรูไฟฟ้า ได้นำเสนอให้ทางบริษัทนำค่าแรงบิด และความเร็วรอบที่เหมาะสม ที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปใช้ในสายการผลิตปกติอื่น ๆ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับการขึ้นสกรูได้ในบางกรณี เหตุผลที่สามารถลดได้บางกรณีเป็นเพราะเครื่องขึ้นสกรูไฟฟ้าที่ใช้ในสายการผลิตปกตินั้น ไม่มีฟังก์ชันสำหรับการออกแบบการทำงานของชุดขึ้นสกรู แต่สามารถตั้งค่าแรงบิดและความเร็วรอบได้ ซึ่งทางบริษัทได้รับทราบและจะนำไปศึกษาเพื่อหาจุดคุ้มทุนต่อไป

รายการอ้างอิง

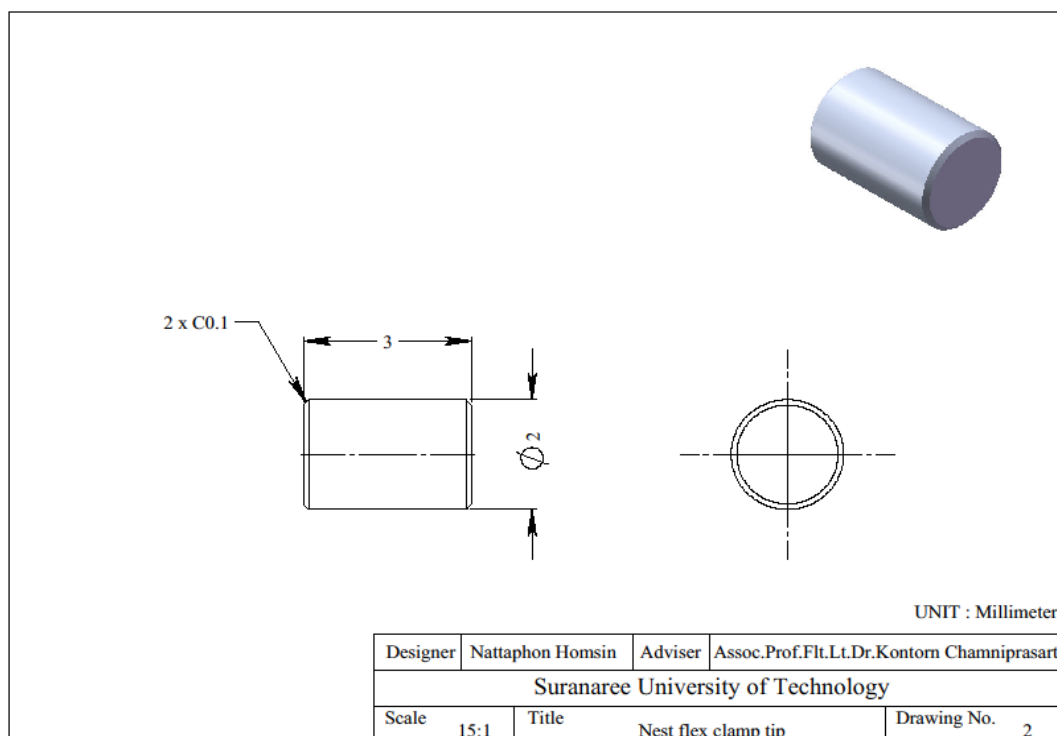
- กฤษฎดา วิสวธีรานนท์. (2545). การควบคุมซีเควนซ์และPLC. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).
- กิตติ เอกแสงกุล. (2546). การออกแบบและสร้างเครื่องพ่นสีอัตโนมัติโดยใช้ PLC ควบคุมการทำงาน. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ชาญ ถนัดงาน และวรินทร์ อึ้งภากรณ์. (2548). การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.
- ณรงค์ ต้นชีวะวงศ์. (2541). ระบบPLC (Programmable Logic Controller). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ประชาชน.
- มานพ ต้นตระบันจิตย์. (2540). การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).
- Arthur, J., and Aspers. (1982). **METHOD AND APPARATUS TOR TIGHTENING AN ASSEMBLY INCLUDING A PRE-LOAD INDICATING FASTENER.** United Kingdom.
- Joseph, E., Shigley, Charles, R., Mischke, and Richard, G. B., (1989). **Mechanical Engineering Design.** (7th edition), New York, McGrawHill.
- Mittal, R. K., & Nagrath, I. J. **ROBOTICS AND CONTROL.** McGraw-Hill.
- Robert, L., and Mott. **Machine Elements in Mechanical Design.** Fourth Edition. Prentice Hall.
- Robert, L., Norton. (2000). **Machine design an Integrated Approach.** 2nd ed. Prentice-Hall Inc: United States of America.

ภาคผนวก ก

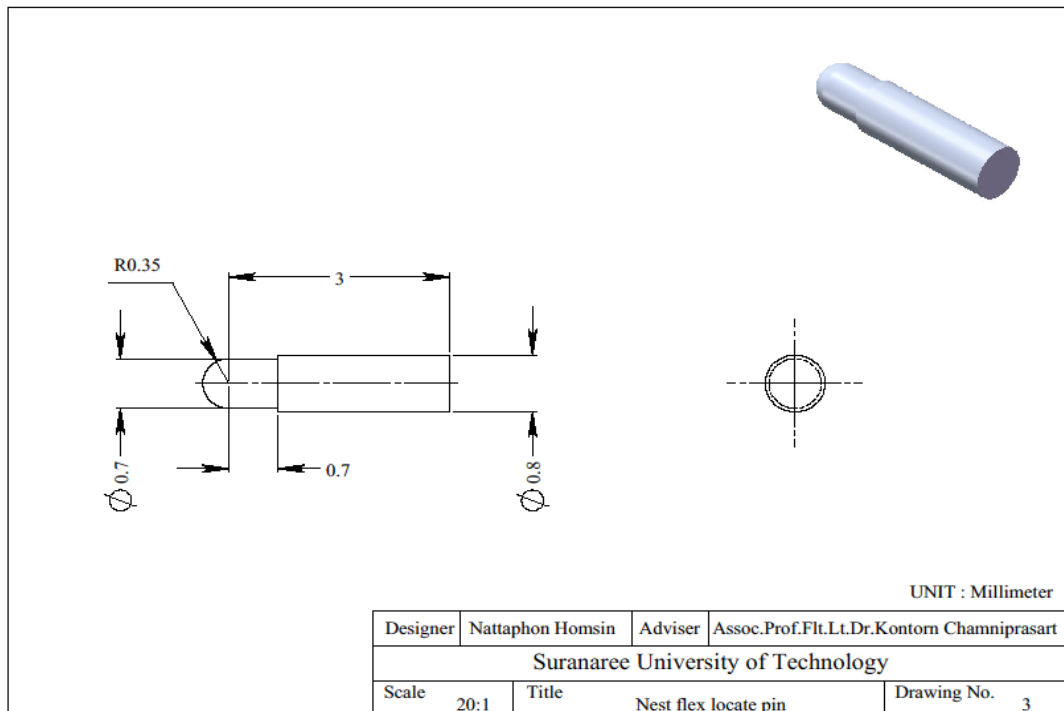
รายละเอียดขนาดชิ้นส่วนของเครื่องจักรต้นแบบ



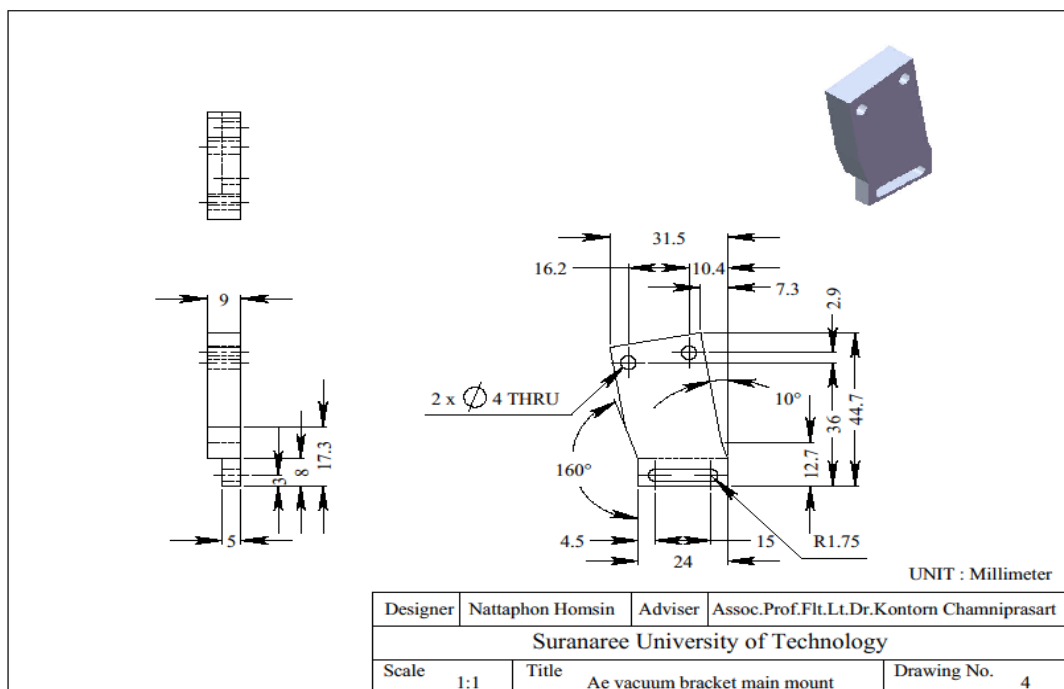
รูปที่ ก.1 รายละเอียดขนาดของ NEST FLEX CLAMP



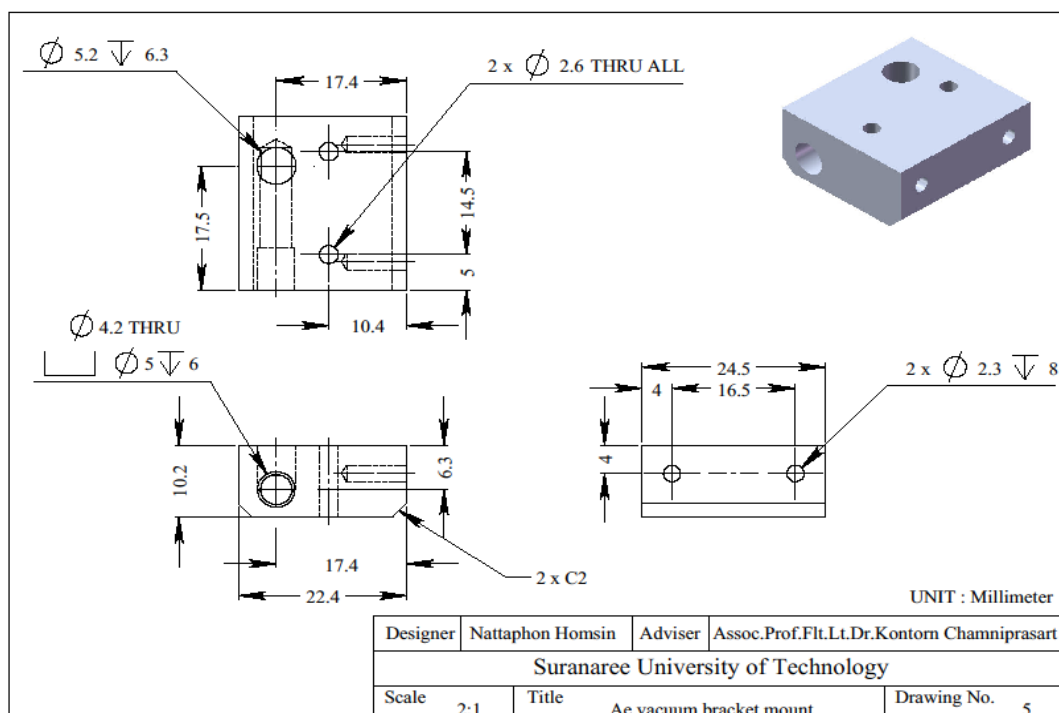
รูปที่ ก.2 รายละเอียดขนาดของ NEST FLEX CLAMP TIP



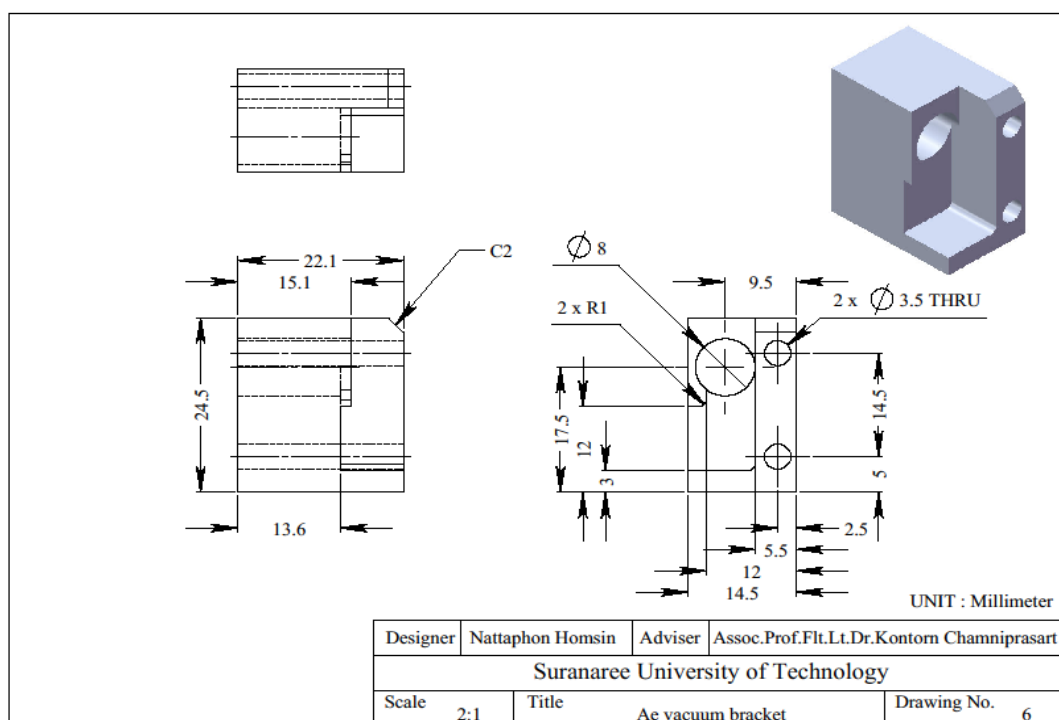
รูปที่ ก.3 รายละเอียดขนาดของ NEST FLEX LOCATE PIN



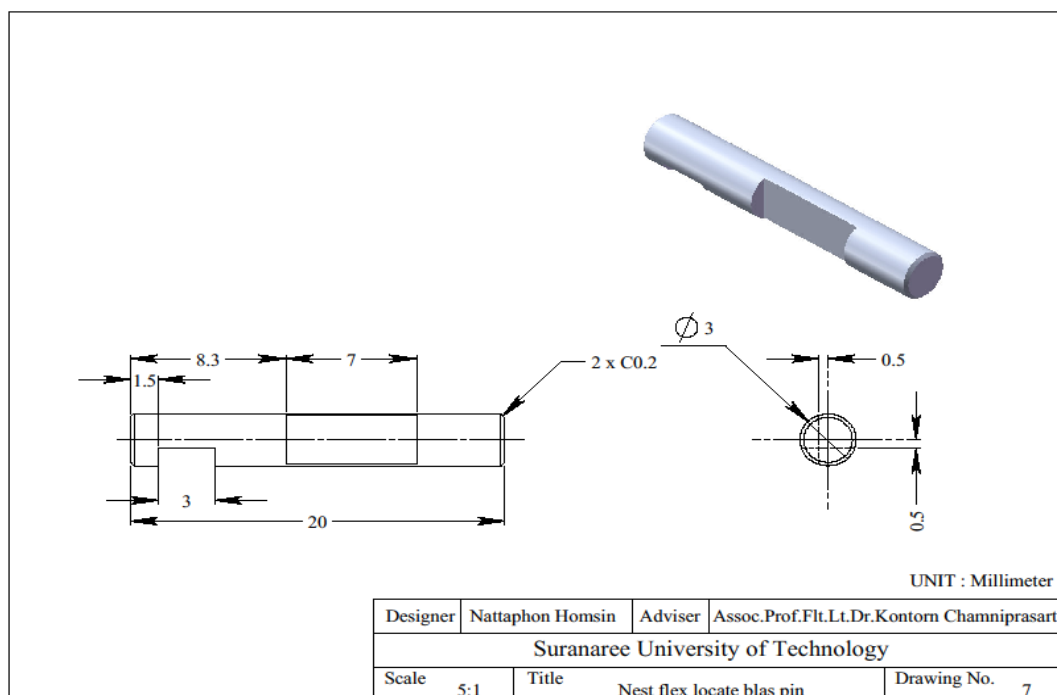
รูปที่ ก.4 รายละเอียดขนาดของ Ae VACUUM BRACKET MAIN MOUNT



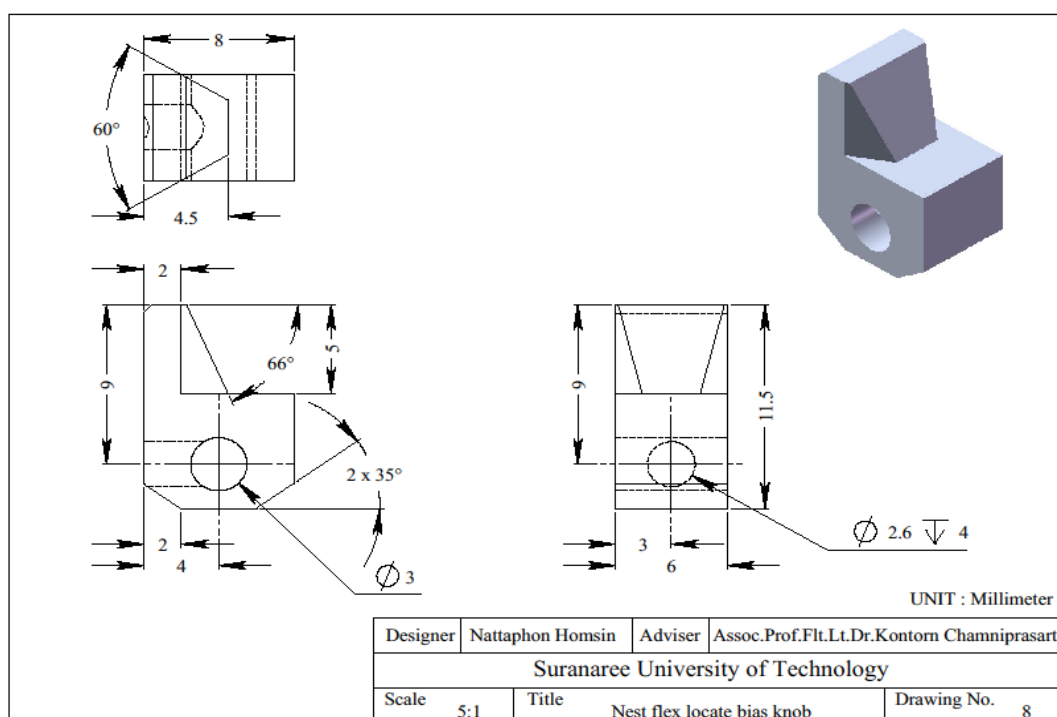
รูปที่ ก.5 รายละเอียดขนาดของ AE VACUUM BRACKET MOUNT



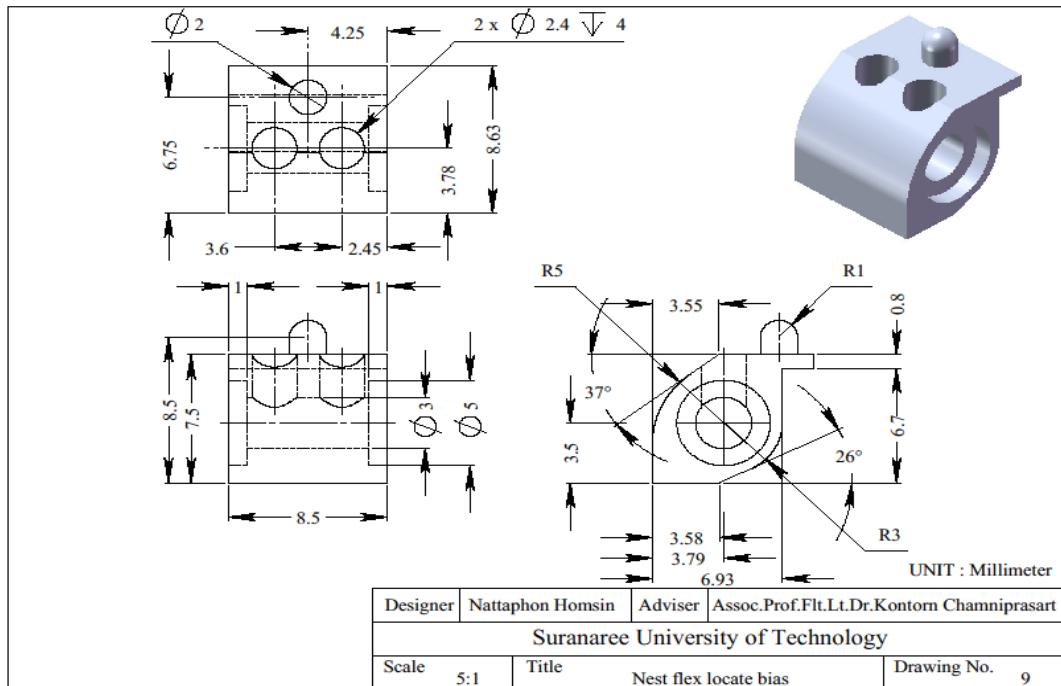
รูปที่ ก.6 รายละเอียดขนาดของ AE VACUUM BRACKET



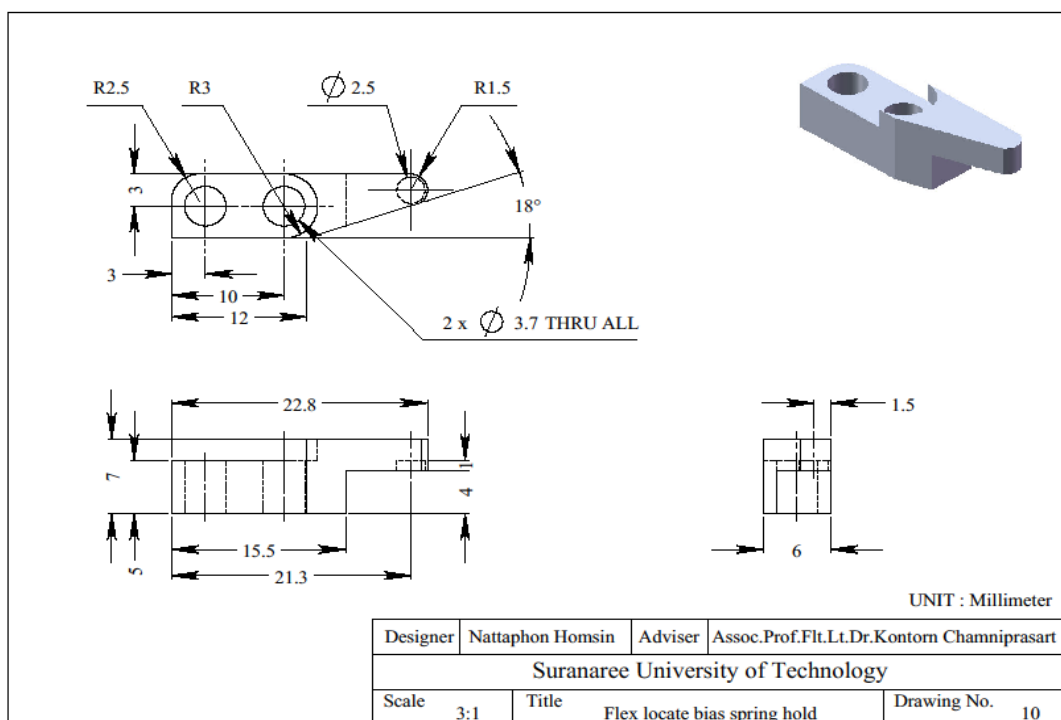
รูปที่ ก.7 รายละเอียดขนาดของ NEST FLEX LOCATE BLAS PIN



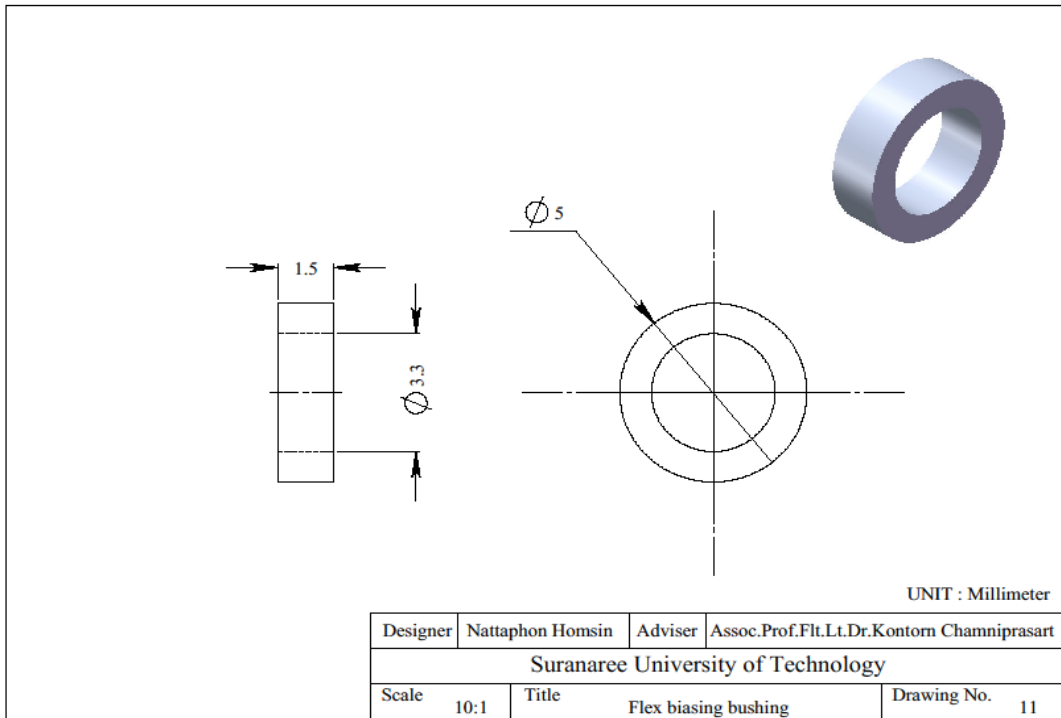
รูปที่ ก.8 รายละเอียดขนาดของ NEST FLEX LOCATE BIAS KNOB



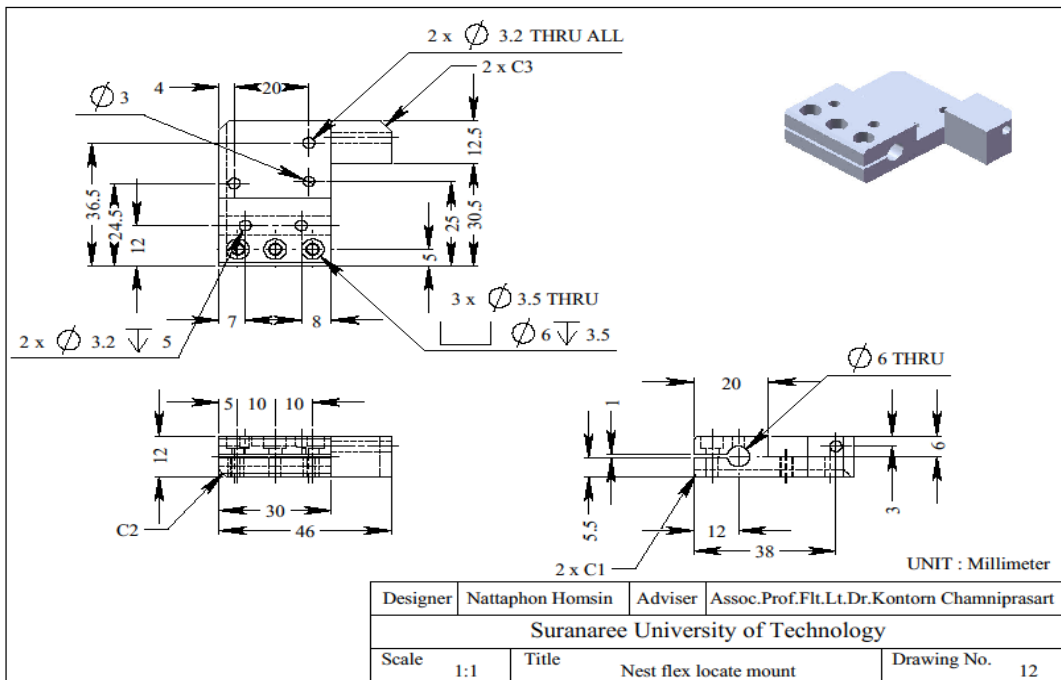
รูปที่ ก.9 รายละเอียดขนาดของ NEST FLEX LOCATE BIAS



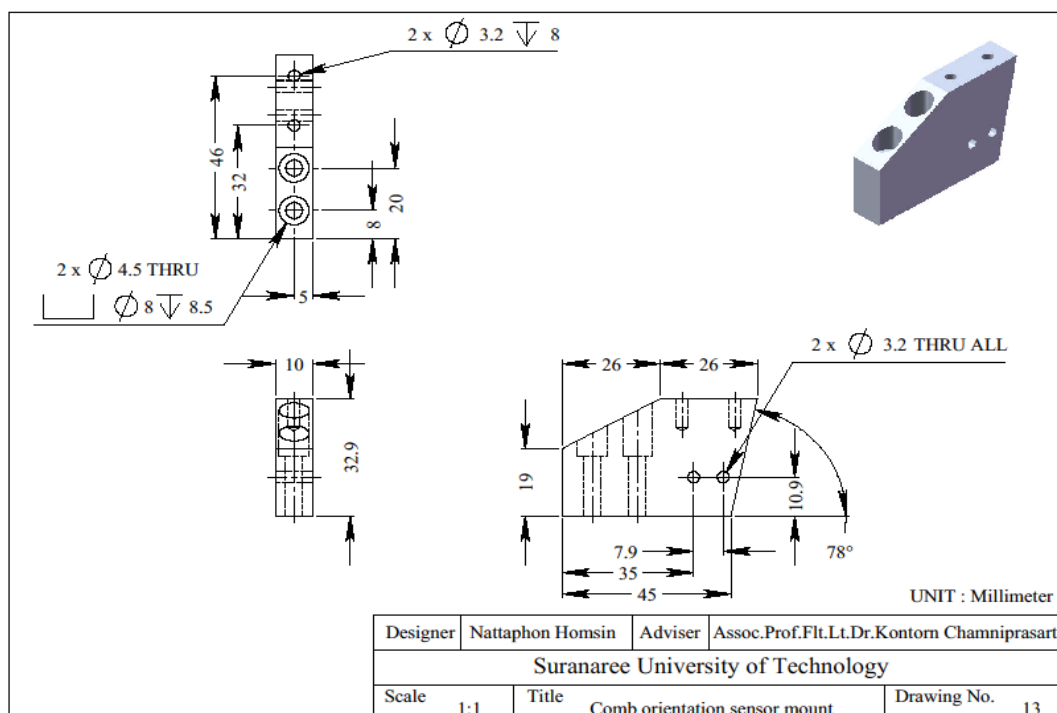
รูปที่ ก.10 รายละเอียดขนาดของ FLEX LOCATE BIAS SPRING HOLD



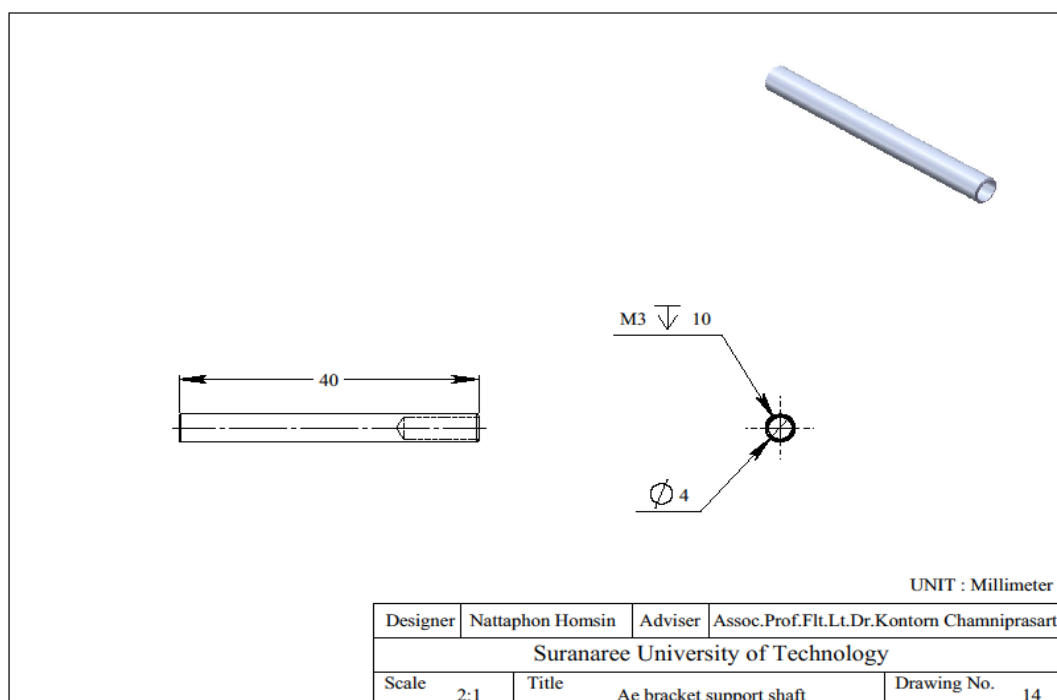
รูปที่ ก.11 รายละเอียดขนาดของ FLEX BIASING BUSHING



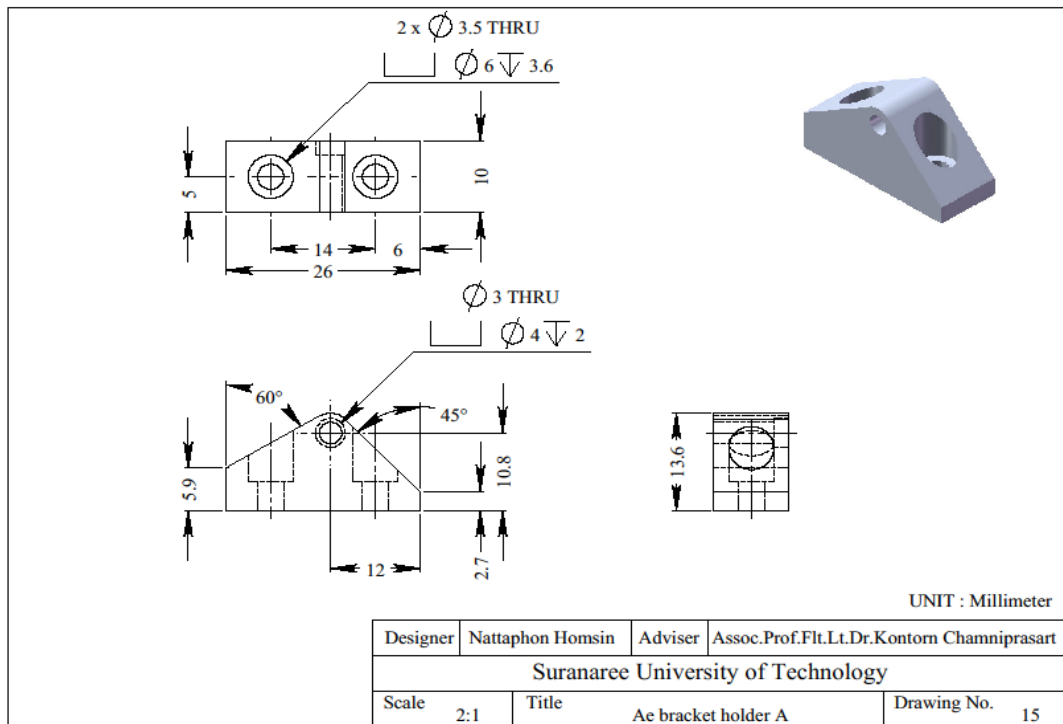
รูปที่ ก.12 รายละเอียดขนาดของ NEST FLEX LOCATE MOUNT



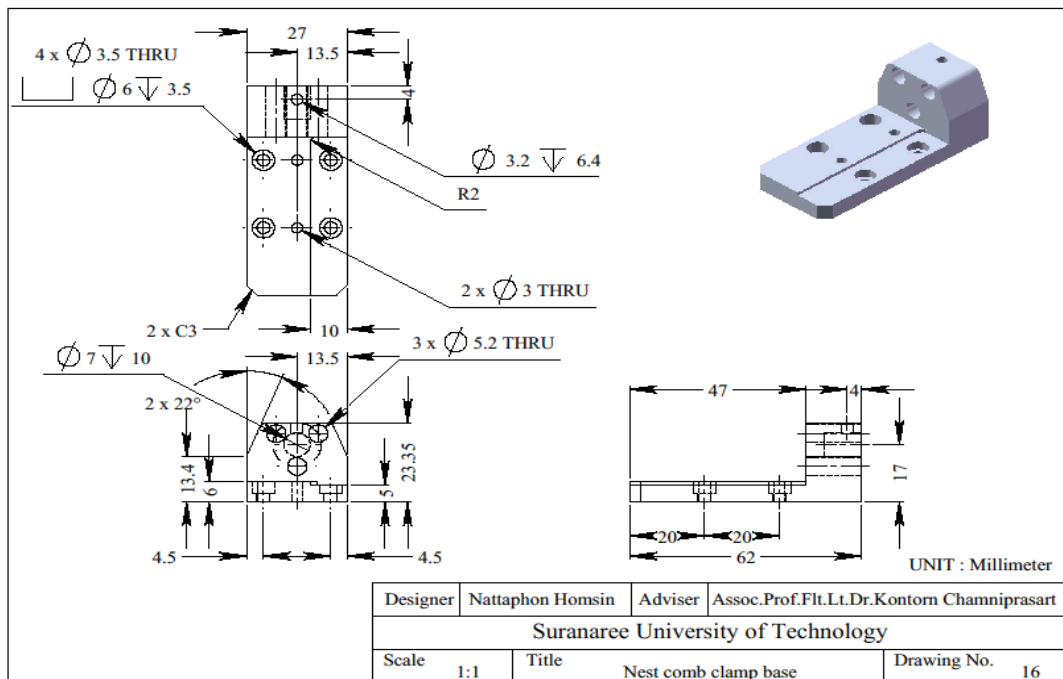
รูปที่ ก.13 รายละเอียดขนาดของ COMB ORIENTATION SENSOR MOUNT



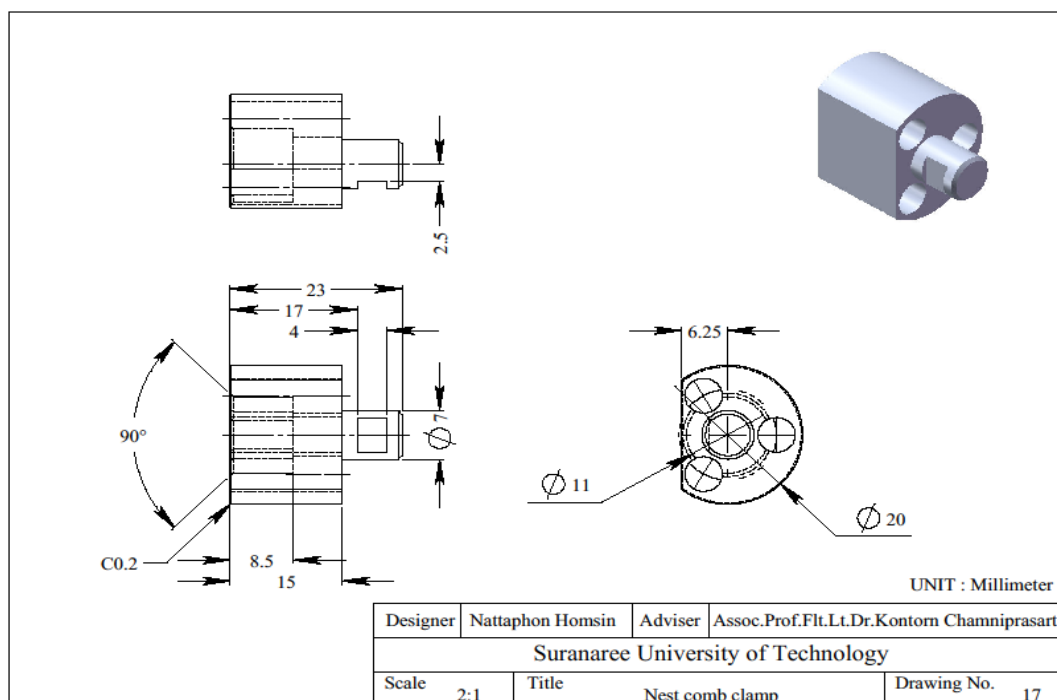
รูปที่ ก.14 รายละเอียดขนาดของ AE BRACKET SUPPORT SHAFT



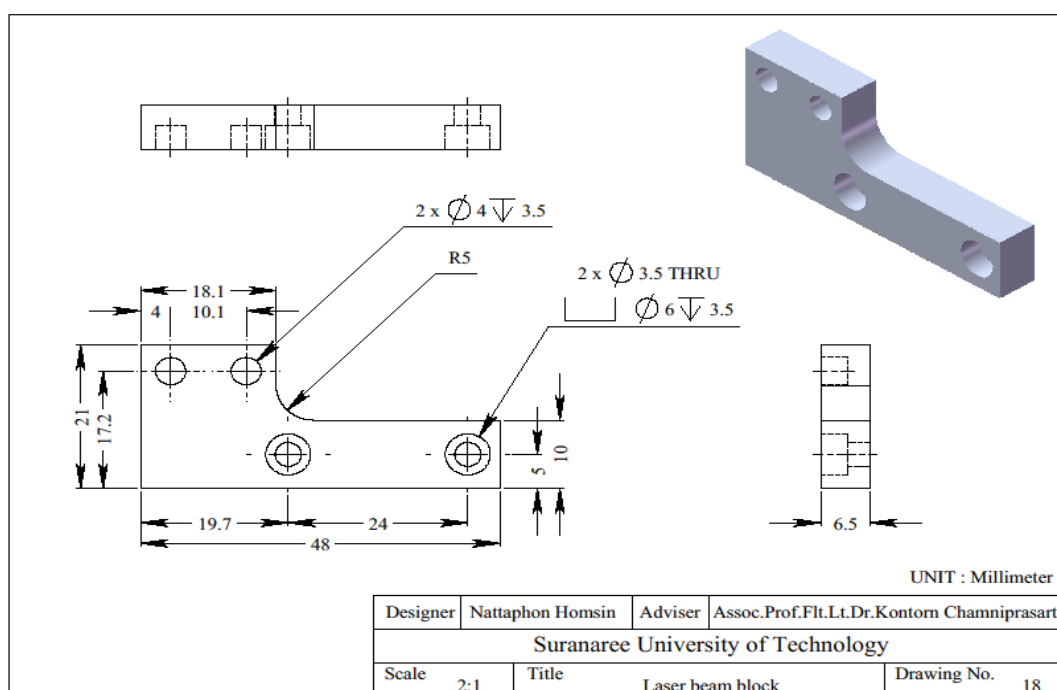
รูปที่ ก.15 รายละเอียดขนาดของ AE BRACKET HOLDER A



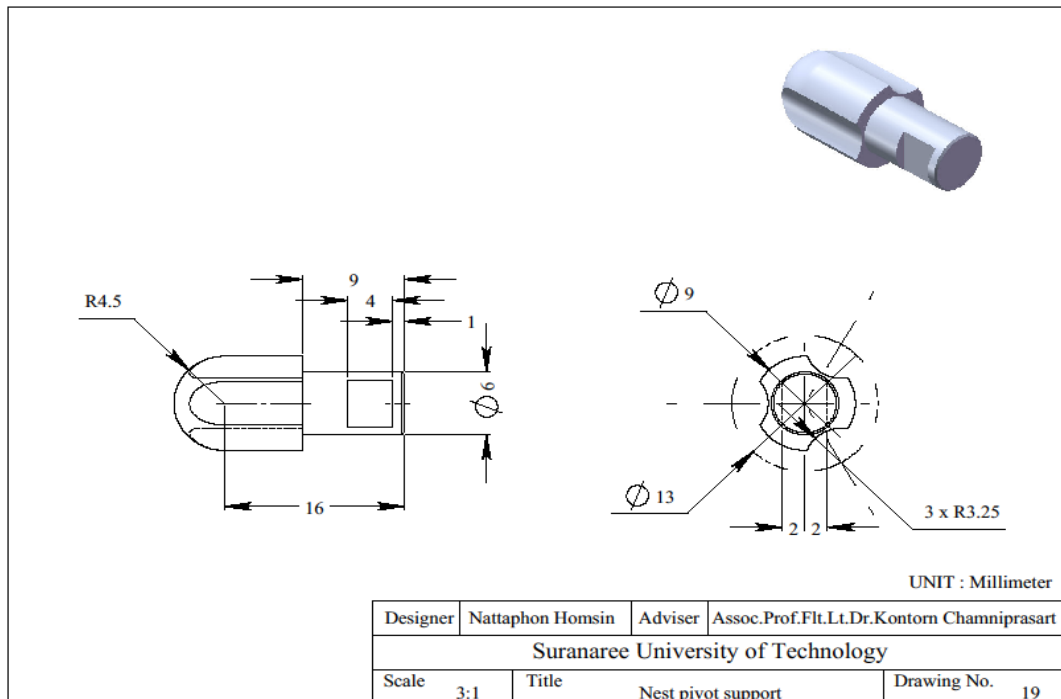
รูปที่ ก.16 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB CLAMP BASE



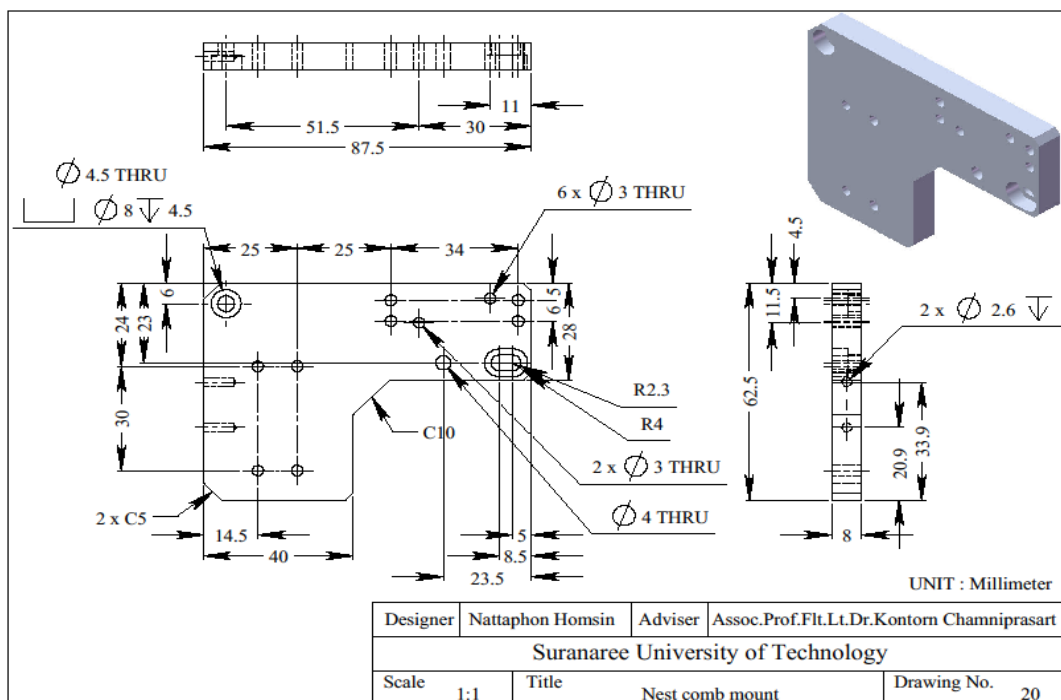
รูปที่ ก.17 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB CLAMP



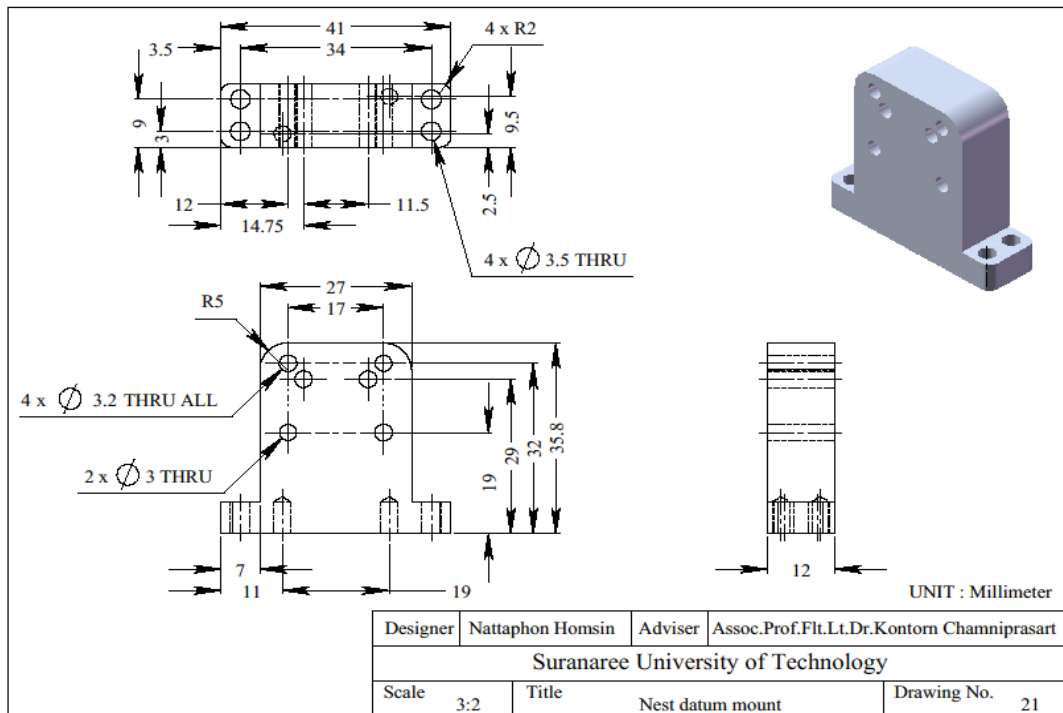
รูปที่ ก.18 รายละเอียดขนาดของ LASER BEAM BLOCK



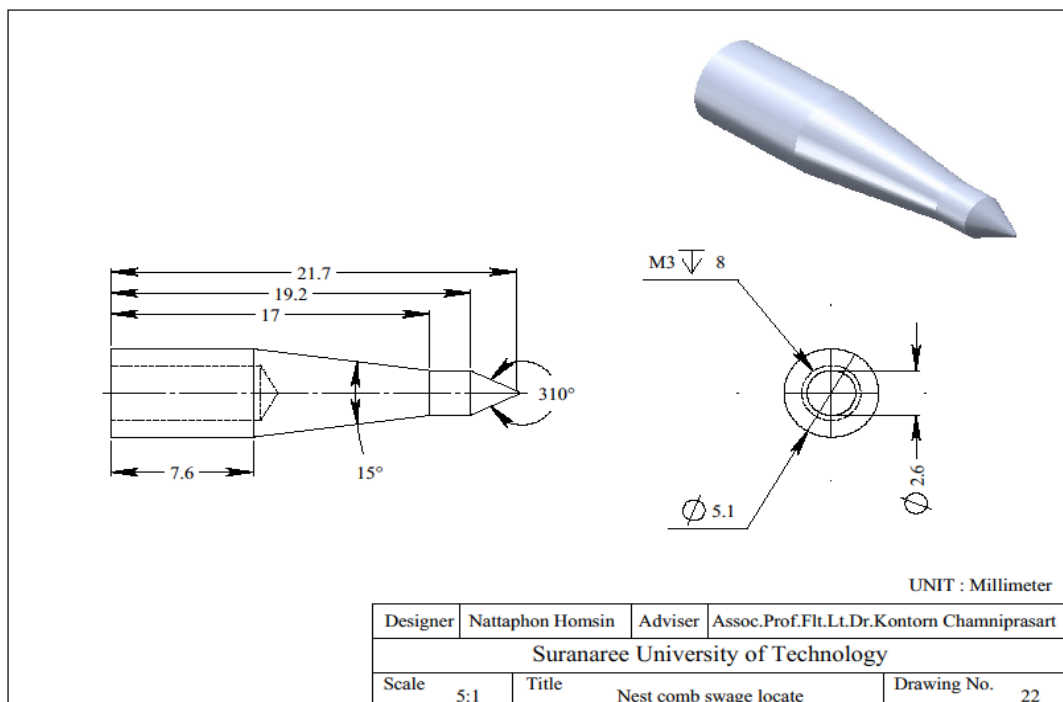
รูปที่ ก.19 รายละเอียดขนาดของ NEST PIVOT SUPPORT



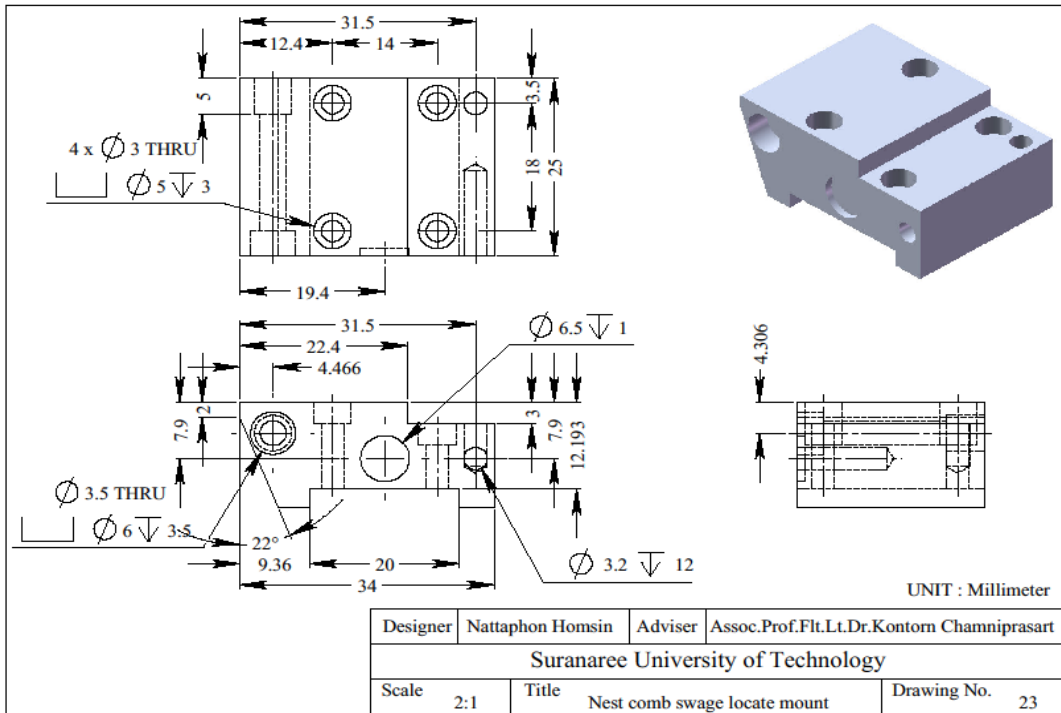
รูปที่ ก.20 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB MOUNT



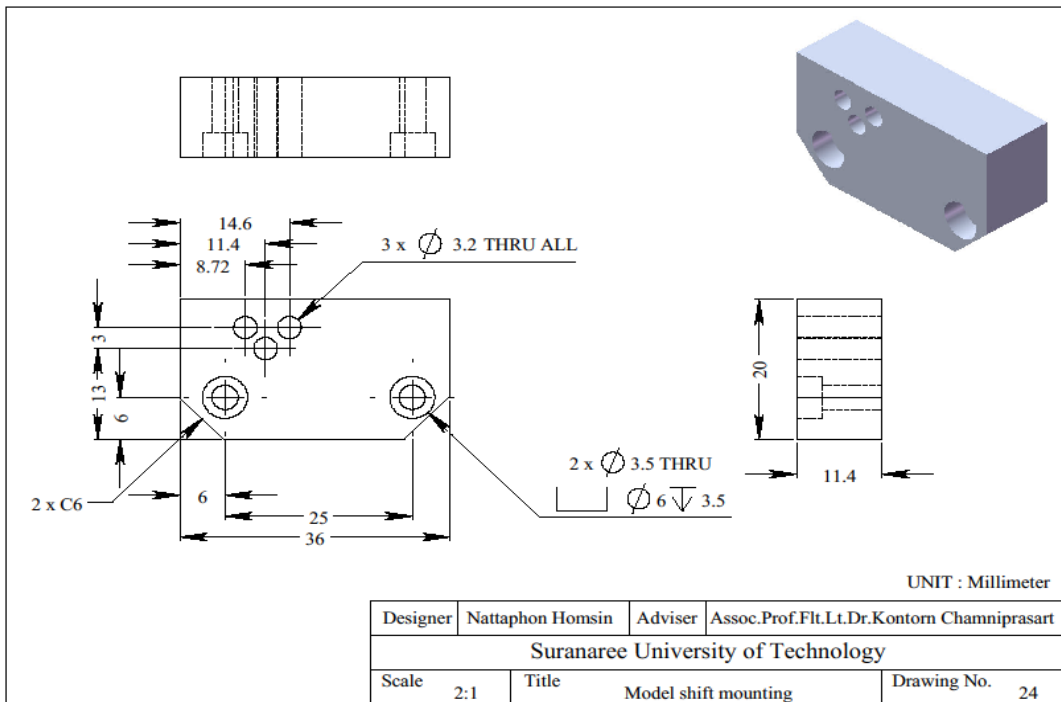
รูปที่ ก.21 รายละเอียดขนาดของ NEST DATUM MOUNT



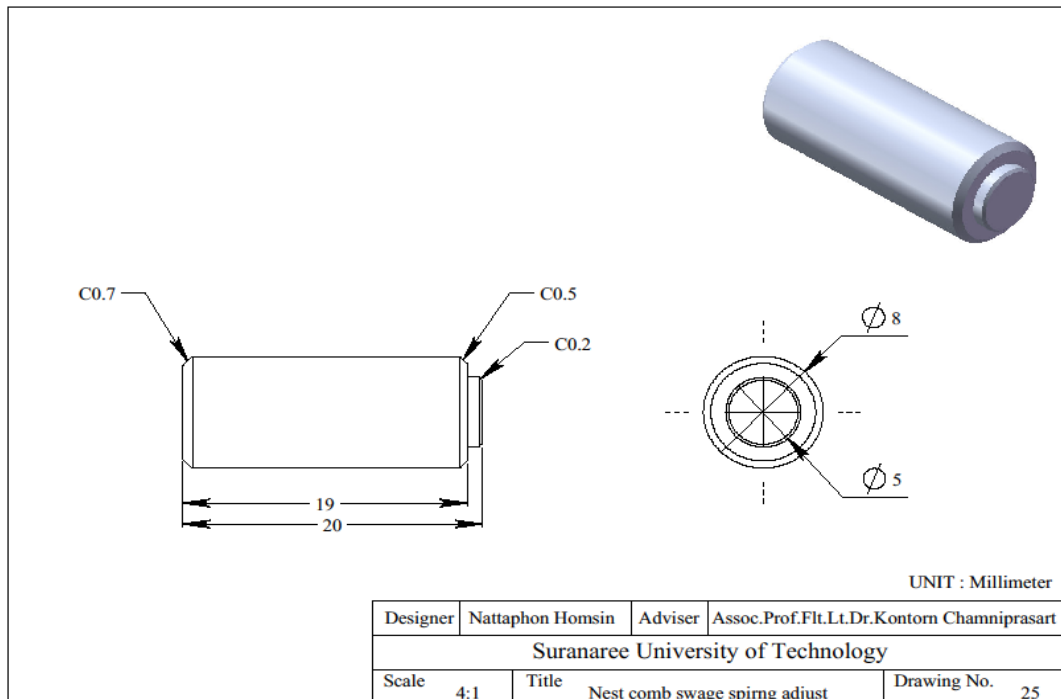
รูปที่ ก.22 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB SWAGE LOCATE



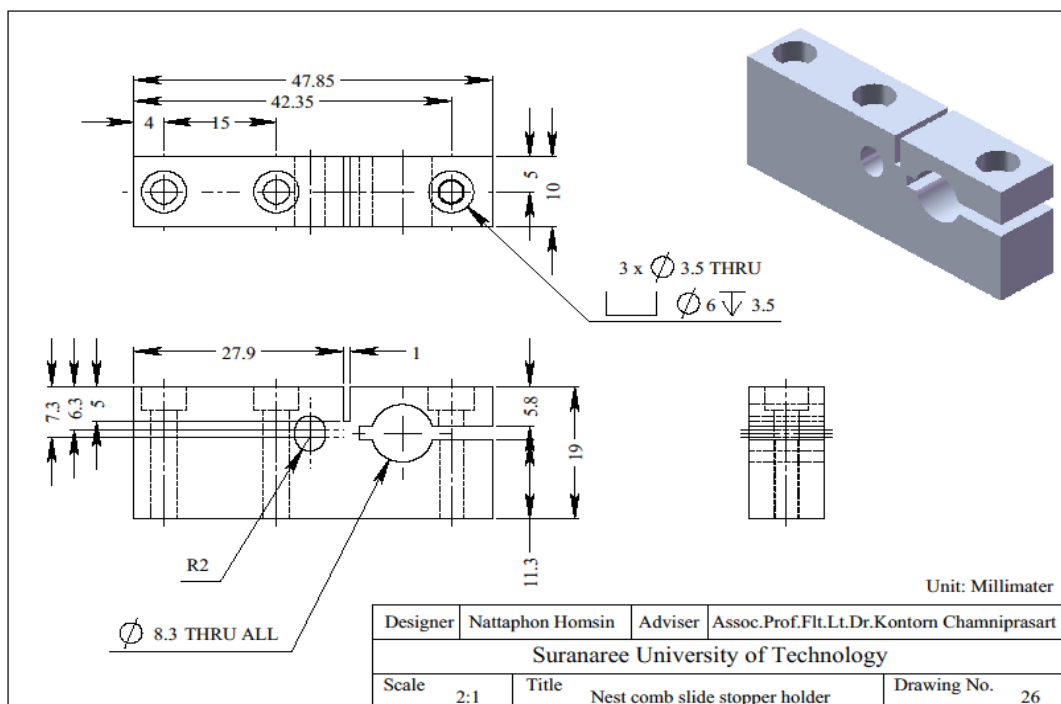
รูปที่ ก.23 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB SWAGE LOCATE MOUNT



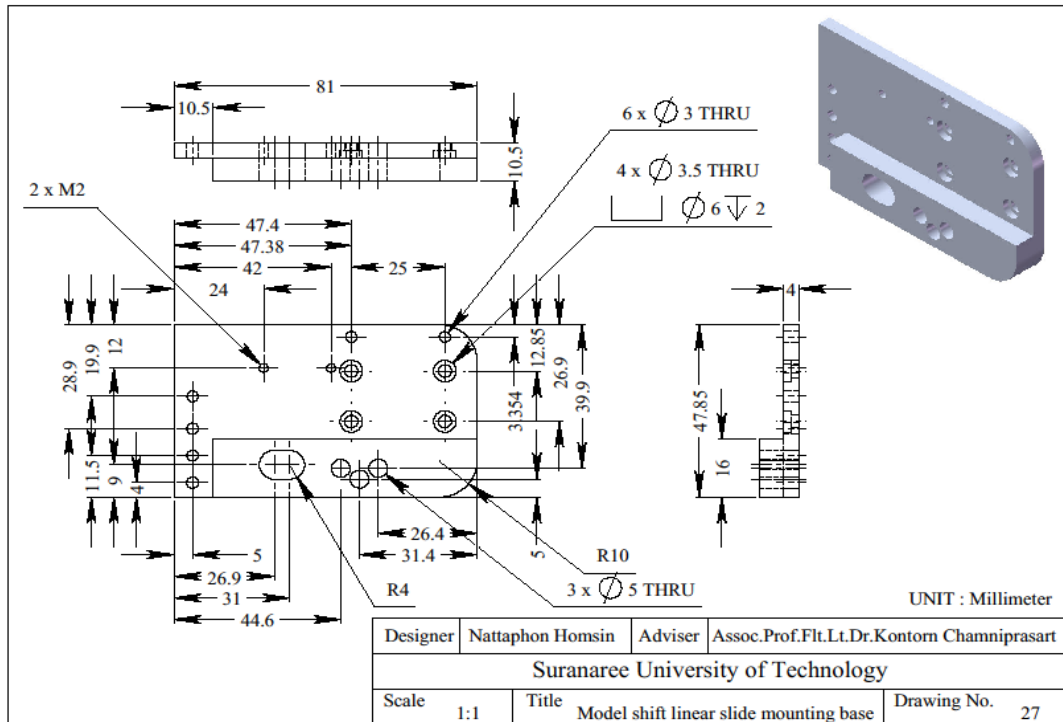
รูปที่ ก.24 รายละเอียดขนาดของ MODEL SHIFT MOUNTING



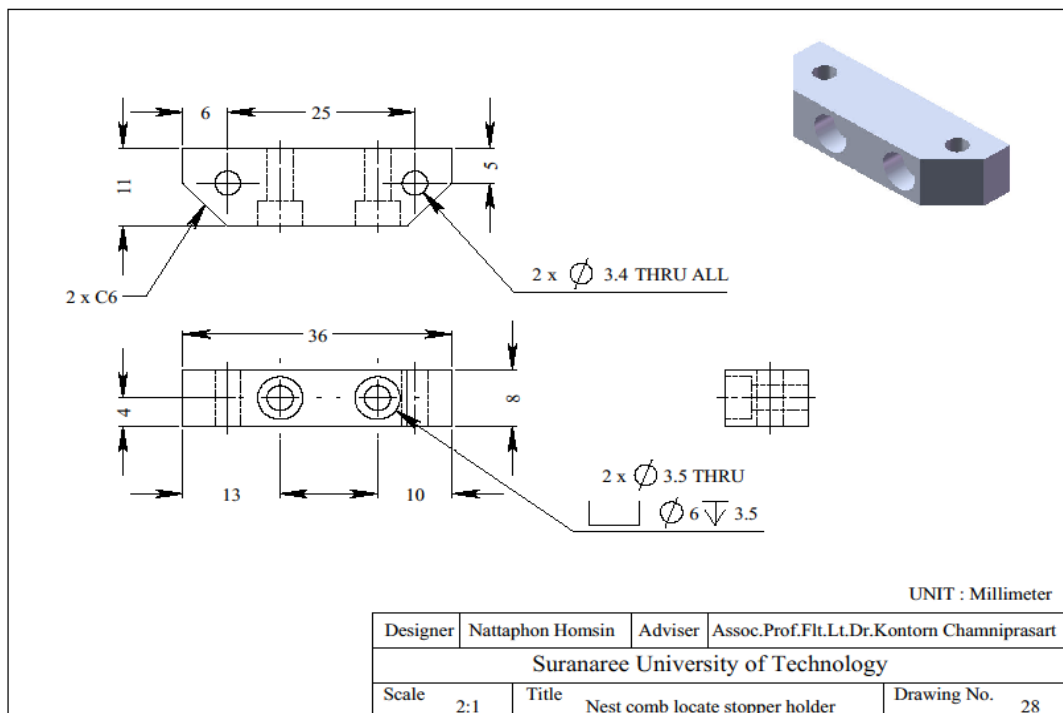
รูปที่ ก.25 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB SWAGE SPIRNG ADJUST



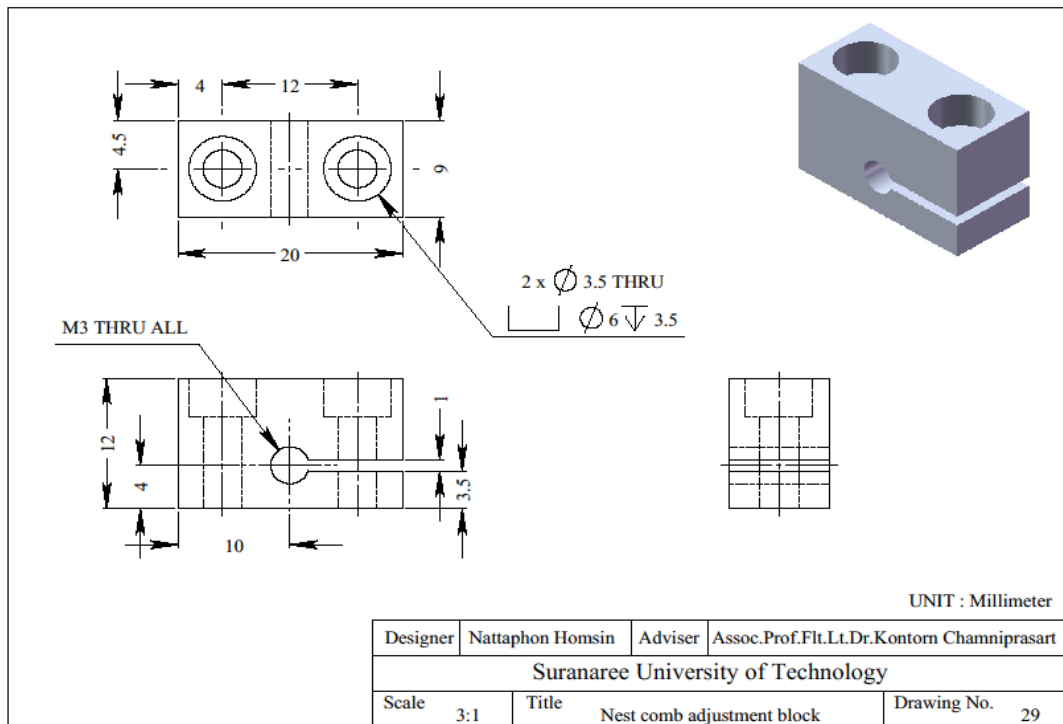
รูปที่ ก.26 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB SLIDE STOPPER HOLDER



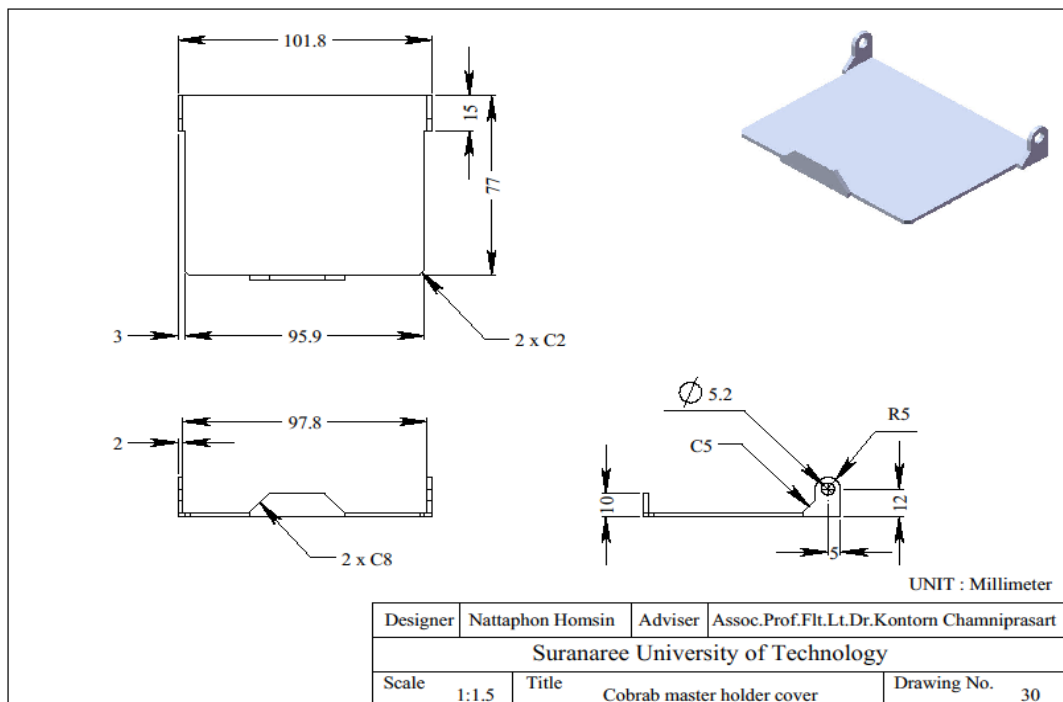
รูปที่ ก.27 รายละเอียดขนาดของ MODEL SHIFT LINEAR SLIDE MOUNTIONG BASE



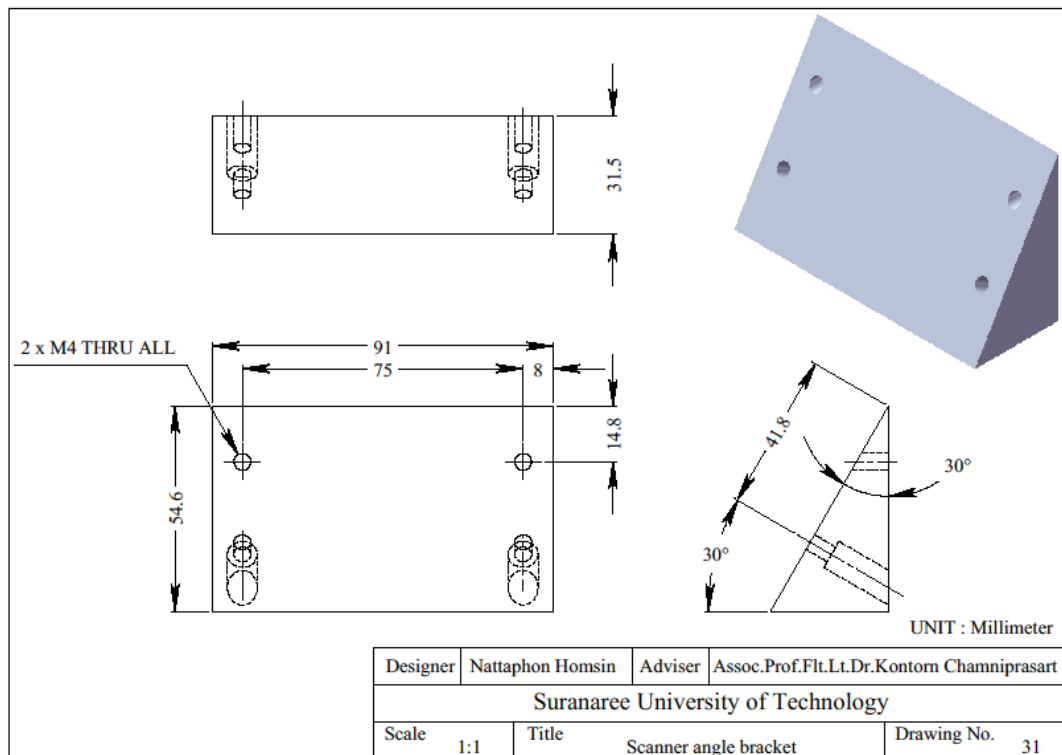
รูปที่ ก.28 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB LOCATE STOPPER HOLDER



รูปที่ ก.29 รายละเอียดขนาดของ NEST COMB ADJUSTMENT BLOCK



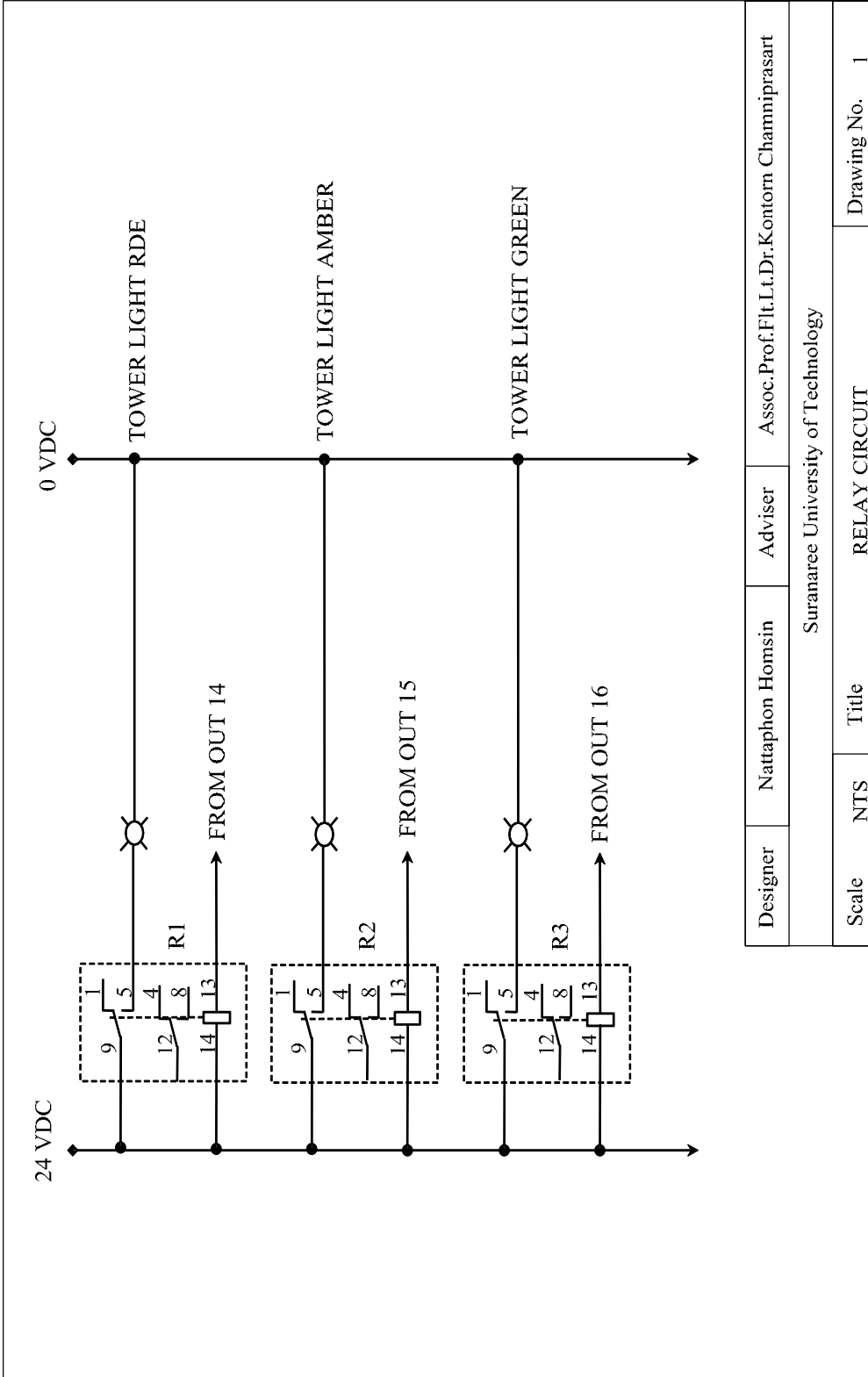
รูปที่ ก.30 รายละเอียดขนาดของ COBRAB MASTER HOLDER COVER



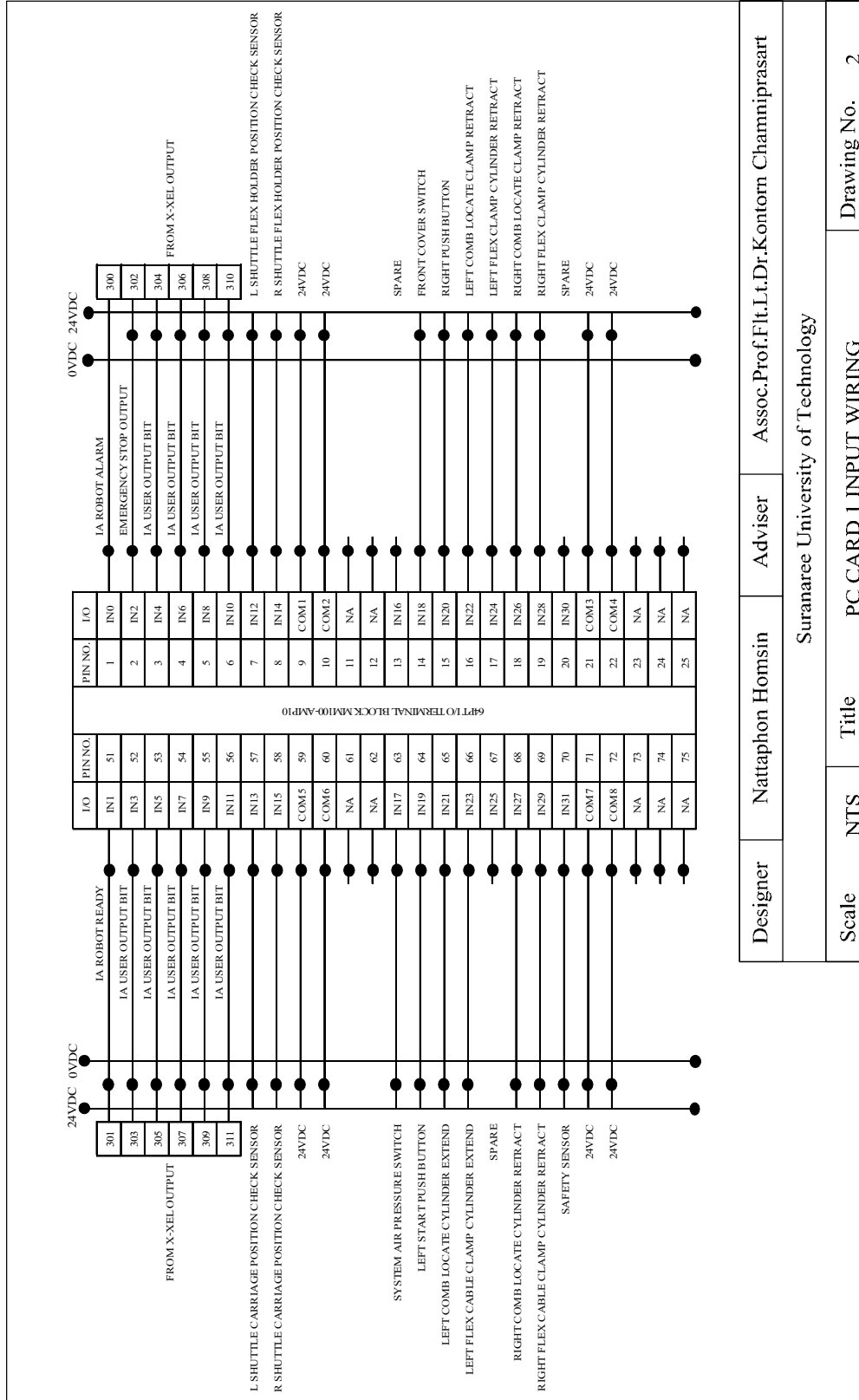
รูปที่ ก.31 รายละเอียดขนาดของ SCANNER ANGLE BRACKET

ภาคผนวก ข

รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของเครื่องจักรต้นแบบ

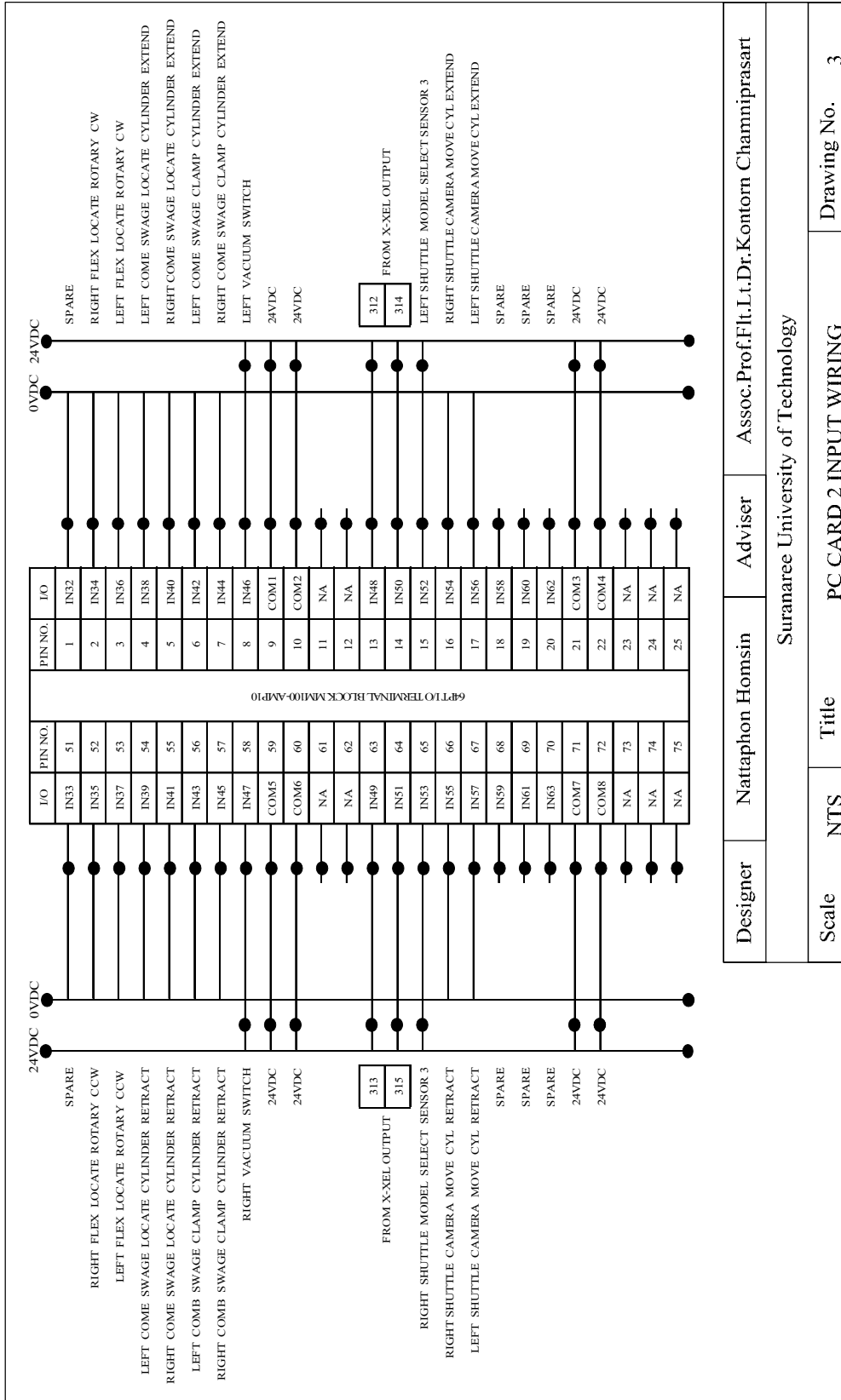


รูปที่ ข.1 รายละเอียดขนาดของ RELAY CIRCUIT



Designer	Nattaphon Homsin	Adviser	Assoc.Prof.Fit.Lt.Dr.Kontorn Champrasart
Suranaree University of Technology			
Scale	NTS	Title	PC CARD 1 INPUT WIRING
			Drawing No. 2

รูปที่ ข.2 รายละเอียดขนาดของ PC CARD 1 INPUT WIRING

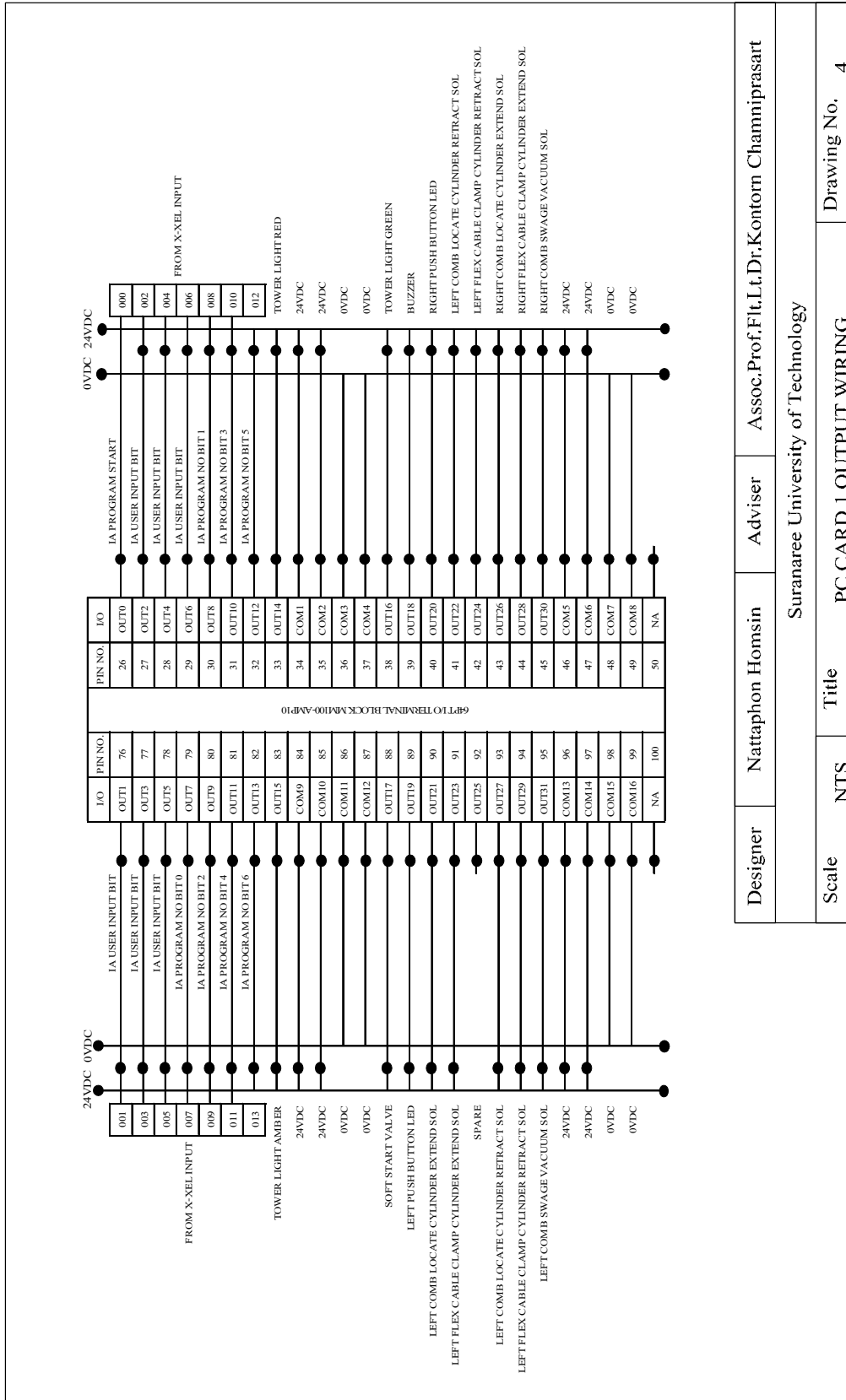


Designer: Nattaphon Homsin Adviser: Assoc.Prof.Flt.Lt.Dr.Kontorn Champrasart

Suranaree University of Technology

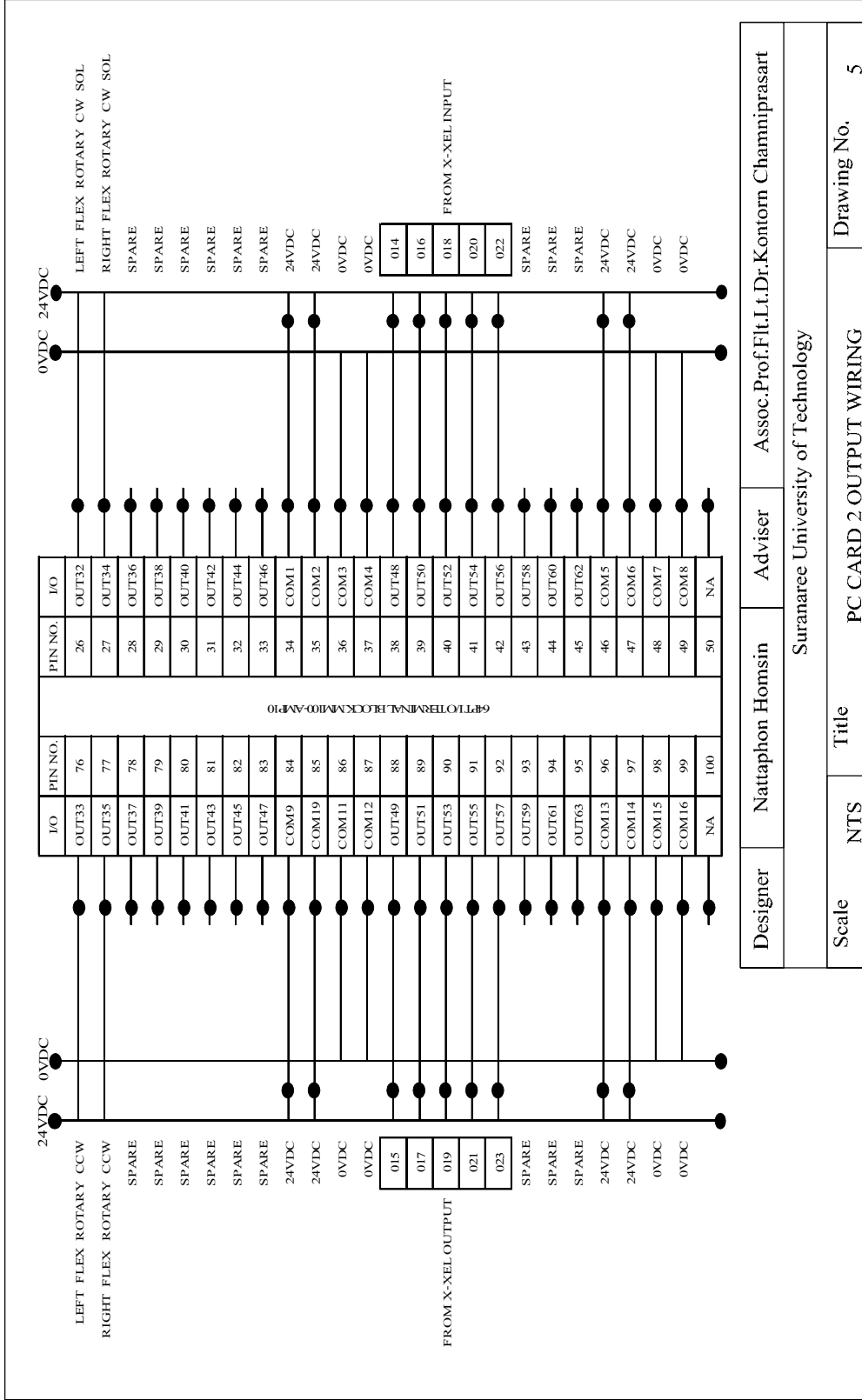
Scale: NTS Title: PC CARD 2 INPUT WIRING Drawing No.: 3

รูปที่ ๓.3 รายละเอียดขนาดของ PC CARD 2 INPUT WIRING



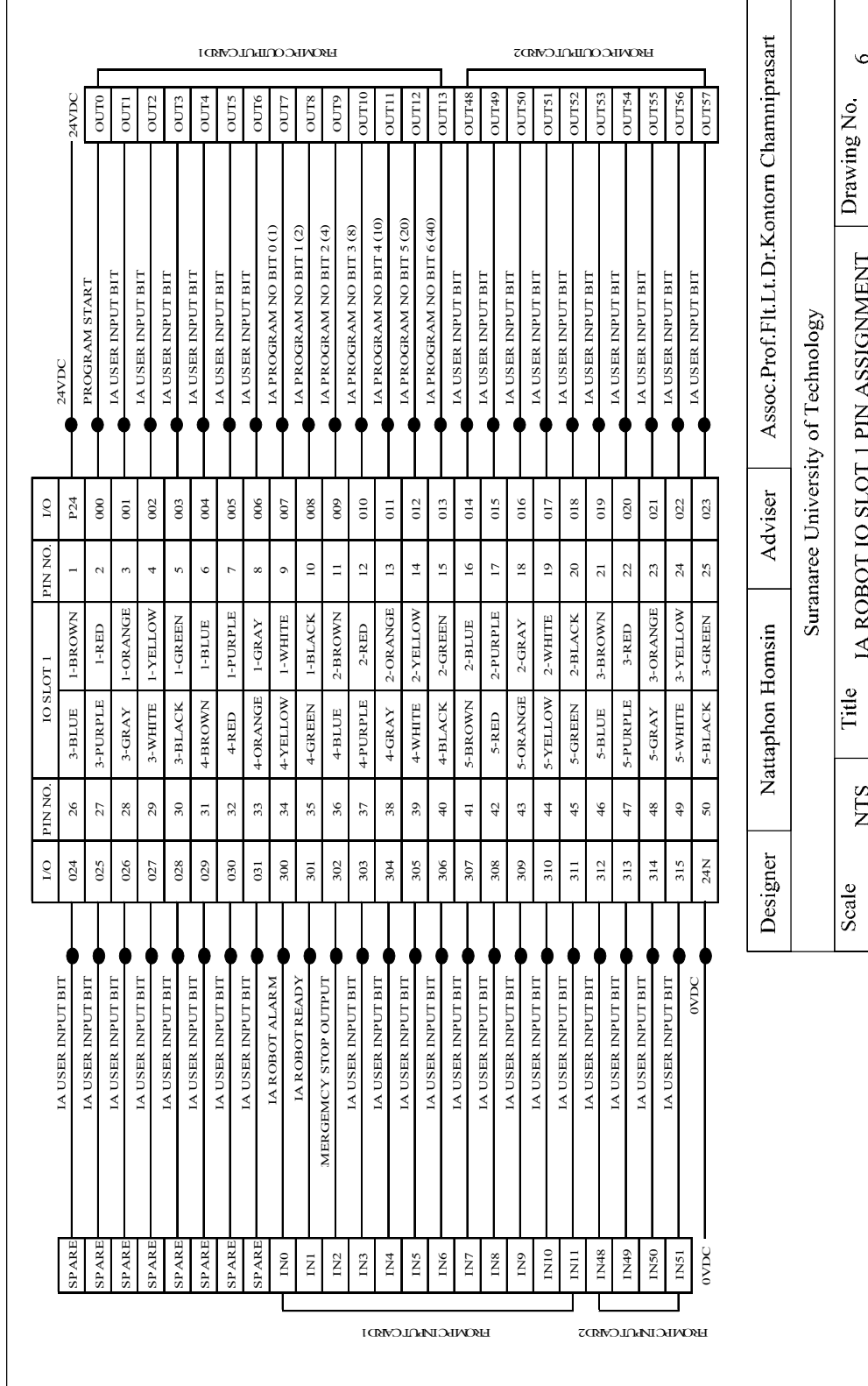
Designer	Nattaphon Homsin	Adviser	Assoc.Prof.Fit.Lt.Dr.Kontorn Champrasart
Scale	NTS	Title	PC CARD 1 OUTPUT WIRING
			Drawing No. 4

รูปที่ ๖.4 รายละเอียดขนาดของ PC CARD 1 OUTPUT WIRING



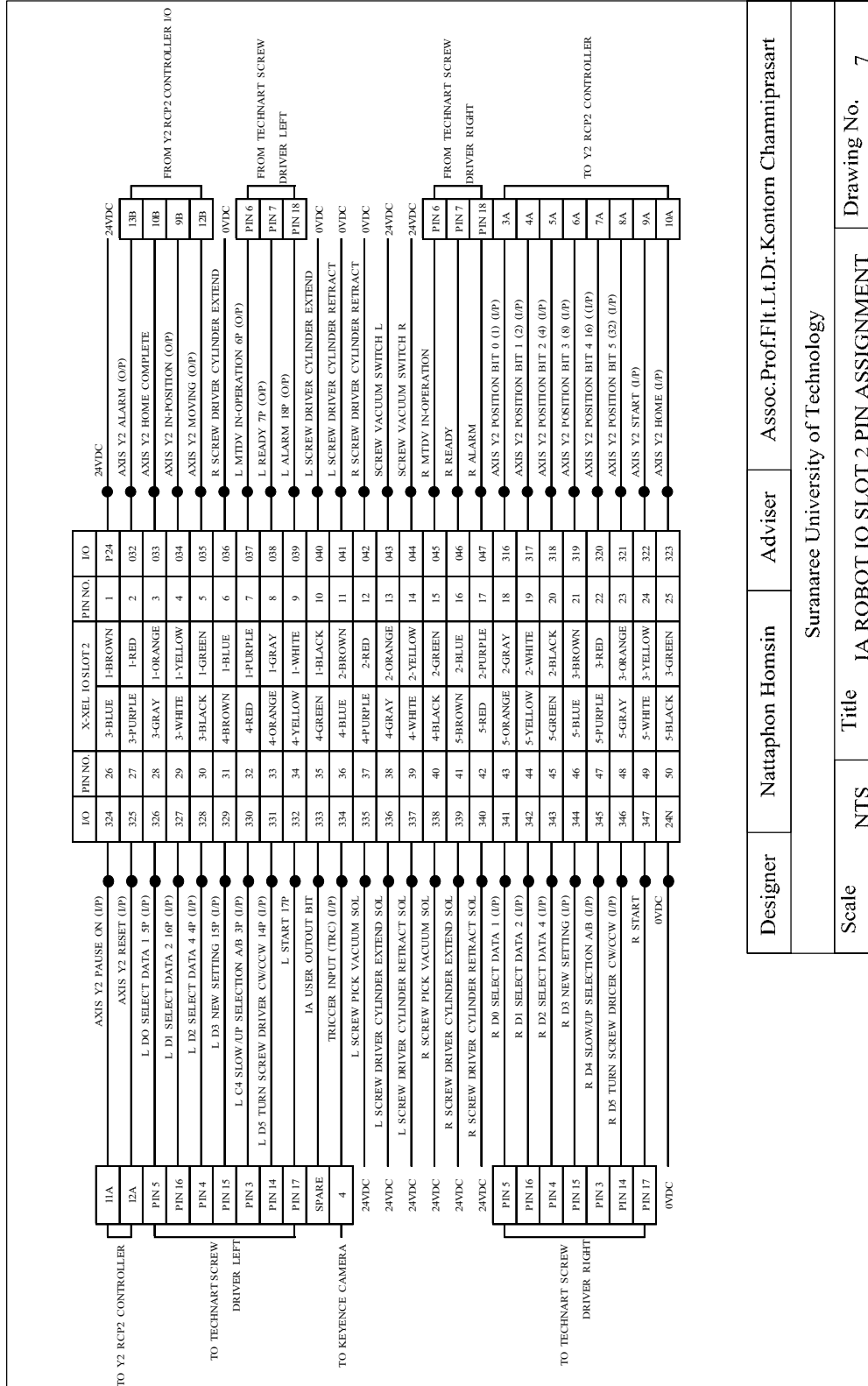
Designer	Nattaphon Homsin	Adviser	Assoc.Prof.Flt.Lt.Dr.Kontorn Chammpirasart
Suranaree University of Technology			
Scale	NTS	Title	PC CARD 2 OUTPUT WIRING
			Drawing No. 5

รูปที่ ข.5 รายละเอียดขนาดของ PC CARD 2 OUTPUT WIRING



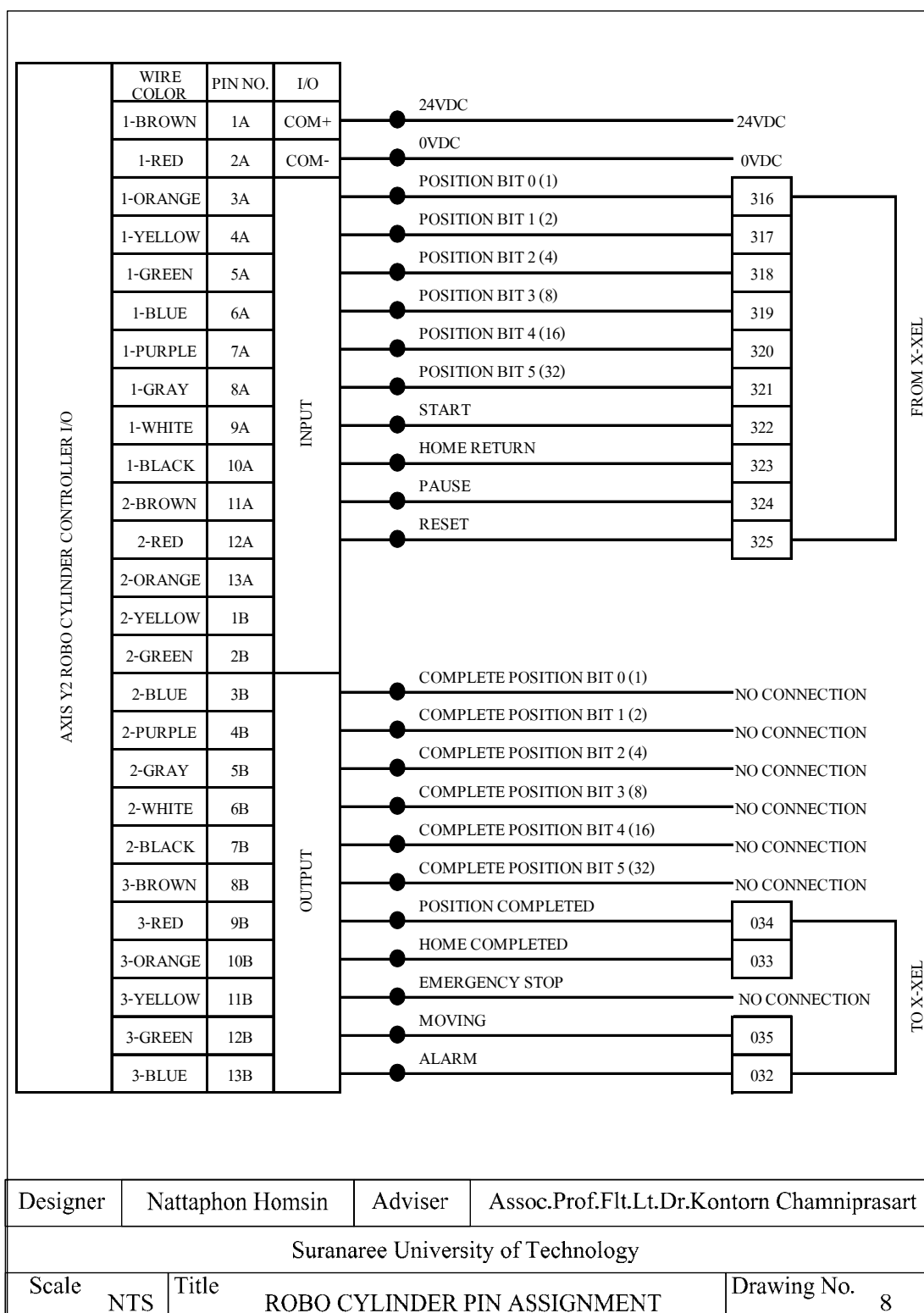
Designer	Nattaphon Homsin	Adviser	Assoc.Prof.Flt.Lt.Dr.Kontorn Champrasart
Suranaree University of Technology			
Scale	NTS	Title	IA ROBOT IO SLOT 1 PIN ASSIGNMENT
			Drawing No. 6

รูปที่ ข.6 รายละเอียดขนาดของ IA ROBOT IO SLOT 1 PIN

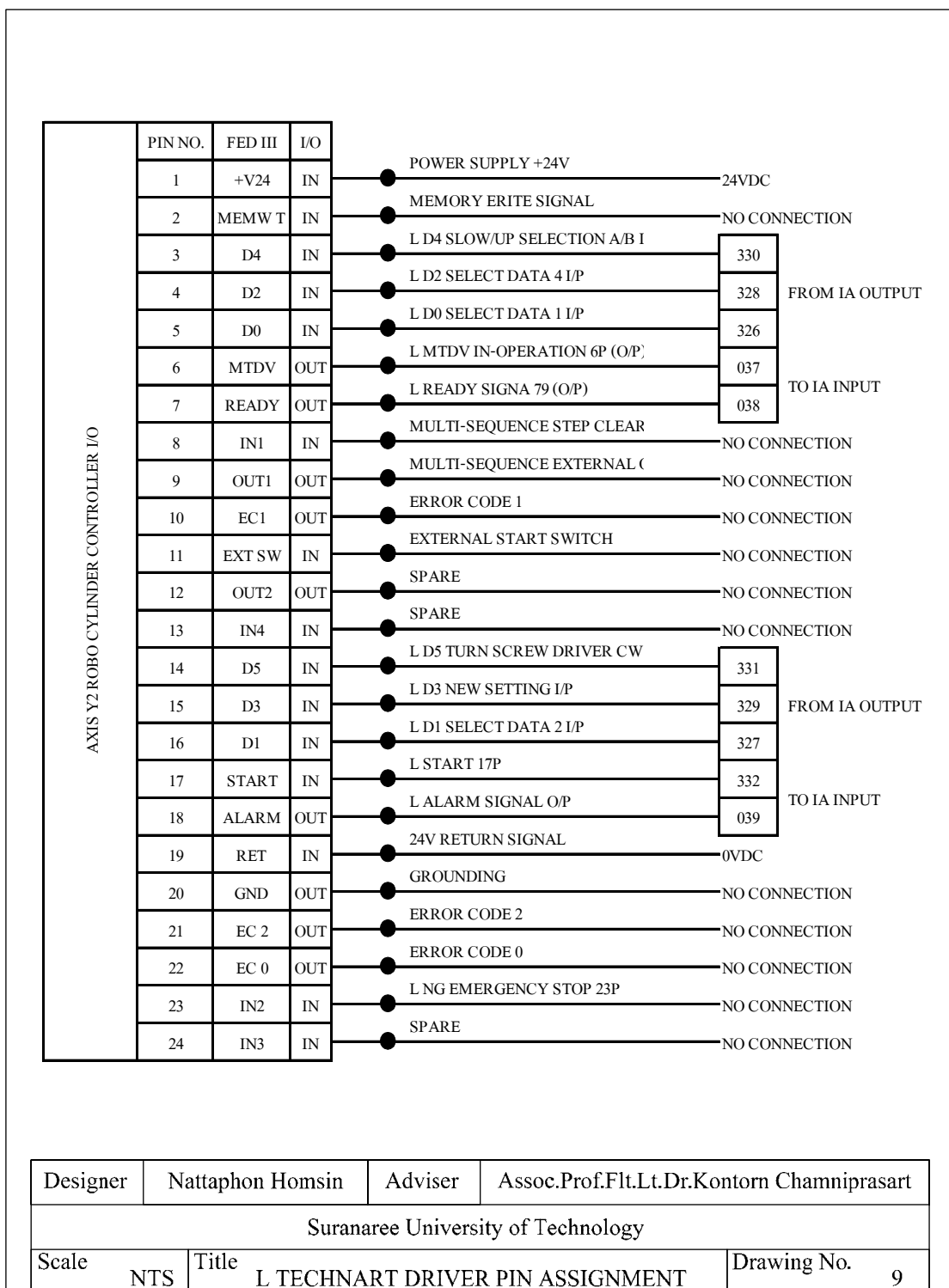


Designer	Nattaphon Homsin	Adviser	Assoc.Prof.Flt.Lt.Dr.Kontorn Champrasart
Scale	NTS	Title	IA ROBOT IO SLOT 2 PIN ASSIGNMENT
			Drawing No. 7

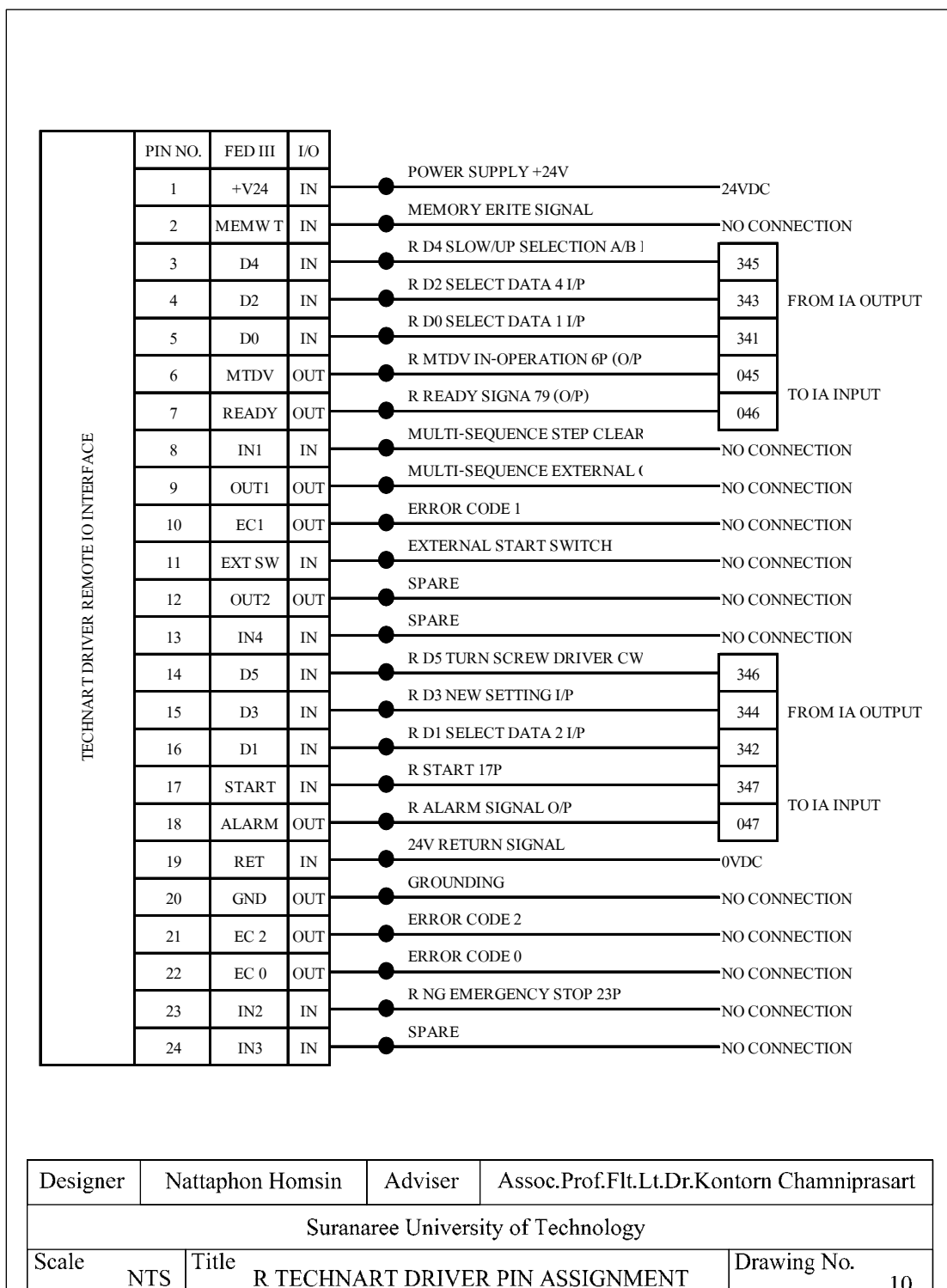
รูปที่ ข.7 รายละเอียดขนาดของ IA ROBOT IO SLOT 2 PIN



รูปที่ ข.8 รายละเอียดขนาดของ ROBO CYLINDER PIN ASSIGNMENT



รูปที่ ข.9 รายละเอียดขนาดของ L TECHNART DRIVER PIN ASSIGNMENT



รูปที่ ข.10 รายละเอียดขนาดของ R TECHNART DRIVER PIN ASSIGNMENT

ภาคผนวก ค

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

ณัฐพล หอมสินธุ์ และ กนต์ธร ชำนิประศาสน์. (2553). การพัฒนาเครื่องจักรเพื่อติดตั้งชุดสายสัญญาณแบบอัตโนมัติ. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24, 20 – 22 ตุลาคม 2553, อุบลราชธานี, ประเทศไทย. (Submit).

การพัฒนาเครื่องจักรเพื่อติดตั้งชุดสายสัญญาณแบบอัตโนมัติ

Development of Screws installation machine.

ณัฐพล หอมสินธุ์^{1*} และ กนต์ธร ขำนิประศาสน์^{2*}

^{1,2}สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา 30000
ติดต่อ: โทรศัพท์: 044 224 227, โทรสาร: 044 224 613, E-mail: nattaphon.homsin@hitachigst.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันกระบวนการผลิตของ บริษัท ฮิตาชิโกลบอลสตอเรจเทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด การขันสกรูเพื่อประกอบชุดสายสัญญาณ (flex) เข้ากับตัวชุดหัวอ่าน (HSA) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ยังใช้มนุษย์ในการประกอบทุกขั้นตอน ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ หลายรูปแบบโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ความสิ้นเปลืองเวลาในการทำงาน เกิดการปนเปื้อนในระหว่างการประกอบ เกิดการกัดกร่อนมาก เพราะมือผู้ประกอบอาจไม่นิ่งพอ เป็นต้น โครงการวิจัยนี้จึงออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบที่ประกอบชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่านแบบอัตโนมัติ เพื่อลดเวลาในการผลิตพร้อมมีระบบตรวจสอบความตึงของสกรู มีระบบการทำความสะอาด ป้องกันสารปนเปื้อนในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ การทดสอบเครื่องต้นแบบให้ผลเป็นที่น่าพอใจ สามารถรองรับอัตราการผลิตของสายการผลิตปกติได้เป็นอย่างดีโดยใช้เวลาในการประกอบต่อ 1 ชิ้นงานอยู่ที่ 9.43 วินาที ซึ่งน้อยกว่าเวลาที่สายการผลิตต้องการอยู่ 2.04 วินาที นอกจากนี้ยังได้ออกแบบการทำงานของชุดขันสกรูไฟฟ้า ทำให้เครื่องต้นแบบสามารถลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการประกอบได้ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์จากปกติ และยังช่วยลดต้นทุนการผลิตจากการลดพนักงานได้ 1 คน นอกจากนี้ยังช่วยสร้างองค์ความรู้ในด้านการสร้างเครื่องจักรและระบบควบคุมที่ใช้ในการประกอบชิ้นส่วนขนาดเล็กที่ต้องการความละเอียดและแม่นยำสูงจากการดำเนินงาน

คำหลัก: ระบบอัตโนมัติ, ระบบสายสัญญาณ, การออกแบบระบบกลไก

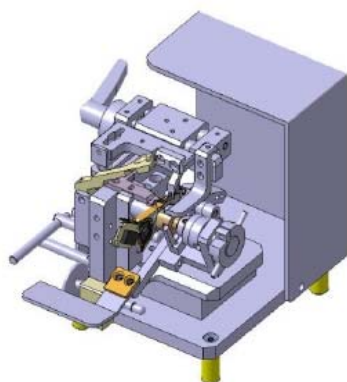
Abstract

The aim of this research project is the design and the development of a prototype for automatically producing and assembling HDD in Flex systems. At present, the screw turning for installing Flex to HSA was HGST factories is done by human labor. This caused a lot of problems such as the uneven level of the screw and the time consuming and contamination issues. The developed prototype would solve the problems by simultaneously processing several points of screw turning, testing the tightening degree of screws and protecting the contamination in HDD. In the experiment, fastening screw by auto tool can decrease process time up to 2.04 second, and the manufacturer can save 1 operator per production line. In order to the product quality, defect from auto tool is less than the manual fastening screw 70 %. Moreover, the project shed some light on the development of control systems that involved high precision and lots of details.

Keywords: Automatic control system design, Mechanism design, Flex system

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้โรงงานผลิตฮาร์ดดิสก์ ได้มีวิธีการที่จะติดตั้งชุดสายสัญญาณ (flex cable) ของหัวบันทึกเข้ากับตัวชุดหัวอ่าน (HSA) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (HDD) ด้วยการขันสกรูเข้ากับชุดหัวอ่าน โดยใช้มนุษย์ในการประกอบ โดยในการประกอบจะมีเครื่องช่วยจับยึดที่เรียกว่า Flex attach tool (ดังรูปที่ 1) แม้ว่าจะมีอุปกรณ์ช่วยแล้วก็ตาม เราพบว่าได้เกิดความผิดพลาดจากการทำงานของมนุษย์ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่างๆ



รูปที่ 1 Flex attach tool

จากการทดลองใช้แนวทางในการแก้ไขปัญหาไปแล้วบางส่วนก็สามารถลดปัญหาได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่ถึงระดับที่น่าพอใจของทางบริษัท เนื่องจากปัญหาที่เกิดอยู่ส่วนมากยังเกิดจากความผิดพลาดหรือละเลยของพนักงานในขั้นตอนการขันสกรู ดังนั้นโครงการนี้จึงเสนอแนวทางวิจัยที่จะสร้างเครื่องต้นแบบที่ประกอบชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่าน แบบกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งจะเป็นการจัดสร้างเครื่องจักรที่สามารถขันสกรูได้ถูกต้องและรวดเร็วเพื่อลดเวลาในการผลิต มีระบบการขันสกรูที่ป้องกันการกระแทก พร้อมมีระบบตรวจสอบความตึงของสกรู มีระบบการทำความสะอาด ป้องกันสารปนเปื้อนในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ทั้งหมดนี้ก็เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

2. การดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบในกระบวนการประกอบชุดสายสัญญาณแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยเริ่มต้นด้วยการศึกษาชุดหัวอ่าน และวิธีการประกอบชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่าน อีกทั้งเก็บข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อนำมา เป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องต้นแบบ การออกแบบเครื่องต้นแบบทางผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะลดเวลาและความเสียหายลงจากกระบวนการประกอบโดยใช้มนุษย์ในปัจจุบัน ทางผู้วิจัยให้ความสนใจเกี่ยวกับการขันสกรูเป็นหลัก เพราะส่วนนี้เป็นปัญหาหลักในระหว่างการประกอบชุดสายสัญญาณ โดยมุ่งเน้นในการทดลองเพื่อหาค่าแรงบิดที่เหมาะสมในการขันสกรูสำหรับจับยึดชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่าน

2.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการขันสกรู

ในขบวนการผลิตทุกขั้นตอนต้องใช้พนักงานเป็นผู้ทำงานด้วยตนเองทั้งสิ้น ซึ่งทำให้เกิดปัญหาขึ้นหลายอย่าง คณะผู้วิจัยได้เข้าไปศึกษาและพบว่า มีปัญหาหลักที่เกิดขึ้นที่สำคัญอยู่ 3 ส่วนดังนี้

1. การขันสกรูไม่ไ้ระดับ
2. หัวสกรูเกิดความเสียหาย
3. รูของสกรูเกิดความเสียหาย

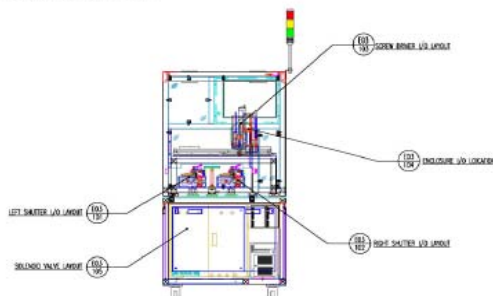
ปัญหาที่เกิดขึ้นทั้ง 3 กรณีทางผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อชิ้นงานที่ได้จากสายการผลิต ซึ่งผลที่ได้แสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการขึ้นสกรู

ลำดับที่	ชนิดของปัญหา		
	สกรูขันไม่ได้ระดับ	หัวสกรูขาด	รูสกรูเกิดความเสียหาย
1	0.37	0.08	3.43
2	0.45	0.02	4.51
3	0.51	0.03	3.78
4	0.36	0.03	4.21
5	0.42	0.06	4.1
6	0.36	0.03	4.03
7	0.48	0.04	3.08
8	0.46	0.05	4.67
9	0.41	0.06	4.02
10	0.45	0.01	4.02

2.2 การออกแบบเครื่องจักร

การออกแบบเครื่องจักรต้นแบบจะทำการออกแบบ โดยแนวคิดในการออกแบบเครื่องจักรเพื่อติดตั้งชุดสายสัญญาณ คือออกแบบเครื่องต้นแบบให้มีชุดจับยึดชิ้นงาน(Fixture) 2 ชุด ซึ่งแต่ละชุดทำงานแยกกัน แต่จะมีชุดเครื่องขึ้นสกรูไฟฟ้าเพียงชุดเดียว ลักษณะของเครื่องจักรที่ทำการออกแบบดังแสดงในรูปที่ 2 ในส่วนของการออกแบบชุดจับยึดชิ้นงานถูกออกแบบให้พนักงานมีหน้าที่ในการใส่ชุดสายสัญญาณกับชุดหัวอ่าน และมีหน้าที่นำชุดหัวอ่านที่ประกอบเสร็จออกเท่านั้น



รูปที่ 2 ลักษณะของเครื่องจักรต้นแบบที่ทำการออกแบบ

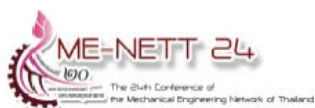
2.3 ชุดส่วนประกอบหลักที่ใช้ในเครื่องจักรต้นแบบ

เซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) ที่ถูกประกอบรวมด้วยชุดเกียร์ และส่วนควบคุมต่างๆ ไว้ในโมดูลเดียวกัน โดยจะมีสัญญาณใช้งาน 1 เส้น และอีก 2 เส้น เป็น VCC และ GND เท่านั้น ซึ่งสามารถควบคุมให้ตัวเซอร์โวมอเตอร์ หมุนซ้าย หรือ ขวาได้ +90 องศา - 90 องศา (180 องศา) โดยสามารถสั่งงานในการหมุนให้หมุนไปได้ตามองศาต่างๆ ที่ต้องการ ได้ด้วยตัวของ Servo motor เอง เช่น ต้องการหมุน 1 องศา หรือ 15 องศา ก็ได้ ไม่ต้องมีส่วนควบคุม หรือ sensor ใดๆ กลับมาตรวจสอบอีกทำให้ง่าย และสะดวกในการนำเข้าไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ ได้จริง งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในเรื่องข้อพื้นที่ในการติดตั้งและชุดจับยึดที่ติดต่อกันกับชุดเซอร์โวมอเตอร์มีน้ำหนักน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ YASKAWA รุ่น SGMM-A2C312 ดังแสดงในรูปที่ 3 มีแรงบิดสูงสุดอยู่ที่ 0.2 นิวตันเมตร และมีขนาดกว้าง 25 มิลลิเมตร สูง 25 มิลลิเมตร และ ลึก 80 มิลลิเมตร ซึ่งเหมาะสมกับเครื่องต้นแบบ



รูปที่ 3 เซอร์โวมอเตอร์ของบริษัท YASKAWA รุ่น SGMM-A2C312

ชุดวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง (Power Amplifier) ทำหน้าที่ขยายกระแสไฟฟ้า โดยอุปกรณ์นี้จะรับสัญญาณป้อนเข้าคือกระแสไฟฟ้าที่มีปริมาณและแรงดันต่ำ และจ่ายกระแสไฟฟ้าที่มีปริมาณและแรงดันสูงกว่า โดยใช้พลังงานจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้า



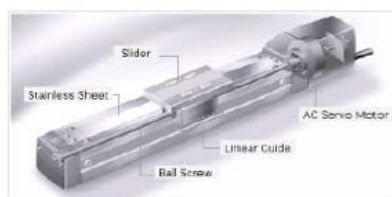
AMM 072

ไปยังมอเตอร์กระแสตรงที่ติดตั้งอยู่บนหุ่นยนต์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์ YASKAWA รุ่น SGDF-A2CS ดังแสดงในรูปที่ 4 ทำหน้าที่เป็นวงจรขับที่รับและจ่ายไฟฟ้าโดยแปรผันตามแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 4 ชุดวงจรขับมอเตอร์กระแสตรงของบริษัท YASKAWA รุ่น SGDF-A2CS

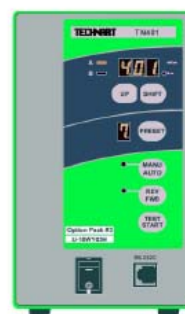
ชุดการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง สำหรับเครื่องจักรต้นแบบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการเลือกใช้อุปกรณ์ของบริษัท IAI ทั้งหมด เนื่องจากเครื่องต้นแบบมีความต้องการความเที่ยงตรงเป็นอย่างมาก เพื่อให้ไม่ทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหาย อุปกรณ์ของบริษัท IAI นั้นมีข้อผิดพลาดสำหรับตำแหน่งอยู่ที่ 0.02 มิลลิเมตร ซึ่งตอบสนองต่อลักษณะการทำงานได้เป็นอย่างดี อุปกรณ์ที่เลือกใช้นั้นแบ่งออกเป็นสามส่วนหลักตามหน้าที่การทำงาน



รูปที่ 5 IAI รุ่นตระกูล SA6 สำหรับใช้ในห้องสะอาด

ชุดอุปกรณ์ขับเคลื่อน อุปกรณ์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนจะใช้ชุดขับเคลื่อนสกรูไฟฟ้า (Electric driver) ของบริษัท Technart รุ่น ABL10YP01H-U-S ซึ่งชุดขับเคลื่อนสกรูไฟฟ้าทำงานโดยการสั่งงานจากกล่องควบคุม รุ่นของกล่องควบคุมคือ TN401 ดังแสดงในรูปที่ 6 สามารถปรับค่า

แรงบิดได้ตั้งแต่ 0.02 – 1.5 กิโลกรัมแรงเซนติเมตร ความเร็วรอบอยู่ระหว่าง 250 – 900 รอบต่อนาที



รูปที่ 6 ชุดควบคุมอุปกรณ์ขับเคลื่อนสกรูไฟฟ้าของบริษัท Technart รุ่น TN401

2.4 การควบคุมระบบการทำงานของเครื่องจักร

ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักรต้นแบบจะควบคุมด้วยชุดควบคุม เนื่องจากการสร้างเครื่องจักรต้นแบบ เพื่อต้องการดูผลของการทำงาน ซึ่งลักษณะการใช้งาน และขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบที่ทำการออกแบบมีขั้นตอนในการทำงานไม่ซับซ้อนมาก และ ปัจจุบันนี้ระบบควบคุมอัตโนมัติ มีการพัฒนาในส่วนต่างๆ มากขึ้นเช่น การใช้งาน, ความสามารถในการรองรับการเก็บข้อมูล การประมวลผล การเขียนโปรแกรมควบคุม และมีราคาที่ไม่แพง เป็นต้น อุปกรณ์ที่เลือกใช้ในการควบคุม IAI รุ่น XSEL-K-4-60I-30DI-B-30DI-N1-N2ESA-2-1-IU ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งอุปกรณ์ที่เลือกนี้มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดระบบอกสูบที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ด้วย



รูปที่ 7 อุปกรณ์ควบคุมเครื่องต้นแบบของบริษัท IAI

2.5 การทดสอบหาค่าแรงบิดที่เหมาะสม

เนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะหาแรงบิดที่เหมาะสมในการขันสกรูโดยไม่ให้เกิดความเสียหายขึ้นกับหัวสกรูและชิ้นงาน อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงแรงที่มากพอที่จะขันสกรูให้ได้ระดับ ตามทฤษฎีหาค่าแรงที่มากที่สุดในการกดหัวสกรูที่ไม่ทำให้สกรูเกิดความเสียหายได้ตามสมการที่ (1)

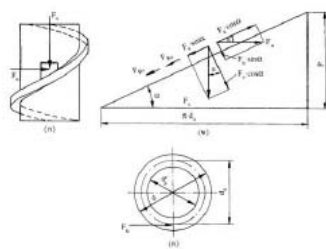
$$F_{v,max} = \frac{0.84 \cdot \sigma_{yield} \cdot A}{\sqrt{1 + 3 \cdot \left(\frac{8 \cdot A \cdot d_2 \cdot \tan(\alpha + \rho)}{\pi \cdot d_3^3} \right)^2}} \quad (1)$$

และค่าแรงบิดที่ใช้ในการขันสกรูเราสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ (2)

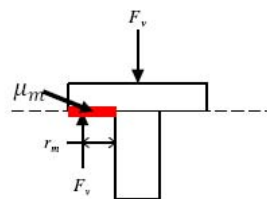
$$T = F_v \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho) + F_v \cdot \mu_m \cdot r_m \quad (2)$$

แทนค่าสมการที่ (1) ในสมการที่ (2) เราจะได้สมการแรงบิดที่มากที่สุดที่ไม่ทำให้สกรูเกิดความเสียหายดังสมการที่ (3)

$$T_{max} \leq F_{v,max} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho) + F_{v,max} \cdot \mu_m \cdot r_m \quad (3)$$



รูปที่ 8 แรงที่กระทำกับเกลียวของสกรู [7]



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ของ F_v, μ_m, r_m

จากสมการด้านบนสามารถหาค่าแรงบิดที่เหมาะสมสำหรับขันสกรูได้ และเพื่อสนับสนุนความถูกต้อง ในงานวิจัยจึงได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการขันสกรูด้วยค่าแรงบิดต่างๆ และตรวจสอบผลว่าค่าที่ตรงกับทฤษฎีมีความเหมาะสมจริงหรือไม่ พร้อมทั้งทดสอบหาความเร็วรอบและออกแบบการทำงานของชุดขันสกรูไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการประกอบชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่าน

3. การทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.1 ทดสอบหาค่าแรงบิดที่เหมาะสมสำหรับการขันสกรู

สกรูที่ใช้ในระบบการผลิตนี้มีขนาดเท่ากับ M1 ผลิตจากวัสดุประเภทสแตนเลส SUS XM7 ซึ่งมีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องดังนี้

- P ระยะพิทช์ (Pitch) เท่ากับ 0.25 มิลลิเมตร
- d_2 ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิทช์ (Pitch Diameter) เท่ากับ 0.838 มิลลิเมตร
- d_3 ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางวงในของสกรู (Inner Diameter) เท่ากับ 0.676 มิลลิเมตร

σ_{yield} จุดคราก(Yield Strength) เท่ากับ 540 MPa
 μ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (Friction coefficient) ที่เกิดขึ้นระหว่างสกรูกับชุดหัวอ่าน และสกรูกับชุดสายสัญญาณมีค่าเท่ากับ 0.41 และ 0.35 ตามลำดับ
 นำค่าที่ได้ทั้งหมดใส่ในสมการแทนค่าสมการที่ (1)

$$F_{v,max} = \frac{0.84 \cdot 540 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot (0.5 \cdot 10^{-3})^2}{\sqrt{1 + 3 \left(\frac{8\pi(0.5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot (0.8 \cdot 10^{-3}) \tan(9.1 + 22.2)}{\pi \cdot (0.7 \cdot 10^{-3})^3} \right)^2}}$$

$$F_{v,max} = 70.72 \text{ N} \quad (4)$$

นำค่า $F_{v,max}$ มาแทนค่าในสมการที่ (2)

$$T_{max} \leq 70.72 \cdot \frac{(0.5 \cdot 10^{-3})}{2} \cdot \tan(9.043 + 22.23) + 70.72 \cdot 0.35 \cdot (1.35 \cdot 10^{-3})$$

$$T_{max} \leq 49 \text{ mNm} \quad (5)$$

จะเห็นว่าค่าแรงบิดที่มากที่สุดที่ทำให้หัวสกรูเกิดความเสียหายจะมีค่าอยู่ที่ 49 มิลลินิวตันเมตร ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าค่าที่คำนวณได้ดังกล่าวเป็นค่าที่เหมาะสมจริงหรือไม่ ซึ่งผลการทดลองแสดงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยกำหนดแรงบิดที่ 30 – 60 มิลลินิวตันเมตร

แรงบิดในการขันสกรู (มิลลินิวตันเมตร)	ขันสกรูไม่ได้ระดับ (ตัว)	หัวสกรูเกิดความเสียหาย (ตัว)
30	43	0
33	22	0
36	12	0
39	8	0
42	2	0
45	0	0
48	0	0
51	0	0
54	0	0
57	0	2
60	0	7

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าช่วงค่าแรงบิดที่เหมาะสมสำหรับการขันสกรูจะอยู่ที่ 45 – 54 มิลลินิวตันเมตร สอดคล้องกับผลที่คำนวณได้จากสมการที่มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมนี้ เพื่อเป็นงานยืนยันความถูกต้องทางผู้วิจัยจึงนำเสนอทางบริษัทผู้ผลิตให้ทดลองตั้งค่าชุดขันสกรูไว้ที่ 49 มิลลินิวตันเมตร โดยให้ค่าเผื่อบวกลบอยู่ที่ 5 มิลลินิวตันเมตร เพื่อที่จะเก็บข้อมูลในระยะยาว การเก็บข้อมูลจะเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ความเสียหายต่อจำนวนการผลิตในแต่ละวัน ซึ่งผลที่ได้เป็นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปอร์เซนต์ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยกำหนดแรงบิดที่ 49 มิลลินิวตันเมตร

วันที่ (วัน)	ขันสกรูไม่ได้ระดับ (%)		หัวสกรูเกิดความเสียหาย (%)	
	สายการผลิตที่ทำการทดลอง	สายการผลิตอื่น	สายการผลิตที่ทำการทดลอง	สายการผลิตอื่น
1	0.27	0.37	0.01	0.01
2	0.18	0.41	0.02	0.02
3	0.21	0.32	0	0.03
4	0.14	0.29	0.01	0.01
5	0.09	0.33	0	0.02
6	0.16	0.45	0.01	0
7	0.23	0.25	0	0.02
8	0.18	0.27	0.01	0.01
9	0.15	0.33	0.02	0.03
10	0.24	0.38	0.01	0.01
11	0.2	0.24	0.01	0.02
12	0.11	0.3	0	0.01
13	0.21	0.35	0.01	0.02
14	0.19	0.27	0	0.02
เฉลี่ย	0.18	0.33	0.01	0.02

ผลการทดลองที่ออกมาเมื่อเทียบกับสายการผลิตปกติจะเห็นว่าค่าแรงบิดที่ทำการทดลองจะช่วยทำให้การขันไม่ไ้ระดับดีขึ้น แต่มีผลทำให้หัวสกรูเกิดความเสียหายมากกว่าปกติ แต่เนื่องจากเปอร์เซ็นต์หัวสกรูเกิดความเสียหายยังอยู่ต่ำกว่าค่าที่ทางบริษัทกำหนดคือต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงยึดถือค่าแรงบิดที่ 49 มิลลินิวตันเมตรเป็นค่าที่ใช้สำหรับการขันสกรู

3.2 ทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสม

เนื่องจากปกติในการขันสกรูเพื่อติดตั้งชุดสายสัญญาณ จำนวนรอบในการขันจะอยู่ที่ประมาณ 1800 องศา (5 รอบ) และใช้ความเร็วในการขันอยู่ 600 รอบต่อนาที จากข้อมูลดังกล่าวทางผู้วิจัยเห็นว่าความเร็วรอบน่าจะมีผลต่อความเสียหายของหัวสกรู จึงทำการทดลองหาค่าความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการขันสกรู โดยยึดแรงบิดอยู่ที่ 49 มิลลินิวตันเมตร ในการทดลองนี้จะทำการเก็บข้อมูลในส่วนของแรงบิดที่ใช้สำหรับการคลายตัวของสกรูด้วย ซึ่งผลการเก็บข้อมูลแสดงตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยกำหนดความเร็วรอบที่ 350 - 650 รอบต่อนาที

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ขันสกรู ไม่ได้ ระดับ (ตัว)	หัวสกรู เกิดความ เสียหาย (ตัว)	แรงบิดการคลายตัว โดยเฉลี่ย (มิลลินิวตันเมตร)
350	4	0	14.28
400	0	0	17.61
450	0	0	20.07
500	0	0	25.24
550	0	0	30.72
600	0	2	34.18
650	0	23	37.64

ผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าค่าความเร็วรอบมีผลต่อการขันไม่ได้ระดับของสกรู และความเสียหายของหัวสกรู ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ความเร็วรอบปกติที่ 600 รอบต่อนาทีนั้นสามารถทำให้หัวสกรูเกิดความเสียหายได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงเปลี่ยนความเร็วรอบสูงสุดในการขันสกรูมาอยู่ที่ 550 รอบต่อนาที เนื่องจากแรงบิดสำหรับการคลายตัวของสกรูยังมีค่ามากกว่าค่าที่ทางบริษัทกำหนด คือสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของค่าที่ขันเข้าหรือเท่ากับ 19.6 มิลลินิวตันเมตร และได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบกับสายการผลิตปกติ ดังแสดงตามตารางที่ 5

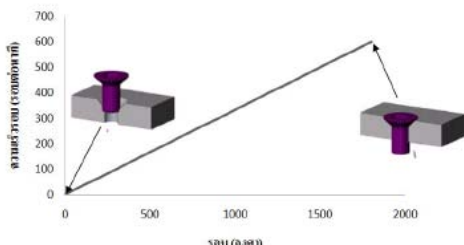
ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยกำหนดความเร็วรอบที่ 550 รอบต่อนาที

วันที่ (วัน)	ขันสกรูไม่ได้ระดับ(%)		หัวสกรูเกิดความเสียหาย (%)	
	สายการผลิต ที่ทำการ ทดลอง	สายการ ผลิตอื่น	สายการ ผลิตที่ท่า การทดลอง	สายการ ผลิตอื่น
1	0.22	0.45	0	0.02
2	0.21	0.41	0	0.02
3	0.16	0.38	0	0.03
4	0.13	0.45	0	0.01
5	0.2	0.32	0.01	0.01
6	0.14	0.36	0	0
7	0.19	0.29	0	0.02
8	0.12	0.35	0.02	0
9	0.25	0.41	0	0.02
10	0.16	0.42	0	0.01
11	0.19	0.28	0	0.01
12	0.13	0.36	0	0
13	0.15	0.32	0.01	0.02
14	0.22	0.37	0	0.02
เฉลี่ย	0.18	0.37	0	0.01

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่ค่าแรงบิด 49 มิลลินิวตันเมตร และ ความเร็วรอบที่ 550 รอบต่อนาทีสามารถลดปัญหาในระหว่างกระบวนการขันสกรูได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงยึดถือค่าดังกล่าวไว้สำหรับตั้งค่าเครื่องจักรต้นแบบ

3.3 ออกแบบการทำงานของเครื่องขันสกรูไฟฟ้า

โดยปกติการทำงานของเครื่องขันสกรูไฟฟ้าจะเพิ่มความเร็วเมื่อเทียบกับรอบในการขันเป็นแบบเส้นตรงดังแสดงในรูป 10 ซึ่งเป็นฟังก์ชันปกติสำหรับเลือกใช้งาน



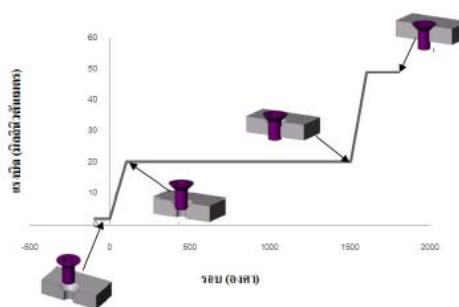
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างรอบกับแรงบิดในฟังก์ชันปกติ

แต่ชุดควบคุมเครื่องขั้นสกรูที่เลือกใช้กับเครื่องต้นแบบนั้น มีฟังก์ชันเพิ่มเติมเพื่อที่จะตรวจสอบการขั้นสกรูไม่ได้ระดับด้วยชุดควบคุมเองได้ ซึ่งปกติการตรวจสอบในส่วนนี้จะป็นพนักงานตรวจสอบฟังก์ชันนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนการทำงาน

1. ขั้นตอนเริ่มการขั้น (Step start) หลักการทำงานในส่วนนี้คือจะให้แรงบิดต่ำๆประมาณ 100 องศา เพื่อให้ดอกของไขควงลงในแกนของหัวสกรู ในงานวิจัยนี้ได้ตั้งค่าแรงบิดเท่ากับ 2 มิลลินิวตันเมตร ความเร็วรอบอยู่ที่ 200 รอบต่อนาที (ค่าต่ำที่สุดของเครื่องควบคุม)
2. ขั้นตอนควบคุมแรงบิด (Torque control) หลักการทำงานในส่วนนี้คือการทำงานในช่วงนี้จะควบคุมแรงบิดไว้ค่าใดค่าหนึ่ง ถ้าระหว่างขั้นในช่วงนี้เกิดแรงบิดสูงกว่าค่าดังกล่าว เครื่องจะทำการเตือน หรือกล่าวอีกนัยได้ว่าตรวจสอบการไหลลื่นของเกลียวสกรูนั่นเอง ถ้ามีเศษอะไรบางอย่างเข้าไปขวางการขั้นสกรู หรือเกิดการป็นเกลียวของสกรู ค่าแรงบิดก็จะสูงขึ้นผิดปกติ ซึ่งอาจจะมีผลต่อการขั้นสกรูไม่ได้ระดับ การทำงานของช่วงนี้จะเริ่มตั้งแต่สกรูเริ่มเข้าสู่สกรูจนถึงหัวสกรูใกล้ฝั่งตัว ในงานวิจัยได้ตั้งค่าแรงบิดเท่ากับ 20 มิลลินิวตันเมตร ความเร็วรอบอยู่ที่ 400 รอบต่อนาที จำนวนรอบในการขั้นอยู่ที่ 1500 องศา
3. ขั้นตอนควบคุมความเร็วรอบ (Speed control) หลักการทำงานในส่วนนี้คือจะทำการนับรอบการขั้นว่าได้เท่ากับจำนวนรอบที่ได้ตั้งไว้หรือไม่ ในส่วนนี้จะเพิ่มค่าแรงบิดและความเร็วรอบไปที่ค่าที่

สูงที่สุด เพื่อให้หัวสกรูฝั่งตัวลงในงานวิจัยนี้ได้ตั้งค่าแรงบิดไว้ที่ 49 มิลลินิวตันเมตร ความเร็วรอบที่ 550 รอบต่อนาที จำนวนรอบในการขั้นต่ำสุดอยู่ที่ 300 องศา

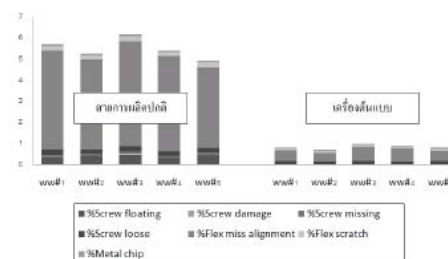
ซึ่งรูปแบบการทำงานดังแสดงในรูปที่ 11 สามารถทำงานได้เป็นปกติและช่วยให้สามารถตรวจสอบการขั้นสกรูไม่ได้ระดับได้ในเวลาการขั้น ทำให้ไม่มีการส่งชุดหัวอ่านที่ขั้นสกรูไม่ได้ระดับไปในขบวนการถัดไป



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างรอบกับแรงบิดในฟังก์ชันที่ออกแบบ

3.4 การลดปัญหาในระหว่างการประกอบชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่าน

หลังจากสร้างเครื่องต้นแบบเป็นที่เรียบร้อยจึงทำการเก็บข้อมูลของปัญหา เพื่อเปรียบเทียบว่าเครื่องต้นแบบได้พัฒนาปัญหาไปจากปกติหรือไม่ ซึ่งผลแสดงดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ปัญหาที่เกิดขึ้นที่สายการผลิตปกติและเครื่องต้นแบบ

3.5 ระยะเวลาในการประกอบชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่าน

ตารางที่ 6 เวลาประกอบชุดสายสัญญาณของเครื่องต้นแบบ

ลำดับที่	ขั้นตอน	เวลา
1	พนักงานหยิบชุดสายสัญญาณ	0.81
2	ใส่ชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดจับยึดชุดสายสัญญาณ	1.43
3	พนักงานหยิบชุดหัวอ่านพร้อมจัดสายไฟ	0.96
4	ใส่ชุดหัวอ่านเข้ากับชุดจับยึดชุดหัวอ่าน	1.12
5	กดปุ่มเริ่มทำงาน	0.46
6	ชุดสายสัญญาณเคลื่อนที่มาประกบกับชุดหัวอ่าน	0.78
7	ชุดจับยึดชิ้นงานเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งขั้นสกรู	0.92
8	เครื่องขั้นสกรูไฟฟ้าเคลื่อนที่ลงมาขั้นสกรู	1.23
9	ชุดจับยึดชิ้นงานเคลื่อนที่กลับตำแหน่งเริ่มต้น	0.91
10	ชุดจับยึดชิ้นงานลดสายการจับยึด	0.81
	รวม	9.43

จากเวลาที่ได้จะอยู่ที่ 9.43 วินาที จากเวลาของสายการผลิตมีความต้องการต่อหนึ่งชิ้นงานในแต่ละสถานีห้ามมากกว่า 11.47 วินาที ทำให้เครื่องต้นแบบสามารถรองรับการผลิตได้เป็นปกติ โดยไม่มีผลกระทบต่อจำนวนชิ้นงานที่ออกจากสายการผลิต

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องจักรต้นแบบเพื่อติดตั้งชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่าน ซึ่งเครื่องต้นแบบสามารถประกอบชุดสายสัญญาณเข้ากับชุดหัวอ่านได้ตามความต้องการของบริษัทผู้ผลิตทุกประการ ช่วยลดระยะเวลาในการประกอบ ลดข้อผิดพลาดในระหว่างการประกอบชิ้นงาน อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาการยึดจับชิ้นงาน ที่ทำให้ชุดสายสัญญาณเียงออกไปจากแนว เป็นผลให้สามารถช่วยลดระยะเวลาของพนักงานในการปรับแต่งชุด

สายสัญญาณให้เข้าแนวตามปกติ และยังช่วยทดแทนการทำงานของพนักงานในสายปกติได้เป็นอย่างดี

เครื่องต้นแบบใช้ระยะเวลาในการประกอบต่อ 1 ชิ้นงานอยู่ที่ 9.43 วินาที จากปกติที่ประกอบโดยพนักงาน 17.42 วินาที แต่สายการผลิตปกติจะมีสถานีในการประกอบชุดสายสัญญาณ 2 สถานีต่อ 1 สายการผลิต ทำให้เสมือนว่าเวลาในการประกอบโดยพนักงานลดลงครึ่งหนึ่ง หรือเท่ากับ 8.71 วินาที จะเห็นได้ว่าเครื่องต้นแบบใช้เวลาในการประกอบมากกว่า แต่สายการผลิตปกติมีความต้องการระยะเวลาในการประกอบต่อ 1 ชิ้นงานน้อยกว่า 11.47 วินาที ซึ่งเครื่องต้นแบบใช้เวลาน้อยกว่าประมาณ 2.04 วินาที ดังนั้นเครื่องต้นแบบจึงสามารถรองรับอัตราการผลิตได้โดยไม่มีผลกระทบต่อจำนวนชิ้นงานที่ได้จากสายการผลิต และยังช่วยลดพนักงานได้ 1 คนจากสายการผลิตปกติ จึงทำให้บริษัทสามารถที่จะลดต้นทุนในการผลิตได้

นอกจากสร้างเครื่องต้นแบบแล้ว ในงานวิจัยนี้ยังได้ทำการออกแบบการทำงานของชุดขั้นสกรูไฟฟ้า เพื่อที่จะลดปัญหาต่างๆ จากการขั้นสกรู ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและทดลองเพื่อหาค่าแรงบิดและความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการขั้นสกรู M1 ซึ่งค่าแรงบิดที่เหมาะสมเท่ากับ 49 มิลลินิวตันเมตร และ ความเร็วรอบที่เหมาะสมเท่ากับ 550 รอบต่อนาที ซึ่งในสายการผลิตปกติจะใช้ค่าแรงบิดเท่ากับ 44 มิลลินิวตันเมตร และ ความเร็วรอบเท่ากับ 600 รอบต่อนาที ผลที่ได้จากการทดลองจะเห็นว่าค่าที่เหมาะสมสามารถช่วยลดปัญหาที่เกี่ยวกับการขั้นสกรูไม่ได้ระยะได้ประมาณ 52 เปอร์เซ็นต์จากปกติ และ ลดปัญหาหัวสกรูเกิดความเสียหายได้ประมาณ 79 เปอร์เซ็นต์จากปกติ ซึ่งค่าที่เหมาะสมนี้ได้นำมาเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบขั้นตอนการขั้นสกรูของชุดขั้นสกรูไฟฟ้า

การออกแบบขั้นตอนการขั้นสกรูของชุดขั้นสกรูไฟฟ้า ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน

1. ขั้นตอนเริ่มการขั้น ตั้งค่าแรงบิดเท่ากับ 2 มิลลินิวตันเมตร ความเร็วรอบอยู่ที่ 200 รอบต่อนาที

2. ขั้นตอนควบคุม ตั้งค่าแรงบิดเท่ากับ 20 มิลลินิวตันเมตร ความเร็วรอบอยู่ที่ 400 รอบต่อนาที จำนวนรอบในการขันอยู่ที่ 1500 รอบ
 3. ขั้นตอนควบคุมความเร็วรอบ ตั้งค่าแรงบิดไว้ที่ 49 มิลลินิวตันเมตร ความเร็วรอบที่ 550 รอบต่อนาที จำนวนรอบในการขันต่ำสุดอยู่ที่ 300 รอบ
- ขั้นตอนในการขันสกรูนี้สามารถที่จะช่วยลดข้อผิดพลาดในการขันสกรูได้ ทั้งด้านการขันสกรูไม่ได้ ระยะ หัวสกรูเกิดความเสียหาย การคลายตัวของสกรู อีกทั้งลดการป็นเกลียวของสกรู ซึ่งโดยเฉลี่ยสามารถลดข้อผิดพลาดจากปกติได้โดยประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์

4.2 ข้อเสนอแนะ

ปัจจุบันเครื่องต้นแบบสามารถรองรับอัตราการผลิตจากสายการผลิตได้ แต่เนื่องจากความต้องการและการแข่งขันอย่างสูงของตลาด HDD ทำให้อัตราการผลิตของสายการผลิตปกติมีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มขึ้นในอนาคต ซึ่งอาจจะมากกว่าอัตราการผลิตของเครื่องต้นแบบในปัจจุบันทางผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางไว้กับทางบริษัท เกี่ยวกับการปรับแต่งความเร็วในการเคลื่อนที่ของชุดแขนกล IAI และ ชุดเซอร์โวมอเตอร์ โดยคำนึงถึงการสิ้นเปลืองที่จะมีผลต่อชุดหัวอ่าน หรือที่เรียกกันว่า G-shock ซึ่งในปัจจุบันทุกกระบวนการทำงานของเครื่องต้นแบบมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของทางบริษัท หรือต่ำกว่า 60 G

ในส่วนการทำงานของเครื่องขันสกรูไฟฟ้า ได้นำเสนอให้ทางบริษัทนำค่าแรงบิด และความเร็วรอบที่เหมาะสม ที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปใช้ในสายการผลิตปกติอื่นๆ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับการขันสกรูได้ในบางกรณี เหตุผลที่สามารถลดได้บางกรณีเป็นเพราะเครื่องขันสกรูไฟฟ้าที่ใช้ในสายการผลิตนั้น ไม่มีฟังก์ชันสำหรับการออกแบบการทำงานของชุดขันสกรู แต่สามารถตั้งค่าแรงบิดและความเร็วรอบได้ ซึ่งทางบริษัทได้รับทราบและจะนำไปศึกษาเพื่อหาจุดคุ้มทุนต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เสร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ทุกประการ ทั้งนี้ผู้จัดทำงานวิจัยขอขอบพระคุณบุคคลต่างๆ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ชี้แนะ ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจมาโดยตลอดอย่างยิ่ง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Robert L. Norton. **Machine design an Integrated Approach. 2nd ed.** Pretice-Hall Inc: United States of America, 2000.
- [2] Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke and Richard G. Budynas, 1989. **Mechanical Engineering Design. (7th edition)**, New York, McGrawHill.
- [3] ชาญ ถนัดงาน และวรินทร์ อึ้งภากรณ์. (2548). การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.
- [4] กิตติ เอกแสงกุล. (2546). การออกแบบและสร้างเครื่องพ่นสีอัตโนมัติโดยใช้ PLC ควบคุมการทำงาน. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [5] กฤษดา วิศวีรานนท์. (2545). การควบคุมซีเควนซ์ และ PLC. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).
- [6] ณรงค์ ดันชีวะวงศ์. (2541). ระบบ PLC (Programmable Logic Controller). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ประชาชน.
- [7] มานพ ดันตระบัณฑิตย์. (2540). การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).
- [8] Arthur J. Aspers. (1982). **METHOD AND APPARATUS TOR TIGHTENING AN ASSEMBLY INCLUDING A PRE-LOAD INDICATING FASTENER.** United Kingdom.

ประวัติผู้เขียน

ว่าที่ร้อยตรี ฉัฐพล หอมสินธุ์ เกิดเมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2526 ที่อำเภอเมือง จังหวัด ฉะเชิงเทรา เริ่มการศึกษาระดับอนุบาลถึงระดับประถมศึกษาปีที่ 6 ที่โรงเรียนวัดโคกท่าเจริญ จังหวัดชลบุรี ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง 3 โรงเรียนพานทอง จังหวัดชลบุรี และระดับมัธยมศึกษา ปีที่ 4 ถึง 6 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อ พ.ศ. 2549 ภายหลังการสำเร็จการศึกษาได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในขณะที่ศึกษาต่อ ในระดับปริญญาโท ได้เป็นผู้สอนปฏิบัติการของสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล จนสำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาโท ปัจจุบันทำงานที่ บริษัท ฮิตาชิ โกลบอลสตอเรจ เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ในตำแหน่งวิศวกรฝ่ายการผลิต