



## รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การติดตั้งระบบควบคุม X-Lift ของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน

Installation of X-Lift Control System for Aircraft Refueling  
Vehicle

โดย

นางสาวรัชญา เพ็ชรไทย 6504200001

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา 152-497,152-498

สหกิจศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้า 1 ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2566

สหกิจศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้า 2 ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2567

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

หัวข้อโครงการ      การติดตั้งระบบควบคุม X-Lift ของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน  
Installation of X-Lift Control System for Aircraft Refueling  
Vehicle

ชื่อผู้จัดทำ          นางสาววรรษญา เพ็ชรไทย

หลักสูตร              วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

อาจารย์ที่ปรึกษา      ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ นาราษฎร์

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับ  
การทำงาน หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม  
ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2566 และ ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2567



คณะกรรมการสอบโครงการ

*Abul W.*

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ นาราษฎร์)

*ทพ.วิกรม พิมพะ*

..... พนักงานที่ปรึกษา

(นายเทพวิกรม พิมพะ)

*Uli Su*

..... กรรมการกลาง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์)

*ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์*

..... ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

## จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 1 สิงหาคม 2568

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ นาราษฎร์

ตามที่ นางสาววรัชญา เพ็ชรไทย ผู้จัดทำ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้ไปปฏิบัติสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน ระหว่างวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2567 ถึงวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2567 ในตำแหน่งออกแบบและผลิต ฝ่าย PZ แผนก PIC ณ บริษัท บาสส์ อินเทค จำกัด และได้มอบหมายจากพนักงานที่ปรึกษาให้ศึกษาและทำรายงานเรื่อง การติดตั้งระบบควบคุม X-Lift ของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน

บัดนี้การปฏิบัติสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงานได้สิ้นสุดลงแล้ว นางสาววรัชญา เพ็ชรไทย ผู้จัดทำจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

ลงชื่อ..... วรัชญา เพ็ชรไทย

(นางสาววรัชญา เพ็ชรไทย)

ผู้จัดทำ

วันที่ 1 สิงหาคม 2568

## กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การที่ผู้จัดทำได้มาปฏิบัติสหกิจศึกษา ในตำแหน่ง ออกแบบและผลิต ฝ่าย PZ แผนก PIC ณ บริษัท บาฟส์ อินเทค จำกัด ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2567 ถึง วันที่ 27 ธันวาคม 2567 ได้สำเร็จ ล่วงตามวัตถุประสงค์ด้วยดีส่งผลให้ผู้จัดทำได้รับความรู้ ประสบการณ์ต่าง ๆ และความเข้าใจในชีวิตการทำงานจริง ที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนและสามารถนำความรู้ประสบการณ์ที่ได้ไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก บริษัท บาฟส์ อินเทค จำกัด ที่ให้โอกาสผู้จัดทำเข้ามาปฏิบัติสหกิจศึกษา กรุณาเสียสละเวลาอบรม สอนงาน และช่วยเหลือด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการปฏิบัติสหกิจศึกษาในครั้งนี้ จึงขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ จากการสนับสนุนหลายฝ่าย ดังนี้

1. นายเทพรักษ์ พิมพะ (พนักงานที่ปรึกษา)
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ นาราษฎร์ (อาจารย์ที่ปรึกษา)

และบุคคลที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำในการจัดทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อ บริษัท บาฟส์ อินเทค จำกัด และผู้สนใจปฏิบัติสหกิจศึกษาของบริษัทเพื่อนเป็นแนวทางเบื้องต้นในการทำความเข้าใจและพัฒนาโครงการต่อไป รวมทั้งในการค้นคว้าของผู้สนใจทั่วไปด้วย หากรายงานฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใดผู้จัดทำก็ขออภัยมา ณ ที่นี้

วรัชญา เพ็ชรไทย

ผู้จัดทำ

วันที่ 1 สิงหาคม 2568

ชื่อโครงการ :	การติดตั้งระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน
หน่วยกิต :	6 หน่วยกิต
ผู้จัดทำ :	นางสาวรัชญา เพ็ชรไทย
อาจารย์ที่ปรึกษา :	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ นาราษฎร์
หลักสูตร :	ปริญญาตรี
สาขาวิชา :	วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ :	วิศวกรรมศาสตร์
ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา :	3/2566 และ 1/2567

### บทคัดย่อ

จากการที่ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท บาสส์ อินเทค จำกัด ฝ่าย PZ แผนก PIC ผู้จัดทำจึงได้ทำโครงการเรื่อง การติดตั้งระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการยก-ลดแพลตฟอร์มให้เหมาะสมกับระดับของอากาศยาน ระบบประกอบด้วย X-Lift แบบไฮดรอลิกที่ควบคุมด้วยวงจรไฟฟ้าและรีเลย์ พร้อมติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับความสูงและอุปกรณ์ตัดการทำงานเมื่อเกิดเหตุผิดปกติ การออกแบบครอบคลุมตั้งแต่การเลือกอุปกรณ์ การวางระบบสายไฟ การเขียนแผนผังวงจรไฟฟ้า ไปจนถึงการทดสอบการใช้งานจริงในสนามบิน ผลการดำเนินงานพบว่าระบบมีความเสถียร ปลอดภัย ใช้งานง่าย และสามารถหยุดการทำงานได้ทันทีเมื่อเกิดความเสี่ยง อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนจากการนำเข้าระบบต่างประเทศ และสามารถพัฒนาเพิ่มเติมสู่ระบบอัตโนมัติในอนาคต

**คำสำคัญ :** รถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน/อิเล็กทรอนิกส์/ระบบไฮดรอลิก

**Project Title :** Installation of X-Lift Control System for Aircraft Refueling Vehicle

**Credits :** 6 units

**By :** Miss Waratchaya Phetthai

**Advisor :** Asst. Prof. Dr. Yongyuth Naras

**Degree :** Bachelor of Engineering

**Major :** Electrical Engineering

**Faculty :** Engineering

**Semester/Academic Year :** 3/2023 and 1/2024

### Abstract

From the internship at BAFS INTEC Co., Ltd., PZ Division, PIC Division, the author has created a project on the installation of an aircraft fuel truck's lift control system, which aims to increase safety and efficiency in raising and lowering the platform to suit the level of the aircraft. The system consists of a hydraulic X-Lift controlled by an electrical circuit and relay, equipped with a height sensor and a cut-off device when an abnormality occurs. The design covers everything from selecting equipment, laying out the wiring system, drawing up the electrical circuit diagram, to testing actual use at the airport. The results show that the system is stable, safe, easy to use, and can stop working immediately when there is a risk. It also helps reduce the cost of importing systems from abroad and can be further developed into an automatic system in the future.

**Keywords:** aircraft fuel truck, X-lift, hydraulic system

*N. Yongyuth*  
(Co-op Advisor.)

Approved by  
*N. Yongyuth*

## สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract)	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ฉ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 ลิฟต์แบบขากรรไกร (X-Lift หรือ Scissor Lift)	3
2.2 ประเภทของ X-Lift	4
2.3 หลักการทำงานของเอ็กลิฟ (X-Lift)	11
2.4 X-Lift ที่ติดตั้งในรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน	17
2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของระบบเอ็กลิฟในรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน	25
2.6 อุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบควบคุม X-Lift ของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน	31
2.7 เครื่องมือที่ติดตั้งในระบบควบคุมเอ็กลิฟของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน	41

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน</b>	
3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	49
3.2 ลักษณะการประกอบการ การให้บริการหลักขององค์กร	50
3.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร	51
3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย	51
3.5 ชื่อและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา	52
3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	52
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	52
<b>บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงาน</b>	
4.1 โครงสร้างและวัสดุของระบบ X-Lift ในรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน	54
4.2 หลักการทำงานของระบบไฮดรอลิกใน X-Lift ของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน	55
4.3 การคำนวณทางวิศวกรรมของระบบ X-Lift	58
4.4 การติดตั้งระบบควบคุม X-Lift ของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน	60
4.5 การทดสอบการทำงาน	69
<b>บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ</b>	
5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน	70
5.2 ปัญหาในการปฏิบัติงาน	70
5.3 การแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน	70
5.4 ข้อเสนอแนะ	71
<b>บรรณานุกรม</b>	72

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>ภาคผนวก</b>	
ภาคผนวก ก การปฏิบัติงานสหกิจศึกษา	75
ภาคผนวก ข การนิเทศงานสหกิจศึกษา	81
ภาคผนวก ค การสอบโครงการสหกิจศึกษา	83
ภาคผนวก ง การตรวจสอบบรรณานุกรม	86
ภาคผนวก จ การตรวจสอบอักษรวิสุทธิ์	88
ภาคผนวก ฉ หนังสือยินยอมเผยแพร่รายงานปฏิบัติโครงการสหกิจศึกษา	91
<b>ประวัติผู้จัดทำ</b>	93



## สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินการโครงการ

หน้า

53



## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 รถ X-Lift	3
รูปที่ 2.2 ลิฟต์กรรไกรไฟฟ้า (Electric Scissor Lift)	5
รูปที่ 2.3 ลิฟต์กรรไกรดีเซล (Diesel Scissor Lift)	6
รูปที่ 2.4 ลิฟต์กรรไกรไฮดรอลิก (Hydraulic Scissor Lift)	7
รูปที่ 2.5 ลิฟต์กรรไกรนิวเมติก (Pneumatic Scissor Lift)	8
รูปที่ 2.6 ลิฟต์กรรไกรสำหรับพื้นที่ขรุขระ (Rough Terrain Scissor Lift)	9
รูปที่ 2.7 ลิฟต์กรรไกรแบบมือถือ/เคลื่อนที่ (Mobile Scissor Lift)	11
รูปที่ 2.8 หลักการทำงานของลิฟต์กรรไกรไฟฟ้า (Electric Scissor Lift)	12
รูปที่ 2.9 หลักการทำงานของลิฟต์กรรไกรดีเซล (Diesel Scissor Lift)	13
รูปที่ 2.10 หลักการทำงานของลิฟต์กรรไกรไฮดรอลิก (Hydraulic Scissor Lift)	14
รูปที่ 2.11 หลักการทำงานของลิฟต์กรรไกรนิวเมติก (Pneumatic Scissor Lift)	15
รูปที่ 2.12 หลักการทำงานของลิฟต์กรรไกรสำหรับพื้นที่ขรุขระ (Rough Terrain Scissor Lift)	16
รูปที่ 2.13 หลักการทำงานของลิฟต์กรรไกรแบบมือถือ/เคลื่อนที่ (Mobile Scissor Lift)	17
รูปที่ 2.14 รถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน	18
รูปที่ 2.15 ลักษณะทั่วไปของเอ็กลิฟไฮดรอลิกแบบติดตั้งถาวร	19
รูปที่ 2.16 หลักการทำงานและกลไกที่ใช้ในรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน	21
รูปที่ 2.17 ถังพักน้ำมัน (Hydraulic Reservoir)	31
รูปที่ 2.18 วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve)	32
รูปที่ 2.19 วาล์วลดแรงดัน (Pressure Relief Valve)	32
รูปที่ 2.20 วาล์วกันไหลย้อน (Check Valve)	33

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.21 ท่อไฮดรอลิก (Hydraulic Hose/Pipe)	33
รูปที่ 2.22 แผงควบคุมหลัก (Control Panel)	34
รูปที่ 2.23 สวิตช์ควบคุมการยก-ลด (Up/Down Switch)	34
รูปที่ 2.24 รีเลย์ควบคุม (Relay)	35
รูปที่ 2.25 ฟิวส์และเบรกเกอร์ (Fuse/Breaker)	35
รูปที่ 2.26 สายไฟแรงต่ำ (Low Voltage Wiring)	36
รูปที่ 2.27 สายไฟอ่อน (Flexible Cable)	36
รูปที่ 2.28 แบตเตอรี่ (Battery Unit)	37
รูปที่ 2.29 เทอร์มินอลบล็อก (Terminal Block)	37
รูปที่ 2.30 สวิตช์หยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop)	38
รูปที่ 2.31 สวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch)	38
รูปที่ 2.32 เซนเซอร์ความสูง (Height Sensor)	39
รูปที่ 2.33 สัญญาณไฟเตือน (Warning Light/Beacon)	39
รูปที่ 2.34 ระบบล็อกทางกล (Mechanical Locking Pin)	40
รูปที่ 2.35 แตรหรือเสียงเตือน (Audible Alarm)	40
รูปที่ 2.36 แคลมป์ (Clamp)	41
รูปที่ 2.37 ประแจปากตาย / ปากแหวน / ประแจเลื่อน (Wrench/Spanner)	42
รูปที่ 2.38 ชุดหัวบล็อกและด้ามขัน (Socket Set)	42
รูปที่ 2.39 ปืนทดสอบแรงดัน (Hydraulic Test Pump)	43
รูปที่ 2.40 ประแจสำหรับข้อต่อท่อแรงดัน (Flare Nut Wrench / Crowfoot Wrench)	43

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.41 เครื่องตัดท่อ (Pipe Cutter)	44
รูปที่ 2.42 เครื่องบานปลายท่อ (Tube Flaring Tool)	44
รูปที่ 2.43 ปากกาจับท่อ (Pipe Vice)	45
รูปที่ 2.44 ชุดทำความสะอาดภายในท่อ (Tube Brush Kit)	45
รูปที่ 2.45 คีมปอกสายไฟ (Wire Stripper)	46
รูปที่ 2.46 คีมย้ำหางปลา (Crimping Tool)	46
รูปที่ 2.47 มัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter)	47
รูปที่ 2.48 เครื่องบัดกรี (Soldering Iron)	47
รูปที่ 2.49 ลวดดึงสายไฟ (Fish Tape / Wire Puller)	48
รูปที่ 2.50 กระดานนอนซ่อมเครื่องยนต์ (Creper)	48
รูปที่ 3.1 บริษัท บาสส์ อินเทค จำกัด	49
รูปที่ 3.2 รูปแบบองค์กรและการบริหารขององค์กร	51
รูปที่ 4.1 ผังการทำงานของระบบไฮดรอลิกของ X-Lift (Hydraulic Schematic Diagram)	57
รูปที่ 4.2 ท่อแรงดัน	60
รูปที่ 4.3 กระจบอกไฮดรอลิก	61
รูปที่ 4.4 ท่อแรงดันและท่อกลับ	61
รูปที่ 4.5 น้ำมันไฮดรอลิกเกรด ISO VG 68	62
รูปที่ 4.6 การเตรียมสายไฟและการป้องกันการชำรุด	63
รูปที่ 4.7 การต่อสายไฟเข้ากับเทอร์มินอลบล็อก	64
รูปที่ 4.8 การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมและความปลอดภัย	65

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.9 การเดินสายไฟไปยังอุปกรณ์ควบคุมเสริม	66
รูปที่ 4.10 การเชื่อมต่อกับระบบไฟส่องสว่าง	67
รูปที่ 4.11 การติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์ความปลอดภัย	67
รูปที่ 4.12 การตรวจสอบการเดินสายและอุปกรณ์ที่ติดตั้ง	68



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

อุตสาหกรรมการบินในปัจจุบันมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว ทั้งในด้านการขนส่งผู้โดยสารและสินค้า ส่งผลให้สนามบินหลายแห่งต้องพัฒนาระบบบริการภาคพื้นดิน (GSE) ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะ รถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้เติมเชื้อเพลิงให้กับเครื่องบินอย่างรวดเร็วและปลอดภัย

รถจ่ายน้ำมันเครื่องบินไม่ได้มีแค่หน้าที่ขนส่งน้ำมัน แต่ยังสามารถยกแขนจ่ายน้ำมันให้พอดีกับตำแหน่งถังเชื้อเพลิงของเครื่องบินแต่ละรุ่น ซึ่งมีความสูงไม่เท่ากัน จึงจำเป็นต้องมีระบบ X-Lift ที่สามารถยกขึ้น-ลงได้อย่างแม่นยำ ปลอดภัย และใช้งานง่าย หากระบบนี้ทำงานผิดพลาด เช่น ยกช้า หรือควบคุมไม่ได้ อาจทำให้การเติมน้ำมันล่าช้า และส่งผลต่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

โครงการนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาและติดตั้งระบบควบคุม X-Lift แบบไฮดรอลิกโดยใช้มอเตอร์ลิเนียร์แอกชูเอเตอร์ รีเลย์ และเซนเซอร์ลิมิตสวิตช์ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย มีความเสถียร และเหมาะสมกับการใช้งานจริงในรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน

### 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจหลักการทำงานของระบบ X-Lift ในรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน

1.2.2 เพื่อออกแบบและติดตั้งระบบควบคุมการทำงานของ X-Lift ในรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน

1.2.3 เพื่อเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมที่เหมาะสมกับการทำงานจริง

1.2.4 เพื่อทดสอบระบบที่ติดตั้งแล้วให้สามารถใช้งานได้จริงและปลอดภัย

1.2.5 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความสะดวกในการใช้งานของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน

### 1.3 ขอบเขตโครงการ

- 1.3.1 ศึกษาระบบการทำงาน X-Lift ที่ใช้ในรถถ่วงน้ำมัน
- 1.3.2 ออกแบบระบบควบคุมยก-ลดแบบใช้ไฟฟ้า
- 1.3.3 ทดสอบการทำงานภายใต้สภาพการใช้งานจริง
- 1.3.4 ออกแบบระบบควบคุมการยก-ลดระดับของแท่นยกโดยใช้ระบบไฟฟ้า

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้เข้าใจวิธีการทำงานของระบบ X-Lift ใช้กับรถถ่วงน้ำมันเครื่องบิน
- 1.4.2 ได้เรียนรู้การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า
- 1.4.3 ได้ฝึกออกแบบวงจรและลงมือทำระบบควบคุมด้วยตัวเอง
- 1.4.4 ช่วยให้การใช้งานรถถ่วงน้ำมันปลอดภัยและทำงานได้สะดวกขึ้น
- 1.4.5 สามารถนำความรู้ไปใช้กับงานอื่น ๆ ที่ต้องใช้ระบบยกหรือระบบควบคุมไฟฟ้าในอนาคตได้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ลิฟต์แบบขากรรไกร (X-Lift หรือ Scissor Lift)

X-Lift หรือรถกระเช้าขากรรไกร (Scissor Lift) คืออุปกรณ์สำหรับยกสิ่งของหรือบุคคล ขึ้น-ลงในแนวดิ่ง โดยใช้กลไกคล้ายขากรรไกรหรือตัว "X" หลายชั้นซ้อนกัน ซึ่งเมื่อยืดออกจะสามารถ ยกแพลตฟอร์มด้านบนขึ้นอย่างมั่นคงและปลอดภัย เหมาะสำหรับงานที่ต้องทำในที่สูง เช่น งาน ซ่อมแซม งานติดตั้งในโรงงาน คลังสินค้า หรือพื้นที่ก่อสร้าง ทั้งยังสามารถใช้งานได้ทั้งในและนอก อาคาร

ระบบควบคุมของ X-Lift มักใช้พลังงานจากระบบไฮดรอลิกหรือระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะใน อุตสาหกรรมที่ต้องการความแม่นยำและความปลอดภัยสูง เช่น ระบบภาคพื้นของสนามบิน เครื่องร่อน ใหม่ ๆ นิยมนำเข้าจากประเทศที่มีมาตรฐานสูง เช่น ญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีขนาดแพลตฟอร์ม รองรับผู้ปฏิบัติงานได้ 2-4 คน และออกแบบให้ใช้งานง่าย ตอบสนองต่อความปลอดภัยในงานที่มีความเสี่ยงจากความสูง



รูปที่ 2.1 รถ X-Lift

## 2.2 ประเภทของ X-Lift

### 2.2.1 ลิฟต์กรรไกรไฟฟ้า (Electric Scissor Lift)

ลิฟต์กรรไกรไฟฟ้า (Electric Scissor Lift) คืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับยกคนหรือวัสดุขึ้นไปยังตำแหน่งที่สูงในแนวดิ่ง โดยใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนระบบไฮดรอลิก ซึ่งจะควบคุมการยืด-หดของโครงสร้างแขนยกที่มีลักษณะคล้ายกรรไกร หรือเรียกว่า “Scissor Arm” ลิฟต์ชนิดนี้มักถูกใช้งานในงานภายในอาคารหรือพื้นที่ปิด เช่น โรงงาน โกดัง หรือศูนย์ซ่อมบำรุง เนื่องจากไม่มีเสียงรบกวนและไม่ปล่อยมลพิษจากเครื่องยนต์เหมือนลิฟต์แบบดีเซลหรือเบนซิน

ลิฟต์กรรไกรไฟฟ้ามีข้อดีหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับลิฟต์ประเภทอื่น โดยหนึ่งในจุดเด่นคือการทำงานที่เงียบและปลอดภัย เนื่องจากใช้พลังงานไฟฟ้าแทนเครื่องยนต์สันดาปภายใน จึงไม่ปล่อยควันหรือกลิ่นเหม็น เหมาะสำหรับการใช้งานในสถานที่ที่ต้องการความสะอาดและความเงียบ เช่น โรงพยาบาล ห้องคลีนรูม หรืออาคารสำนักงาน นอกจากนี้ ลิฟต์กรรไกรไฟฟ้ายังมีความปลอดภัยสูง การยกขึ้นและลงสามารถควบคุมได้อย่างนุ่มนวลและแม่นยำ ช่วยลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุระหว่างการใช้งาน อีกทั้งยังบำรุงรักษาได้ง่าย เพราะไม่ต้องดูแลระบบน้ำมันเครื่องหรือไอเสียเหมือนลิฟต์แบบดีเซล และยังช่วยประหยัดต้นทุนในระยะยาว เนื่องจากไม่มีค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิง

ข้อเสียของลิฟต์กรรไกรไฟฟ้ามีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณาก่อนใช้งาน โดยทั่วไป ลิฟต์ประเภทนี้มีความสูงในการยกที่จำกัด โดยส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 6-14 เมตร จึงไม่เหมาะกับงานที่ต้องขึ้นสูงมาก นอกจากนี้ยังต้องใช้งานบนพื้นผิวที่เรียบและแข็งแรง เนื่องจากโครงสร้างฐานล้อและแรงยกไม่ได้ออกแบบมาให้รองรับสภาพพื้นที่ขรุขระหรือใช้งานภายนอกอาคาร อีกทั้งลิฟต์กรรไกรไฟฟ้ายังต้องพึ่งพาแบตเตอรี่หรือการชาร์จไฟฟ้า หากใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานานโดยไม่ได้ชาร์จ อาจทำให้ลิฟต์หยุดทำงานกลางคันได้ และระบบแบตเตอรี่ที่ใช้มักมีต้นทุนสูงในระยะเริ่มต้น อีกทั้งยังต้องใช้เวลาในการชาร์จไฟคืนหลังจากใช้งานเป็นเวลานานด้วย



รูปที่ 2.2 ลิฟต์กรรไกรไฟฟ้า (Electric Scissor Lift)

### 2.2.2 ลิฟต์กรรไกรดีเซล (Diesel Scissor Lift)

ลิฟต์กรรไกรดีเซล (Diesel Scissor Lift) คืออุปกรณ์ยกในแนวตั้งที่ใช้กลไกแบบขากรรไกร (Scissor Mechanism) โดยขับเคลื่อนด้วยพลังงานจากเครื่องยนต์ดีเซลแทนการใช้ไฟฟ้า จึงเหมาะสำหรับใช้งานในพื้นที่ห่างไกลหรือบริเวณที่ไม่มีแหล่งจ่ายไฟ ตัวเครื่องถูกออกแบบให้รองรับน้ำหนักได้มาก และสามารถยกแพลตฟอร์มขึ้นสูงได้อย่างมั่นคงและปลอดภัย จึงเป็นที่นิยมในงานก่อสร้าง งานติดตั้งระบบ งานบำรุงรักษาอาคาร รวมถึงในอุตสาหกรรมที่ต้องปฏิบัติงานกลางแจ้ง

ข้อดีของ X-Lift แบบดีเซลมีหลายประการที่ทำให้ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรมและงานก่อสร้างกลางแจ้ง โดยข้อดีหลักคือความสามารถในการให้กำลังสูง เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลสามารถผลิตพลังงานต่อเนื้อได้มากกว่าระบบไฟฟ้า จึงสามารถยกน้ำหนักได้มากและยกได้สูงกว่ารุ่นไฟฟ้า นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานได้อย่างอิสระในพื้นที่ที่ไม่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้า จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับไซต์งานภาคสนามหรือพื้นที่ห่างไกล อีกทั้งยังมาพร้อมกับล้อขนาดใหญ่และระบบขับเคลื่อนที่แข็งแรง ทำให้เคลื่อนที่ได้ดีบนพื้นผิวขรุขระ เช่น ดิน ทราย หรือพื้นที่ลาดเอียง และที่สำคัญ ตัวเครื่องยังถูกออกแบบให้รองรับน้ำหนักได้มาก สามารถใช้งานพร้อมกันทั้งบุคลากรและวัสดุอุปกรณ์ได้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้อย่างมีนัยสำคัญ

ข้อเสียของ X-Lift แบบดีเซลมีหลายประการที่ควรพิจารณาก่อนเลือกใช้งาน ประการแรกคือเสียงรบกวน เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลมักทำงานด้วยเสียงที่ดังมากกว่าระบบไฟฟ้า จึงอาจไม่เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ต้องการความเงียบ เช่น ย่านชุมชนหรือสถานที่ทำงานภายในอาคาร อีกหนึ่ง

ข้อเสียที่สำคัญคือ การปล่อยมลพิษ โดยเครื่องยนต์ดีเซลจะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ฝุ่นละออง และสารพิษอื่น ๆ ทำให้ไม่เหมาะสำหรับใช้งานในพื้นที่ปิดหรือสถานที่ที่มีระบบระบายอากาศจำกัด นอกจากนี้ การบำรุงรักษายังมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าระบบไฟฟ้า เนื่องจากต้องเปลี่ยนน้ำมันเครื่อง ตรวจสอบไส้กรอง และซ่อมแซมชิ้นส่วนกลไกที่ซับซ้อนกว่า อีกทั้งตัวเครื่องยังมีน้ำหนักมาก ทำให้จำเป็นต้องใช้รถพ่วงหรืออุปกรณ์ช่วยในการขนย้ายระหว่างสถานที่ต่าง ๆ



รูปที่ 2.3 ลิฟต์กรรไกรดีเซล (Diesel Scissor Lift)

### 2.2.3 ลิฟต์กรรไกรไฮดรอลิก (Hydraulic Scissor Lift)

ลิฟต์กรรไกรไฮดรอลิก (Hydraulic Scissor Lift) คืออุปกรณ์ยกสูงชนิดหนึ่งที่ใช้หลักการของระบบไฮดรอลิกเพื่อเคลื่อนย้ายหรือยกสิ่งของและบุคคลในแนวดิ่ง โดยโครงสร้างของมันเป็นประกอบด้วยแขนกรรไกรหลายชั้นซ้อนกันเป็นรูปตัว "X" ซึ่งสามารถขยายและหดตัวได้เมื่อมีกระบอกไฮดรอลิกทำงาน การใช้แรงดันของน้ำมันไฮดรอลิกช่วยให้กรรไกรขยายออก ทำให้แพลตฟอร์มหรือพื้นที่ยกสูงขึ้นอย่างมั่นคงและปลอดภัย ระบบนี้นิยมใช้ในงานก่อสร้าง ซ่อมบำรุง และงานอุตสาหกรรมที่ต้องการยกสิ่งของหรือตัวคนขึ้นที่สูง

ข้อดีของ X-Lift แบบไฮดรอลิก มีข้อดีที่โดดเด่นหลายประการ ประการแรกคือสามารถสร้างแรงยกได้สูงและรับน้ำหนักได้มากเนื่องจากระบบไฮดรอลิกให้แรงกดที่ทรงพลัง ประการที่สองคือการทำงานที่นุ่มนวล ไม่กระชากหรือสั่นสะเทือนมาก เพราะการขยายและหดตัวของกระบอกไฮดรอลิกมีการควบคุมแรงดันอย่างละเอียด นอกจากนี้ยังมีความแม่นยำในการควบคุมระดับความสูง

สามารถหยุดนิ่งได้ในตำแหน่งใดก็ได้ ระบบยังมีความปลอดภัยสูงด้วยกลไกล็อกและการป้องกันแรงดันตกทันที เหมาะกับงานที่ต้องการความเสถียรและความปลอดภัย เช่น งานซ่อมบำรุงหรือก่อสร้างในที่สูง

ข้อเสียของ X-Lift แบบไฮดรอลิก มีข้อจำกัดและข้อเสียที่ต้องพิจารณา ระบบไฮดรอลิกมีความซับซ้อนและต้องการการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะการตรวจสอบน้ำมันไฮดรอลิกและซีลกันรั่ว เพราะหากเกิดการรั่วซึมของน้ำมัน จะทำให้ประสิทธิภาพลดลงและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม น้ำหนักของเครื่องค่อนข้างมากเนื่องจากโครงสร้างแข็งแรงและระบบไฮดรอลิก ทำให้การเคลื่อนย้ายไม่สะดวกเท่าระบบอื่น นอกจากนี้ยังต้องใช้พลังงานต่อเนื่องเพื่อขับปั๊มไฮดรอลิก และมีเสียงรบกวนจากการทำงานของปั๊มและวาล์วในระดับหนึ่ง



รูปที่ 2.4 ลิฟต์กรรไกรไฮดรอลิก (Hydraulic Scissor Lift)

#### 2.2.4 ลิฟต์กรรไกรนิวเมติก (Pneumatic Scissor Lift)

ลิฟต์กรรไกรนิวเมติก (Pneumatic Scissor Lift) เป็นอุปกรณ์ยกสูงชนิดหนึ่งที่ใช้แรงดันอากาศจากระบบนิวเมติกในการขับเคลื่อนโครงสร้างกรรไกรรูปตัว "X" เพื่อยกหรือเคลื่อนย้ายสิ่งของและบุคคลในแนวดิ่ง โดยแตกต่างจากระบบไฮดรอลิกที่ใช้แรงดันจากน้ำมัน ระบบนิวเมติกจะใช้แรงดันอากาศที่ได้จากคอมเพรสเซอร์หรือถังลมในการดันให้กระบอกลมนิวเมติกขยายตัว ซึ่งจะผลักดันให้แขนกรรไกรเปิดออกและทำให้แพลตฟอร์มหรือพื้นยกสูงชันอย่างรวดเร็วและสะอาด ระบบนี้เหมาะสำหรับงานที่ต้องการลดความเสี่ยงจากการรั่วไหลของน้ำมัน รวมถึงกรณีที่ต้องการใช้อุปกรณ์ที่

มีน้ำหนักเบากว่า จึงได้รับความนิยมในบางอุตสาหกรรมที่ให้ความสำคัญกับความสะอาด ความปลอดภัย และความคล่องตัวในการทำงาน

ข้อดีของ X-Lift แบบนิวเมติกคือการใช้อากาศอัดแทนน้ำมัน จึงทำให้ระบบมีความสะอาด ปลอดภัย และไม่เสี่ยงต่อการรั่วไหลของน้ำมันซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ระบบนิวเมติกยังมีน้ำหนักเบากว่าระบบไฮดรอลิก จึงช่วยให้การเคลื่อนย้ายและติดตั้งทำได้ง่ายขึ้น อีกทั้งการตอบสนองของระบบลมอัดยังมีความรวดเร็ว ทำให้งานยกและลดระดับสามารถดำเนินไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง ระบบนี้ยังบำรุงรักษาได้ง่าย เนื่องจากไม่ต้องมีการตรวจสอบหรือเปลี่ยนถ่ายน้ำมันไฮดรอลิก และด้วยคุณสมบัติที่ไม่ก่อให้เกิดประกายไฟ X-Lift แบบนิวเมติกจึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับใช้งานในสภาพแวดล้อมที่ต้องการความปลอดภัยสูง เช่น โรงงานที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้หรือการระเบิด

ข้อเสียของ X-Lift แบบนิวเมติกมีข้อจำกัดที่สำคัญหลายประการ โดยเฉพาะในด้านแรงยกและความสามารถในการรับน้ำหนัก ซึ่งมีน้อยกว่าระบบไฮดรอลิก เนื่องจากแรงดันลมไม่สามารถสร้างแรงได้สูงเท่า ส่งผลให้น้ำหนักบรรทุกต้องถูกจำกัด นอกจากนี้ การควบคุมความแม่นยำและความละเอียดของการยกอาจต่ำกว่าระบบไฮดรอลิก เพราะแรงลมมีความไม่เสถียรและอาจเกิดความหน่วงเวลาในระหว่างการทำงาน อีกทั้งเสียงที่เกิดจากการทำงานของคอมเพรสเซอร์ รวมถึงเสียงจากการปล่อยลม อาจสร้างความรบกวนในบางสภาพแวดล้อม และยังต้องใช้แหล่งลมแรงดันสูง เช่น คอมเพรสเซอร์หรือถังลม ซึ่งเพิ่มความซับซ้อนในการติดตั้งและบำรุงรักษา รวมถึงต้นทุนโดยรวมของระบบ



รูปที่ 2.5 ลิฟต์กรรไกรนิวเมติก (Pneumatic Scissor Lift)

## 2.2.5 ลิฟต์กรรไกรสำหรับพื้นที่ขรุขระ (Rough Terrain Scissor Lift)

ลิฟต์กรรไกรสำหรับพื้นที่ขรุขระ (Rough Terrain Scissor Lift) คืออุปกรณ์ยกแนวตั้งที่ ออกแบบมาเพื่อรองรับการใช้งานในพื้นที่กลางแจ้งที่มีพื้นผิวไม่เรียบ เช่น พื้นดินที่มีหิน โคลน หรือ พื้นที่ลาดชัน โดยมีการเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างหลัก พร้อมติดตั้งล้อขนาดใหญ่และระบบ ขับเคลื่อน 4 ล้อ (4WD) เพื่อเพิ่มความมั่นคงและความสามารถในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่ท้าทาย ลิฟต์ประเภทนี้สามารถยกคนหรืออุปกรณ์ขึ้นไปยังระดับความสูงที่ต้องการได้อย่างมั่นคง และยังสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่รุนแรง เช่น ลมแรง ฝุ่น หรือฝนตก จึงเป็นอุปกรณ์สำคัญสำหรับงาน ก่อสร้างขนาดใหญ่และงานซ่อมบำรุงภาคสนาม

ข้อดีของลิฟต์กรรไกรสำหรับพื้นที่ขรุขระ (Rough Terrain Scissor Lift) คือ ความสามารถในการทำงานในสภาพแวดล้อมที่เครื่องจักรทั่วไปไม่สามารถเข้าถึงได้ ด้วยล้อขนาดใหญ่ และระบบขับเคลื่อนที่ทรงพลัง ทำให้ลิฟต์เคลื่อนที่บนพื้นที่ขรุขระได้อย่างมั่นคง แพลตฟอรม์มีขนาดใหญ่และรองรับน้ำหนักได้มาก เหมาะกับการทำงานเป็นกลุ่มหรือการยกเครื่องมือจำนวนมากพร้อม กัน นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับใช้งานในที่โล่งและกลางแจ้ง พร้อมระบบเสริมความปลอดภัย เช่น ระบบล็อกการยก ระบบกันโคลง และสัญญาณเตือนเสียง ช่วยให้การทำงานเป็นไปอย่างปลอดภัย สูงสุด

ข้อเสียของ ลิฟต์กรรไกรสำหรับพื้นที่ขรุขระ มีข้อจำกัดที่ควรพิจารณา ประการแรกคือ ขนาดเครื่องที่ใหญ่และน้ำหนักมาก ส่งผลให้การขนย้ายและจัดเก็บทำได้ยาก นอกจากนี้ ลิฟต์ส่วนใหญ่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลซึ่งก่อให้เกิดเสียงดังและปล่อยควันไอเสีย จึงไม่เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่ปิด หรือสถานที่ที่ต้องควบคุมมลภาวะ อีกทั้งต้นทุนในการจัดหาและบำรุงรักษาก็สูงกว่าลิฟต์ประเภทอื่น ทั้งในเรื่องค่าเชื้อเพลิง การเปลี่ยนอะไหล่ และการดูแลระบบขับเคลื่อนที่ซับซ้อน



รูปที่ 2.6 ลิฟต์กรรไกรสำหรับพื้นที่ขรุขระ (Rough Terrain Scissor Lift)

### 2.2.6 ลิฟต์กรรไกรแบบมือถือ/เคลื่อนที่ (Mobile Scissor Lift)

ลิฟต์กรรไกรแบบมือถือ/เคลื่อนที่ (Mobile Scissor Lift) คืออุปกรณ์ยกที่ใช้กลไกแบบ ขากรรไกร (Scissor Mechanism) ในการยกแพลตฟอร์มขึ้นในแนวดิ่ง โดยมีจุดเด่นคือสามารถ เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้อย่างสะดวก เนื่องจากติดตั้งล้อหรือลูกล้อไว้ที่ฐานด้านล่าง การขับเคลื่อนอาจใช้แรงผลักดันจากผู้ใช้งานโดยตรง หรือในบางรุ่นที่มีความทันสมัยจะมีระบบ ขับเคลื่อนอัตโนมัติ (Self-propelled) ซึ่งสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้จากบนแพลตฟอร์ม X-Lift แบบมือถือมักถูกนำมาใช้ในงานซ่อมบำรุง ติดตั้งอุปกรณ์ หรือการเข้าถึงจุดที่สูงในสถานที่ต่าง ๆ เช่น โรงงาน คลังสินค้า หรือในงานก่อสร้างภายในอาคาร เนื่องจากมีความคล่องตัว ใช้งานสะดวก และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายภายในพื้นที่ทำงาน

ข้อดีของ X-Lift แบบมือถือหรือเคลื่อนที่มีทั้งในด้านความสะดวก ความปลอดภัย และ ประสิทธิภาพในการทำงาน โดยสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายด้วยล้อที่ติดตั้งที่ฐาน ช่วยลดเวลาในการ ติดตั้งและเหมาะกับงานที่ต้องเปลี่ยนตำแหน่งบ่อย ผู้ใช้งานเพียงคนเดียวสามารถควบคุมการยก เคลื่อนที่ และปรับระดับได้จากแท่นควบคุม จึงช่วยประหยัดแรงงานและลดต้นทุน นอกจากนี้ยังมี ระบบความปลอดภัย เช่น ราวกันตก ระบบล็อกนิรภัย และปุ่มหยุดฉุกเฉิน ช่วยลดความเสี่ยงจาก อุบัติเหตุ แพลตฟอร์มสามารถปรับระดับความสูงได้อย่างแม่นยำ ลดอาการเมื่อยล้าระหว่างทำงาน และด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่ในหลายรุ่น จึงเหมาะสำหรับใช้งานภายในอาคารโดยไม่ ก่อมลพิษหรือเสียงรบกวน

ข้อเสียของ X-Lift แบบมือถือหรือเคลื่อนที่ (Mobile Scissor Lift) มีข้อจำกัดที่ควร พิจารณา เช่น น้ำหนักตัวเครื่องที่มาจากโครงสร้างที่แข็งแรง ทำให้เคลื่อนย้ายลำบากในพื้นที่ต่าง ระดับหรือขรุขระ อีกทั้งยังยกได้ไม่สูงเท่าลิฟต์ประเภทบูมหรือรถกระเช้า จึงไม่เหมาะกับงานใน ระดับสูงมาก นอกจากนี้ การใช้งานต้องอยู่บนพื้นเรียบและมั่นคง หากพื้นไม่เสถียรอาจเสี่ยงต่อการ ล้ม และระบบไฮดรอลิกหรือไฟฟ้าก็ต้องดูแลอย่างสม่ำเสมอ เพราะหากเกิดชำรุดจะไม่สามารถใช้งาน ได้ทันที สุดท้ายคือต้นทุนสูงทั้งในด้านราคาซื้อและค่าบำรุงรักษา จึงควรพิจารณาความเหมาะสมก่อน ใช้งาน

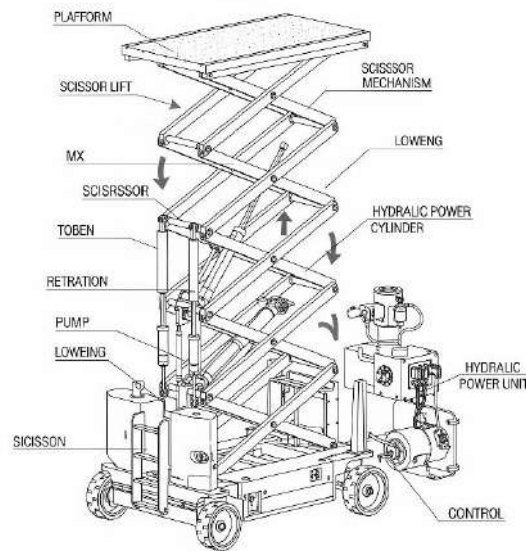


รูปที่ 2.7 ลิฟต์กรรไกรแบบมือถือ/เคลื่อนที่ (Mobile Scissor Lift)

## 2.3 หลักการทำงานของเอ็กลิฟ (X-Lift)

### 2.3.1 ลิฟต์กรรไกรไฟฟ้า (Electric Scissor Lift)

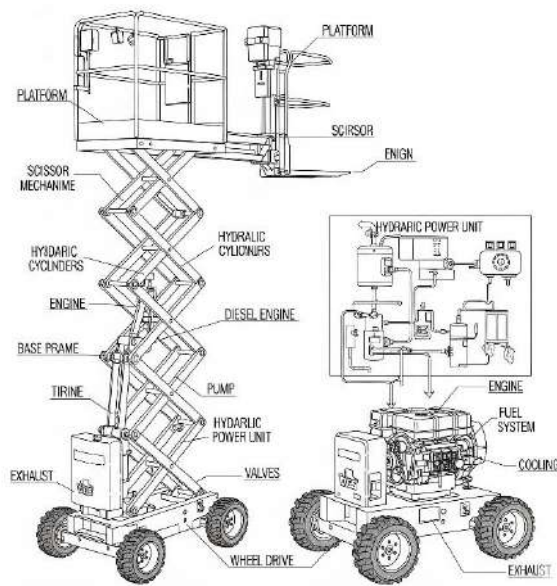
ลิฟต์กรรไกรไฟฟ้าทำงานโดยอาศัยมอเตอร์ไฟฟ้าในการสร้างแรงดันให้กับระบบปั๊มไฮดรอลิก เมื่อปั๊มทำงาน แรงดันจะถูกส่งไปยังกระบอกสูบเพื่อดันแขนยกให้ขยายตัวในแนวตั้ง ส่งผลให้แพลตฟอร์มด้านบนยกตัวสูงขึ้น เมื่อต้องการลดระดับ แรงดันจะถูกระบายออกจากกระบอกสูบ ทำให้แขนยกหดตัวลง และแพลตฟอร์มลดระดับลงอย่างปลอดภัย การควบคุมสามารถทำได้ผ่านแผงควบคุมที่ติดตั้งอยู่ที่บริเวณฐานลิฟต์และบนแพลตฟอร์ม ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการทำงานได้อย่างสะดวก ไม่ว่าจะอยู่บนพื้นหรืออยู่บนลิฟต์โดยตรง เหมาะสำหรับใช้งานในพื้นที่ในร่มหรือพื้นที่ปิดที่มีข้อจำกัดเรื่องเสียง กลิ่น หรือมลภาวะ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม โกดังสินค้า โรงพยาบาล และห้างสรรพสินค้า งานที่มักใช้ลิฟต์ชนิดนี้ ได้แก่ การติดตั้งอุปกรณ์บนที่สูง การซ่อมแซมระบบไฟฟ้า การติดตั้งไฟ การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ และการจัดเรียงสินค้าในคลัง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม หากเป็นงานที่ต้องยกของหนักหรือใช้งานกลางแจ้ง ควรพิจารณาใช้ลิฟต์แบบเครื่องยนต์หรือแบบอื่นที่ออกแบบมาเพื่อรองรับพื้นที่ภายนอกแทน



รูปที่ 2.8 หลักการทำงานของลิฟต์กรรไกรไฟฟ้า (Electric Scissor Lift)

### 2.3.2 ลิฟต์กรรไกรดีเซล (Diesel Scissor Lift)

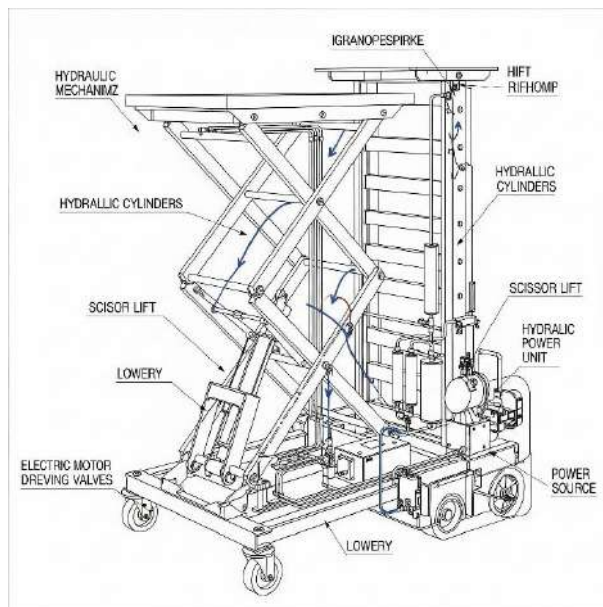
หลักการทำงานของ X-Lift แบบดีเซลทำงานโดยอาศัยพลังงานจากเครื่องยนต์ดีเซลในการขับเคลื่อนระบบไฮดรอลิก โดยเครื่องยนต์จะสร้างแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกส่งไปยังกระบอกสูบเพื่อดันโครงสร้างรูปตัว “X” หรือขากรรไกรให้ขยายออก ส่งผลให้แพลตฟอร์มด้านบนยกตัวสูงขึ้นในแนวดิ่ง เมื่อผู้ใช้งานปล่อยแรงดัน น้ำมันจะไหลกลับเข้าสู่ถัง ทำให้ขากรรไกรหดตัวและแพลตฟอร์มลดระดับลงอย่างปลอดภัย เครื่องยนต์ที่ใช้มักเป็นแบบ 2 หรือ 4 สูบ ให้กำลังเพียงพอสำหรับขับเคลื่อนไฮดรอลิก และมีระบบควบคุมด้วยไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ผู้ใช้สามารถควบคุมทิศทาง ยก-ลด และเลื่อนตำแหน่งของเครื่องได้ทั้งจากฐานและบนแพลตฟอร์ม X-Lift แบบดีเซลเหมาะสำหรับการใช้งานกลางแจ้ง เช่น งานก่อสร้าง งานติดตั้งเสาไฟฟ้า หรืองานซ่อมบำรุงในพื้นที่ที่ไม่มีแหล่งจ่ายไฟ โดยสามารถรองรับน้ำหนักมากและยกได้สูงกว่า 12 เมตร อย่างไรก็ตาม ไม่เหมาะสำหรับใช้งานในพื้นที่ปิดหรือในร่ม เนื่องจากเสียงดัง ความร้อน และไอเสียจากเครื่องยนต์อาจก่อให้เกิดมลภาวะและรบกวนสภาพแวดล้อม



รูปที่ 2.9 หลักการทำงานของลิฟต์กรไครดีเซล (Diesel Scissor Lift)

### 2.3.3 ลิฟต์กรไฮดรอลิก (Hydraulic Scissor Lift)

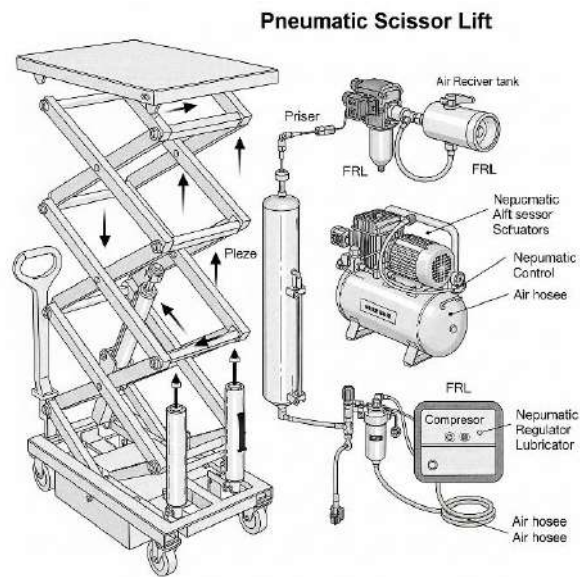
หลักการทำงานของ X-Lift แบบไฮดรอลิกเกิดจากการใช้แรงดันของน้ำมันไฮดรอลิกที่ถูกส่งผ่านระบบปั๊มไปยังกระบอกไฮดรอลิกซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณใต้หรือด้านข้างของโครงสร้างขากรไคร เมื่อกระบอกไฮดรอลิกรับแรงดัน น้ำมันจะดันให้กระบอกขยายตัว ส่งผลให้แขนกรไครซึ่งออกแบบเป็นโครงสร้างแบบพับ ขยายตัวตามไปด้วย จนทำให้แพลตฟอร์มหรือพื้นยกด้านบนถูกยกสูงขึ้นในทางกลับกัน เมื่อมีการปลดแรงดัน น้ำมันจะไหลกลับเข้าสู่ถัง กระบอกจึงหดตัว และขากรไครจะพับลง ส่งผลให้แพลตฟอร์มลดระดับลงอย่างปลอดภัย การยกขึ้นและลดลงจะควบคุมผ่านวาล์วควบคุมแรงดัน ทำให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้อย่างแม่นยำและนุ่มนวล X-Lift แบบไฮดรอลิกได้รับความนิยมในการใช้งานหลากหลายอุตสาหกรรม โดยเฉพาะงานก่อสร้างที่ต้องยกคนหรือวัสดุขึ้นไปยังที่สูงอย่างปลอดภัยและรวดเร็ว รวมถึงงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า แสงสว่าง หรือการติดตั้งอุปกรณ์ภายในอาคารสูง นอกจากนี้ยังเหมาะกับการใช้งานในคลังสินค้าและโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับยกหรือเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนขนาดใหญ่ อีกทั้งบางรุ่นยังออกแบบให้มีล้อเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย รองรับการใช้งานในพื้นที่ที่ต้องเปลี่ยนตำแหน่งบ่อยครั้ง



รูปที่ 2.10 หลักการทำงานของลิฟต์กรรไกรไฮดรอลิก (Hydraulic Scissor Lift)

### 2.3.4 ลิฟต์กรรไกรนิวเมติก (Pneumatic Scissor Lift)

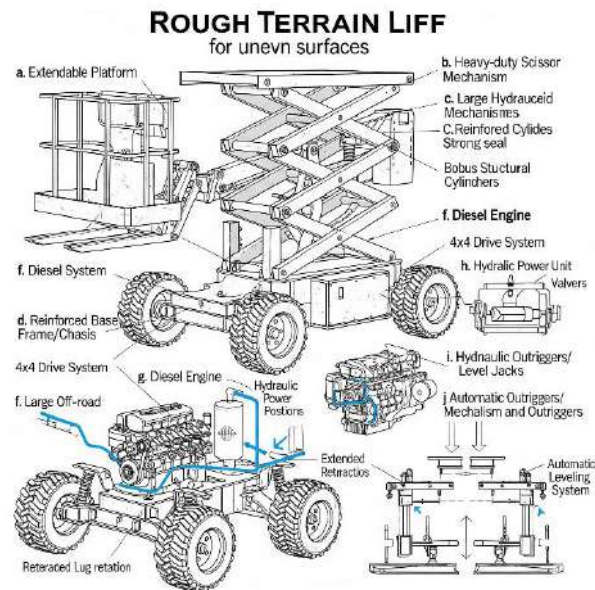
หลักการทำงานของ X-Lift แบบนิวเมติกคือการใช้แรงดันอากาศที่ถูกอัดเข้าสู่กระบอกลมนิวเมติกซึ่งติดตั้งอยู่ภายในโครงสร้างขากรรไกร เมื่อแรงดันลมเพิ่มขึ้น กระบอกลมจะขยายตัวและดันให้แขนกรรไกรเปิดออกในแนวตั้ง ส่งผลให้แพลตฟอร์มหรือพื้นยกถูกยกสูงขึ้น เมื่อปล่อยแรงดันลมออก กระบอกลมจะหดตัว ทำให้ขากรรไกรพับลงและแพลตฟอร์มลดระดับลงอย่างปลอดภัย การควบคุมการยกขึ้นและลดลงจะดำเนินการผ่านวาล์วนิวเมติกและระบบควบคุมลม เพื่อให้การเคลื่อนที่มีความราบรื่นและปลอดภัย X-Lift แบบนิวเมติกมักถูกนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมที่ให้ความสำคัญกับความสะอาดและความปลอดภัย เช่น อุตสาหกรรมอาหารและยา ซึ่งต้องหลีกเลี่ยงการรั่วไหลของน้ำมัน รวมถึงงานประกอบชิ้นส่วนและสายการผลิตที่ต้องการอุปกรณ์ที่มีน้ำหนักเบาและตอบสนองได้รวดเร็ว นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดประกายไฟ หรือสถานที่ที่จำเป็นต้องใช้ระบบที่ปราศจากสารปนเปื้อน อุปกรณ์ในระบบนิวเมติกซึ่งมีน้ำหนักเบายังเอื้อต่อการติดตั้งในพื้นที่จำกัดได้อย่างสะดวกอีกด้วย



รูปที่ 2.11 หลักการทำงานของลิฟต์กรรไกรนิวเมติก (Pneumatic Scissor Lift)

### 2.3.5 ลิฟต์กรรไกรสำหรับพื้นที่ขรุขระ (Rough Terrain Scissor Lift)

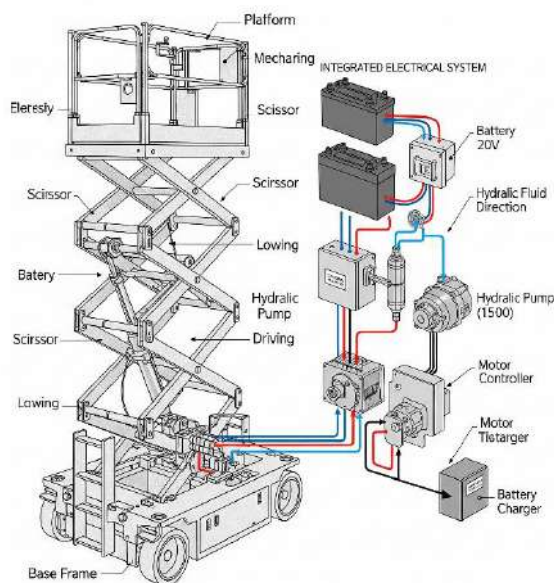
หลักการทำงานของ ลิฟต์กรรไกรทำงานโดยเปลี่ยนพลังงานกลจากเครื่องยนต์ส่วนใหญ่เป็นดีเซล หรือจากระบบไฮดรอลิก ให้กลายเป็นแรงดันส่งไปยังกระบอกลูกสูบ เมื่อกระบอกลูกสูบได้รับแรงดัน โครงสร้างกรรไกร (scissor mechanism) ที่พับซ้อนกันจะขยายตัวในแนวตั้ง ทำให้แท่นยกหรือ แพลตฟอรม์เลื่อนขึ้นสู่ความสูงที่ต้องการ การควบคุมทั้งหมดสามารถทำได้ผ่านแผงควบคุมบน แพลตฟอรม์หรือที่ฐานเครื่อง พร้อมระบบความปลอดภัยหลากหลาย เช่น ระบบกันตก ระบบล๊อค การเคลื่อนที่อัตโนมัติ และเซนเซอร์ตรวจจับการเอียงเกินพิกัด ลิฟต์กรรไกรประเภทนี้มีบทบาทสำคัญ ในงานก่อสร้าง งานโยธา งานติดตั้งระบบสาธารณูปโภค และงานบำรุงรักษาโครงสร้างสูงในพื้นที่พื้น ไม่เรียบ เช่น การติดตั้งสายไฟบนเสา ซ่อมหลังคาโกดัง ติดตั้งไฟสนามกีฬา หรือจัดงานอีเวนต์ กลางแจ้ง โดยเฉพาะในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่มีพื้นซีเมนต์รองรับ นอกจากนี้ ยังนิยมใช้ในงานเกษตรขนาดใหญ่ เช่น การตัดแต่งต้นไม้สูง หรือการติดตั้งอุปกรณ์ในเรือนเพาะปลูกแบบอุตสาหกรรม ที่ต้องการ ความสูงและความปลอดภัยในพื้นที่ทุรกันดารอีกด้วย



รูปที่ 2.12 หลักการทำงานของลิฟต์กรรไกรสำหรับพื้นที่ขรุขระ (Rough Terrain Scissor Lift)

### 2.3.6 ลิฟต์กรรไกรแบบมือถือ/เคลื่อนที่ (Mobile Scissor Lift)

หลักการทำงานของ X-Lift แบบมือถือ/เคลื่อนที่ (Mobile Scissor Lift) ทำงานด้วยกลไกขารกรรไกรไขว้ (Scissor Mechanism) ที่ขยายตัวในแนวตั้งเมื่อได้รับแรงดันจากระบบไฮดรอลิกหรือนิวเมติก ซึ่งขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า แบตเตอรี่ หรือเครื่องยนต์ดีเซล โดยผู้ใช้งานสามารถควบคุมการยกและเคลื่อนที่ผ่านแผงควบคุม ทั้งจากบนแท่นและที่ฐาน รุ่นที่มีระบบเคลื่อนที่อัตโนมัติสามารถเคลื่อนในแนวนอนได้อย่างคล่องตัว Mobile Scissor Lift เหมาะสำหรับงานภายในอาคารที่มีพื้นที่จำกัด เช่น โรงงาน คลังสินค้า และสำนักงาน รวมถึงงานภายนอกอย่างติดตั้งป้ายไฟ ซ่อมโครงสร้าง หรือตัดแต่งต้นไม้ จุดเด่นคือความยืดหยุ่น ความปลอดภัย และความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ทำให้ลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้อย่างมาก



รูปที่ 2.13 หลักการทำงานของลิฟต์กรไกรแบบมือถือ/เคลื่อนที่ (Mobile Scissor Lift)

## 2.4 X-Lift ที่ติดตั้งในรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน

ระบบยกแพลตฟอร์มที่ติดตั้งอยู่บนรถจ่ายน้ำมันเครื่องบินถือเป็นส่วนสำคัญในการช่วยให้การให้บริการเติมเชื้อเพลิงทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในสนามบินที่มีข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและความแม่นยำในการปฏิบัติงานค่อนข้างสูง การเลือกระบบยกที่เหมาะสมจึงส่งผลต่อทั้งความปลอดภัยและความรวดเร็วในการทำงานของเจ้าหน้าที่ภาคพื้น

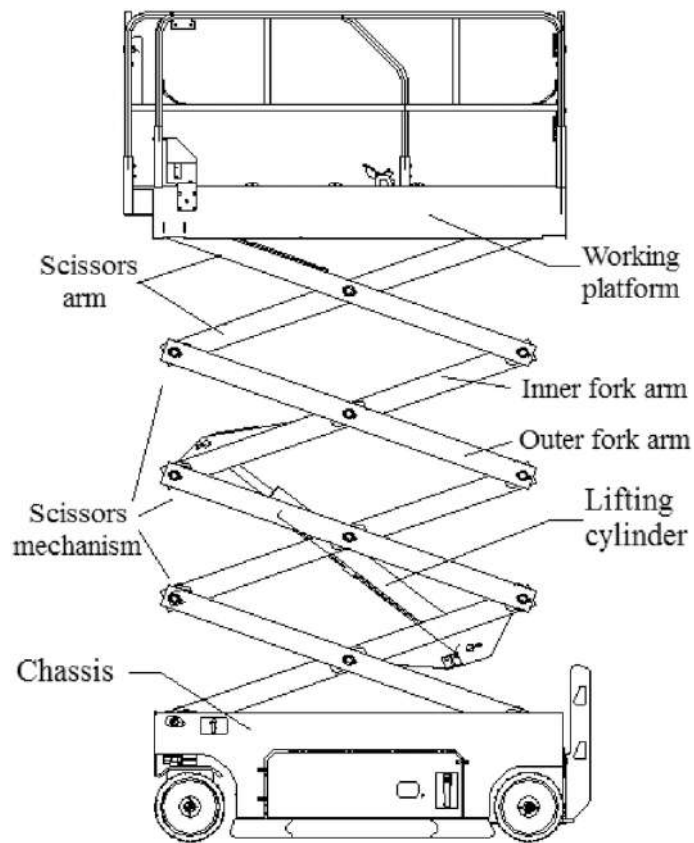
จากการศึกษาการใช้งานระบบยกแพลตฟอร์มในรถบริการภาคพื้นสนามบิน (Ground Support Equipment – GSE) พบว่า เอ็กลิฟต์แบบไฮดรอลิกที่ติดตั้งถาวร (Fixed Hydraulic Scissor Lift) เป็นประเภทที่นิยมใช้มากที่สุดในรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน ทั้งนี้เพราะระบบดังกล่าวสามารถรองรับน้ำหนักได้มาก เหมาะกับการใช้งานที่บ่อยครั้ง และมีความมั่นคงในการยกขึ้นหรือลดระดับของแพลตฟอร์ม ทำให้การเติมเชื้อเพลิงในแต่ละครั้งมีความปลอดภัยและเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด



รูปที่ 2.14 รถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน

#### 2.4.1 ลักษณะทั่วไปของ X-Lift ไฮดรอลิกแบบติดตั้งถาวร

เอ็กลิฟไฮดรอลิกที่ใช้ในรถจ่ายน้ำมันเครื่องบินมักถูกออกแบบให้มีโครงสร้างแบบขากรรไกรไขว้ (Scissor Mechanism) โดยติดตั้งอยู่ด้านข้างของตัวรถ และเชื่อมต่อกับกระบอกสูบไฮดรอลิก (Hydraulic Cylinder) ซึ่งทำหน้าที่ส่งแรงดันของน้ำมันไฮดรอลิกเข้าสู่ระบบกลไกเพื่อยกหรือลดระดับแพลตฟอร์มในแนวตั้งตามความต้องการในการใช้งาน โดยระบบนี้จะถูกติดตั้งแบบ “ถาวร” (Fixed Mounting) เข้ากับโครงสร้างของตัวถังรถโดยตรง ทำให้มีความแข็งแรงและมั่นคงสูง สามารถรองรับน้ำหนักได้มาก เหมาะสำหรับงานที่ต้องใช้งานบ่อยหรือรองรับเจ้าหน้าที่และอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างปลอดภัย อีกทั้งยังช่วยลดการสั่นสะเทือนหรือการแกว่งของแพลตฟอร์มระหว่างปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่งเมื่อต้องทำงานในบริเวณที่ใกล้ชิ้นส่วนสำคัญของเครื่องบิน เช่น ปีกหรือถังเชื้อเพลิง ดังนั้นเอ็กลิฟไฮดรอลิกชนิดติดตั้งถาวรจึงเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมในงานบริการภาคพื้นสนามบินที่ต้องการความปลอดภัย ความเสถียร และประสิทธิภาพในระดับสูง



รูปที่ 2.15 ลักษณะทั่วไปของเอ็กลิฟไฮดรอลิกแบบติดตั้งถาวร

#### 2.4.2 หลักการทำงานและกลไกที่ใช้

ระบบ X-Lift แบบไฮดรอลิกที่ติดตั้งในรถจ่ายน้ำมันเครื่องบินทำงานบนพื้นฐานของกลไกขากกรรไกรไขว้ (Scissor Lift Mechanism) ซึ่งเป็นโครงสร้างรูปแบบ “X” ซ้อนกันหลายชั้น ทำหน้าที่เป็นกลไกหลักในการยกแพลตฟอร์มขึ้นและลง โดยอาศัยแรงดันจากกระบอกสูบไฮดรอลิก (Hydraulic Cylinder) ที่ใช้ของเหลวแรงดันสูง (Hydraulic Oil) เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดพลังงานเชิงกล เมื่อกระบอกสูบได้รับแรงดันจากปั๊มไฮดรอลิก จะผลักดันในแนวนอน ทำให้กลไกขากกรรไกรขยายในแนวตั้ง ซึ่งส่งผลให้แพลตฟอร์มเคลื่อนที่ขึ้นอย่างมั่นคง ทั้งนี้ระบบยังประกอบด้วยชุดควบคุมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและความแม่นยำในการทำงาน เช่น เซนเซอร์จำกัดระยะ รีเลย์ควบคุม และระบบตัดการทำงานอัตโนมัติ

- การยกแพลตฟอร์ม (Lifting Phase)

ในช่วงการยกแพลตฟอร์ม ปัมไฮดรอลิกจะเริ่มทำงานโดยดูดน้ำมันไฮดรอลิกจากถังเก็บเข้าสู่กระบอกลูกสูบผ่านทางท่อทางเดิน ซึ่งน้ำมันที่มีแรงดันสูงจะดันลูกสูบในกระบอกลูกสูบให้เคลื่อนที่ ส่งผลให้กลไกขากรรไกรแยกตัวออกในแนวนอนและเปลี่ยนพลังงานดังกล่าวให้เป็นแรงยกในแนวตั้ง ทำให้แพลตฟอร์มถูกยกขึ้นอย่างมั่นคง การเคลื่อนที่ในแนวตั้งนี้สามารถควบคุมได้อย่างแม่นยำและปลอดภัย ผ่านระบบควบคุมที่มีความละเอียดสูง ลดความเสี่ยงต่อการสั่นสะเทือนหรือการเบี่ยงเบนของแท่นยกในระหว่างใช้งาน

- การลดระดับแพลตฟอร์ม (Lowering Phase)

กระบวนการลดระดับแพลตฟอร์มทำโดยการเปิดวาล์วควบคุมแรงดัน เพื่อให้ น้ำมันไฮดรอลิกไหลย้อนกลับเข้าสู่ถังเก็บ ส่งผลให้แรงดันในกระบอกลูกสูบลดลงและลูกสูบหดตัวกลับ กลไกขากรรไกรจึงค่อย ๆ หุบตัวลงในแนวนอน ทำให้แพลตฟอร์มลดระดับลงในแนวตั้งอย่างนุ่มนวล กลไกนี้ถูกออกแบบมาเพื่อลดแรงกระแทกและการสั่นสะเทือนที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการลดระดับ ช่วยป้องกันความเสียหายต่อโครงสร้างของเครื่องบินและเพิ่มความปลอดภัยให้แก่เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน

- เซนเซอร์จำกัดระยะ (Limit Sensor)

เซนเซอร์จำกัดระยะทำหน้าที่ตรวจวัดและควบคุมระดับความสูงของแพลตฟอร์มแบบเรียลไทม์ โดยจะส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุมเพื่อหยุดการทำงานของกระบอกลูกสูบเมื่อถึงระดับที่กำหนดไว้ล่วงหน้า กลไกนี้ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดแพลตฟอร์มยกตัวสูงเกินไปจนเกิดความเสี่ยงต่อการชนกับส่วนของอากาศยาน เช่น ปีก หรือลำตัวเครื่องบิน อีกทั้งยังช่วยรักษาขีดจำกัดของโครงสร้างเอ็กสโพสให้ทำงานอยู่ภายใต้ความปลอดภัยสูงสุด ป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดจากการใช้งานเกินพิกัด

- รีเลย์ควบคุม (Relay Control)

รีเลย์ควบคุมเป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ส่งคำสั่งการทำงานแบบลำดับขั้น (Sequential Operation) ให้กับระบบปัมไฮดรอลิก โดยจะทำหน้าที่เปิดหรือปิดวงจรไฟฟ้าตามคำสั่งที่ได้รับจากชุดควบคุมหรือผู้ใช้งาน รีเลย์ยังสามารถทำงานร่วมกับเซนเซอร์ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการสั่งยกหรือลดแพลตฟอร์มในแต่ละรอบการใช้งาน โดยไม่มีความคลาดเคลื่อนหรือทำงานซ้ำซ้อน ซึ่งจะช่วยยืดอายุการใช้งานของระบบและลดภาระการดูแลบำรุงรักษา

- ระบบตัดการทำงานอัตโนมัติ (Auto Shut-off System)

ระบบตัดการทำงานอัตโนมัติเป็นกลไกด้านความปลอดภัยที่สำคัญ โดยจะทำงานทันทีเมื่อระบบตรวจพบความผิดปกติ เช่น ความดันในระบบเกินค่าที่กำหนด, การเอียงของแพลตฟอร์มเกินมุมความ

ปลอดภัยที่กำหนดไว้, หรือการรั่วซึมของของเหลวในระบบไฮดรอลิก ฟังก์ชันนี้จะสั่งตัดวงจรการทำงานทั้งหมดทันทีเพื่อป้องกันอันตรายต่อทั้งเจ้าหน้าที่ที่อยู่ใกล้ระบบ และโครงสร้างของอุปกรณ์หรือเครื่องบินในบริเวณใกล้เคียง นอกจากนี้ยังช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งานในภาวะวิกฤต



รูปที่ 2.16 หลักการทำงานและกลไกที่ใช้ในรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน

### 2.4.3 เหตุผลในการเลือกใช้ระบบไฮดรอลิกสำหรับรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน

ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic System) เป็นระบบส่งกำลังที่ใช้แรงดันของของเหลวเพื่อถ่ายทอดพลังงานจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยมีลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพแวดล้อมสนามบินซึ่งต้องการความแม่นยำ ความเสถียร และความปลอดภัยสูง ดังรายละเอียดต่อไปนี้:

#### 2.4.3.1 รองรับน้ำหนักได้มาก (High Load Capacity)

ระบบไฮดรอลิกสามารถสร้างแรงดันได้สูงมากผ่านการบีบอัดของเหลวในระบบ ส่งผลให้สามารถยกโหลดที่มีน้ำหนักมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเหมาะสมกับการใช้งานในรถจ่ายน้ำมันเครื่องบินซึ่งต้องรองรับน้ำหนักของแพลตฟอร์ม บุคลากรภาคพื้นดิน อุปกรณ์เติมเชื้อเพลิง และ

ท่อส่งน้ำมันพร้อมกันในเวลาเดียวกัน โครงสร้างของ Scissor Lift ที่ทำงานร่วมกับกระบอกสูบไฮดรอลิกช่วยให้การยกแพลตฟอร์มมีเสถียรภาพสูง ลดโอกาสที่ระบบจะล้มเหลวในระหว่างปฏิบัติงาน นอกจากนี้ แรงยกที่สม่ำเสมอช่วยป้องกันการสั่นสะเทือน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการเติมน้ำมันอย่างแม่นยำ

#### 2.4.3.2 ความแม่นยำในการควบคุมระดับ (Precision in Elevation Control)

หนึ่งในข้อได้เปรียบหลักของระบบไฮดรอลิกคือความสามารถในการควบคุมตำแหน่งของแพลตฟอร์มได้อย่างละเอียด โดยสามารถปรับระดับได้ตามต้องการอย่างต่อเนื่อง (Infinitely Variable Control) ซึ่งแตกต่างจากระบบกลไกทั่วไปที่มีจำกัดตำแหน่งไว้เพียงไม่กี่ระดับ คุณสมบัตินี้มีความสำคัญในกรณีที่ต้องยกแพลตฟอร์มไปยังระดับเดียวกับปีกเครื่องบินหรือช่องเติมเชื้อเพลิง เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงจากการกระแทกหรือคลื่นไกลของท่อเติมเชื้อเพลิง นอกจากนี้ ระบบเซนเซอร์ร่วมกับวาล์วควบคุมทิศทางในระบบไฮดรอลิกยังช่วยให้การทำงานมีความนุ่มนวลและแม่นยำ ลดโอกาสเกิดอุบัติเหตุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### 2.4.3.3 ความปลอดภัยสูง (Enhanced Safety)

ระบบไฮดรอลิกที่ใช้ในยานยนต์ภาคพื้นสนามบิน มักติดตั้งอุปกรณ์เสริมเพื่อความปลอดภัย

- วาล์วนิรภัย (Safety Valve): ป้องกันแรงดันเกินจากค่าที่กำหนด ซึ่งอาจทำให้ท่อหรือกระบอกแตกเสียหาย
- เซนเซอร์จำกัดระยะ (Limit Sensor): ป้องกันการยกสูงเกินกว่าระดับที่ปลอดภัย โดยเฉพาะเมื่อทำงานใกล้ส่วนที่เปราะบางของเครื่องบิน เช่น ปีก หรือถังเชื้อเพลิง
- ระบบตัดการทำงานอัตโนมัติ (Auto Shut-off System): จะตัดการทำงานทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติ เช่น ความเอียงเกินมาตรฐาน การรั่วซึม หรือความร้อนสะสมเกินค่าที่กำหนด

ระบบความปลอดภัยทั้งหมดนี้ช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถทำงานในบริเวณที่มีความเสี่ยงได้อย่างมั่นใจ ลดโอกาสเกิดอุบัติเหตุทั้งต่อบุคคลและเครื่องบินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### 2.4.3.4 โครงสร้างทนทานต่อสภาพแวดล้อม (Environmental Robustness)

สนามบินเป็นพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งในด้านอุณหภูมิ ความชื้น ฝุ่นละออง และแรงลม ระบบไฮดรอลิกได้รับการออกแบบให้ทนต่อสภาวะเหล่านี้ โดยโครงสร้างของท่อส่งของเหลวและกระบอกสูบทำจากโลหะที่เคลือบกันสนิมและทนต่อแรงสั่นสะเทือน

ซีลยางถูกเลือกใช้ให้เหมาะกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงและแรงดันสูง อีกทั้งชุดวาล์วและปั๊มยังถูกบรรจุในตู้ควบคุมที่ปิดมิดชิด ช่วยลดผลกระทบจากสภาพอากาศภายนอก ทำให้สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องและยาวนานโดยไม่ลดประสิทธิภาพ

#### 2.4.3.5 การดูแลรักษาและซ่อมบำรุงง่าย (Ease of Maintenance and Servicing)

แม้ว่าระบบไฮดรอลิกจะมีความซับซ้อนในแง่การออกแบบและการไหลของของเหลว แต่โครงสร้างภายในของระบบประกอบด้วยชิ้นส่วนมาตรฐาน เช่น ซีล, ปั๊ม, วาล์ว, และกระบอกสูบ ซึ่งสามารถถอดเปลี่ยนหรือบำรุงรักษาได้ง่าย โดยไม่จำเป็นต้องรื้อระบบทั้งหมด นอกจากนี้ ผู้ผลิตระบบไฮดรอลิกยังมีการจัดจำหน่ายอะไหล่อย่างแพร่หลายในตลาด และมีคู่มือการบำรุงรักษาเฉพาะด้าน ทำให้สามารถลดเวลาในการหยุดทำงาน (Downtime) และเพิ่มความพร้อมใช้งานของระบบในระยะยาว รวมถึงลดค่าใช้จ่ายในภาพรวม

#### 2.4.4 ความเหมาะสมของระบบอิเล็กทรอนิกส์กับการใช้งานในสนามบิน

การเติมน้ำมันเชื้อเพลิงให้กับอากาศยานภายในเขตสนามบินนานาชาติหรือสนามบินพาณิชย์ทั่วไปนั้น ถือเป็นภารกิจที่มีความสำคัญสูงสุดต่อความปลอดภัยในการบิน การดำเนินการดังกล่าวต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนดและมาตรฐานความปลอดภัยขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) และองค์กรที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเน้นย้ำความถูกต้อง รวดเร็ว แม่นยำ และลดความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุระหว่างปฏิบัติงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปฏิบัติงานใกล้กับบริเวณที่มีความไวต่อแรงกระแทก เช่น ปีกและถังเชื้อเพลิงของเครื่องบิน

##### 2.4.4.1 รองรับการดำเนินงานต่อเนื่องในรอบเวลายาวนาน (Continuous Operation Capability)

ระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในภาคสนามได้รับการออกแบบให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาทำการโดยไม่ก่อให้เกิดความร้อนสะสมเกินค่าที่ปลอดภัยในระบบ ปั๊มไฮดรอลิกที่ใช้จะมาพร้อมกับระบบระบายความร้อนแบบบูรณาการ เช่น Oil Cooler หรือ Fin Heat Exchanger ซึ่งมีบทบาทในการรักษาอุณหภูมิของน้ำมันไฮดรอลิกให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการใช้งานภาคสนาม จึงไม่เกิดการลดประสิทธิภาพการทำงานหรือความเสียหายต่อซีลและวาล์วจากความร้อน

#### 2.4.4.2 การยกแพลตฟอร์มที่รวดเร็วและมั่นคง (Fast and Stable Platform Movement)

หนึ่งในคุณลักษณะเด่นของระบบอิเล็กทรอนิกส์ คือ ความสามารถในการยกและลดระดับแพลตฟอร์มได้อย่างรวดเร็วภายในเวลาไม่เกิน 10–15 วินาที (ขึ้นอยู่กับขนาดของกระบอกสูบและแรงดันที่ใช้) ระบบไฮดรอลิกให้แรงยกที่มั่นคง ลดการสั่นไหวของแพลตฟอร์มในระหว่างใช้งาน ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นเมื่อทำงานใกล้กับส่วนโครงสร้างของอากาศยาน การลดระยะเวลาการยก-ลดลงส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของกระบวนการ Turnaround Time (TAT) หรือการหมุนเวียนเที่ยวบิน โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่ต้องการความเร็ว เช่น สายการบินโลว์คอสต์หรือไฟล์ท์เช่าเหมาลำ

#### 2.4.4.3 ลดการสึกหรอของชิ้นส่วนเคลื่อนที่ (Minimization of Mechanical Wear)

ระบบอิเล็กทรอนิกส์แบบติดตั้งถาวรนั้นแตกต่างจากระบบแบบเคลื่อนที่ (Mobile Lift System) ที่ต้องมีการถอดประกอบหรือเคลื่อนย้ายอยู่บ่อยครั้ง ซึ่งก่อให้เกิดการสึกหรอของชิ้นส่วน เช่น ล้อ แบริ่ง และข้อต่อทางกล การติดตั้งถาวรกับตัวถังรถช่วยให้สามารถรักษาความมั่นคงของตำแหน่งการติดตั้ง ลดแรงสั่นสะเทือนสะสม และลดโอกาสการหลวมของจุดยึดเชิงกลในระยะยาว นอกจากนี้ยังส่งผลให้สามารถวางแผนบำรุงรักษาแบบเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ได้ อย่างแม่นยำ และช่วยลดต้นทุนด้านอะไหล่และแรงงานในภาพรวม

#### 2.4.4.4 การทำงานร่วมกับระบบไฟฟ้าแรงต่ำบนตัวรถ (Low Voltage Integration with Vehicle System)

ระบบควบคุมของอิเล็กทรอนิกส์สามารถออกแบบให้ทำงานร่วมกับวงจรควบคุมไฟฟ้าแรงต่ำ (Low Voltage DC, 12–24 VDC) ซึ่งเป็นแรงดันมาตรฐานที่ใช้กับอุปกรณ์ในรถจักรยานยนต์ เครื่องบินส่วนใหญ่ การใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำช่วยลดความเสี่ยงจากไฟฟ้าช็อตหรือการลัดวงจร (Short Circuit) ขณะปฏิบัติงานภาคสนาม โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการใช้ของเหลวไวไฟอย่างน้ำมันเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังช่วยให้สามารถใช้เซนเซอร์และรีเลย์ควบคุมร่วมกับระบบความปลอดภัยอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ระบบ Auto Shut-off หรือ Emergency Stop

## 2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของระบบอิเล็กทรอนิกส์ในรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน

### 2.5.1 กลไกแบบขากกรรไกร (Scissor Mechanism)

#### 2.5.1.1 ความสามารถในการเพิ่มระยะยกในพื้นที่แนวราบจำกัด (Compact Footprint Expansion)

กลไกขากกรรไกรสามารถยกภาระในแนวตั้งได้สูงโดยไม่ต้องเพิ่มพื้นที่ฐานรองรับ เนื่องจากสามารถพับเก็บเป็นชั้นในลักษณะแนวราบเมื่อไม่ใช้งาน และขยายในแนวตั้งเมื่อใช้งานจริง ความสามารถในการขยายหลายชั้น (Multi-Stage Extension) ทำให้สามารถยกได้สูงในระดับเดียวกับลิฟต์โดยใช้ฐานขนาดเล็ก จึงเหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีข้อจำกัด เช่น เขตสนามบิน พื้นที่ได้อากาศยาน หรือบริเวณที่ไม่สามารถขยายฐานยึดเพิ่มเติมได้ การเคลื่อนที่ในแนวตั้งที่แม่นยำช่วยลดโอกาสเกิดอุบัติเหตุจากการเบี่ยงเบนทิศทาง ทำให้ระบบนี้มีความปลอดภัยสูงในการใช้งานจริง

#### 2.5.1.2 สมดุลเชิงโครงสร้าง (Structural Symmetry)

การออกแบบที่สมมาตรของกลไกขากกรรไกรทั้งด้านซ้ายและขวา ช่วยกระจายแรงที่กระทำกับโครงสร้างได้อย่างเท่าเทียมกันทั่วทุกจุด ซึ่งช่วยลดความเค้นเฉพาะจุด (Stress Concentration) ที่อาจนำไปสู่การแตกร้าวหรือความล้า (Fatigue) ของวัสดุ ความสมดุลนี้ยังช่วยเพิ่มเสถียรภาพในการยกภาระ โดยเฉพาะเมื่อรับน้ำหนักที่ไม่สม่ำเสมอ เช่น การยกถังน้ำมันหรืออุปกรณ์หนักในภาคสนามบิน ทำให้ลดโอกาสในการเอนหรือบิดตัวของแพลตฟอร์ม และช่วยให้โครงสร้างคงรูปได้ดีตลอดอายุการใช้งาน

#### 2.5.1.3 ความแข็งแรงเชิงกล (Mechanical Rigidity)

กลไกขากกรรไกรมีความแข็งแรงเชิงกลสูง สามารถรับแรงกด แรงเฉือน และแรงบิดพร้อมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ วัสดุที่ใช้ผลิตมักเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนหรือเหล็กกล้าผสมที่ผ่านกระบวนการอบชุบความร้อนเพื่อเพิ่มความทนทาน จุดหมุนถูกออกแบบให้รองรับแรงเฉือนได้ดี และมักเคลือบสารกันสึกหรอ เช่น บรอนซ์หรือเทฟลอน เพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งเพลานำทางหรือรางรองรับในแนวแกนกลาง เพื่อป้องกันการบิดตัวของโครงสร้างเมื่อมีแรงเบี่ยงเบนจากภายนอก เช่น ลมหรือแรงกระแทก

#### 2.5.1.4 ความปลอดภัยขณะใช้งาน (Operational Safety)

ระบบขากกรรไกรให้ความปลอดภัยสูงจากการเคลื่อนไหวในแนวตั้งแบบเส้นตรงที่ราบเรียบ ลดความเสี่ยงจากการเอียงหรือแกว่ง ซึ่งเหมาะกับการทำงานในบริเวณใกล้ชั้นส่วน

เพราะบางของอากาศยาน โดยเป็นไปตามมาตรฐานสากล เช่น EN 280 และ ISO 12100 นอกจากนี้ยังสามารถติดตั้งระบบเสริมเพื่อเพิ่มความปลอดภัย เช่น

- ระบบล็อกระดับ (Height Locking System) ที่จะหยุดการยกขึ้นที่หากระบบไฮดรอลิกขัดข้อง
- เซ็นเซอร์ตรวจจับการเอียง (Tilt Sensor) ซึ่งจะสั่งหยุดการทำงานหากแพลตฟอร์มเอียงเกินค่าที่กำหนด
- ระบบเบรกฉุกเฉิน (Emergency Brake System) เพื่อป้องกันการยุบตัวโดยไม่ตั้งใจ
- อุปกรณ์ควบคุมด้วยมือแบบ Manual Override ที่สามารถใช้ยกหรือหยุดระบบในกรณีฉุกเฉิน

## 2.5.2 หลักการด้านสถิตยศาสตร์ (Statics)

### 2.5.2.1 การคำนวณแรงกระทำที่จุดหมุนและแขนกล

การวิเคราะห์แรงที่กระทำกับจุดหมุนและแขนกลถือเป็นกระบวนการสำคัญในวิศวกรรมการออกแบบระบบขากรรไกร โดยต้องแยกแรงที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุก แรงจากกระบอกไฮดรอลิก และแรงต้านทานจากสภาพแวดล้อม เช่น ลม หรือแรงเสียดทาน แล้วนำไปวิเคราะห์โดยใช้สมการสมดุลแรง ( $\Sigma F = 0$ ) และสมดุลโมเมนต์ ( $\Sigma M = 0$ ) พร้อมทั้งใช้ Free Body Diagram (FBD) เพื่อระบุแรงกระทำในแต่ละจุดอย่างแม่นยำ โดยแรงที่กระทำมักแบ่งออกเป็นแรงกดและแรงเฉือน ซึ่งหากไม่ออกแบบให้เหมาะสม อาจนำไปสู่ความล้มเหลวของวัสดุหรือการพังทลายแบบเฉียบพลัน การใช้วัสดุที่เหมาะสม และการเลือกมุมรับแรงที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อความมั่นคงของกลไก

### 2.5.2.2 การวิเคราะห์แรงสมดุลในแนวราบและแนวตั้ง

ระบบขากรรไกรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อเมื่อแรงทั้งหมดในแนวราบ (X-axis) และแนวตั้ง (Y-axis) อยู่ในภาวะสมดุล โดยเฉพาะแรงจากน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงมาผ่านแขนกลสู่ฐานรองรับ และแรงยกจากกระบอกไฮดรอลิกซึ่งมักเอียงทำมุมกับแนวตั้งจึงต้องแยกเป็นองค์ประกอบ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ความสมดุลได้ถูกต้อง การไม่สมดุลในแนวใดแนวหนึ่งอาจทำให้เกิดการล้มเอียง หรือโครงสร้างบิดตัวจนสูญเสียเสถียรภาพได้ การวิเคราะห์สมดุลของแรงและโมเมนต์ตามสมการ  $\Sigma F_x = 0$ ,  $\Sigma F_y = 0$  และ  $\Sigma M = 0$  จึงมีบทบาทในการประเมินว่าโครงสร้าง

สามารถรับแรงได้อย่างปลอดภัยหรือไม่ โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารที่มีลมและแรงสั่นสะเทือนเข้ามาเกี่ยวข้อง

### 2.5.2.3 การวางตำแหน่งจุดหมุนและจุดรับแรง

การกำหนดตำแหน่งของจุดหมุนและจุดรับแรงต้องพิจารณาทั้งเชิงสถิตยศาสตร์และพลศาสตร์ โดยตำแหน่งของจุดหมุนที่เหมาะสมต้องสามารถถ่ายแรงจากระบบขับเคลื่อนไปยังโครงสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากวางใกล้ฐานมากเกินไปจะลดระยะยกของระบบ ในขณะที่การวางสูงเกินไปจะเพิ่มแรงเฉือนและแรงบิด ซึ่งอาจทำให้โครงสร้างเสียรูป ตำแหน่งของจุดหมุนยังต้องคำนึงถึงจุดศูนย์กลางถ่วง (Center of Gravity) ของระบบ โดยห้ามให้ศูนย์กลางถ่วงเคลื่อนออกนอกฐานระบบในขณะที่เคลื่อนไหว เพื่อป้องกันการล้ม ขณะที่จุดรับแรงต้องอยู่ในตำแหน่งที่สามารถถ่ายแรงสู่ส่วนโครงสร้างหลักได้ดี เช่น แผ่นฐาน เพลหลัก หรือโครงสร้างยึดติดกับตัวรถ โดยการออกแบบมักใช้หลักการของโครงสร้างแบบคานพาดและแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับเพื่อเพิ่มเสถียรภาพโดยรวม

## 2.5.3 ทฤษฎีความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)

### 2.5.3.1 ค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength)

ค่าความต้านทานแรงดึง (Ultimate Tensile Strength: UTS) คือค่าที่แสดงถึงขีดความสามารถของวัสดุในการทนต่อแรงดึงจนถึงจุดที่วัสดุขาด ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบแขนกลของเอ็กซอลิฟต์ที่ต้องรับแรงดึงในช่วงต้นของการยกโหลด โดยวัสดุต้องมีค่า UTS และ Yield Strength สูงพอที่จะป้องกันการเสียรูปถาวร เช่น เหล็กกล้า ASTM A572 Grade 50 ซึ่งมี UTS อยู่ในช่วง 450–550 MPa และ Yield Strength ราว 345 MPa นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาพฤติกรรมเมื่อเผชิญแรงซ้ำ (Fatigue Behavior) เพราะแรงดึงแม้ต่ำกว่าค่าจำกัด หากกระทำซ้ำ ๆ ก็สามารถนำไปสู่การแตกหักหรือความล้าของวัสดุในระยะยาวได้

### 2.5.3.2 ค่าความต้านทานแรงอัด (Compressive Strength)

แรงอัดเป็นแรงหลักที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักของแพลตฟอร์มและภาระบรรทุกที่ส่งผ่านลงมายังแขนกลในแนวตั้ง วัสดุที่ใช้จึงต้องมีค่าความต้านทานแรงอัดสูงและมี Modulus of Elasticity เพียงพอ เพื่อหลีกเลี่ยงการโก่งตัว (Buckling) โดยเฉพาะในกรณีที่โครงสร้างมีส่วนระหว่างความยาวต่อหน้าตัด (Slenderness Ratio) สูง ซึ่งเสี่ยงต่อการยุบตัวแม้แรงอัดจะไม่มาก การคำนวณความสามารถในการรับแรงอัดวิกฤติ (Critical Load) นิยมใช้สูตรของ Euler ซึ่งอิงกับปัจจัยเช่น ความยาวชิ้นส่วน รูปหน้าตัด และเงื่อนไขการยึดปลาย เพื่อออกแบบให้แข็งแรงและปลอดภัยแม้โครงสร้างจะมีน้ำหนักเบาโดยที่

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \quad (2.1)$$

$P_{cr}$  = ค่ากำลังวิกฤติ (Critical Load)

$E$  = โมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุ

$I$  = โมเมนต์ของพื้นที่หน้าตัด

$K$  = ค่าคงที่ตามเงื่อนไขการยึดปลาย

$L$  = ความยาวของชิ้นส่วน

### 2.5.3.3 ค่าความต้านทานแรงเฉือน (Shear Strength)

แรงเฉือนเกิดจากแรงที่พยายามทำให้หน้าตัดของวัสดุเลื่อนออกจากกัน โดยมักพบในบริเวณจุดหมุน สลัก รอยเชื่อม และข้อต่อของระบบขากรรไกร ซึ่งรับแรงสั่นและการเคลื่อนไหวซ้ำอย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปค่า Shear Strength จะคิดเป็นประมาณ 60–75% ของ UTS เช่น วัสดุที่มี UTS = 600 MPa จะมี Shear Strength ประมาณ 360–450 MPa การออกแบบจึงต้องเผื่อค่า Factor of Safety (FoS) และประเมินความล้าเฉือน (Shear Fatigue) อย่างรอบคอบ โดยเฉพาะในจุดวิกฤติของโครงสร้าง เพื่อป้องกันการแตกร้าวแบบล่องเวลาและยืดอายุการใช้งาน

### 2.5.3.4 โมดูลัสยืดหยุ่น (Elastic Modulus)

Modulus of Elasticity ( $E$ ) คือ อัตราส่วนระหว่างความเค้น (Stress) กับความเครียด (Strain) ที่เกิดขึ้นในช่วงที่วัสดุยังสามารถคืนสภาพได้ (Elastic Region) วัสดุที่มีค่า  $E$  สูงจะสามารถต้านการเสียรูปแบบยืดหยุ่นได้ดี ส่งผลให้โครงสร้างขากรรไกรมีความมั่นคง ไม่โก่งหรือบิดเบี้ยวขณะทำงาน เหล็กกล้าโดยทั่วไปมีค่า  $E$  ประมาณ 200 GPa ซึ่งสูงกว่าอะลูมิเนียมที่มีค่าเพียง 70 GPa จึงเหมาะกับชิ้นส่วนหลักที่ต้องการความแข็งแรง แม่นยำ และการคืนรูปหลังการยกเลิกแรง ในขณะที่วัสดุ  $E$  ต่ำอาจนำไปใช้ในส่วนที่ไม่รับภาระหลักเพื่อลดน้ำหนักโครงสร้าง

### 2.5.3.5 วัสดุที่นิยมใช้ในโครงสร้างเอ็กซิลิพต์

วัสดุที่ใช้ในระบบขากรรไกรของเอ็กซิลิพต์ต้องตอบสนองต่อแรงดึง แรงอัด แรงเฉือน และมีความสามารถคืนรูปได้ดีภายใต้สภาพการใช้งานภาคสนาม โดยวัสดุที่นิยม

- เหล็กกล้าแรงสูง (High Strength Low Alloy Steel) เช่น ASTM A572 Grade 50 หรือ JIS SM490YA มีค่า Yield Strength ประมาณ 345–450 MPa และ UTS สูง เหมาะกับโครงสร้างหลักของอาคารที่รองรับแรงอัดและแรงเฉือน
- เหล็กอัลลอยที่ผ่านการอบชุบ (Tempered Alloy Steel) เช่น AISI 4140 หรือ 42CrMo4 มีคุณสมบัติเด่นด้านความเหนียว (Toughness), ความแข็งแรงสูง และต้านทานความล้า เหมาะกับชิ้นส่วนที่ต้องหมุนซ้ำหรือรับแรงกระแทก เช่น จุดหมุนและสลัก
- เหล็กเคลือบผิวพิเศษ (Coated Steel) เช่น เหล็กชุบสังกะสี (Hot-Dip Galvanized Steel) เพื่อป้องกันการกัดกร่อนจากความชื้นและไอเคมี เหมาะกับโครงสร้างภายนอกที่ต้องสัมผัสกับสภาพแวดล้อมสนามบิน
- โลหะผสมเบา (Aluminum Alloy 7000 Series) ใช้ในกรณีที่ต้องการลดน้ำหนัก เช่น แผงหรือฝาครอบ โดยใช้ร่วมกับโครงสร้างหลักที่เป็นเหล็ก

## 2.5.4 การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบ (Stability Analysis)

### 2.5.4.1 โมเมนต์พลิกคว่ำ (Overturning Moment)

โมเมนต์พลิกคว่ำ (Overturning Moment) เกิดจากแรงในแนวนอนหรือแรงเฉื่อยที่กระทำต่อจุดศูนย์กลางถ่วงของระบบในขณะที่แพลตฟอร์มยกสูงสุด ทำให้เกิดแรงบิดที่ฐานซึ่งหากมีค่ามากกว่าโมเมนต์ต้านทาน (Resisting Moment) ระบบจะเข้าสู่ภาวะไม่เสถียรและมีแนวโน้มพลิกคว่ำ การออกแบบจึงต้องเผื่อพื้นที่ฐานให้กว้าง หรือใช้อุปกรณ์เพิ่มแรงต้าน เช่น ขากางเพื่อเพิ่ม Margin of Stability ให้ระบบต้านแรงโมเมนต์ได้มากขึ้น โดยทั่วไปสามารถคำนวณค่าโมเมนต์ได้จากสมการ

$$M = W \times h \times \sin \theta \quad (2.2)$$

$$W = \text{น้ำหนักรวมของระบบและภาระบรรทุก (W)}$$

$$h = \text{ความสูงของจุดศูนย์กลางถ่วงจากพื้นฐาน (h)}$$

$$\theta = \text{มุมเอียงที่เกิดจากแรงภายนอก (\theta)}$$

### 2.5.4.2 การกระจายน้ำหนักและตำแหน่งศูนย์กลาง (Center of Gravity Distribution)

ตำแหน่งศูนย์กลาง (Center of Gravity: CG) ของระบบยกมีผลอย่างยิ่งต่อเสถียรภาพ โดยเฉพาะเมื่อระบบถูกยกขึ้นสูงและ CG เคลื่อนตัวออกจากศูนย์กลางของพื้นที่ฐาน (Base Support Polygon) ส่งผลให้โมเมนต์พลิกคว่ำเพิ่มขึ้นแบบไม่เป็นเชิงเส้น การรักษาเสถียรภาพจึงต้องออกแบบให้ CG อยู่ภายในฐานตลอดเวลา โดยใช้วิธีการ เช่น ขยายความกว้างฐาน (Wide Base), วางอุปกรณ์หรือโหลดให้อยู่ใกล้ศูนย์กลาง และจำกัดการเคลื่อนไหวในแนวราบระหว่างทำงาน ทั้งนี้ยังควรประเมินการกระจายน้ำหนักเชิงเวกเตอร์ (Load Vector Distribution) เพื่อลดความไม่สมดุลที่อาจเกิดจากแรงเฉียง

### 2.5.4.3 การวิเคราะห์ภาวะล้มตัวของแขนกล (Buckling Analysis)

ในโครงสร้างขากรรไกรที่ยึดเต็มที่ แขนกลจะต้องรับแรงอัดสูง หากแขนกลมีอัตราส่วนความเพรียว (Slenderness Ratio) สูง จะมีแนวโน้มเกิดการโก่งตัว (Buckling) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของความวิบัติในโครงสร้างที่มีความยาวมาก หากค่าแรงอัดในระบบเกินค่า  $P_{cr}$  จะเกิดการล้มตัวทันที ดังนั้น การออกแบบโครงสร้างขากรรไกรต้องเลือกวัสดุที่มีค่า  $E$  สูง และหน้าตัดที่เหมาะสม เพื่อลดความเสี่ยงจากภาวะล้มตัว การวิเคราะห์ภาวะล้มตัวจะใช้ทฤษฎีของ Euler

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \quad (2.3)$$

$P_{cr}$  = ค่ากำลังวิกฤติ (Critical Load)

$E$  = โมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุ

$I$  = โมเมนต์ของพื้นที่หน้าตัด

$K$  = ค่าคงที่ตามเงื่อนไขการยึดปลาย

$L$  = ความยาวของชิ้นส่วน

### 2.5.4.4 ระบบความปลอดภัยเสริม (Auxiliary Safety Systems)

เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของระบบและป้องกันอุบัติเหตุจากการล้มตัวหรือพลิกคว่ำ การติดตั้งระบบความปลอดภัยเสริมถือเป็นมาตรการสำคัญตามมาตรฐานอุตสาหกรรม

- เซนเซอร์ตรวจจับสนุมเอียง (Tilt Sensors): ติดตั้งที่ฐานหรือแพลตฟอร์มเพื่อตรวจจับสนุมเอียงที่ผิดปกติ เมื่อระบบเอียงเกินค่าที่กำหนด จะมีการแจ้งเตือนหรือสั่งหยุดการทำงานทันที ลดความเสี่ยงจาก Overturning Moment
- ระบบล็อกแพลตฟอร์มอัตโนมัติ (Platform Interlock System): เมื่อเกิดการสั่นหรือแรงสะเทือนเกินค่าที่ปลอดภัย ระบบจะทำการล็อกแพลตฟอร์มให้อยู่นิ่ง ป้องกันไม่ให้โครงสร้างยุบตัวหรือพังทลาย
- ฐานขยายแรง (Outrigger Support): เพิ่มพื้นที่ฐานรองรับโดยการกางขาเหล็กพิเศษในแนวทแยงหรือตรงออกจากจุดฐานหลัก เพื่อลดค่าโมเมนต์พลิกคว่ำและเพิ่ม Margin of Stability โดยเฉพาะเมื่อต้องยกสูงในพื้นที่จำกัด
- ระบบหยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop): เป็นกลไกควบคุมที่ผู้ใช้งานสามารถหยุดการทำงานของระบบได้ทันทีในกรณีเกิดเหตุผิดปกติ เช่น เสียงผิดปกติ แรงสั่นสะเทือนเกินพิกัด หรือมีวัตถุตกกระแทก

## 2.6 อุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบควบคุม X-Lift ของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน

### 2.6.1 อุปกรณ์ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic Components)

2.6.1.1 ถังพักน้ำมันเก็บน้ำมันไฮดรอลิก (Hydraulic Reservoir) ทำหน้าที่เป็นแหล่งเก็บน้ำมันไฮดรอลิกสำหรับระบบ ช่วยจ่ายน้ำมันไปยังปั๊มและวาล์วควบคุมไฮดรอลิกเพื่อให้แพลตฟอร์มเคลื่อนที่ขึ้น-ลงได้อย่างราบรื่น พร้อมทั้งช่วยระบายความร้อนและกักเก็บฟองอากาศที่เกิดขึ้นในระบบ



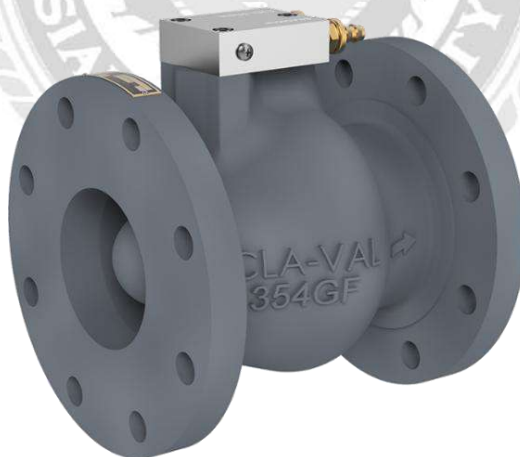
รูปที่ 2.17 ถังพักน้ำมัน (Hydraulic Reservoir)

2.6.1.2 วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve) ทำหน้าที่ควบคุมทิศทาง การไหลของน้ำมันไฮดรอลิกไปยังกระบอกสูบหรือมอเตอร์ ทำให้แพลตฟอร์มสามารถเคลื่อนที่ ขึ้น-ลงตามคำสั่งได้อย่างแม่นยำ และยังช่วยหยุดการเคลื่อนที่เมื่อไม่ต้องการ



รูปที่ 2.18 วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve)

2.6.1.3 วาล์วลดแรงดัน (Pressure Relief Valve) ทำหน้าที่ป้องกันระบบไฮดรอลิกจาก แรงดันเกินที่อาจเกิดขึ้น โดยจะปล่อยน้ำมันส่วนเกินกลับไปยังถังพักเมื่อแรงดันสูงเกินค่าที่ตั้งไว้ ช่วย ป้องกันความเสียหายต่อปั๊ม วาล์ว และกระบอกสูบ



รูปที่ 2.19 วาล์วลดแรงดัน (Pressure Relief Valve)

2.6.1.4 วาล์วกันไหลย้อน (Check Valve) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้น้ำมันไฮดรอลิกไหลย้อนกลับไปยังทิศทางตรงกันข้าม ทำให้แพลตฟอร์มคงตำแหน่งได้แม้ในขณะที่ระบบหยุดทำงาน ช่วยรักษาความปลอดภัย ป้องกันการเคลื่อนที่โดยไม่ตั้งใจ



รูปที่ 2.20 วาล์วกันไหลย้อน (Check Valve)

2.6.1.5 ท่อไฮดรอลิก (Hydraulic Hose/Pipe) ทำหน้าที่เป็นทางส่งน้ำมันไฮดรอลิกจากถังพักไปยังปั๊ม วาล์ว และกระบอกสูบ ทำให้แพลตฟอร์มสามารถเคลื่อนที่ขึ้น-ลงตามคำสั่งได้อย่างราบรื่น ท่อไฮดรอลิกยังช่วยรักษาแรงดันในระบบ ป้องกันการรั่วซึม



รูปที่ 2.21 ท่อไฮดรอลิก (Hydraulic Hose/Pipe)

## 2.6.2 อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและควบคุม (Electrical & Control Components)

2.6.2.1 แผงควบคุมหลัก (Control Panel) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการสั่งงานและควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด โดยรวมถึงการควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของแพลตฟอร์ม การเปิด-ปิดไฟส่องสว่าง การใช้งานปุ่มฉุกเฉิน (Emergency Stop / Emergency Platform Down) และการตรวจสอบสถานะของเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ



รูปที่ 2.22 แผงควบคุมหลัก (Control Panel)

2.6.2.2 สวิตช์ควบคุมการยก-ลด (Up/Down Switch) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สั่งงานให้แพลตฟอร์มเคลื่อนที่ขึ้น-ลงตามต้องการ โดยเมื่อกดสวิตช์ระบบไฮดรอลิกจะรับคำสั่งผ่านวาล์วควบคุมทิศทาง



รูปที่ 2.23 สวิตช์ควบคุมการยก-ลด (Up/Down Switch)

2.6.2.3 รีเลย์ควบคุม (Relay) ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ไฟฟ้ากลาง ทำให้สามารถสั่งงานวงจรกำลังสูงผ่านสัญญาณไฟฟ้าวงจรควบคุมที่มีกำลังต่ำได้ ช่วยเชื่อมต่อหรือแยกวงจรตามคำสั่งจากสวิตช์หรือแผงควบคุม ทำให้การทำงานของมอเตอร์ ป้อน และอุปกรณ์อื่น ๆ เป็นไปอย่างแม่นยำ ปลอดภัย



รูปที่ 2.24 รีเลย์ควบคุม (Relay)

2.6.2.4 ฟิวส์และเบรกเกอร์ (Fuse/Breaker) ทำหน้าที่ป้องกันวงจรไฟฟ้าจากความเสียหายที่เกิดจากไฟฟ้าลัดวงจรหรือกระแสเกิน โดยฟิวส์จะตัดวงจรทันทีเมื่อกระแสเกินค่าที่กำหนด ส่วนเบรกเกอร์สามารถตัดวงจรและสามารถรีเซ็ตกลับมาใช้งานได้ ทำให้ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุมทำงานได้อย่างปลอดภัย



รูปที่ 2.25 ฟิวส์และเบรกเกอร์ (Fuse/Breaker)

2.6.2.5 สายไฟแรงต่ำ (Low Voltage Wiring) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณควบคุมและข้อมูลจากสวิตช์ แผงควบคุม และเซนเซอร์ต่าง ๆ ไปยังอุปกรณ์ควบคุมหรือรีเลย์ โดยไม่จ่ายกำลังสูง ช่วยให้

การสั่งงานระบบไฮดรอลิกและอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นไปอย่างแม่นยำ ปลอดภัย และลดความเสี่ยงจากไฟฟ้าลัดวงจรหรืออุบัติเหตุจากแรงดันสูง



รูปที่ 2.26 สายไฟแรงต่ำ (Low Voltage Wiring)

2.6.2.6 สายไฟอ่อน (Flexible Cable) เป็นตัวนำไฟฟ้าเพื่อส่งกำลังและสัญญาณควบคุมไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบ X-Lift โดยมีความยืดหยุ่นสูง เหมาะกับการเคลื่อนไหวขึ้น-ลงของแพลตฟอร์ม ช่วยลดความตึงหรือการฉีกขาดของสายไฟ



รูปที่ 2.27 สายไฟอ่อน (Flexible Cable)

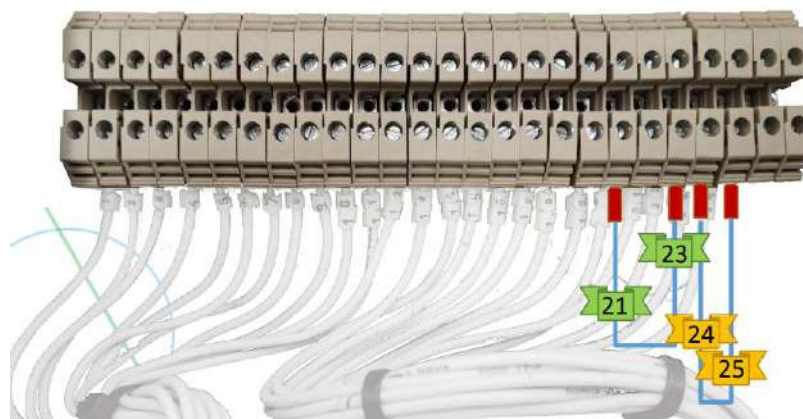
2.6.2.7 แบตเตอรี่ (Battery Unit) ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบควบคุมและอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด รวมถึงสวิตช์ แผงควบคุม รีเลย์ และมอเตอร์ไฮดรอลิก ช่วยให้

แพลตฟอร์มสามารถทำงานได้แม้ในกรณีไฟฟ้าภายนอกขัดข้อง ทำให้ระบบมีความปลอดภัย และพร้อมใช้งานตลอดเวลา



รูปที่ 2.28 แบตเตอรี่ (Battery Unit)

2.6.2.8 เทอร์มินอลบล็อก (Terminal Block) เป็นจุดเชื่อมต่อสายไฟระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เรียบร้อยและปลอดภัย ช่วยป้องกันการลัดวงจร สะดวกต่อการตรวจสอบและบำรุงรักษา จัดสายไฟเป็นระเบียบ



รูปที่ 2.29 เทอร์มินอลบล็อก (Terminal Block)

## 2.6.3 อุปกรณ์ด้านความปลอดภัยและการตรวจสอบ (Safety & Monitoring Components)

2.6.3.1 สวิตช์หยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop) ทำหน้าที่ตัดการจ่ายไฟฟ้าและหยุดการทำงานของแพลตฟอร์มทันทีเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน ช่วยป้องกันอุบัติเหตุและความเสียหายต่ออุปกรณ์ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถควบคุมสถานการณ์ได้อย่างปลอดภัย



รูปที่ 2.30 สวิตช์หยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop)

2.6.3.2 สวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch) ทำหน้าที่ตรวจจับตำแหน่งสูงสุดและต่ำสุดของแพลตฟอร์ม เมื่อแพลตฟอร์มเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งที่กำหนด สวิตช์จะส่งสัญญาณตัดการทำงานของระบบไฮดรอลิกโดยอัตโนมัติ เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่เกินขอบเขต



รูปที่ 2.31 สวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch)

2.6.3.3 เซนเซอร์ความสูง (Height Sensor) ทำหน้าที่ตรวจวัดตำแหน่งความสูงของแพลตฟอร์มแบบเรียลไทม์ ส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุมเพื่อปรับการทำงานของวาล์วควบคุมทิศทางและปั๊มไฮดรอลิก ทำให้แพลตฟอร์มสามารถเคลื่อนที่ขึ้น-ลงได้อย่างแม่นยำ และหยุดตรงตำแหน่งที่กำหนด เพิ่มความปลอดภัย ลดความเสี่ยงจากการเคลื่อนที่เกินขอบเขต และช่วยให้ระบบทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 2.32 เซนเซอร์ความสูง (Height Sensor)

2.6.3.4 สัญญาณไฟเตือน (Warning Light/Beacon) ทำหน้าที่แจ้งเตือนผู้ปฏิบัติงานและบุคคลรอบข้างเมื่อแพลตฟอร์มกำลังเคลื่อนที่หรือเกิดเหตุผิดปกติ เช่น การทำงานของระบบไฮดรอลิก การกดปุ่มฉุกเฉิน หรือการตรวจพบข้อผิดพลาด ช่วยเพิ่มความปลอดภัย ลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุ



รูปที่ 2.33 สัญญาณไฟเตือน (Warning Light/Beacon)

2.6.3.5 ระบบล็อกทางกล (Mechanical Locking Pin) ทำหน้าที่ล็อกตำแหน่งของ แพลตฟอรมเมื่อหยุดอยู่ในตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง ช่วยป้องกันการเลื่อนหรือเคลื่อนตัวโดยไม่ตั้งใจในกรณีไฟฟ้าขัดข้องหรือแรงดันไฮดรอลิกลดลง เพิ่มความปลอดภัยให้ผู้ปฏิบัติงานและรักษาเสถียรภาพของแพลตฟอรมขณะใช้งานหรือซ่อมบำรุง



รูปที่ 2.34 ระบบล็อกทางกล (Mechanical Locking Pin)

2.6.3.6 แตรหรือเสียงเตือน (Audible Alarm) หน้าที่แจ้งเตือนด้วยเสียงเมื่อแพลตฟอรมกำลังเคลื่อนที่หรือเกิดเหตุผิดปกติ เช่น การกดปุ่มฉุกเฉิน ระบบตรวจพบข้อผิดพลาด หรือการทำงานของระบบไฮดรอลิกไม่ปกติ ช่วยดึงความสนใจของผู้ปฏิบัติงานและบุคคลรอบข้าง เพิ่มความปลอดภัย ลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุ



รูปที่ 2.35 แตรหรือเสียงเตือน (Audible Alarm)

2.6.3.7 แคลมป์ (Clamp) ทำหน้าที่ยึดสายไฟให้แน่นและอยู่ในตำแหน่งที่กำหนด ป้องกันสายไฟห้อยหย่อนหรือเคลื่อนที่ขณะระบบทำงาน ช่วยลดความเสี่ยงจากการฉีกขาดหรือการหลุดจากขั้วต่อ และทำให้การจัดระบบสายไฟเรียบร้อย สะดวกต่อการตรวจสอบ



รูปที่ 2.36 แคลมป์ (Clamp)

#### 2.6.4 การเลือกใช้อุปกรณ์ตามมาตรฐานความปลอดภัย

อุปกรณ์ทั้งหมดที่นำมาใช้ในระบบควรผ่านมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง เช่น

- ISO 4413 สำหรับระบบไฮดรอลิกในอุตสาหกรรม
- SAE J517 สำหรับท่อไฮดรอลิก
- IEC 60204-1 สำหรับความปลอดภัยของระบบควบคุมไฟฟ้า
- EN 280 สำหรับการออกแบบแพลตฟอร์มยกสำหรับเจ้าหน้าที่

### 2.7 เครื่องมือที่ติดตั้งในระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของรถจักรยานยนต์เครื่องบิน

2.7.1 ประแจปากตาย / ปากแหวน / ประแจเลื่อน (Wrench/Spanner) ทำหน้าที่ใช้ขันสกรู น็อต หรืออุปกรณ์ยึดต่าง ๆ ให้แน่นและมั่นคง ช่วยให้การประกอบชิ้นส่วนทั้งระบบไฮดรอลิก และระบบไฟฟ้ามีความแข็งแรง ปลอดภัย และลดความเสี่ยงจากการคลายตัวขณะทำงาน



รูปที่ 2.37 ประแจปากตาย / ปากแหวน / ประแจเลื่อน (Wrench/Spanner)

2.7.2 ชุดหัวบล็อกและด้ามขัน (Socket Set) ทำหน้าที่ใช้ขันหรือคลายสกรู น็อต และ อุปกรณ์ยึดต่าง ๆ โดยเฉพาะจุดที่เข้าถึงยากหรือมีพื้นที่จำกัด ช่วยให้การประกอบชิ้นส่วนของระบบ ไฮดรอลิกและอุปกรณ์ไฟฟ้ามีความแน่นหนา ปลอดภัย และสะดวก รวดเร็ว ลดความเสี่ยงจากการขันไม่แน่นหรือคลายตัวขณะระบบทำงาน



รูปที่ 2.38 ชุดหัวบล็อกและด้ามขัน (Socket Set)

2.7.3 ปืนทดสอบแรงดัน (Hydraulic Test Pump) ทำหน้าที่ใช้สร้างแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกจำลองในระบบเพื่อตรวจสอบการรั่วซึม ความแข็งแรงของท่อ วาล์ว และกระบอกสูบ รวมถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบไฮดรอลิกก่อนใช้งาน



รูปที่ 2.39 ปืนทดสอบแรงดัน (Hydraulic Test Pump)

2.7.4 ประแจสำหรับข้อต่อท่อแรงดัน (Flare Nut Wrench / Crowfoot Wrench) ทำหน้าที่ใช้ขันหรือคลายข้อต่อท่อไฮดรอลิกและอุปกรณ์ที่มีเกลียวละเอียดโดยไม่ทำให้ข้อต่อบิดหรือเสียหาย ช่วยให้การเชื่อมต่อท่อไฮดรอลิกแน่น ปลอดภัย ป้องกันการรั่วซึม



รูปที่ 2.40 ประแจสำหรับข้อต่อท่อแรงดัน (Flare Nut Wrench / Crowfoot Wrench)

2.7.5 เครื่องตัดท่อ (Pipe Cutter) ทำหน้าที่ใช้ตัดท่อไฮดรอลิกให้ได้ความยาวตามที่กำหนดอย่างแม่นยำ ลดความเสี่ยงจากการรั่วซึมเมื่อต่อข้อต่อ ช่วยให้การติดตั้งท่อไฮดรอลิกเป็นระเบียบปลอดภัย และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.41 เครื่องตัดท่อ (Pipe Cutter)

2.7.6 เครื่องบานปลายท่อ (Tube Flaring Tool) ทำหน้าที่บานปลายปลายท่อไฮดรอลิกเพื่อเตรียมต่อเข้ากับข้อต่อหรือฟิตติงอย่างแน่นหนาและรั่วซึมต่ำ ช่วยให้การเชื่อมต่อท่อมีความปลอดภัย แข็งแรง และสามารถรองรับแรงดันสูงของระบบไฮดรอลิก



รูปที่ 2.42 เครื่องบานปลายท่อ (Tube Flaring Tool)

2.7.7 ปากกาจับท่อ (Pipe Vice) ทำหน้าที่ยึดท่อไฮดรอลิกให้มั่นคงขณะตัด ตัด หรือบานปลายท่อ ช่วยในการทำงานแม่นยำ ป้องกันท่อหมุนหรือเคลื่อนที่ ลดความเสี่ยงจากความเสียหายและการรั่วซึม



รูปที่ 2.43 ปากกาจับท่อ (Pipe Vice)

2.7.8 ชุดทำความสะอาดภายในท่อ (Tube Brush Kit) ทำหน้าที่ทำความสะอาดคราบสิ่งสกปรก เศษโลหะ หรือเศษฝุ่นภายในท่อไฮดรอลิกก่อนการต่อเข้าข้อต่อหรือติดตั้ง ช่วยป้องกันการอุดตัน



รูปที่ 2.44 ชุดทำความสะอาดภายในท่อ (Tube Brush Kit)

2.7.9 คีมปอกสายไฟ (Wire Stripper) ทำหน้าที่ลอกฉนวนสายไฟออกเพื่อเตรียมต่อเข้ากับเทอร์มินอลบล็อก รีเลย์ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ อย่างแม่นยำและปลอดภัย ช่วยให้การเชื่อมต่อสายไฟมีความมั่นคง ลดความเสี่ยงจากการลัดวงจรหรือการเชื่อมต่อไม่แน่น



รูปที่ 2.45 คีมปอกสายไฟ (Wire Stripper)

2.7.10 คีมย้ำหางปลา (Crimping Tool) หน้าที่ย้ำปลายสายไฟเข้ากับหางปลาหรือขั้วต่อเทอร์มินอลให้แน่น ช่วยให้การเชื่อมต่อไฟฟ้ามีความแข็งแรง ปลอดภัย ลดความเสี่ยงจากการหลุดหรือไฟฟาลัดวงจร และทำให้ระบบควบคุมไฟฟ้าของแพลตฟอร์มทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.46 คีมย้ำหางปลา (Crimping Tool)

2.7.11 มัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter) ทำหน้าที่วัดและตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น แรงดัน กระแส และความต้านทาน ของสายไฟ อุปกรณ์ควบคุม และวงจรไฟฟ้า ช่วยให้สามารถตรวจสอบความถูกต้องของการต่อสาย ป้องกันความผิดพลาด ลดความเสี่ยงจากไฟฟ้าลัดวงจร และทำให้ระบบควบคุมทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.47 มัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter)

2.7.12 เครื่องบัดกรี (Soldering Iron) ทำหน้าที่เชื่อมต่อสายไฟหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้าด้วยกันอย่างแน่นหนาและมั่นคง ด้วยการหลอมโลหะบัดกรี ทำให้การเชื่อมต่อมีความนำไฟฟ้าดี ลดความเสี่ยงจากการหลวมของขั้วต่อหรือการลัดวงจร



รูปที่ 2.48 เครื่องบัดกรี (Soldering Iron)

2.7.13 ลวดดึงสายไฟ (Fish Tape / Wire Puller) ทำหน้าที่ช่วยร้อยสายไฟผ่านท่อหรือทางเดินที่แคบและซับซ้อน ทำให้สามารถเดินสายไฟไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบได้สะดวก ปลอดภัยและรวดเร็ว ลดความเสี่ยงจากสายพันกันหรือฉีกขาด



รูปที่ 2.49 ลวดดึงสายไฟ (Fish Tape / Wire Puller)

2.7.14 กระดานนอนซ่อมเครื่องยนต์ (Creeper) ทำหน้าที่ช่วยให้ช่างสามารถเคลื่อนตัวใต้รถหรือแพลตฟอร์มได้สะดวก ขณะติดตั้งหรือบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฮดรอลิกและระบบไฟฟ้า ทำให้ทำงานในพื้นที่แคบได้ง่าย เพิ่มความปลอดภัย และช่วยให้การติดตั้งหรือซ่อมบำรุงมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.50 กระดานนอนซ่อมเครื่องยนต์ (Creeper)

## บทที่ 3

### รายละเอียดการปฏิบัติงาน

#### 3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ



รูปที่ 3.1 บริษัท บafs อินเทค จำกัด

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท บafs อินเทค จำกัด  
ที่อยู่ 777/5-8 หมู่ 9 TIP6 ตำบลบางปลา อำเภอบางพลี  
จังหวัดสมุทรปราการ 10540  
โทรศัพท์ 02-130-5881  
Gmail info@bafs-intech.co.th  
เวลาทำการ วันจันทร์-วันศุกร์ เวลา 8:30 – 17:30 น.

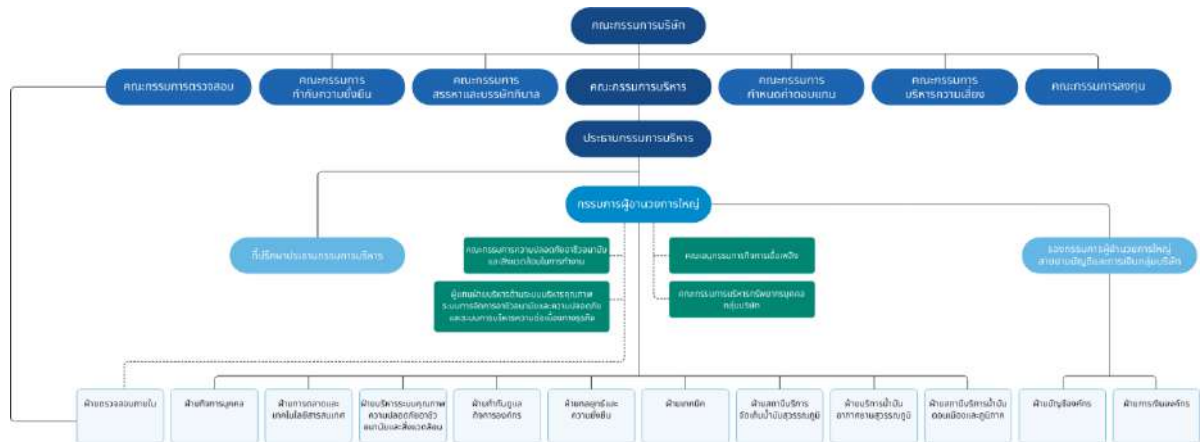
### 3.2 ลักษณะการประกอบการ การให้บริการหลักขององค์กร

บริษัท บาส์ อินเทค จำกัด (BAFS Intech Co., Ltd.) เป็นบริษัทในเครือของกลุ่มบริษัทบริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ (BAFS Group) โดยมีพันธกิจหลักในการออกแบบ พัฒนา ผลิต และประกอบอุปกรณ์โวลติคส์สำหรับอุตสาหกรรมการบินและพลังงาน โดยเฉพาะในกลุ่มรถเติมน้ำมันอากาศยานและอุปกรณ์ภาคพื้นดินที่เกี่ยวข้อง บริษัทมีวิสัยทัศน์ในการเป็นผู้นำด้านนวัตกรรมและคุณภาพในระดับสากล มุ่งมั่นในการพัฒนาโซลูชันที่เชื่อถือได้และทันสมัยสำหรับการใช้งานจริงในภาคสนาม

ขอบเขตการดำเนินงานหลักของบริษัทประกอบด้วย

- **การออกแบบและผลิตรถเติมน้ำมันอากาศยาน**  
เช่น รถเติมน้ำมันรุ่น *Magnus* ซึ่งมีความจุ 32,000 ลิตร และสามารถจ่ายน้ำมันได้สูงสุดถึง 2,400 ลิตรต่อนาที
- **การพัฒนาอุปกรณ์ภาคพื้นดินสำหรับการบิน**  
รวมถึงระบบจ่ายน้ำมันและอุปกรณ์ขนถ่ายภาคพื้น โดยใช้เทคโนโลยีล้ำสมัย อาทิ รถยนต์พลังงานไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle: BEV)
- **การให้บริการติดตั้ง ตรวจสอบ และฝึกอบรม**  
ครอบคลุมการใช้งานและการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่บริษัทผลิตและจำหน่าย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานและยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์
- **การส่งออกผลิตภัณฑ์ไปยังกลุ่มประเทศ CLMV**  
ได้แก่ กัมพูชา ลาว เมียนมา และเวียดนาม พร้อมทั้งเป็นตัวแทนจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากแบรนด์ชั้นนำ เช่น GENEBRE S.A., TRELLEBORG และ MBA INSTRUMENTS ทั้งในประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้าน

### 3.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร



รูปที่ 3.2 รูปแบบองค์กรและการบริหารขององค์กร

### 3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย

#### 3.4.1 ตำแหน่งงานที่ได้รับมอบหมาย

นางสาวรัชชญา เพ็ชรไทย รหัสประจำตัว 6504200001

ตำแหน่ง ออกแบบและผลิต ฝ่าย PZ แผนก PIC

#### 3.4.2 ลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

- จัดทำเอกสารกำหนดสเปกทางเทคนิคของอุปกรณ์ในระบบควบคุม X-Lift
- เขียนแบบถึงน้ำมันตามมาตรฐานที่กำหนด
- วางผังการเดินสายไฟภายในตู้ควบคุมให้เหมาะสม
- ตรวจสอบและแก้ไข Nameplate ให้ตรงตามรายการและสเปก
- ตรวจสอบจำนวนอุปกรณ์และวัสดุให้ครบตามรายการใช้งาน
- คำนวณแรงบิดของคอมเพรสเซอร์เพื่อเลือกมอเตอร์ให้เหมาะสม
- ติดตั้ง Limit Switch ตามตำแหน่งที่กำหนดเพื่อความปลอดภัย
- เช้าสายจาก Jet Sensor เข้ากับระบบควบคุม
- เดินสายไฟภายในตู้ควบคุมตามแบบวงจรที่กำหนด

- ย้ำหัวสายทุกจุดให้แน่นหนาเพื่อความมั่นคง
- เช้าสายไฟภายในรถ Hydrant Dispenser ให้ครบถ้วน

### 3.5 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา

ชื่อพนักงานที่ปรึกษา	นายเทพรักษ์ พิมพะ
ตำแหน่งงาน	ผู้จัดการแผนกผลิตรถเครื่องยนต์ ฝ้าย PZ แผนก PIC

### 3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

ระหว่างวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2567 ถึงวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2567

### 3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

- 3.7.1 ศึกษารายละเอียดการปฏิบัติงานในสถานที่ฝึกงาน
- 3.7.2 ศึกษาความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการติดตั้งระบบควบคุม X-Lift ของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน
- 3.7.3 ศึกษาวิธีการทำงานของระบบควบคุม X-Lift
- 3.7.4 ศึกษารายละเอียดของอุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์ไฟฟ้า
- 3.7.5 ศึกษาวิธีการออกแบบวงจรไฟฟ้าสำหรับระบบควบคุมการยก-ลด
- 3.7.6 ทำการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมบนรถจ่ายน้ำมันและเชื่อมต่อเข้ากับระบบ
- 3.7.7 ทดสอบการทำงานของระบบควบคุม X-Lift หลังติดตั้ง
- 3.7.8 ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรและแก้ไขจุดบกพร่อง
- 3.7.9 จัดทำรายงานผลการติดตั้งและประเมินประสิทธิภาพของระบบ

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินการโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ศ.2567		พ.ศ.2568			
	ก.ค. - ส.ค.	ต.ค. - ธ.ค.	ม.ค. - มี.ค.	เม.ย. - มิ.ย.	ก.ค. - ก.ย.	ต.ค. - ธ.ค.
1. ตั้งหัวข้อโครงการ						
2. รวบรวมข้อมูลของโครงการ						
3. เริ่มเขียนโครงการ						
4. ตรวจสอบโครงการ						
5. การนำเสนอโครงการ						
6. โครงการเสร็จเรียบร้อย						



## บทที่ 4

### ผลการปฏิบัติงาน

#### 4.1 โครงสร้างและวัสดุของระบบ X-Lift ในรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน

##### 4.4.1 โครงสร้างเหล็กของชุดยก (Scissor Structure Frame)

โครงสร้างหลักของ X-Lift ทำจาก เหล็กโครงสร้างรูปพรรณกำลังสูง เช่น เหล็ก H-Beam หรือ Box Steel เกรด SS400 หรือ SM490 ซึ่งมีค่ากำลังรับแรงดึงสูงถึง 400–490 MPa เพื่อรองรับน้ำหนักของแพลตฟอร์ม อุปกรณ์เติมน้ำมัน และเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน

แขนกรรไกร (Scissor Arm) ผลิตจาก High Tensile Steel เช่น เกรด S45C หรือ เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง เพื่อให้มีความแข็งแรงต่อแรงดัด (Bending) และแรงเฉือน (Shear Force) ที่เกิดขึ้นระหว่างการยกและลดระดับ ส่วนแกนหมุน (Pivot Shaft) และบุชรองรับแรงใช้ เหล็กชุบแข็ง (Heat Treated Carbon Steel) เพื่อเพิ่มความทนทานต่อการสึกหรอ

##### 4.4.2 กระบอกไฮดรอลิก (Hydraulic Cylinder)

กระบอกไฮดรอลิกเป็นหัวใจของระบบ ทำหน้าที่แปลงแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกให้เป็นแรงกลในการดันแขนกรรไกรเพื่อยกแพลตฟอร์มในแนวตั้ง โดยกระบอกที่ใช้งานมักเป็น Double-Acting Cylinder ซึ่งควบคุมด้วยแรงดันทั้งฝั่งยกและฝั่งลด

คุณสมบัติสำคัญของกระบอกไฮดรอลิก ได้แก่

- ซีลลูกสูบชนิด Viton หรือ NBR ทนแรงดันสูง
- ความดันใช้งานทั่วไปอยู่ที่ 120–180 bar
- ก้านลูกสูบชุบ Hard Chrome 20–30  $\mu\text{m}$  เพื่อป้องกันการกัดกร่อน
- ติดตั้งภายในโครง X-Lift และขยายตัวเพื่อดันแขนกรรไกรอย่างมั่นคง

การออกแบบช่วยให้แพลตฟอร์มไม่เกิดการเอียงหรือแกว่งระหว่างการยก ทำให้การทำงานมีความปลอดภัยสูง

#### 4.4.3 ปัมไฮดรอลิก (Hydraulic Pump)

ปัมไฮดรอลิกทำหน้าที่สร้างแรงดันให้กับน้ำมันเพื่อส่งไปยังกระบอกสูบ โดยปัมมักเป็น Gear Pump หรือ Piston Pump ขึ้นอยู่กับรุ่นของรถเติมน้ำมัน มีคุณสมบัติหลักดังนี้

- อัตราการไหล 10–25 ลิตร/นาที
- แรงดันสูงสุด 180–210 bar
- ต่อพ่วงกับเครื่องยนต์หลักหรือ PTO (Power Take-Off)

ปัมถือเป็นหัวใจสำคัญของระบบ เพราะแรงดันที่เหมาะสมทำให้การเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์มราบรื่น และปลอดภัย

#### 4.4.4 ท่อไฮดรอลิกและข้อต่อ (Hydraulic Hoses & Fittings)

การเลือกท่อและข้อต่อมีความสำคัญต่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพของระบบ ท่อไฮดรอลิกที่ใช้มักเป็นมาตรฐาน SAE 100R2 / EN 853 2SN มีชั้นยางเสริมลวดถัก 2 ชั้น สามารถรับแรงดัน 160–275 bar เหมาะกับสภาพสนามบินที่มีการสั่นสะเทือนและความร้อน

ข้อต่อ (Fitting) ใช้แบบ JIC 37°, BSPP หรือ ORFS ซึ่งป้องกันการรั่วซึมได้ดี วัสดุทำจาก เหล็กกล้าชุบสังกะสี (Zinc-Plated Carbon Steel) และผ่านการทดสอบการรั่ว (Leak Test) ตามมาตรฐานของบริษัท

## 4.2 หลักการทำงานของระบบไฮดรอลิกใน X-Lift ของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน

### 4.2.1 กระบวนการสร้างแรงดันไฮดรอลิก

การทำงานของระบบเริ่มต้นจากต้นกำลัง เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหรือมอเตอร์ไฮดรอลิกที่ได้รับกำลังจากเครื่องยนต์ดีเซลของตัวรถ เมื่อมอเตอร์เริ่มทำงาน ปัมไฮดรอลิกจะทำหน้าที่ดูดน้ำมันจากถังพัก (Hydraulic Reservoir) และอัดน้ำมันเข้าสู่ระบบท่อแรงดันสูง แรงดันที่สร้างได้โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 120–180 บาร์ โดยค่าที่มักใช้งานในระบบ X-Lift อยู่ประมาณ 140 บาร์ ซึ่งเป็นค่าที่เพียงพอต่อการยกแพลตฟอร์มที่ประกอบด้วยน้ำหนักตัวอุปกรณ์ ผู้ปฏิบัติงาน และโหลดเพิ่มเติมจำนวนมาก น้ำมันไฮดรอลิกที่ใช้มีคุณสมบัติด้านความหนืดและความคงตัวที่เหมาะสมสำหรับการหล่อลื่น การป้องกันการสึกหรอของวาล์วและปัม และช่วยให้ระบบสามารถทำงานได้ในสภาพ

อุณหภูมิที่หลากหลายของสนามบิน ตั้งแต่สภาวะร้อนจัดจนถึงอากาศเย็นในเวลากลางคืน ทั้งหมดนี้ส่งผลโดยตรงต่อความต่อเนื่องและเสถียรภาพของแรงดันในระบบ

#### 4.2.2 วาล์วควบคุมทิศทางและการจัดการการไหลของน้ำมัน

เมื่อปั๊มสร้างแรงดันได้ตามต้องการ น้ำมันแรงดันสูงจะถูกส่งไปยัง วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve-DCV) ซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักที่กำหนดเส้นทางการไหลของน้ำมัน เพื่อให้กระบอกไฮดรอลิกทำงานไปในทิศทางที่ต้องการ

- กรณียกแพลตฟอร์มขึ้น:

วาล์วจะเปิดให้น้ำมันไหลเข้าสู่ปลายกระบอกสูบด้านล่าง ทำให้ก้านสูบเลื่อนขึ้น ดันกลไกกรรไกรให้กางออก ส่งผลให้แพลตฟอร์มยกตัวสูงขึ้นอย่างมั่นคง

- กรณีลดระดับแพลตฟอร์ม:

วาล์วจะปรับเส้นทางให้น้ำมันไหลกลับสู่ถังพัก การลดระดับเกิดจากน้ำหนักของแพลตฟอร์มและโครงสร้างเอง โดยระบบควบคุมอัตราการไหลจะทำให้การเคลื่อนลงเป็นไปอย่างนุ่มนวล ไม่เกิดแรงกระแทกหรือการตกฮวบ

ในระบบ X-Lift สมัยใหม่ วาล์วควบคุมเหล่านี้จะอยู่ในรูป โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) ซึ่งสามารถควบคุมด้วยไฟฟ้า ทำให้ระบบรองรับการสั่งงานจากชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างแม่นยำและปลอดภัย

#### 4.2.3 กระบอกไฮดรอลิกและกลไกยกแบบกรรไกร

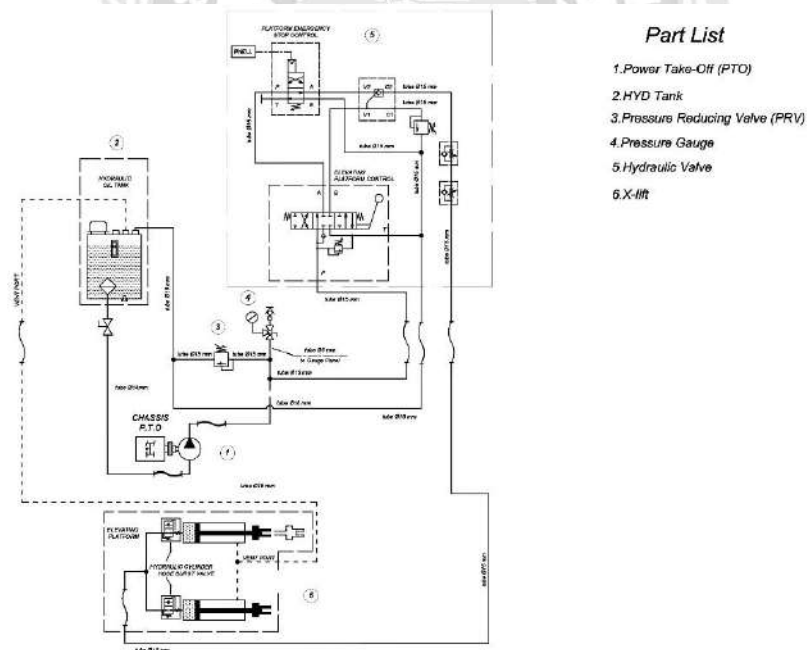
พลังงานแรงดันจากน้ำมันจะถูกแปลงเป็นพลังงานกล กระบอกไฮดรอลิก (Hydraulic Cylinder) เป็นหัวใจหลักในการสร้างการเคลื่อนที่ให้แก่แพลตฟอร์ม กระบอกไฮดรอลิกของระบบ X-Lift ถูกออกแบบให้มีแรงยกสูง สามารถรองรับแรงโน้มถ่วง แรงเฉือน และแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติงานบนพื้นสนามบิน โครงสร้างยกของ X-Lift เป็นแบบ ลิฟต์กรรไกร (Scissor Lift Mechanism) ซึ่งประกอบด้วยแขนกากบาทหลายชั้นที่เชื่อมต่อกันเป็นกลไก โดยมีคุณลักษณะเด่นคือความมั่นคงในแนวตั้งและการกระจายแรงที่ดี เมื่อกระบอกสูบยืด แขนกรรไกรจะกางออก แพลตฟอร์มก็จะสูงขึ้นอย่างราบรื่นและมีการแกว่งตัวเพียงเล็กน้อย ซึ่งเหมาะกับงานที่ต้องอยู่ใกล้ลำตัวเครื่องบินซึ่งต้องการความแม่นยำและความปลอดภัยสูง

#### 4.2.4 ระบบควบคุมไฟฟ้าและอุปกรณ์นิรภัย

เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างปลอดภัยสูงสุด X-Lift ได้ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมและระบบนิรภัยหลายรูปแบบ ได้แก่

- Limit Switch เพื่อกำหนดตำแหน่งสูงสุด-ต่ำสุด และป้องกันการยกเกินขีดจำกัด
- Emergency Stop สำหรับตัดการทำงานทันทีเมื่อเกิดเหตุผิดปกติ
- Pilot Check Valve / Load Holding Valve ป้องกันน้ำมันไหลย้อนและรักษาแรงดัน ทำให้แพลตฟอร์มไม่ทรุดตัวแม้ปั๊มหยุดทำงาน
- Pressure Relief Valve ป้องกันแรงดันเกินที่อาจทำลายท่อหรืออุปกรณ์
- Mechanical Safety Lock สำหรับล็อกแพลตฟอร์มขณะซ่อมบำรุงหรือใช้งานในสถานะเสถียร

อุปกรณ์เหล่านี้ทำงานร่วมกับระบบควบคุมไฟฟ้าที่ประกอบด้วยโซลินอยด์วาล์ว เซนเซอร์ ตรวจสอบตำแหน่ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ PLC ซึ่งช่วยให้ระบบสามารถตอบสนองคำสั่งได้อย่างแม่นยำ ควบคุมระดับหยุดของแพลตฟอร์มได้ละเอียด และรองรับการหยุดฉุกเฉินได้อย่างทันท่วงที



รูปที่ 4.1 ผังการทำงานของระบบไฮดรอลิก (Hydraulic Schematic Diagram) ของ X-Lift

### 4.3 การคำนวณทางวิศวกรรมของระบบ X-Lift

#### 4.3.1 การคำนวณน้ำหนักที่สามารถยกได้

เพื่อให้มั่นใจว่าแพลตฟอร์มสามารถยกได้เต็มความสูงและรองรับน้ำหนักผู้ปฏิบัติงานพร้อมอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างปลอดภัย การคำนวณแรงยกสูงสุดจึงเป็นสิ่งจำเป็น

แรงดันระบบไฮดรอลิกสูงสุด (P) = 160 bar = 16,000 kPa

- เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ (D) = 100 mm = 0.1 m
- จำนวนกระบอกสูบ (n) = 2 ตัว
- แรงดันสูงสุดที่อุปกรณ์รับได้ (Rated Pressure) ของสายไฮดรอลิก = 300 bar

คำนวณ พื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบ (A)

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.1416 \times (0.1)^2}{4} = 0.00785 \text{ m}^2 \quad (4.1)$$

คำนวณ แรงยกที่กระบอกสูบหนึ่งตัวสามารถสร้างได้ ( $F_1$ )

$$F_1 = P \times A = 16,000 \times 0.00785 = 125.6 \text{ kN} \quad (4.2)$$

x-lift มี 2 กระบอกสูบ แรงยกรวม ( $F_{total}$ )

$$F_{total} = F_1 \times n = 125.6 \times 2 = 251.5 \text{ kN} \quad (4.3)$$

คำนวณ น้ำหนักที่สามารถยกได้ (W)

$$W = \frac{F_{total}}{g} = \frac{251,200}{9.81} \approx 25,610 \text{ kg} \approx 25.6 \text{ ตัน} \quad (4.4)$$

จากการคำนวณพบว่า X-Lift สามารถรองรับน้ำหนักประมาณ 25 ตัน ซึ่งเพียงพอต่อการยกแพลตฟอร์มพร้อมอุปกรณ์จ่ายน้ำมันและเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย นอกจากนี้ การเลือกแรงดันและขนาดกระบอกสูบยังมีเพื่อความปลอดภัยเพิ่มเติมเพื่อรองรับการใช้งานจริงและลดความเสี่ยงจากโหลดเกิน

#### 4.3.2 การคำนวณกำลังมอเตอร์ที่ต้องใช้

การคำนวณกำลังของมอเตอร์ ที่ต้องใช้เพื่อให้ปั๊มไฮดรอลิกสามารถสร้างแรงดันน้ำมันเพียงพอสำหรับยกแพลตฟอร์มและอุปกรณ์ทั้งหมด โดยสมมติค่าต่าง ๆ ดังนี้

- อัตราการไหลของปั๊ม ( $Q$ ) = 20 ลิตร/นาที =  $0.000333 \text{ m}^3/\text{s}$
- แรงดันระบบ ( $P$ ) = 16,000 kPa
- ประสิทธิภาพรวมของระบบ ( $\eta$ )  $\approx 0.85$

คำนวณ กำลังมอเตอร์ (Power)

$$P_{motor} = \frac{P \times Q}{\eta} = \frac{16,000 \times 0.000333}{0.85} \approx 6.27 \text{ kW} \quad (4.5)$$

เพื่อให้มั่นใจว่ามอเตอร์สามารถทำงานต่อเนื่องได้โดยไม่เกิดความร้อนสะสม จึงมักเลือกมอเตอร์ขนาด 7.5 kW (10 HP) ซึ่งช่วยเผื่อกำลังสำรองให้เพียงพอสำหรับอัตราการไหลและแรงดันที่ต้องการ รวมถึงรองรับการทำงานต่อเนื่องในสนามบินที่มีการใช้งานหนัก

สรุปผลการคำนวณทางวิศวกรรม

- แรงยกสูงสุด: X-Lift สามารถยกน้ำหนักประมาณ 25 ตัน ซึ่งเพียงพอต่อการรองรับแพลตฟอร์ม อุปกรณ์ และเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน พร้อมเพื่อความปลอดภัยสำหรับโหลตเกินเล็กน้อย
- กำลังมอเตอร์ที่ต้องใช้: การคำนวณกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์พบว่าต้องการประมาณ 6.27 kW แต่เพื่อความมั่นใจและรองรับงานต่อเนื่องจึงเลือกมอเตอร์ 7.5 kW (10 HP)
- ความปลอดภัยและเสถียรภาพ: การออกแบบตามตัวเลขนี้ช่วยให้แพลตฟอร์มยกขึ้นและลดลงอย่างราบรื่น ปลอดภัย และรองรับการทำงานต่อเนื่องในสภาพแวดล้อมสนามบินได้อย่างเหมาะสม

#### 4.4 การติดตั้งระบบควบคุม X-Lift ของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน

การติดตั้งระบบไฮดรอลิกเริ่มจากการเตรียมท่อเหล็กไร้ตะเข็บขนาด 1/2 นิ้ว พร้อมข้อต่อและเครื่องมือจำเป็น เช่น ประแจและเทปพันเกลียว จากนั้นกำหนดแนวเดินท่อให้สัมพันธ์กับตำแหน่งของปั๊ม วาล์ว และกระบอกไฮดรอลิก โดยท่อแรงดันจะต่อจากปั๊มไปยังกระบอก ส่วนท่อกลับจะนำของเหลวไหลกลับเข้าสู่ถังสำรอง เมื่อกำหนดแนวแล้วจึงตัดและบากปลายท่อให้เรียบ ก่อนประกอบเข้ากับข้อต่อและขันให้แน่น พร้อมพันเทป Teflon เพื่อป้องกันการรั่วซึม จากนั้นยึดท่อเข้ากับโครงรถด้วยขาจับเหล็กเพื่อให้ท่ออยู่ในตำแหน่งที่มั่นคง ไม่สั่นหรือกระแทกกับชิ้นส่วนอื่น เมื่อติดตั้งท่อครบแล้วจึงเติมน้ำมันไฮดรอลิกและทำการทดสอบระบบ ตรวจสอบรอยรั่วและตรวจสอบการทำงานโดยรวม เพื่อให้มั่นใจว่าระบบทั้งหมดพร้อมใช้งานอย่างปกติและปลอดภัย



รูปที่ 4.2 ท่อแรงดัน

ติดตั้งกระบอกไฮดรอลิกแบบ Double-Acting เริ่มจากการยึดกระบอกเข้ากับขายึดด้านล่างและด้านบน โดยใช้สลักและน็อตล็อกให้แน่นเพื่อให้แนวกระบอกตรงและไม่เอียง เมื่อยึดตัวกระบอกเข้าที่แล้ว ให้ต่อสายไฮดรอลิกแรงดันสูง 300 bar ทั้งสองเส้นเข้ากับพอร์ต A และ B โดยตรวจให้ข้อต่อสะอาดและขันให้แน่นเพื่อป้องกันการรั่วซึม หลังจากต่อสายเรียบร้อยแล้ว ให้จัดเส้นสายให้เป็นระเบียบไม่ให้เสียดสีกับชิ้นส่วนอื่น และเพื่อระยะไว้สำหรับการเคลื่อนที่ของก้านสูบ เมื่อติดตั้งครบทุกส่วนแล้ว จึงทดสอบการทำงานด้วยการให้กระบอกยกและลดอย่างช้า ๆ เพื่อตรวจสอบรอยรั่วและดูว่าก้านสูบทำงานได้ราบรื่นหรือไม่ หากก้านเดินเรียบ ไม่มีเสียงผิดปกติ และไม่พบคราบน้ำมัน แสดงว่าการติดตั้งสมบูรณ์พร้อมใช้งาน



รูปที่ 4.3 ครอบอกไฮดรอลิก

เดินท่อแรงดันและท่อกลับเริ่มจากการตรวจสอบแบบ P&ID และตำแหน่งของอุปกรณ์ทั้งหมดก่อน เพื่อกำหนดเส้นทางท่อให้สั้นที่สุดและปลอดภัยจากแหล่งความร้อนหรือจุดที่อาจเกิดการสันสะเทือน หลังจากวางแผนแนวท่อแล้ว จึงตัดและตัดท่อเหล็กไร้ตะเข้ขนาด 1/2 นิ้ว พร้อมลบคมปลายท่อทุกจุดให้เรียบร้อย เมื่อเตรียมท่อเสร็จแล้ว ให้วางท่อตามแนวที่กำหนดและยึดด้วยแคลมป์รองรับในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อช่วยลดการสั่นและป้องกันไม่ให้เกิดรอยแตกกร้าว จากนั้นจึงติดตั้งข้อต่อไฮดรอลิกและขันให้ได้แรงบิดตามสเปกที่กำหนด หลังติดตั้งครบแล้ว ให้ทดสอบการรั่ว ตรวจสอบแรงดัน และตรวจสอบระยะห่างระหว่างท่อกับชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ เพื่อให้มั่นใจว่าระบบท่อมีความแข็งแรงและปลอดภัยพร้อมใช้งาน



รูปที่ 4.4 ท่อแรงดันและท่อกลับ

หลังจากติดตั้งท่อและอุปกรณ์ไฮดรอลิกครบแล้ว จึงเติมน้ำมันไฮดรอลิกเกรด ISO VG 68 โดยเปิดฝาดังและค่อย ๆ เทน้ำมันลงไปทีละน้อย ให้ระดับอยู่พอดีกับตำแหน่งที่กำหนด ไม่ต่ำจนปั๊มดูดอากาศและไม่สูงจนล้นเมื่อระบบเริ่มทำงาน เมื่อเติมน้ำมันเสร็จ ขั้นตอนต่อไปคือการไล่อากาศเพื่อให้ระบบทำงานได้ลื่นและรักษาแรงดันให้คงที่ เริ่มจากเปิดปั๊มแล้วขยับชุด X-Lift ขึ้น-ลงซ้ำ ๆ เพื่อให้ น้ำมันเข้าไปแทนที่ฟองอากาศในท่อและกระบอกไฮดรอลิก ระหว่างนี้ให้สังเกตระดับน้ำมันในถัง หากระดับลดลงก็เติมเพิ่มให้พอดีอยู่เสมอ จากนั้นเปิดวาล์วไล่อากาศ คลายออกเล็กน้อยตอนที่ระบบกำลังเคลื่อนที่ช้า ๆ เพื่อให้ฟองอากาศถูกปล่อยออกมา แล้วค่อยปิดวาล์วเมื่อเห็นว่าน้ำมันไหลออกมาอย่างสม่ำเสมอ ทำซ้ำประมาณ 2-3 รอบจนมั่นใจว่าไม่มีอากาศค้างอยู่ในระบบ เมื่อไล่อากาศเรียบร้อยแล้วระบบจะทำงานได้ลื่นขึ้น ก้านสูบเดินเรียบ และไม่มีเสียงผิดปกติ



รูปที่ 4.5 น้ำมันไฮดรอลิกเกรด ISO VG 68

การติดตั้งระบบควบคุมไฟฟ้าและอุปกรณ์นิรภัยเริ่มจากการตัดและปกปลายสายไฟให้ได้ความยาวที่เหมาะสม พร้อมตรวจสอบว่าสายไม่มีรอยชำรุด จากนั้นนำสายไฟร้อยผ่านท่อกระดุกงู เพื่อป้องกันการเสียดสี การกระแทก และความชื้น รวมถึงช่วยให้สายไฟเรียบร้อยและตรวจเช็คได้ง่ายขึ้น เมื่อร้อยสายเสร็จ จึงต่อปลายสายเข้ากับเทอร์มินอลบล็อก โดยใช้หางปลาและขันยึดให้แน่นเพื่อความปลอดภัย ขั้นตอนนี้ช่วยจัดระเบียบการเชื่อมต่อให้เป็นระบบ ลดโอกาสที่สายจะหลุดหรือเกิดการลัดวงจรในขณะใช้งาน และทำให้การเดินระบบไฟฟ้าโดยรวมมีความเสถียรและปลอดภัยมากขึ้น



รูปที่ 4.6 การเตรียมสายไฟและการป้องกันการชำรุด

ต่อสายไฟเข้ากับเทอร์มินอลบล็อกเริ่มจากนำสายไฟอ่อนต่อเข้ากับขั้วของเทอร์มินอลบล็อกให้แน่น พร้อมติดตั้งไวร์มาร์คเกอร์กำกับสายไฟแต่ละเส้นให้ตรงตามแผนวงจรที่ออกแบบไว้ วิธีนี้ช่วยลดความสับสนระหว่างการทำงาน ป้องกันการเชื่อมต่อผิดตำแหน่ง และทำให้การตรวจสอบหรือบำรุงรักษาภายหลังทำได้ง่ายขึ้น และจัดสายไฟให้เรียบร้อยและเว้นระยะให้เหมาะสมกับการเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ เพื่อลดความเสี่ยงจากการเสียดสีหรือการกระแทก และควรตรวจสอบความแน่นของขั้วทุกจุดซ้ำอีกครั้งก่อนเริ่มใช้งาน



รูปที่ 4.7 การต่อสายไฟเข้ากับเทอร์มินอลบล็อก

ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยเริ่มจากติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดรวมกันในชุดควบคุม โดยเชื่อมต่อเข้ากับเทอร์มินอลบล็อกและวงจรหลักเพื่อให้สามารถควบคุมระบบได้อย่างครบวงจร

- ปุ่มฉุกเฉิน (Emergency Stop)

ติดตั้งเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถตัดวงจรการทำงานของระบบได้ทันทีเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน ช่วยป้องกันอันตรายต่อผู้ใช้งานและป้องกันความเสียหายต่ออุปกรณ์ โดยปุ่มนี้จะทำงานโดยไม่ขึ้นกับโหมดใด ๆ ของระบบ

- สวิตช์หมุนควบคุม (Rotary Control Switch)

ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์มในโหมด UP / STOP / DOWN ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถยกหรือปล่อยแพลตฟอร์มได้อย่างแม่นยำ ปรับความเร็วและหยุดตามตำแหน่งที่ต้องการ ลดความเสี่ยงจากการเคลื่อนที่ผิดพลาด

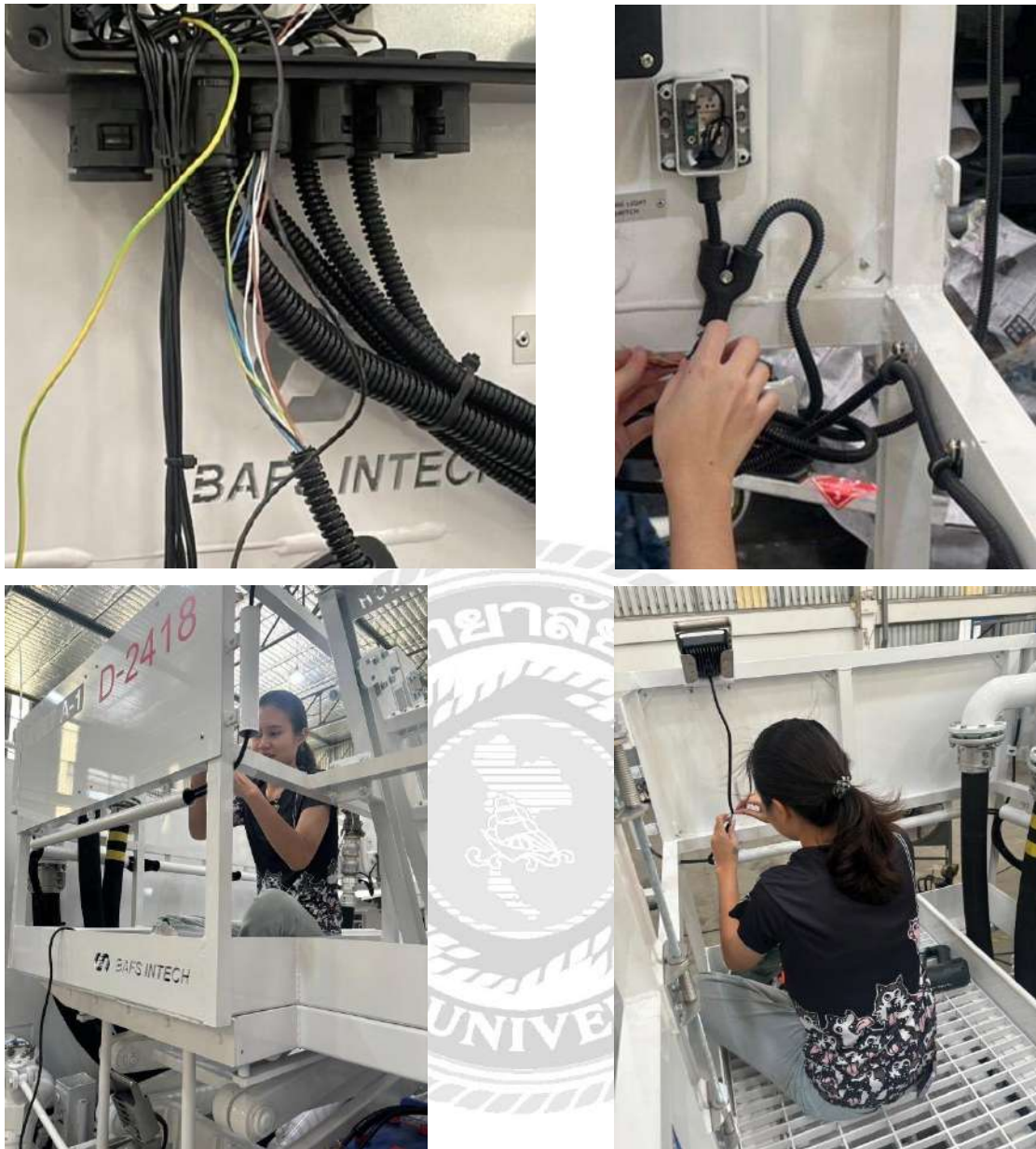
- ปุ่มปล่อยแพลตฟอร์มลงฉุกเฉิน (Manual Platform Release)

ออกแบบมาให้ปล่อยแพลตฟอร์มลงแบบแมนนวลในกรณีระบบไฟฟ้าขัดข้องหรือสูญเสียแรงดันไฮดรอลิก ผู้ปฏิบัติงานสามารถปล่อยไหลลงอย่างปลอดภัยโดยไม่ต้องพึ่งระบบอัตโนมัติ



รูปที่ 4.8 การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมและความปลอดภัย

เดินสายไฟจากชุดควบคุมไปยังเทอร์มินอลบล็อกและสวิตช์ไฟสปอตไลท์ ทำโดยร้อยสายผ่านท่อกระดุกงูเพื่อป้องกันการเสียดสีและความเสียหาย จากนั้นยึดสายด้วยคีมย้ำสายให้เรียบร้อยและมันคง ทำให้สายไฟเป็นระเบียบ ปลอดภัย และง่ายต่อการตรวจสอบหรือบำรุงรักษาในอนาคต



รูปที่ 4.9 การเดินสายไฟไปยังอุปกรณ์ควบคุมเสริม

เดินสายไฟผ่านท่อที่เตรียมไว้ เพื่อป้องกันการเสียดสี ความชื้น และแรงกระแทกระหว่างการติดตั้ง จากนั้นนำสายไปเชื่อมต่อกับดวงไฟสปอตไลท์ซึ่งติดตั้งไว้ตามมุมเสาที่กำหนดอย่างเหมาะสมเพื่อให้สายไฟมั่นคงและเป็นระเบียบ ใช้เคเบิลไท แคลมป์ และเทปดำยึดสายตามแนวท่อและจุดยึดต่าง ๆ วิธีนี้ช่วยป้องกันการหลุดหรือหย่อนของสายในขณะที่ใช้งาน และลดความเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับสายไฟ หลังจากติดตั้งเสร็จ ทดสอบระบบโดยเปิด-ปิดไฟสปอตไลท์หลายครั้ง ตรวจสอบการทำงานให้แน่ใจว่าไฟสว่างเต็มที่และเสถียรในทุกจุด รวมถึงตรวจสอบว่าการเดินสายไม่มีจุด

ใดที่ติงเกินไปหรือเสี่ยงต่อการสึกหรอ การทดสอบนี้ช่วยให้มั่นใจว่าไฟสปอตไลท์สามารถใช้งานได้  
อย่างปลอดภัย เพิ่มความสว่างเพียงพอในพื้นที่แสงน้อย และสนับสนุนความสะดวกในการปฏิบัติงาน



รูปที่ 4.10 การเชื่อมต่อกับระบบไฟส่องสว่าง

ติดตั้งเซนเซอร์ความสูงที่มุมกระเช้าทั้ง 4 มุมของแพลตฟอร์ม เพื่อควบคุมระยะและตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์มอย่างแม่นยำ เซนเซอร์แต่ละตัวจะตรวจจับตำแหน่งของแพลตฟอร์มในแนวสูง และส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุมหลักแบบเรียลไทม์ เมื่อแพลตฟอร์มเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งที่กำหนด ระบบจะหยุดการทำงานโดยอัตโนมัติ ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้แพลตฟอร์มเคลื่อนที่เกินระยะปลอดภัย ลดความเสี่ยงต่อการชนกับสิ่งกีดขวางหรือโครงสร้าง และลดโอกาสเกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้ การติดตั้งเซนเซอร์ทั้ง 4 มุมช่วยให้สามารถตรวจสอบความสมดุลของแพลตฟอร์มได้ หากมีมุมใดเอียงหรือขยับผิดปกติ ระบบจะรับสัญญาณและสามารถตอบสนองได้ทันที ทำให้การใช้งานทั้งระบบมีความปลอดภัยสูง และแพลตฟอร์มเคลื่อนที่ได้อย่างราบรื่นและมั่นคง



รูปที่ 4.11 การติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์ความปลอดภัย

การตรวจสอบสายไฟเริ่มตั้งแต่การร้อยสายผ่านท่อกระดุกงู การต่อสายเข้ากับเทอร์มินอลบล็อก และการเชื่อมต่อกับขั้วสายไฟทุกจุด โดยตรวจสอบว่าสายทั้งหมดเชื่อมต่อถูกต้องตามแผนวงจร ไม่มีสายผิดตำแหน่งหรือข้ามเส้น รอยต่อทุกจุดต้องแข็งแรงและแน่นหนา ไม่มีการบิดงอ ฉีกขาด หรือเสื่อมสภาพ ขั้นตอนสำคัญคือการขันสกรูบริเวณขั้วต่อและเทอร์มินอลบล็อกให้แน่น เพื่อป้องกันการหลวมซึ่งอาจทำให้เกิดอาร์กไฟหรือความเสียหายต่อระบบไฟฟ้า ทั้งยังช่วยให้การส่งสัญญาณไฟฟ้ามีความเสถียรและอุปกรณ์ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ หลังจากตรวจสอบจุดต่อสายทั้งหมดแล้ว ต้องทดสอบระบบโดยรวมทั้งส่วนของระบบไฟฟ้าและระบบกลไก ตรวจสอบว่าอุปกรณ์ทุกชิ้นสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างราบรื่น ไม่มีความผิดปกติหรือความคลาดเคลื่อน เช่น ไฟไม่ติดหรือสัญญาณไม่ส่งไปยังอุปกรณ์ควบคุม การเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์มเป็นไปตามที่กำหนด และระบบนิรภัยทำงานตามมาตรฐาน ซึ่งขั้นตอนนี้ช่วยยืนยันว่าทุกส่วนพร้อมใช้งานอย่างปลอดภัยและมั่นคง



รูปที่ 4.12 การตรวจสอบการเดินสายและอุปกรณ์ที่ติดตั้ง

## 4.5 การทดสอบการทำงาน

### 4.5.1 การเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์ม

แพลตฟอร์มสามารถเคลื่อนที่ขึ้น-ลงได้ ไม่มีอาการสะดุดหรือกระตุกขณะทำงาน และยังสามารถหยุดตรงตำแหน่งที่กำหนดไว้ได้

### 4.5.2 สวิตช์ไฟสปอตไลท์ (Spotlight Switch)

ระบบไฟที่ติดตั้งสามารถเปิด-ปิดได้ตามปกติ ให้แสงสว่างเพียงพอในพื้นที่ปฏิบัติงาน

### 4.5.3 ปุ่มหยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop)

เมื่อกดปุ่มหยุดฉุกเฉิน ระบบทั้งหมดหยุดทำงานทันที สามารถตอบสนองได้รวดเร็ว

### 4.5.4 ปุ่มปล่อยแพลตฟอร์มลงฉุกเฉิน (Emergency Platform Down Switch)

แพลตฟอร์มสามารถเคลื่อนลงได้อย่างปลอดภัยด้วยระบบสำรอง ในกรณีที่ไฟฟ้าขัดข้องหรือระบบควบคุมไม่สามารถทำงานได้

### 4.5.5 ลิ้มิตเซนเซอร์ (Limit Sensor)

ลิ้มิตเซนเซอร์ ทำงานได้อย่างถูกต้อง สามารถตรวจจับตำแหน่งสูงสุดและต่ำสุดของแพลตฟอร์ม และสั่งตัดการทำงานเมื่อถึงตำแหน่งที่กำหนดไว้ เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่เกินระยะ

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน

จากการที่ได้ทำสหกิจศึกษาในหัวข้อ การติดตั้งระบบควบคุม X-Lift ของรถจ่ายน้ำมัน เครื่องบิน ณ บริษัท บาส์ อินเทค จำกัด (BAFS Intech Co., Ltd.) ในตำแหน่งออกแบบและผลิต ฝ่าย PZ แผนก PIC วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2567 ถึงวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2567 ผู้จัดทำได้รับทั้งความรู้และประสบการณ์จากการทำงานจริงเกี่ยวกับระบบควบคุมแพลตฟอร์มยก (X-Lift) ซึ่งมีหน้าที่ในการยก-ลดระดับตามความสูงของเครื่องบินแต่ละประเภท โดยมีส่วนร่วมตั้งแต่ขั้นตอนออกแบบ วงจรควบคุมไฟฟ้า การติดตั้งและทดสอบระบบ รวมถึงการติดตั้งอุปกรณ์ตัดการทำงานอัตโนมัติในกรณีที่ระบบเกิดความผิดปกติ ซึ่งทั้งหมดนี้ช่วยให้ผู้จัดทำได้เข้าใจการประยุกต์ใช้ทฤษฎีทางวิศวกรรมกับการทำงานจริงมากยิ่งขึ้น และได้พัฒนาทักษะทั้งในด้านเทคนิค การทำงานเป็นทีม และการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าอย่างเป็นระบบ

#### 5.2 ปัญหาในการปฏิบัติงาน

- 5.2.1 ไม่มีพื้นฐานด้านการติดตั้ง X-Lift มาก่อน
- 5.2.2 ขาดทักษะในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ
- 5.2.3 งานที่ได้รับมอบหมายบางอย่างไม่เคยทำมาก่อน
- 5.2.4 พื้นที่ติดตั้งตู้ควบคุมและเดินสายไฟแคบ ทำงานลำบากและต้องระวัง

#### 5.3 การแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน

- 5.3.1 ศึกษาหาความรู้และฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับระบบ X-Lift เพื่อเพิ่มความเข้าใจในการทำงาน
- 5.3.2 ฝึกฝนการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ เพื่อเพิ่มความชำนาญและลดข้อผิดพลาดในการทำงาน

5.3.3 ปรึกษาพนักงานพี่เลี้ยงเมื่อพบปัญหา เพื่อเรียนรู้วิธีการแก้ไขและทำความเข้าใจงานที่ได้รับมอบหมายอย่างละเอียด

5.3.4 วางแผนและจัดลำดับขั้นตอนการทำงานให้เหมาะสม พร้อมเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมล่วงหน้า เพื่อให้สามารถทำงานในพื้นที่แคบได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

#### 5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ควรมีการสอนพื้นฐานเกี่ยวกับระบบ X-Lift ให้กับผู้ที่เข้ามาทำงานใหม่ เพื่อช่วยให้เข้าใจงานได้เร็วขึ้น

5.4.2 ควรฝึกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ทำงานได้คล่องและลดข้อผิดพลาด

5.4.3 ควรพูดคุยปรึกษากับพี่เลี้ยงหรือทีมงานบ่อย ๆ เวลาเจอปัญหา เพื่อให้แก้ไขได้รวดเร็วและทำงานถูกต้อง

5.4.4 ควรวางแผนงานและเตรียมของให้พร้อมก่อนทำงาน โดยเฉพาะเวลาที่ต้องทำในพื้นที่แคบ จะได้ทำงานได้ง่ายและปลอดภัย



## บรรณานุกรม

บริษัท บาสไทย จำกัด (มหาชน). (ม.ป.ป.). *ธุรกิจการบิน*.

<https://www.bafsthai.com/th/businesses/aviation-business>

สำนักงานความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม. (ม.ป.ป.). *วิศวกรรมความปลอดภัยสำหรับชุด  
จป. ตอนที่ 6*. <https://www.ohswa.or.th/17668364/safety-engineer-for-jor-por-series-ep6>

Bernuly. (n.d.). *ระบบไฮดรอลิค*. <https://bernuly.co.th/ระบบไฮดรอลิค/>

BigRentz. (n.d.). *How does a scissor lift work?*. <https://www.bigrentz.com/blog/how-does-a-scissor-lift-work>

BigRentz. (n.d.). *Types of scissor lifts*. <https://www.bigrentz.com/blog/types-of-scissor-lifts>

British Standards Institution. (2015). BS EN 280:2013+A1:2015 Mobile elevating work platforms — Design calculations — Stability criteria — Construction — Safety — Examinations and tests. BSI.

Handling.com. (n.d.). *Guide: Scissor lift mechanism*.

<https://handling.com/guide/scissor-lift-mechanism/>

Hered-Lift. (n.d.). *The most comprehensive guide to scissor lifts*. <https://www.hered-lift.com/th/press-releases/the-most-comprehensive-guide-to-scissor-lifts.html>

J-Lifte. (n.d.). Important directives and standards for scissor lift tables. J-Lifte.

Retrieved from [https://www.j-lifte.com/en/wiki/important-directives-and-standards-for-scissor-lift-tables/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.j-lifte.com/en/wiki/important-directives-and-standards-for-scissor-lift-tables/?utm_source=chatgpt.com)

Kacha. (n.d.). *X-Lift คืออะไร?*. <https://www.kacha.co.th/articles/what-is-x-lift/>

Namsang. (n.d.). *คู่มือการใช้งาน X-Lift*. <https://www.namsang.co.th/blog/x-lift-guide/>

Pisal, S. S. & Mosalakanti, S. P. (2019). Design and fabrication of aerial scissor lift.

*International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 6(07), 1514-1518. <https://www.irjet.net/archives/V6/i7/IRJET-V6I7197.pdf>

- Scissorliftpart.com. (n.d.). *What is the principle of the support mechanism?*.  
<https://th.scissorliftpart.com/info/what-is-the-principle-of-the-support-mechanism-61590916.html>
- Skymaster. (n.d.). *X-Lift คืออะไร (Scissor Lift)?*. <https://skymaster.co.th/what-is-xlift-scissorlif/>
- StartPac. (n.d.). *Ground support equipment: Everything you need to know*.  
<https://startpac.com/blog/ground-support-equipment/>
- Storific. (n.d.). *Know the basics of ground support equipment for aircraft*.  
<https://www.storific.com/blog/know-the-basics-of-ground-support-equipment-for-aircraft>
- Tiwari, R., & Banerjee, A. (2021). Design and analysis of scissor lift mechanism. *Materials Today: Proceedings*, 45, 4354–4360. Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.642>
- Token Thailand. (n.d.). *Scissors lift*. <https://www.token-thailand.com/scissorslift/>
- Westmor Industries. (n.d.). *Aviation hydrant carts and servicers*. <https://westmor-ind.com/aviation/hydrant-carts-and-servicers/>
- Wikipedia. (n.d.). *Aerial work platform: Scissor lift*.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Aerial\\_work\\_platform#Scissor\\_lift](https://en.wikipedia.org/wiki/Aerial_work_platform#Scissor_lift)

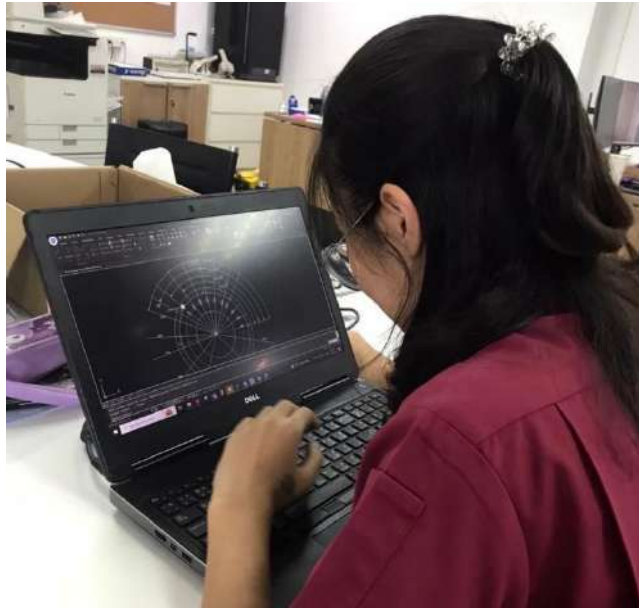


ภาคผนวก



# ภาคผนวก ก

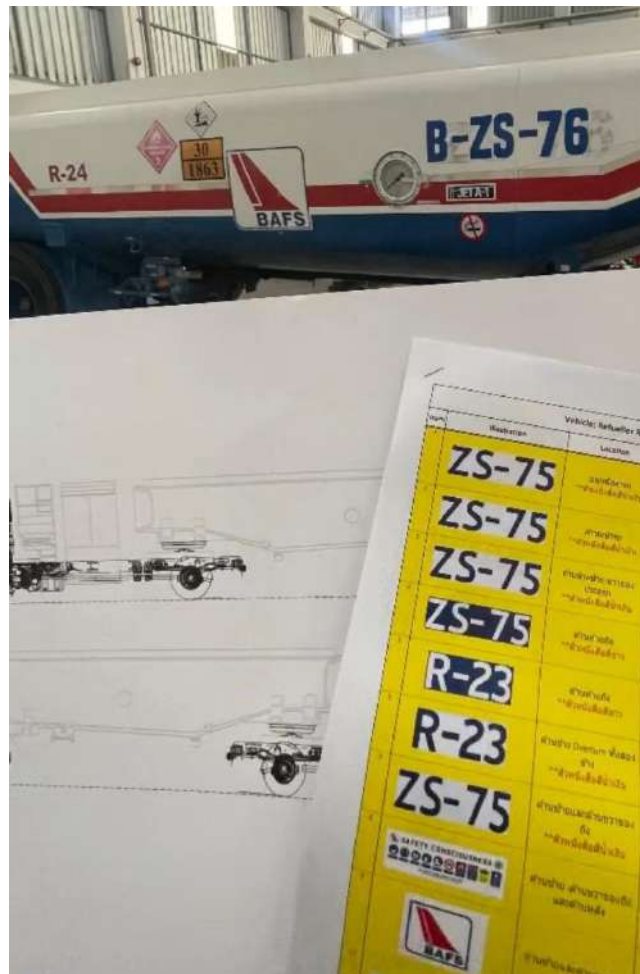
(การปฏิบัติงานสหกิจศึกษา)



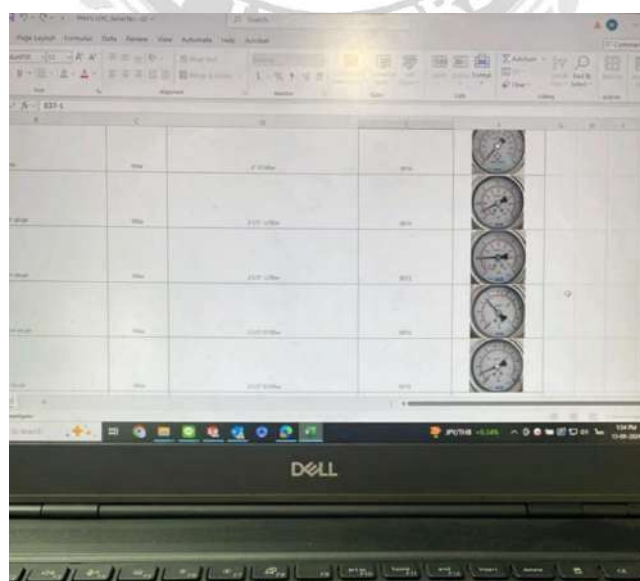
รูปที่ 1 เขียนแบบหน้าปิดเกจวัดระดับแรงดันลม



รูปที่ 2 ตรวจสอบรายการวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือตามรายการ



รูปที่ 3 เช็คแบบและขนาดสติกเกอร์นอกตัวรถก่อนสั่งทำ



รูปที่ 4 เช็คเกจวัดระดับแรงดันลมและน้ำมัน



รูปที่ 5 เตรียมข้อต่อและอุปกรณ์ย้าลือค

BAFS INTECH COMPANY

DESCRIPTION : VEHICLE QUARTERLY INSPECTION  
 DEPARTMENT : TZ  
 EQUIPMENT No. :

อุปกรณ์หมายเลข เลขโมด วันที่ตรวจ  
 ทกาทหรือใช้ได้ / เสียต้องซ่อมหรือเปลี่ยน X ทำการซ่อมหรือเปลี่ยน

ที่ตรวจ	ดี	แก้ไข	เครื่องยนต์
ตรวจใบไต่ใบ	✓		ตรวจตั้งรอกเครื่องยนต์
ตรวจระดับน้ำฉีดกระจก	✓		ตรวจสายพานเครื่องยนต์
ตรวจแฉะ	✓		ตรวจท่อขวงหมอน้ำ / ท่อน้ำ
ตรวจกอนประคบน้ำล้าง ซ้าย-ขวา	✓		ตรวจร้วม่น้ำ
ตรวจสภาพเบร่นั่ง-ส่วพ่นัง	✓		ตรวจร้วหัวฉีด
ตรวจความเย็นแอร์	✓		ตรวจท่อโซดาไหลกลับ
Film กรองแสง			ตรวจข้ว Batt
			ตรวจเช็คหม้อพักน้ำ
<b>ระบบไฟ</b>	<b>ดี</b>	<b>แก้ไข</b>	<b>แชสชิส</b>
ไฟส่องหน้าใบกั้น			ตรวจเพลาถาง
ไฟก้ง ห้องคนขับ			ตรวจเพลา PTO
ไฟหน้า			ตรวจเพลาป่น
ไฟเลี้ยว			ตรวจชั้นนือคดัด
ไฟเบรค			

รูปที่ 6 ตรวจสอบโครงสร้างและระบบทั้งหมดทั้งภายในและภายนอกรถ



รูปที่ 7 เดินสายไฟและสายควบคุมเข้าตู้คอนโทรล พร้อมย่ำสาย



รูปที่ 8 บัดกรีสายไฟ



รูปที่ 9 ทาสีเคลือบชิ้นส่วนเหล็ก



รูปที่ 10 เตรียมป้ายชื่ออุปกรณ์ เพื่อระบุแต่ละตำแหน่งให้ตรงกับเอกสารที่ทำไว้



**ภาคผนวก ข**

(การนิเทศงานสหกิจศึกษา)



รูปที่ 11 การนิเทศงานสหกิจศึกษา



รูปที่ 12 การนิเทศงานสหกิจศึกษา



**ภาคผนวก ค**

(การสอบโครงงานสหกิจศึกษา)



รูปที่ 13 การสอบโครงการสหกิจศึกษา



รูปที่ 14 การสอบโครงการสหกิจศึกษา



รูปที่ 15 การสอบโครงการสหกิจศึกษา



รูปที่ 16 การสอบโครงการสหกิจศึกษา



# ภาคผนวก ง

(การตรวจสอบบรรณานุกรม)

ตรวจสอบบรรณานุกรม ทดลองค้นหา x

**Warachaya Phethai**  
รบกวนตรวจสอบบรรณานุกรมให้หน่อยค่ะ

**Library SiamU**  
ลิบ ซิม

แก้ไขให้แล้วค่ะ ตามไฟล์แนบ  
พร้อม

ในวันที่ พท. 17 ก.ค. 2025 เวลา 17:55 Warachaya Phethai <[warachaya.phe@siam.edu](mailto:warachaya.phe@siam.edu)> เขียนว่า:  
รบกวนตรวจสอบบรรณานุกรมให้หน่อยค่ะ


—

ขอแสดงความนับถือ

สำนักหอสมุดและทรัพยากรสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสยาม

โทร.0-2457-0068 ต่อ 5245 กด 22

ไฟล์แนบ 1 ไฟล์ • ส่งแทนโดย Gmail

  
บรรณานุกรม-18072...





# ภาคผนวก จ

(การตรวจสอบอักษรวิสุทธิ์)

## Plagiarism Checking Report

Created on 2025-12-13 12:36:05 at 12:36 PM

### Submission Information

ID	SUBMISSION DATE	SUBMITTED BY	ORGANIZATION	FILENAME	STATUS	SIMILARITY INDEX
4557219	Dec 13, 2025 at 12:28 PM	waratchaya.phe@siam.edu	มหาวิทยาลัยสยาม	การติดตั้งระบบควบคุม X-Lift ของรถจักรยานยนต์เครื่องมินิ.pdf	Completed	0.20%

### Match Overview

NO.	TITLE	AUTHOR(S)	SOURCE	SIMILARITY INDEX
1	การออกแบบและหาประสิทธิภาพบนเรือนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาพลศาสตร์การบินเบื้องต้น	วิชญ์กร สุวรรณศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	0.20 %

13/12/68 13:21

อักษรวิสุทธิ์

## Match Details

TEXT FROM SUBMITTED DOCUMENT	TEXT FROM SOURCE DOCUMENT(S)
<p>จสารบัญหน้าจดหมายนำส่งรายงานภาคีกรรรมประกาศขบพหคิตยอศบพหคิตยอภาษาอังกฤษ Abstract ังสารบัญจสารบัญตารางขสารบัญรูปภาพขมพหที่ 1 บทนำ 11 ที่มาและความสำคัญ 1 12 วัตถุประสงค์ 1 13 ขอบเขตโครงการ 2 14 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2 บทที่ 2 ทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง 21 สิปต์แบบซากรรโคร XLift หรือ Scissor Lift 3 22 ประเภทของ XLift 4 23 หลักการ</p>	<p>ขอบคุณอาจารย์จรัสเลาดีปและนายเสถียรทรัพย์เิ่งสุขที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนเงินทุนเพื่อการศึกษาและทำยี่คู่วิจัยขอขอบคุณนางสาวเกษมกัลน์ริษาที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้านจนสำเร็จการศึกษาคุณประโยชน์ทั้งหมดทั้งปวงจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ผู้วิจัยขอยกให้คุณเป็ดมารดาวิษณุกรสุวรรณศรีจสารบัญหน้าขคิตยอภาษาไทยขบพหคิตยอภาษาอังกฤษคคิตยกรรรมประกาศงสารบัญตารางขสารบัญภาพขบพหที่ 1 บทนำ 1 11 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1 12 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4 13 สมมติฐานทางการวิจัย 4 14 ขอบเขตของการวิจัย 4 15 ค่ากำจัดความในงานวิจัย 4 16 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 5 บทที่ 2 เอกสารแล้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7 21 วิชาพลศาสตร์การป่นเบื้องต้น 7 22 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 9 23 หลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 17 24 การหาประสิทธิภาพการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 24 25 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26 บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 31 31 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 31 32 การสร้างเครื่องมือในการดำเนินการวิจัย</p>



**ภาคผนวก ฉ**

(หนังสือยินยอมให้เผยแพร่รายงาน/โครงการสหกิจศึกษา)

## หนังสือยินยอมให้เผยแพร่รายงาน/โครงการงานสหกิจศึกษา

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว) อริชฎก ทวีระกิจ ตำแหน่ง PIC. ฝ่าย PZ  
 ชื่อสถานประกอบการ สกน. สกท/ส. อีโคโนมิค สถานที่ตั้งที่อยู่เลขที่ 777/5-8  
 ถนน - แขวง/ตำบล บางพลี เขต/อำเภอ บางพลี  
 จังหวัด กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์ 02-1805551

ได้ตรวจสอบข้อมูลทั้งหมดในรายงาน/โครงการงานสหกิจศึกษาเรื่อง กรณีศึกษา ร.ม.ม.ด.ม.จ.จ.  
X-LRPT ของรศ. ชวนวีวัฒน์ สงอนิ ของ (นาย/นาง/นางสาว) อริชฎก ทวีระกิจ  
 สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

โดยมีความยินดีให้เผยแพร่รายงาน/โครงการงานดังกล่าวต่อสาธารณะในทุกรูปแบบหรือทุกช่องทางที่  
 มหาวิทยาลัยสยามกำหนด เพื่อประโยชน์ทางการศึกษา

ลงลายมือชื่อ เทวฤทธิ์  
 (..... รศ. ชวนวีวัฒน์ สงอนิ .....)  
 ตำแหน่ง ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายบริหาร มหาวิทยาลัยสยาม  
 วันที่ ๑๕, 11, ๖๕.

ประทับตราของหน่วยงาน

## ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ - นามสกุล นางสาวรัชญา เพ็ชรไทย

รหัสนักศึกษา 6504200001

ที่อยู่ 60/13 ม.6 ต.บางกระทึก อ.สามพราน จ.นครปฐม 73210

การศึกษา 2560-2563 จบม.ต้น โรงเรียนสารสาสน์ธนบุรี  
 2563-2565 จบม.ปลาย โรงเรียนอัสสัมชัญธนบุรี  
 2565-ปัจจุบัน ม.สยาม



## แบบสรุปโครงการสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน (CWIE)

### มหาวิทยาลัยสยาม

#### ข้อมูลของนักศึกษา

1. ชื่อ - สกุล : นางสาวรัชฎา เพ็ชรไทย
2. สาขาวิชา/คณะ : สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
3. E-mail นักศึกษา : waratchaya.phe@siam.edu
4. ชื่อโครงการ/ผลงาน : การติดตั้งระบบควบคุม X-Lift ของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน
5. ชื่อสถานประกอบการ : บริษัท บาฟส์ อินเทค จำกัด
6. ที่อยู่สถานประกอบการ : 777/5-8 หมู่ 9 TIP6 ตำบลบางปลา อำเภอบางพลี  
จังหวัดสมุทรปราการ 10540
7. ระยะเวลาปฏิบัติงาน : ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2567 ถึงวันที่ 27 ธันวาคม 2567
8. ผู้นิเทศงานในสถานประกอบการ  
ชื่อ - สกุล : นายเทพรักษ์ พิมพะ  
ตำแหน่ง : ผู้จัดการแผนกผลิตรถเครื่องยนต์ ฝ่าย PZ  
แผนก : แผนกผลิตรถเครื่องยนต์ ฝ่าย PZ

#### ข้อมูลโครงการ/ผลงาน

1. โครงการ/ผลงาน/งานประจำ ได้รับการจัดระบบการทำงานที่เหมาะสมจากสถานประกอบการ ทั้งลักษณะงาน และระยะเวลา มีการจัดระบบพี่เลี้ยงสอนงาน  
โครงการติดตั้งระบบควบคุม X-Lift ของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบินได้รับการจัดงานอย่างเหมาะสม จากสถานประกอบการ ทั้งในด้านรูปแบบงานและช่วงเวลา โดยเริ่มจากการเตรียมอุปกรณ์ที่ต้องใช้ เช่น ถังพักน้ำมันไฮดรอลิก ปั๊มไฮดรอลิก และวาล์วควบคุม จากนั้นจึงติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ลงบนตัวรถ และเดินท่อแรงดันกับท่อกลับตามมาตรฐานความปลอดภัย เมื่อทำงานเสร็จจะมีการตรวจสอบระบบควบคุมอีกครั้งเพื่อให้แน่ใจว่าทำงานได้ถูกต้องและปลอดภัย ตลอดโครงการมีพี่

เลี้ยงคอยสอนงาน แนะนำเทคนิค และช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ทำให้ผู้ปฏิบัติงานได้เรียนรู้จากของจริง เข้าใจระบบไฮดรอลิกมากขึ้น และสามารถนำความรู้ไปใช้กับงานอื่นในสถานประกอบการได้อย่างมีประโยชน์

## **2. การดำเนินงานมีความถูกต้อง มีระเบียบแบบแผนและทำให้นักศึกษามีโอกาสประยุกต์ใช้วิชาความรู้/ทักษะ ตามที่ได้เรียนมา โดยใช้ความรู้/ทักษะในการศึกษากระบวนการ การวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาหรือสร้างแนวทางใหม่**

การดำเนินงานในโครงการติดตั้งระบบควบคุม X-Lift เป็นไปอย่างถูกต้องและมีขั้นตอนที่ชัดเจน ตั้งแต่การวางแผนงาน การติดตั้งอุปกรณ์ การเดินท่อแรงดันและท่อกลับ ไปจนถึงการตรวจสอบความปลอดภัยของระบบ ทำให้นักศึกษาสามารถนำความรู้ที่เรียนมา ทั้งด้านระบบไฮดรอลิก การควบคุมอุปกรณ์ และการตรวจสอบคุณภาพงาน มาประยุกต์ใช้กับงานจริงได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ยังได้ฝึกทักษะการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงาน การระบุปัญหา และการคิดวิธีแก้ไขอย่างเป็นระบบ รวมถึงสามารถลองพัฒนาแนวทางใหม่เพื่อปรับปรุงการติดตั้งและการควบคุมระบบ X-Lift ให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากขึ้น ประสบการณ์ทั้งหมดนี้ช่วยเสริมทักษะด้านวิศวกรรมและการแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติได้อย่างรอบด้าน

## **3. เป็นโครงการ/ผลงานที่นำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเป็นรูปธรรมในสถานประกอบการ**

โครงการติดตั้งระบบควบคุม X-Lift ของรถจ่ายน้ำมันเครื่องเป็นงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในสถานประกอบการ เพราะระบบที่ติดตั้งช่วยให้การยกและจ่ายน้ำมันมีความปลอดภัยมากขึ้น ลดความเสี่ยงจากความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน และเพิ่มความแม่นยำในการทำงาน เช่น การยกถังน้ำมันไฮดรอลิกและการควบคุมวาล์วให้จ่ายน้ำมันได้ถูกต้อง นอกจากนี้ การเดินท่อแรงดันและท่อกลับอย่างถูกต้องตามมาตรฐานยังช่วยลดการรั่วซึมและลดการสูญเสียพลังงาน ทำให้รถจ่ายน้ำมันมีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น แนวทางและขั้นตอนที่พัฒนาในโครงการยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นในสถานประกอบการได้ เช่น การปรับปรุงอุปกรณ์ไฮดรอลิกหรือระบบยกประเภทต่าง ๆ ทำให้โครงการนี้เกิดประโยชน์จริงทั้งต่อการทำงานและต่อการพัฒนาทักษะด้านเทคนิคของบุคลากรในองค์กรด้วย

**หมายเหตุ:** แบบฟอร์มฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายงานสหกิจศึกษา โปรดนำเข้าไปเล่มรายงานต่อจากหน้าประวัติผู้เขียนด้วย



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การติดตั้งระบบควบคุม X-Lift ของรถจ่ายน้ำมันเครื่องบิน  
Installation of X-Lift Control System for Aircraft Refueling  
Vehicle

โดย

นางสาวรัชฎา เพ็ชรไทย

6504200001

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา 152-497,152-498

สหกิจศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้า 1 ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2566

สหกิจศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้า 2 ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2567

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม