สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุสำหรับฉีดพ่นสารเคมี

RADIO-CONTROLLED HELICOPTER FOR CHEMICAL SPRAYING

โดย

นายเฉลิมชาติ ชลไพรพิมลรัตน์

นายอำนาจ อัจฉริยสีทอง

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ดร. จารุวัตร เจริญสุข

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 42444

วัน, เดือน, ปี 23 พ.ค. 2545

.b.....

.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุสำหรับฉีดพ่นสารเคมี

RADIO-CONTROLLED HELICOPTER FOR CHEMICAL SPRAYING

ผู้จัดทำ

1. นาย เฉลิมชาติ ชลไพรพิมลรัตน์ รหัสประจำตัว 41013484
2. นาย อำนาจ อัจฉริยสีทอง รหัสประจำตัว 41013520

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ดร. จารุวัตร เจริญสุข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุสำหรับฉีดพ่นสารเคมี

นายเฉลิมชาติ ชลไพรพิมลรัตน์ 41013484
นายอำนาจ อัจฉริยสีทอง 41013520
ผศ. ดร. จารุวัตร เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้เสนอการออกแบบและสร้างเครื่องฉีดพ่นสารเคมีที่ใช้ในงานเกษตรกรรมโดยอาศัยหลักการออกแบบและติดตั้งอย่างมีเสถียรภาพเข้ากับเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนปั๊ม และสามารถควบคุมการทำงานของปั๊มได้จากชุดวิทยุบังคับ รวมถึงการทดสอบประสิทธิภาพของปั๊มที่ได้จัดสร้างขึ้น ซึ่งการทำโครงงานนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบที่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ ในโอกาสต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Radio-Controlled Helicopter for Chemical Spraying

Chalermchart Chonpaimonrat

Amnat Atchariyasrithong

Assist. Prof. Dr. Jarruwat Charoensuk Advisor

ABSTRACT

This report proposes the design and building of a chemical sprayer for agricultural purpose. The design principle takes into account the stability with performance when the sprayer is attached with the aircraft. An electric motor is used to drive the pump where the power switch is controlled by the radio transmitter. Include the summary of pump testing. And this project can be used as a guideline for the next larger system design.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ลุล่วงไปด้วยดีด้วยความแนะนำและความช่วยเหลือจาก ผศ.ดร. จารุวัตร เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน คุณภูมน สูตรสุวรรณ กรรมการและผู้จัดการฝ่ายวิจัยและพัฒนา จากบริษัท บรรพกิจ จำกัด ที่ให้ความรู้และคำปรึกษาในโครงงานนี้ และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการทำโครงงาน

ทางคณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้หวังว่าจะมีประโยชน์แก่ผู้อ่านไม่มากก็น้อย

เฉลิมชาติ ชลไพรพิมลรัตน์

อำนาจ อัจฉริยสีทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญภาพ VI
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1
1.4 วิธีการดำเนินงาน 1
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงาน 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 3
2.1 เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ 3
2.1.1 ขนาดของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ 3
2.1.2 อุปกรณ์ต่างๆที่ต้องใช้ร่วมกับเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ 4
2.2 ชุดเครื่องพ่นสารเคมี 5
2.2.1 ประเภทของเครื่องพ่นสารเคมี 5
2.2.2 ลักษณะการใช้งานของเครื่องพ่นสารเคมี 6
2.2.3 ส่วนประกอบของเครื่องพ่นสารเคมี 6
2.2.3.1 ถังบรรจุสารเคมี 6
2.2.3.2 ปั๊มสารเคมี 7
2.2.3.3 แขนพ่นและหัวฉีด 9
2.2.3.3.1 แขนพ่น 9
2.2.3.3.2 หัวฉีด 9
2.2.4 ชุดควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ 12
บทที่ 3 การออกแบบและการคำนวณ 21
3.1 ทฤษฎีโมเมนตัมกับการทำงานของเฮลิคอปเตอร์ 21
3.1.1 กรณีลอยลำนิ่งอยู่ในอากาศ 21
3.2 ระบบฉีดพ่นสารเคมี 24
3.2.1 สมการความต่อเนื่อง 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

3.2.2 สมการพลังงาน 25
3.2.3 Reynolds Number 26
3.2.4 แฟคเตอร์ของความเสียดทาน 26
3.2.5 การสูญเสียกำลังงานในท่อ 27
3.2.6 กำลังในการไหล 28
3.2.7 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั๊ม 29
บทที่ 4 การสร้างและการติดตั้งอุปกรณ์ 36
4.1 ส่วนประกอบของระบบฉีดพ่นสารเคมี 36
4.2 การสร้างอุปกรณ์ 36
4.2.1 ปั๊ม 36
4.2.2 กล่องใส่อุปกรณ์ 37
4.2.3 ขายึดอุปกรณ์ 37
4.2.4 แขนพ่น 37
4.2.5 ท่อทางสารเคมี 37
4.3 การติดตั้งอุปกรณ์ 37
บทที่ 5 ผลการทดสอบ 41
5.1 การทดสอบประสิทธิภาพ 41
5.2 การทดสอบบิน 41
บทที่ 6 บทสรุป 43
ภาคผนวก 44
แบบปั๊ม 45
แบบถังบรรจุสารเคมี 46
แบบขายึดถังสารเคมี 47
แบบฝาครอบกล่อง 48
แบบกล่องใส่อุปกรณ์ 49
แบบอุปกรณ์ยึดแขนพ่น 50
แบบขายึดอุปกรณ์ 51
บรรณานุกรม 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 3-1 สัมประสิทธิ์ความสูญเสียในข้อต่อ 28
ตารางที่ 5-1 ผลการทดลองอัตราการไหลของปั๊ม 41
ตารางที่ 5-2 ผลการทลลองการฉีดพ่นยาฆ่าแมลง 42

สารบัญภาพ

หน้าที่

รูปที่ 2-1 เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ 3
รูปที่2-2 อุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องใช้ร่วมกับเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ 4
รูปที่ 2-3 ปั๊มลูกสูบ 7
รูปที่ 2-4 ปั๊มเฟือง 8
รูปที่ 2-5 ปั๊มหอยโข่ง 8
รูปที่ 2-6 หัวฉีดประเภทต่างๆ 10
รูปที่ 2-7 ลักษณะการกระจายของละอองสารเคมี 11
รูปที่ 2-8 ความสูงของแขนพ่นที่มีผลต่อความสม่ำเสมอของการกระจายละอองสารเคมีบนพื้นที่ 11
รูปที่ 2-9 ผังการทำงานของเครื่องส่ง 12
รูปที่ 2-10 ตำแหน่งของแขนเซอร์โวกับความกว้างของสัญญาณ 13
รูปที่ 2-11 ลักษณะของพัลซ์ 14
รูปที่ 2-12 การรวมพัลซ์แต่ละชุดเข้าด้วยกัน 15
รูปที่ 2-13 การผสมคลื่น 16
รูปที่ 2-14 ผังการทำงานของชุดเครื่องรับ 17
รูปที่ 2-15 เครื่องรับสัญญาณ 17
รูปที่ 2-16 ส่วนประกอบภายในเซอร์โว 20
รูปที่ 3-1 การเปลี่ยนแปลงของจานจ่ายแรง 21
รูปที่ 3-2 ถึงการไหลของของไหลแบบสม่ำเสมอ 24
รูปที่ 3-3 ลักษณะการต่อระหว่าถังและท่อ 28
รูปที่ 4-1 ปั๊มแบบเฟืองที่ใช้ในโครงงาน 36
รูปที่ 4-2 การติดตั้งอุปกรณ์ในกล่อง 38
รูปที่ 4-3 การติดตั้งปั๊มและมอเตอร์ขับปั๊ม 38
รูปที่ 4-4 การติดตั้งกล่องใส่อุปกรณ์และถังบรรจุสารเคมี 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 4-5 การติดตั้งท่อสารเคมีและแขนพ่น 39
รูปที่ 4-6 วงจรสายไฟฟ้าและท่อสารเคมี 40
รูปที่ 4-7 ภาพสำเร็จของเฮลิคอปเตอร์ที่ติดตั้งอุปกรณ์พ่นสารเคมี 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในประเทศไทย ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศจะมีอาชีพเป็นเกษตร ซึ่งในการทำเกษตรกรรมนั้น ถ้าต้องการให้ได้ผลผลิตที่ดี จะต้องมีการดูแลเอาใจใส่ พืชผลเหล่านั้นเป็นอย่างดี เช่น การรดน้ำ ใส่ปุ๋ย หรือการพรวนดินอย่างสม่ำเสมอ แต่มี ปัญหาที่เกษตรกรมักจะพบก็คือ วัชพืช และแมลงต่าง ๆ ที่มาแย่งอาหาร และกัดกินพืชผลของเกษตรกร การแก้ไขปัญหาเหล่านั้น เกษตรกรจำเป็นต้องทำการฉีดพ่นสารเคมีเพื่อกำจัดศัตรูพืช โดยสารเคมีที่ใช้มักจะเป็นสารเคมีที่มีพิษซึ่งในกรณีฉีดพ่นสารเคมีนั้นอาจจะต้องทำการฉีดพ่นในพื้นที่มาก ๆ และหลายครั้ง จนกว่าจะถึงเวลาเก็บเกี่ยวทำให้เกษตรกรผู้ทำการฉีดพ่นสารเคมีอาจได้รับพิษจากสารเคมีที่ฉีดพ่นเอง แม้ว่าจะได้ทำการป้องกันแล้วก็ตามก็ยังมีสารเคมีบางส่วนเล็ดลอดเข้าไปสะสมอยู่ในร่างกาย

เพื่อที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว จึงได้ทำการออกแบบและทำการติดตั้งอุปกรณ์ฉีดพ่นสารเคมีเข้ากับเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ โดยเกษตรกรไม่จำเป็นต้องไปบังคับเครื่องฉีดพ่นสารเคมีโดยตรง แต่สามารถบังคับพ่นทางวิทยุบังคับซึ่งสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องพ่นได้ระยะไกล ทำให้เกษตรกรไม่ต้องรับละอองของสารเคมีที่ฉีดพ่นออกมา อีกทั้งยังสามารถทำงานเพียงคนเดียวในกรณีที่เป็นพื้นที่มาก ๆ ได้อีกด้วย จึงเป็นการประหยัดทั้งเวลาและแรงงานในการทำงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษากลไกการทำงานของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ
2. เพื่อสร้างเครื่องพ่นสารเคมีขนาดเล็กสำหรับติดตั้งแบบเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้ขอบเขตการออกแบบและจัดสร้างระบบฉีดพ่นสารเคมีขนาดเล็กสำหรับติดตั้งบนเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ รวมถึงการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกที่เฮลิคอปเตอร์สามารถบรรทุกได้อย่างปลอดภัย

1.4 วิธีการดำเนินงาน

ในการทำโครงงานนี้จะต้องศึกษาวิธีการเลือกขนาดของเฮลิคอปเตอร์ และชนิดของปั๊มแบบต่างๆ ที่จะใช้ในระบบฉีดพ่นสารเคมี โดยมีทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับโครงงานซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ทฤษฎีการไหลของไหล และทฤษฎีเกี่ยวกับอากาศพลศาสตร์ โดยทฤษฎีการไหลของไหลจะเป็นทฤษฎีการไหลของของไหลในท่อ รวมถึงการออกแบบระบบปั๊ม ส่วนทฤษฎีอากาศพลศาตร์จะเป็นทฤษฎีโมเมนต์ตั้มกับการทำงานของโรเตอร์เฮลิคอปเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ศึกษาทฤษฎีดังกล่าวก็จะทำการออกแบบระบบฉีดพ่นสารเคมี และทำการจัดสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ หลังจากนั้นทำการติดตั้งเข้ากับเฮลิคอปเตอร์ แล้วจึงทำการทดสอบระบบทั้งหมด

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงาน

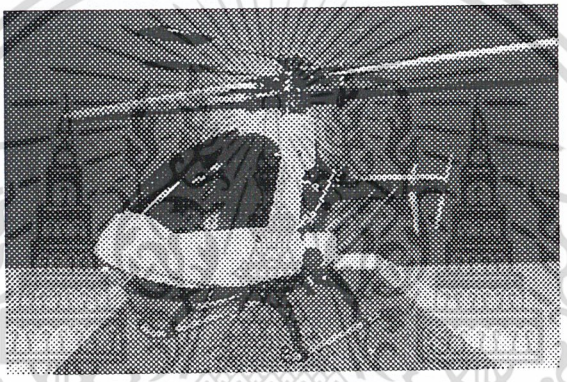
1. เพื่อลดอันตรายจากการฉีดพ่นสารเคมีของเกษตรกร
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเกษตรกร โดยการลดเวลาและแรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ

เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุจะแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดแรกเป็นแบบที่สามารถปรับมุมพิทช์ (Pitch) ของใบพัดหลักได้ (Collective pitch machine) ส่วนชนิดที่สองเป็นแบบที่มีมุมพิทช์ของใบพัดหลักคงที่ (Non-collective pitch machine) ซึ่งในแบบหลังนั้นปัจจุบันไม่นิยมใช้แล้ว เนื่องจากความไม่สะดวกในการบังคับควบคุม



รูปที่ 2-1 เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ

2.1.1 ขนาดของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ

เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุจะแบ่งขนาดของตัวถังตามขนาดของเครื่องยนต์ที่ติดตั้ง ซึ่งขนาดที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไปในท้องตลาดจะมีอยู่ 3 ขนาด คือ 1. ขนาด 0.32 ลุกบาศก์นิ้ว 2. ขนาด 0.46 ลูกบาศก์นิ้ว และ 3. ขนาด 0.60 ลูกบาศก์นิ้ว โดยเครื่องยนต์ที่ใช้จะเป็นเครื่องยนต์ 2 จังหวะขนาดเล็กที่ผลิตขึ้นเพื่อติดตั้งกับเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุโดยเฉพาะ ซึ่งจะมีรายละเอียดดังนี้

- ขนาด 0.32 ลูกบาศก์นิ้ว

เครื่องยนต์ขนาดนี้จะมีปริมาตรความจุกระบอกสูบ 0.32 ลูกบาศก์นิ้ว (5.23 c.c.) มีกำลังสูงสุดประมาณ 1.15 แรงม้า ที่ 18,000 รอบต่อนาที มีรอบการทำงานอยู่ระหว่าง 2,000 – 22,000 รอบต่อนาที

- ขนาด 0.46 ลูกบาศก์นิ้ว

เครื่องยนต์ขนาดนี้จะมีปริมาตรความจุกระบอกสูบ 0.46 ลูกบาศก์นิ้ว (7.45 c.c.) มีกำลังสูงสุดประมาณ 1.62 แรงม้า ที่ 16,000 รอบต่อนาที มีรอบการทำงานอยู่ระหว่าง 2,000 – 17,000 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขนาด 0.60 ลูกบาศก์นิ้ว

เครื่องยนต์ขนาดนี้จะมีปริมาตรความจุกระบอกสูบ 0.60 ลูกบาศก์นิ้ว (9.95 c.c.) มีกำลังสูงสุดประมาณ 2.2 แรงม้า ที่ 16,000 รอบต่อนาที มีรอบการทำงานอยู่ระหว่าง 2,000 – 18,000 รอบต่อนาที

2.1.2 อุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องใช้ร่วมกับเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ

- มอเตอร์สตาร์ท (Motor starter)

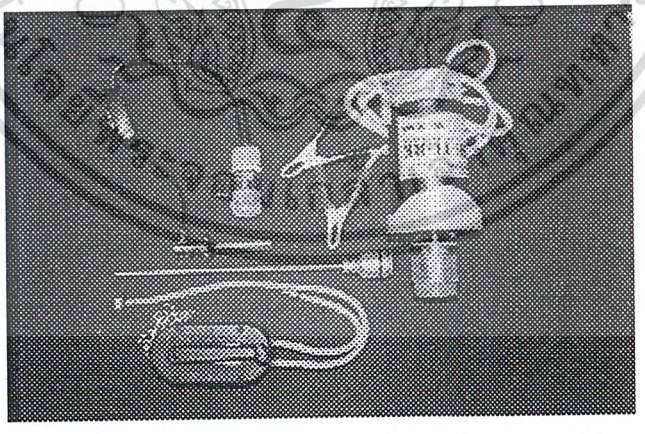
การสตาร์ทเครื่องยนต์ของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุนั้น ในเครื่องยนต์ขนาดเล็กบางแบบจะใช้การสตาร์ทแบบดึงสายขดสตาร์ท (Recoil pull-starter) แต่ถ้าเป็นเครื่องยนต์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นก็จะไม่มีขดสตาร์ทนี้ จึงจำเป็นต้องใช้มอเตอร์สตาร์ทในการสตาร์ทเครื่องยนต์ ซึ่งมอเตอร์สตาร์ทจะใช้กำลังไฟจากแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลท์ เป็นแหล่งพลังงาน

- อุปกรณ์จุดหัวเทียน (Glow plug igniter)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้จ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่หัวเทียน เพื่อให้หัวเทียนอุ่นอากาศในห้องเผาไหม้ ใช้ในขณะที่ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ เมื่อเครื่องยนต์ติดแล้วก็จะถอดอุปกรณ์นี้ออก

- เชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่ใช้กับเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุนั้น จะเป็นส่วนผสมของ ไนโตรมีเทน (Nitromethane) กับน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งจะมีเมธานอล (Methanol) เป็นส่วนผสมหลัก โดยน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเฮลิคอปเตอร์ทั่วไปจะผสม ไนโตรมีเทน 15 % หากต้องการกำลังมากขึ้นก็จะเพิ่มส่วนผสมเป็น 20 %



รูปที่ 2-2 อุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องใช้ร่วมกับเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ

- ปั๊มเติมน้ำมันเชื้อเพลิง

เนื่องจากถังน้ำมันเชื้อเพลิงของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุนั้นเป็นแบบปิด จึงไม่มีช่องเปิดสำหรับเติมน้ำมันเชื้อเพลิงแบบถังทั่วไป จะมีเพียงท่อส่งน้ำมันเชื้อเพลิงและท่อระบายอากาศต่ออยู่เท่านั้น การเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันเชื้อเพลิงจึงจำเป็นต้องใช้ปั๊มในการช่วยเติม โดยจะต่อปั๊มเข้าไปที่ท่อส่งน้ำมันเชื้อเพลิงที่ออกจากถัง แล้วปั๊มน้ำมันจากถังเก็บให้ไหลเข้าสู่ถังน้ำมันเชื้อเพลิงของเฮลิคอปเตอร์ ซึ่งปั๊มที่ใช้ก็จะมีทั้งแบบทำงานด้วยมือ และแบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า

2.2 ชุดเครื่องพ่นสารเคมี (SPRAYER UNIT)

2.2.1 ประเภทของเครื่องพ่นสารเคมี

แบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ

1. เครื่องพ่นสารเคมีแบบผง
2. เครื่องพ่นสารเคมีแบบละออง

ประเภทนี้แบ่งได้อีก 4 ประเภทดังนี้

- เครื่องพ่นสารเคมีโดยใช้ความดันของของเหลว (Hydraulic Sprayer)

เป็นเครื่องพ่นซึ่งสารเคมีที่ใช้จะละลายอยู่ในรูปของเหลว หรือเป็นผงละลายได้ เครื่องพ่นสารเคมีประเภทนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ชนิดให้ความดันสูงและใช้ความดันต่ำเครื่องพ่นสารเคมีชนิดใช้ความดันต่ำ โดยทั่วไปความดันจะน้อยกว่า 7 บาร์ และใช้กับสารเคมีที่ไม่ตกตะกอนง่าย และไม่ทำให้เกิดการขูดขีด เครื่องพ่นสารเคมีชนิดที่ใช้ความดันสูง ความดันที่ใช้ขึ้นอยู่กับขีดจำกัดของปั๊มที่ใช้ และใช้กับสารเคมีที่ละลายในน้ำที่เป็นวัสดุขูดขีด (brasive material)

- เครื่องพ่นสารเคมีโดยใช้อากาศ (Air-blast Sprayer)

เป็นเครื่องที่พ่นสารเคมีออกมาโดยสารเคมีเข้าผสมกับกระแสลมที่มีความเร็วสูงส่วนมากใช้กับสวนผลไม้ พืชที่ปลูกเป็นแถว อัตราการพ่นสารเคมีตั้งแต่ 56 - 112 ลิตรต่อแฮกเตอร์ ถึง 5600 ลิตรต่อแฮกเตอร์ พัดลมที่ให้กระแสลมจะมีทั้งแบบแอ็คเชียล (Axial flow fans) และแบบหอยโข่ง (Centrifugal fans) เครื่องพ่นขนาดใหญ่ที่ใช้ในสวนผลไม้ ความเร็วกระแสลมประมาณ 113-201 กม. ต่อ ชม. เครื่องพ่นสารเคมีขนาดเล็กที่ใช้ความดันของอากาศ จะเป็นเครื่องพ่นแบบใช้มืออัด

- เครื่องพ่นสารเคมีแบบละอองหมอก (Aerosol Generators)

เครื่องพ่นสารเคมีแบบละอองหมอก (Aerosol Generator) สามารถพ่นสารเคมีให้เป็นละอองที่เล็กมาก ใช้ในงานเกษตรน้อยมาก

- เครื่องบินพ่นสารเคมี (Aircraft Sprayer)

เป็นเครื่องพ่นสารเคมีที่ใช้เวลาพ่นสารเคมีน้อยเมื่อเทียบกับเครื่องพ่นสารเคมีชนิดอื่น ทั้งนี้เพราะพ่นได้เร็วและได้เนื้อที่ที่พ่นสารเคมีมาก นอกจากนี้ยังสามารถพ่นสารเคมีในบริเวณที่เครื่องพ่นสารเคมีบนพื้นดินทำงานไม่ได้ แต่การทำงานของเครื่องพ่นชนิดนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะของอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบโครงงานได้ใช้เครื่องบินพ่นสารเคมี เนื่องจากพ่นสารเคมีได้รวดเร็วและได้เนื้อที่พ่นสารเคมีมาก และยังสามารถพ่นสารเคมีในบริเวณที่เครื่องพ่นสารเคมีทั่วไปทำงานไม่ได้

2.2.2 ลักษณะการใช้งานของเครื่องพ่นสารเคมี

เครื่องพ่นสารเคมีใช้ในทางเกษตรกรรม ส่วนมากจะใช้พ่นสารเคมีเพื่อ

- กำจัดแมลง (insecticides)
- กำจัดราหรือโรคพืช (fungicides)
- กำจัดวัชพืช (hebicides)
- ให้ฮอร์โมนหรือสารเคมีกระตุ้นการเจริญเติบโต (hormone or growth regulating)

2.2.3 ส่วนประกอบของเครื่องพ่นสารเคมี

- ถังบรรจุน้ำยาเคมี (TANK)
- ปั๊มพ่นสารเคมี (PUMP)
- แขนพ่น (Boom) และหัวฉีด (Nozzle)

2.2.3.1 ถังบรรจุสารเคมี (TANK)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้บรรจุสารเคมีที่ใช้พ่น โดยที่คุณสมบัติที่ดีของถังมีดังนี้

- ทำความสะอาดง่าย
- น้ำยาที่เหลือตกค้างมีปริมาณน้อย
- น้ำหนักเบา
- ทนต่อการกัดกร่อนของน้ำยาเคมี

ดังนั้นจากคุณสมบัติที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ทำให้เราสามารถที่จะเลือกถังบรรจุน้ำยาเคมีเพื่อให้ได้คุณลักษณะที่เหมาะสม โดยถังจะมีลักษณะเบื้องต้นดังนี้

- เป็นถังรูปร่างที่มีก้นถังไม่แบนราบ
- วัสดุทำจากอลูมิเนียม พลาสติก หรือ ไฟเบอร์กลาส เพื่อป้องกันการทำ ปฏิกิริยาเคมีกับสารละลายเคมี
- มีรูระบายน้ำยาทิ้งที่ก้นถัง

การเลือกขนาดความจุของถังจะพิจารณาจากปัจจัยเหล่านี้

- อัตราการพ่นของหัวฉีด (ลิตร/ชั่วโมง)
- พื้นที่ทำการฉีดพ่นสารเคมีแต่ละครั้ง(ไร่)และปริมาตรของสารเคมีที่ฉีดพ่นต่อหน่วยพื้นที่(ลิตร/ไร่)
- ความยาวของแขนพ่น ซึ่งมีผลต่อจำนวนหัวฉีด (เมตร)
- ระยะห่างระหว่างหัวฉีด ซึ่งมีผลต่อจำนวนหัวฉีด (เซนติเมตร)
- น้ำหนักบรรทุกเมื่อบรรจุสารเคมีเต็มพิกัด

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

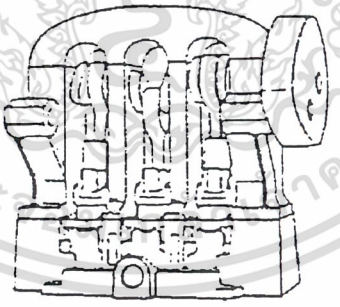
2.2.3.2 ปั๊มสารเคมี (PUMP)

ทำหน้าที่ดูดน้ำสารเคมีจากถังบรรจุ แล้วส่งน้ำสารเคมีนี้ภายใต้ความดันสูงไปยังลิ้นปรับความดัน และควบคุมความดัน เพื่อควบคุมความดันของน้ำสารเคมีให้ถูกต้องตามที่กำหนดก่อนที่จะผ่านไปยังลิ้นบังคับทิศทางและหัวฉีด ปั๊มที่ใช้กับเครื่องพ่นสารเคมีมีอยู่หลายชนิด การเลือกใช้ปั๊มแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับปริมาตรที่สามารถให้น้ำสารเคมีออกความเร็วในการทำงาน ความกดดันที่ใช้ และความทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี การเลือกขนากของปั๊ม ควรเลือกขนาดของปั๊มให้มีขนาดใหญ่ หรือความสามารถในการส่งปริมาตร หรือปริมาณสารเคมีได้มากกว่าที่ต้องการ เพื่อทดแทนการนำปริมาตรสารเคมีไปใช้ในการกวนน้ำยาเคมีในถังและไว้ใช้ในกรณีที่มีการใช้สารเคมีมากผิดปกติ นอกจากนี้ปั๊มที่ให้ปริมาตรสารเคมีมากจะช่วยลดเวลาในการเติมสารเคมีลงถังภายหลังด้วย ปั๊มที่ใช้โดยทั่วไป จะใช้กำลังขับให้ปั๊มเครื่องยนต์เป็นต้นกำลัง

ปั๊มของเครื่องพ่นสารเคมีแบ่งออกได้เป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้

- ปั๊มลูกสูบ (Piston or plunger pumps)

เป็นปั๊มที่ใช้กันทั่วไปสำหรับเครื่องพ่นประเภทใช้ความดันสูง และใช้กับสารเคมีหลายชนิดรวมทั้งสารเคมีที่เป็นผงละลายน้ำที่อาจขูดสึกกับส่วนประกอบของปั๊ม ปั๊มชนิดนี้จะมีลูกสูบ กระบอกสูบ หรือส่วนประกอบอื่น ๆ ทำด้วยวัสดุทนต่อการขูดและการกัดกร่อนได้ ราคาของปั๊มจะแพงกว่าปั๊มชนิดอื่นๆ เป็นปั๊มที่ให้ประสิทธิภาพสูงในการส่งปริมาตรสารเคมี โดยทั่วไป ประมาณ 90 %



รูปที่ 2-3 ปั๊มลูกสูบ

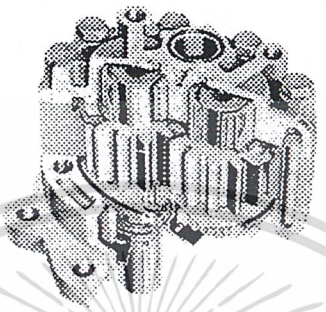
- ปั๊มลูกกลิ้ง (Roller pump)

เป็นปั๊มที่ใช้ทั่วไปกับเครื่องพ่นประเภทใช้ความดันต่ำ วัสดุที่ใช้ทำลูกกลิ้งส่วนมากจะทำด้วยสารไนลอน หมุนอยู่ภายในเรือนปั๊มที่ทำด้วยวัสดุทนต่อการกัดกร่อนและเป็นสนิม ปั๊มชนิดนี้เป็นปั๊มกระทัดรัดและราคาไม่แพงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปั๊มเฟือง (Gear pump)

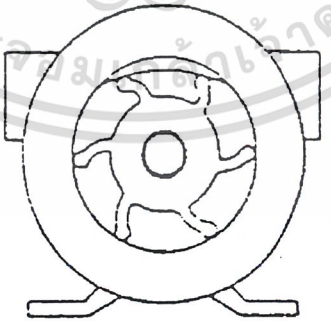
ปั๊มชนิดนี้ใช้กันมากเช่นเดียวกับเครื่องพ่นประเภทใช้ความดันต่ำ ราคาไม่แพงแต่ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้กับวัสดุที่ทำให้เกิดการขูดหรือเสียดสีกับชิ้นส่วนของปั้มหรือสารเคมีที่ละลายแขวนลอยอยู่ในน้ำ ความดันที่ใช้สำหรับปั๊มลูกกลิ้งและปั๊มเฟืองไม่ควรเกิน 7 บาร์



รูปที่ 2-4 ปั๊มเฟือง

- ปั๊มหอยโข่ง (Centifugal pump)

ปั๊มชนิดนี้ใช้กับเครื่องพ่นประเภทความดันสูง และต้องการปริมาณสารเคมีที่ส่งออกมาก การทำงานของปั๊มขึ้นอยู่กับแรงเหวี่ยงที่เกิดขึ้นภายในปั๊ม ปั้มชนิดนี้ใช้มากเพราะลักษณะการสร้างปั้มง่ายและสามารถส่งสารเคมีที่มีลักษณะคมทำให้เกิดการขูดได้ ใช้ได้ทั้งเครื่องพ่นสารเคมีโดยใช้แรงดันของเหลวและใช้แรงดันจากอากาศความเร็วที่ใช้ทำให้ปั้มทำงานอยู่ ระหว่าง 1000-4000 รอบต่อนาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความดันและขนาดของใบปั๊มด้วย ประสิทธิภาพการทำงานประมาณ 70 %



รูปที่ 2-5 ปั๊มหอยโข่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.3 แขนพ่นและหัวฉีด (BOOM & NOZZLE)

2.2.3.3.1 แขนพ่น (Boom)

เป็นอุปกรณ์นำสารเคมีจากถังบรรจุไปยังหัวฉีดซึ่งวางอยู่ตามแขนพ่นเป็นระยะๆ แขนพ่นนี้เมื่อวางในตำแหน่งแนวราบ หรือแนวดิ่งจะต้องมั่นคง มิฉะนั้นการกระจายของน้ำยาสารเคมีบนพื้นที่จะไม่กระจายอย่างสม่ำเสมอ กรณีที่แขนพ่นมีความยาวมากเกินไปแขนพ่นควรจะทำให้สามารถพับเก็บได้

2.2.3.3.2 หัวฉีด (Nozzle)

หัวฉีดเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญของเครื่องพ่นสารเคมี ซึ่งให้สารเคมีกระจายเป็นละอองออกมา หัวฉีดจะทำหน้าที่สำคัญ 4 อย่าง คือ

- กำหนดจำนวนน้ำยาสารเคมี (Meter liquid)
- พ่นน้ำยาสารเคมีให้เป็นละออง (Atomizes liquid)
- กระจายน้ำยาสารเคมีตามลักษณะ (Disperses the droplets)
- ให้การเคลื่อนที่ของละอองน้ำยาสารเคมี (Propels the droplets)

หัวฉีดทำหน้าที่ให้น้ำยาสารเคมีในลักษณะของอัตราการไหลของสารเคมี (Flow rate) และการเป็นละอองน้ำยา (Atomization) อัตราการไหลของสารเคมีทางเกษตร จะใช้ความดันขนาด 0.7-7 บาร์ ความหนาแน่นและความหนืดของน้ำยาสารเคมีจะมีผลต่ออัตราการพ่นสารเคมีเช่นกัน อัตราสารเคมีที่พ่นออกมาสามารถคำนวณได้ดังนี้[6]

$$\text{อัตราสารเคมี(ลิตรต่อเฮกเตอร์)} = \frac{600 \times \text{อัตราไหลของหัวฉีด(ลิตรต่อนาที)}}{\text{ระยะห่างระหว่างหัวฉีด(เมตร)} \times \text{ความเร็ว(กม.ต่อชม.)}}$$

(1 เฮกเตอร์ = 6.25 ไร่)

หัวฉีดโดยทั่วไปแบ่งออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้

- หัวฉีดแบบกรวยกลวง (Hallow cone)

เป็นหัวฉีดที่ใช้มากสำหรับพ่นสารเคมีที่เป็นของเหลว ลักษณะการกระจาย (Spray pattern) ของละอองสารเคมีที่ออกมา จะเป็นรูปกรวยกลวงซึ่งบริเวณตรงกลางจะไม่มีละอองเคมี ละอองสารเคมีที่กระจายออกมาจะมีส่วนสัดจากแกนหัวฉีดเท่ากัน และมุมการกระจายจะเป็นไปตามอัตราการพ่นสารเคมี ลักษณะรูปการกระจายของละอองสารเคมีจะเกิดจากการส่งสารเคมีผ่านไส้แกน (Core) ตรงทางออกของหัวฉีด หรือจากการผ่านสารเคมีเข้าสู่ช่องว่างภายในหัวฉีดในแนวเฉียง (tangential passages) ทำให้เกิดการเคลื่อนหมุน (Swirling motion) ของสารเคมีและมีผลทำให้ลักษณะละอองสารเคมีรูปกรวยไม่มั่นคง (unstable conical film) กระจายออกมาเป็นรูปกรวยกลวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หัวฉีดแบบกรวยตัน (Solid Cone)

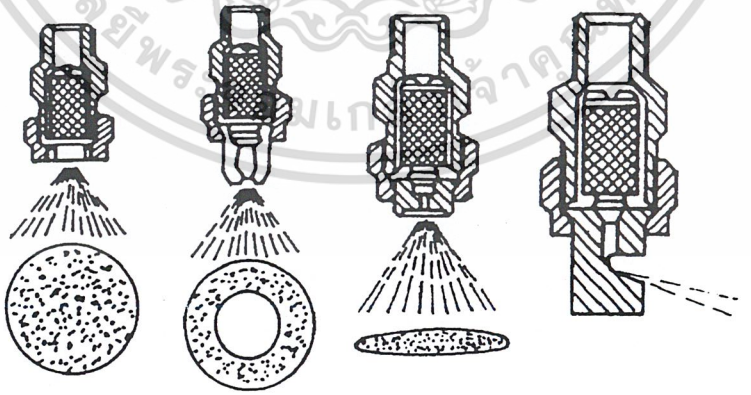
ลักษณะการกระจายของสารเคมีจะเป็นรูปกรวยเช่นกัน แต่กระจายเต็มรูปกรวย โดยน้ำยาสารเคมีจะออกตรงบริเวณแกนกลางของหัวฉีดด้วย หัวฉีดประเภทให้ลักษณะของละอองสารเคมีออกเป็นรูปกรวยนี้ ใช้เป็นการป้องกันและกำจัดแมลงโรคราต่าง ๆ กับพืชที่ปลูกเป็นร่องแถว ความดันที่ใช้กับหัวฉีดชนิดนี้ประมาณ 5.5 บาร์ จะทำให้หัวฉีดทำงานได้ดี มุมของละอองสารเคมีที่กระจายออกมาจากหัวฉีดจะมีค่าตั้งแต่ 30-120 องศา

- หัวฉีดแบบรูปพัด (Fan or Flat spray)

เป็นหัวฉีดที่กระจายละอองสารเคมีออกมา ในรูปลักษณะรูปแคบรี (Narrow elliptical pattern) คล้ายรูปพัด ลักษณะการกระจายเกิดจากน้ำยาสารเคมีส่งมาตามร่อง ภายในหัวฉีดออกสู่ช่องขวางที่เจาะลึกเว้าเข้าด้านในหน้าหัวฉีด หัวฉีดชนิดนี้ใช้กับการพ่นสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันหรือกำจัดวัชพืช แมลงและสำหรับการพ่นปุ๋ยให้กับพืชมุมของสารเคมีที่กระซ้อนกันอย่างเหมาะสม การกระจายของสารเคมีบนพื้นที่จะคลุมไปทั่วอย่างสม่ำเสมอ ความดันที่ใช้ส่วนมากจะอยู่ประมาณ 2-4 บาร์ (30-60 ปอนด์ ต่อ ตารางนิ้ว)

- หัวฉีดแบบไหลกระจาย (Flooding spray)

หัวฉีดชนิดนี้จะให้สารเคมีไหลออกมาทางรูเปิด (Orifice) และปล่อยให้กระทบกับตัวก้น (defector) แล้วฉีดกระจายออกเป็นละอองโดยมีมุมการกระจายของสารเคมีระหว่าง 70-160 องศา หัวฉีดชนิดนี้ส่วนใหญ่จะติดตั้งในตำแหน่งที่แกนของหัวฉีดอยู่ในแนวตั้ง แต่ก็สามารถติดตั้งในตำแหน่งแนวราบได้ โดยทั่วไปจะใช้พ่นปุ๋ยแบบกระจายและใช้กับสารเคมีในการกำจัดวัชพืชในแปลงพืชที่เจริญเติบโตเป็นต้นอ่อนแล้ว (post-emergence application)



ก ข ค ง

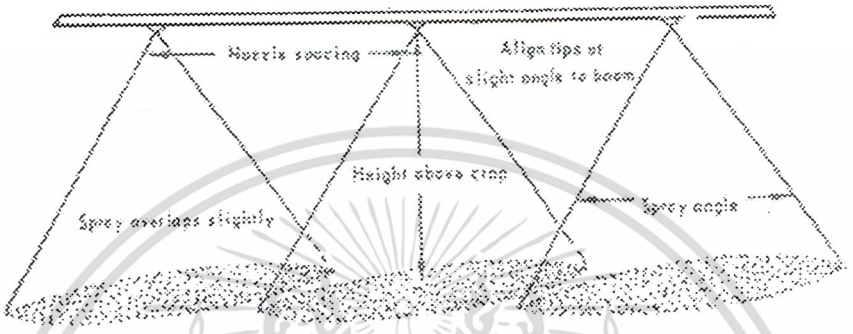
รูปที่ 2-6 ก.หัวฉีดแบบกรวยตัน ข. หัวฉีดแบบกรวยกลวง ค. หัวฉีดแบบรูปพัด
ง. หัวฉีดแบบไหลกระจาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

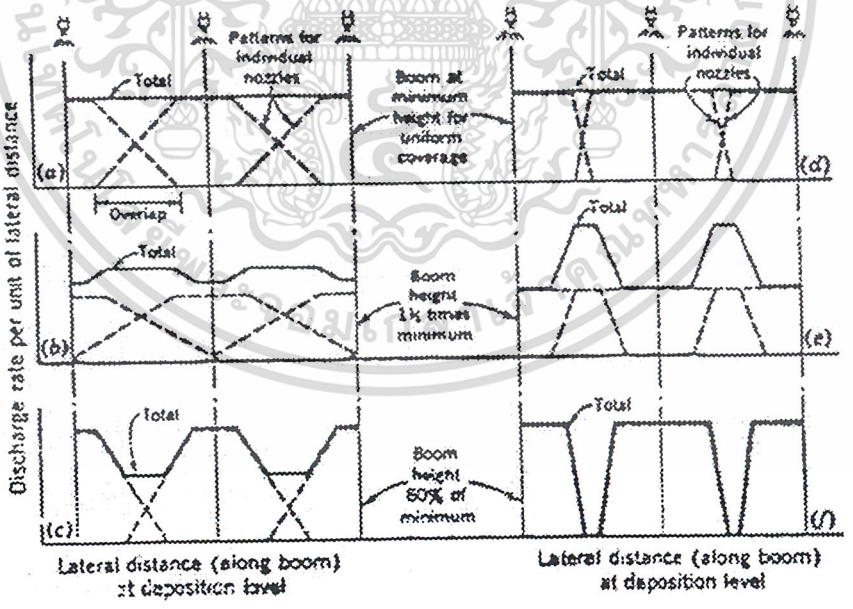
การกระจายของละอองสารเคมี

การพ่นสารเคมีบนพื้นที่เพาะปลูก ตำแหน่งของแขนพ่นหรือหัวฉีดจะขึ้นอยู่กับ

1. ระห่างระหว่างหัวฉีด
2. มุมของละอองสารเคมีพ่นจากหัวฉีด
3. พื้นที่ต้องการพ่นซ้อนเพื่อให้รับสารเคมีสม่ำเสมอ



รูปที่ 2-7 ลักษณะการกระจายของละอองสารเคมี



รูปที่ 2-8 ความสูงของแขนพ่นที่มีผลต่อความสม่ำเสมอของการกระจายละอองสารเคมีบนพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

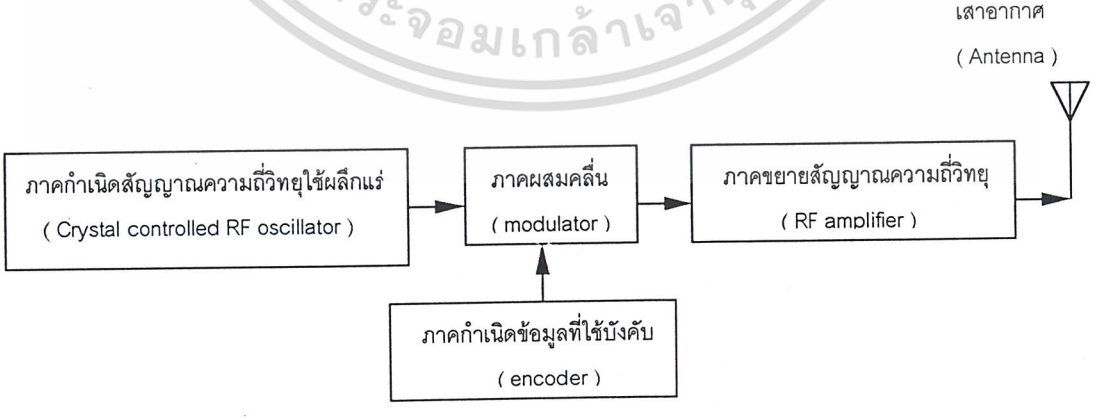
ลักษณะการกระจายของละอองสารเคมีออกจากหัวฉีด แต่ละชนิดมีผลต่อองค์ประกอบดังกล่าว หัวฉีดแบบให้ลักษณะการกระจายเป็นกรวยกลวง ความสูงต่ำของแขนพ่นจะมีผลกระทบต่อความสม่ำเสมอของสารเคมีบนพื้นที่ มากกว่าหัวฉีดที่ให้ลักษณะการกระจายแบบรูปพัดและแบบกรวยตัน อย่างไรก็ตามการวางตำแหน่งแขนพ่นสูงเกินจะทำให้เกิดบริเวณที่ได้รับสารเคมีซับซ้อนมาก แต่มีผลกระทบกระเทือนต่อความสม่ำเสมอของสารเคมีพื้นที่ทั้งหมดน้อยกว่าการวางตำแหน่งแบนพ่นให้ต่ำเกินไป ความสูงของแขนพ่นควรจะอยู่ในตำแหน่งที่ความกว้างทั้งหมดของลักษณะการกระจายละอองสารเคมีของหัวฉีดแต่ละหัวบนพื้นที่ได้รับสารเคมี มีค่ามากกว่า 50 % ของระยะห่างของหัวฉีดแต่ละหัว ปริมาณน้ำยาสารเคมีที่ใช้ต่อพื้นที่เพาะปลูกที่ออกจากเครื่องพ่นสารเคมีจะขึ้นอยู่กับ

- ระยะห่างระหว่างหัวฉีดแต่ละหัวที่แขนพ่น
- ความดันที่หัวฉีดและขนาดของหัวฉีด
- ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องพ่น

2.2.4 ชุดควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ (CONTROL UNIT)

โดยปกติเมื่อเราจะบังคับให้อะไรทำงาน จะต้องประกอบด้วยผู้ออกคำสั่งและผู้รับคำสั่งไปปฏิบัติ สำหรับการบังคับด้วยวิทยุผู้ออกคำสั่งบังคับและส่งคำสั่งนั้นออกไปก็คือเครื่องส่งวิทยุ (Transmitter) ซึ่งประกอบด้วยภาคกำเนิดข้อมูลที่ใช้บังคับ (encoder) ภาคกำเนิดสัญญานความถี่วิทยุ (RF source) และภาคผสมคลื่น (modulator) ส่วนผู้รับคำสั่งไปปฏิบัติจะแบ่งเป็น 2 ชุด ชุดแรกคือเครื่องรับวิทยุ (receiver) ซึ่งจะมีภาครับ

สัญญาณวิทยุ (RF source) ภาคดีเทคเตอร์ (detector) ภาคขยาย IF ภาคถอดรหัสสัญญาณวิทยุ (decoder) ชุดที่สองจะเป็นผู้รับข้อมูลจากภาคถอดรหัสสัญญาณไปเปลี่ยนแปลงเป็นการเคลื่อนไหวทางกล เราเรียกชุดที่สองนี้ว่า เซอร์โว (servo)



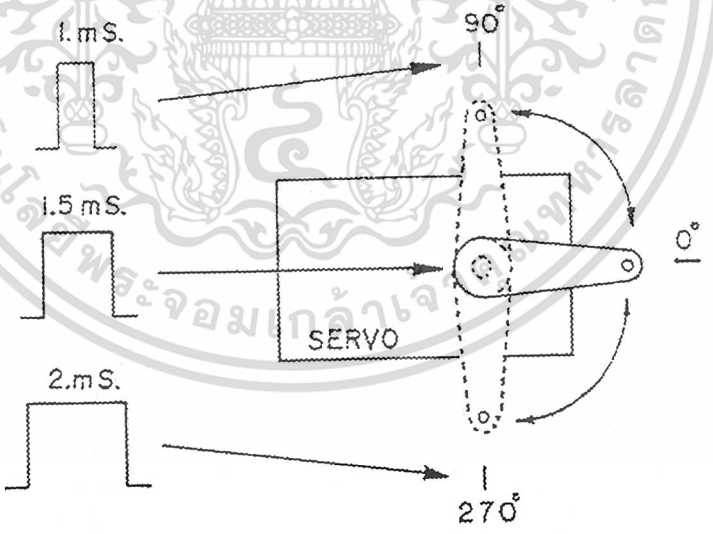
รูปที่ 2-9 ผังการทำงานของเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของเครื่องส่งวิทยุที่ใช้ในการบังคับวิทยุนี้ก็คือ การส่งสัญญาณใดๆ ออกไปยังเครื่องรับโดยอาศัยคลื่นวิทยุเป็นตัวกลางนำสัญญาณนี้ไป เช่น เราต้องการให้เกิดการเคลื่อนไหวของสิ่งประดิษฐ์ที่มีเครื่องรับวิทยุติดตั้งอยู่ เราจะส่งข้อมูลบังคับการเคลื่อนไหวโดยการโยกคันบังคับ (Control stick) เป็นการสั่งให้เกิดการเคลื่อนไหวที่เซอร์โว ซึ่งติดตั้งรวมอยู่กับเครื่องรับ การทำงานของเครื่องรับก็คือรับสัญญาณวิทยุจากเครื่องส่งที่ที่ส่งมา แล้วทำการถอดรหัสสัญญาณบังคับซึ่งอาจส่งให้เกิดการทำงานมากกว่า 1 อย่างแล้วส่งสัญญาณบังคับนี้ไปสั่งให้ตัวถ่ายทอดกำลังทางกลคือเซอร์โว เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวตามที่ต้องการ ชุดบังคับด้วยวิทยุ 1 ชุดจะประกอบด้วย เครื่องส่ง เครื่องรับ และเซอร์โวเท่าจำนวนงานที่ต้องการบังคับ เช่น ต้องการให้เดินหน้า หรือ ถอยหลังต้องการเลี้ยวซ้าย หรือขวา ก็ต้องให้บังคับจำนวน 2 อย่าง เรียกว่า 2 แชนเนล (channel) ต้องมีเซอร์โว 2 ตัวเป็นต้น

การบังคับเซอร์โว เลือกบังคับได้ 2 แบบคือ

1. แบบบังคับให้ปิด-เปิดวงจรไฟฟ้า เช่น การนำไปควบคุมโซลินอยด์รีเลย์
2. แบบพร็อบพอริชันแนล (Proportional) เป็นการบังคับให้ปลายทางมีการเคลื่อนไหวต่อเนื่องเป็นสัดส่วนเช่นเดียวกันกับทางเครื่องบังคับ เช่น โยกคันบังคับไปทางซ้ายเล็กน้อย เซอร์โวจะหมุน หรือเคลื่อนไปทางซ้ายเล็กน้อยเมื่อโยกคันบังคับกลับมาที่เดิมเซอร์โว ก็จะหมุนหรือเคลื่อนที่กลับมาที่เดิม โดยทั่วไปแขนของเซอร์โวสามารถหมุนได้ถึง 180 องศา ขึ้นอยู่กับความกว้างของสัญญาณ



รูปที่ 2-10 ตำแหน่งของแขนเซอร์โวกับความกว้างของสัญญาณ

จำนวนแชนเนลที่จะใช้ในงานบังคับด้วยวิทยุอาจมีตั้งแต่ 1 แชนเนล ไปจนถึง 14 แชนเนล ซึ่งสามารถใช้บังคับให้ทำงานต่าง ๆ ได้ถึง 14 อย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่านความถี่ที่ใช้ในการบังคับวิทยุที่นิยมใช้คือย่าน 27 MHz เริ่มตั้งแต่ 26.995 MHz จนถึง 27.255 MHz นอกจากนั้นก็มีย่าน 40 MHz 72 MHz และ 75 MHz กำลังส่งออกจะอยู่ระหว่าง 300 มว. ถึง 1 วัตต์ ทั้งเครื่องส่งและเครื่องรับเป็นชนิดใช้ผลึกแร่บังคับส่ง ระบบของการผสมคลื่น (Modulation) ที่ใช้ในปัจจุบันมี 2 ระบบ

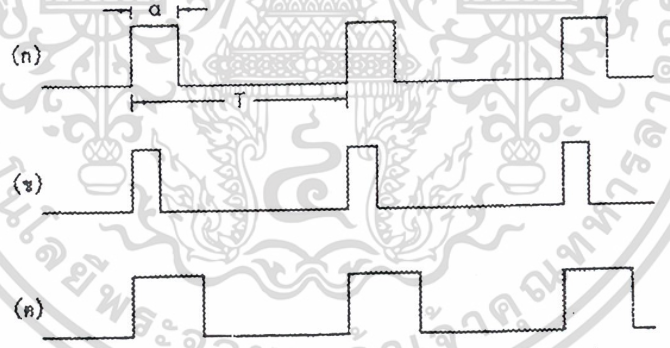
1. ระบบ AM (Amplitude Modulation)
2. ระบบ FM (Frequency Modulation)

ลักษณะการควบคุมการทำงานของชุดวิทยุบังคับมีดังนี้

- ชุดส่งสัญญาณ

เครื่องส่งวิทยุบังคับเครื่องหนึ่งจะแบ่งเป็นภาคต่าง ๆ ได้พอสังเขปดังนี้

1. ภาคกำเนิดข้อมูลที่ใช้บังคับ (Encoder)
2. ภาคกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ (RF Source) ซึ่งรวมทั้งภาคขยายความถี่ (RF Amplifier) และสายอากาศ (Antenna) ด้วย
3. ภาคผสมคลื่น (Modulation)
4. แหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 2-11 ลักษณะของพัลซ์

- ภาคกำเนิดข้อมูลที่ใช้บังคับ (Encoder)

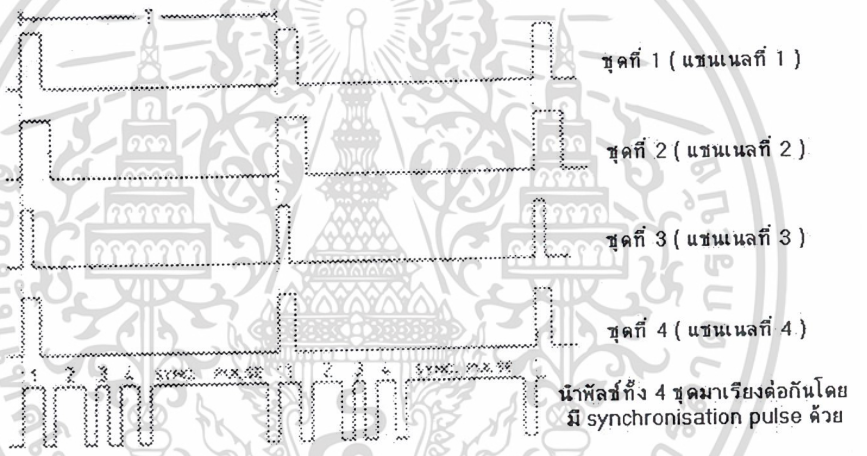
ในระบบบังคับด้วยวิทยุแบบ Proportional นั้นสัญญาณควบคุมที่ไปถึงเซอร์โวจะต้องมีลักษณะดังรูป (ก) แสดงลักษณะปกติของพัลซ์โดย a เป็นความกว้างของพัลซ์ และ t เป็นช่วงคาบเวลาของสัญญาณควบคุมดังนั้น เมื่อความกว้างของพัลซ์แต่ละลูกเปลี่ยนไปเป็นน้อยลงดังรูป (ข) หรือมากขึ้นรูป (ค) ก็จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของเซอร์โวตามที่มีการเปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลซ์ เช่น เมื่อความกว้างของพัลซ์มีค่าเท่า รูป (ก) เซอร์โวจะอยู่ในตำแหน่งกลาง (neutral) และหยุดนิ่งกับที่ ขณะที่ความก้างของพัลซ์ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น รูป (ข) (โดยที่ช่วงคาบเวลา t ยังคงที่) จะทำให้เซอร์โวหมุนเคลื่อนที่ไปทางซ้ายเป็นมุมประมาณ 10 องศา แล้วหยุดนิ่งกับที่จนเมื่อความก้างของพัลซ์เพิ่มขึ้นดังรูป (ค) (โดยที่ช่วงคาบเวลา t ยังคงที่) จะทำให้เซอร์โวหมุนเคลื่อนที่ไปทางขวาผ่านจุด neutral เลยไปอีก 10 องศา แล้วหยุดนิ่งกับที่เป็นต้น

แสดงว่าการเคลื่อนที่ของเซอร์โวขึ้นอยู่กับความกว้างของพัลซ์ดังนั้นการควบคุมเซอร์โว 1 ชุด จะต้องใช้พัลซ์ 1 ชุด ถ้าเราต้องการควบคุมเซอร์โวมากกว่า 1 ชุด เราจะต้องกำเนิดสัญญาณพัลซ์มากกว่า 1 ชุด ที่เป็นอิสระไม่ขึ้นต่อกัน คือ เมื่อความกว้างพัลซ์ชุดที่ 1 เพิ่มขึ้นหรือลดลงจะไม่มีผลไปเปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลซ์ในชุดอื่นๆ เมื่อเรากำเนิดพัลซ์ครบตามจำนวนที่ต้องการใช้บังคับ เช่นต้องการบังคับ 6 แบบก็ต้องสร้างพัลซ์ขึ้นมา 6 ชุด (จะทำการบังคับได้ 6 แบบ หรือ 6 แชนเนล) แล้วนำมาเรียงกับแบบอนุกรมเป็นขบวนของพัลซ์ (Pulse train) โดยมีคาบเวลา (T) คงที่ค่าหนึ่งดังรูปที่ 2-12

เมื่อกำเนิดขบวนการขอบพัลซ์ได้ครบตามจำนวนแชนเนลที่เราจะบังคับแล้วเราจะนำสัญญาณความถี่วิทยุ (RF signal) ต่อไปในภาคผสมคลื่น



รูปที่ 2-12 การรวมพัลซ์แต่ละชุดเข้าด้วยกัน

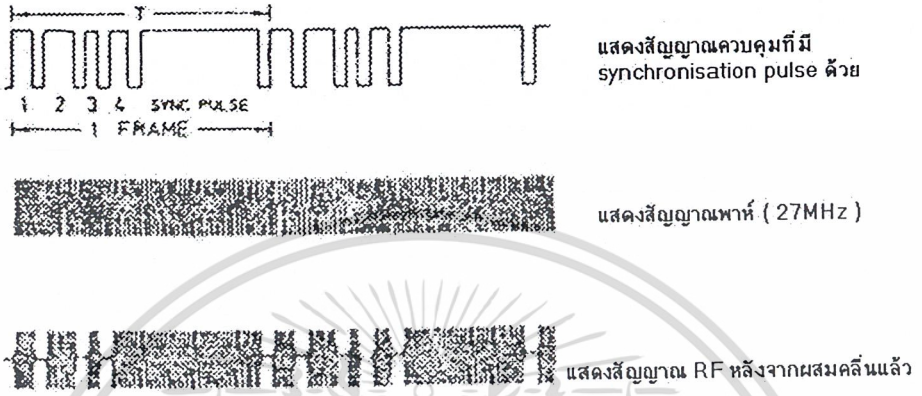
- ภาคกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ (RF Source)

ในภาคกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ หัวใจสำคัญที่กำหนดความเที่ยงตรงของความถี่ที่เรียกว่า คริสตอล ซึ่งอยู่ในวงจรออสซิลเลเตอร์ชนิดควบคุมความถี่ด้วยผลึกแร่ ยกตัวอย่างเครื่องส่งในย่านความถี่ 27 MHz จึงต้องใช้คริสตอลในย่านความถี่นี้เช่นกัน เมื่อได้สัญญาณ RF ออกมาจากวงจรออสซิลเลเตอร์แล้วจะต้องส่งไปผสมกับสัญญาณควบคุมที่เรากำเนิดขึ้นมาดังกล่าวแล้ว โดยมีตัวผสมสัญญาณเป็นภาคผสมคลื่น (modulator) แล้วขยายสัญญาณทั้งหมดให้มีกำลังแรงขึ้นเพื่อป้อนเข้าสู่สายอากาศแล้วส่งผ่านอากาศต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภาคผสมคลื่น (Modulator)

ในการผสมคลื่นแบบ AM ใช้ในชุดบังคับด้วยวิทยุนี้ทำได้โดยการสวิทซ์ตัวสัญญานพาห์ด้วยทรานซิสเตอร์ที่สามารถทำงานเป็นตัวสวิทซ์ได้ที่ความถี่สูงๆ ลักษณะของสัญญาณ RF ที่ออกมาจากการผสมสัญญาณควบคุมกับสัญญาณจาก RF oscillator จะเป็นดังรูปที่ 2-13



รูปที่ 2-13 การผสมคลื่น

- แหล่งจ่ายไฟ

แหล่งจ่ายไฟตรงให้แก่เครื่องส่งมี 2 ชนิด

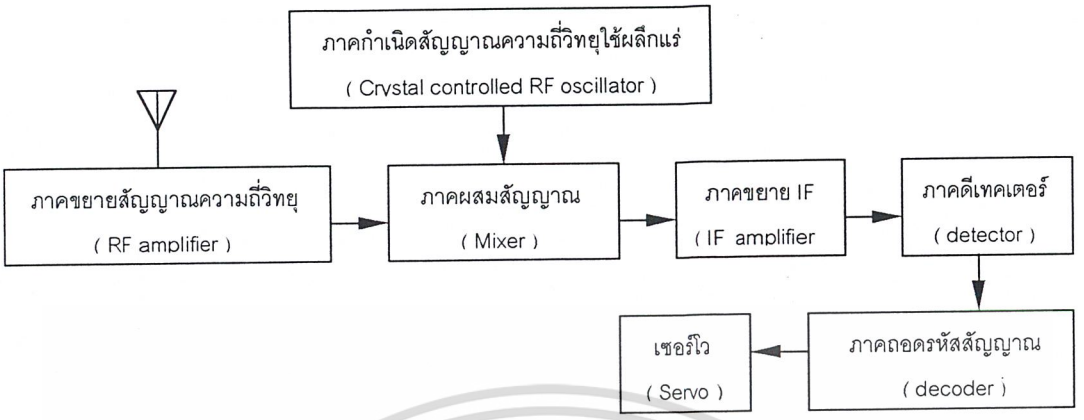
1. แบตเตอรี่แห้งชนิดชาร์จไฟใหม่ได้เป็นนิเกิลแคดเมี่ยมแบตเตอรี่ขนาด 10 V ความจุ 450 mAh ซึ่งต้องมีเครื่องชาร์จไฟภายนอกเสียบด้วยแจ็คสำหรับชาร์ทไฟกับตัวเครื่องส่ง
2. แบตเตอรี่แห้งชนิดชาร์จไฟใหม่ไม่ได้ซึ่งก็คือถ่านไฟฉายก้อนเล็กต่อกันได้แรงเคลื่อนประมาณ 12 V มีราคาถูกกว่าชนิดแรกมากโดยปกติ สำหรับแบตเตอรี่นิเกิลแคดเมี่ยม เมื่อชาร์จไฟเต็มควรจะใช้งานกับเครื่องส่งได้ไม่ต่ำกว่า 3 ชม. โดยมักจะมีมิเตอร์บนตัวเครื่องส่งแสดงค่าแรงดันของแบตเตอรี่

- ชุดรับสัญญาณ

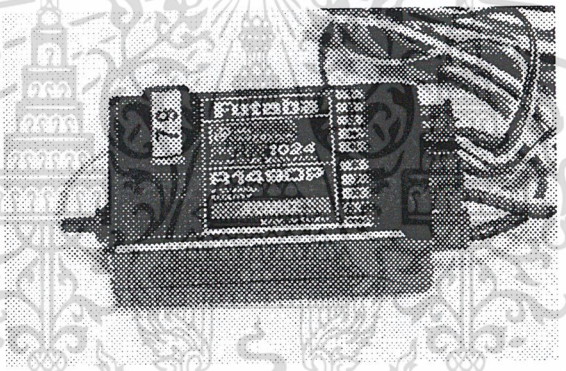
เครื่องรับวิทยุ (Receiver) ในชุดบังคับวิทยุทำหน้าที่รับคลื่นวทยุที่ส่งเพื่อแปลงสัญญาณที่ส่งมานั้นให้เป็นสัญญาณที่ใช้บังคับให้ตัวเซอร์โว (servo) เคลื่อนที่ลักษณะสำคัญของเครื่องรับที่เราต้องการก็คือ ต้องมีน้ำหนักเบา มีขนาดเล็ก มีความไวในการรับสัญญาณวิทยุสูง ทนทานต่อการกระเทือนได้ดี กินกำลังไฟน้อยด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2-14 ผังการทำงานของชุดเครื่องรับ



รูปที่ 2-15 เครื่องรับสัญญาณ

หลักการทำงานของเครื่องรับ

จากรูปที่ 2-13 เมื่อสัญญาณวิทยุจากเครื่องส่งผ่านสายอากาศเข้ามาเครื่องรับจะผ่านขั้นตอนต่างๆ ในเครื่องรับ ซึ่งจะมีส่วนประกอบดังนี้

1. ภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุ (RF Amplifier)
2. ภาคกำเนิดความถี่วิทยุ (RF Oscillator)
3. ภาคผสมคลื่น (Mixer)
4. ภาคขยายความถี่ IF (IF Amplifier)
5. ภาคดีเทคเตอร์ (Detector)
6. ภาคถอดรหัสสัญญาณ (Decoder)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42444

- ภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุ (RF Amplifier)

เมื่อสัญญานวิทยุเดินทางผ่านอากาศมากระทบกับสายอากาศซึ่งเป็นสายตัวนำเส้นเดี่ยวจะผ่านวงจรที่ทำให้เกิดการแมทซ์ระหว่างสายอากาศกับด้านอินพุทของวงจรขยายความถี่สูงเพื่อให้สามารถชักนำสัญญาณที่แพร่อยู่ในอากาศมาปรากฏที่อินพุทของวงจรขยายความถี่สูงสุดได้มากที่สุด จากนั้นสัญญาณวิทยุจะถูกขยายให้มีกำลังสูงขึ้นที่วงจรขยายนี้ เพื่อให้เพียงพอในการผสมกับสัญญาณจากวงจร RF ออสซิลเลเตอร์ ในภาคผสมคลื่นต่อไป

- ภาคกำเนิดความถี่วิทยุ (RF Oscillator)

เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ชนิดควบคุมความถี่ด้วยผลึกแร่ ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณวามถี่ต่างจากความของเครื่องส่งเท่ากับของสัญญาณ IF กล่าวคือ

ความถี่ของเครื่องส่ง = ความถี่ของ RF ออสซิลเลเตอร์ในเครื่องรับรับ +/- ความถี่ IF

ตัวอย่าง เช่น

ความถี่เครื่องส่ง = 26.995 MHz ความถี่ IF = 455 KHz หรือ 0.455 MHz

ดังนั้นจะได้

26.995 MHz = ความถี่ของ RF ออสซิลเลเตอร์ในเครื่องรับ +/- 0.455 MHz

นั่นคือ

ความถี่ของ RF ออสซิลเลเตอร์ในเครื่องรับ = (26.955) +/- (0.455)

= 27.450 / 26.540 MHz

ความแม่นยำในการรับส่งระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่งจะมีผลส่วนใหญ่เนื่องมาจากความถูกต้องแน่นอนของผลึกบังคับความถี่ตรงคู่กัน โดยมีผลต่างกันเท่ากับความถี่ IF ผลึกแร่นี้จะต้องมีความแน่นอน (accuracy) ตามเวลาใช้งานและอุณหภูมิ

- ภาคผสมคลื่น (Mixer)

เป็นภาคที่รับเอาสัญญาณวิทยุจากภาคขยายความถี่วิทยุภาคแรกมาผสมกับสัญญาณจากภาค RF ออสซิลเลเตอร์ ที่กำเนิดขึ้นภายในเครื่องรับแล้วจะได้ผลออกมาเป็นความถี่ IF โดยมากจะเป็นความถี่ 450 ถึง 460 MHz

- ภาคขยายความถี่ (IF Amplifier)

เมื่อได้รับความถี่ IF ออกมาจากภาคผสมคลื่นจะถูกส่งมายังภาคขยายความถี่ IF ซึ่งเป็นวงจรขยายชนิด Tuned Amplifier กล่าวคือจะปล่อยให้ความถี่ 455 KHz +/- 10 KHz เท่านั้นที่ผ่านไปได้ ถ้าเป็นความถี่อื่นที่ต่ำกว่า 445 หรือสูงกว่า 465 KHz จะผ่านไปได้น้อยมากเป็นต้นดังนั้นการเลือกรับความถี่ใดจึง

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นอยู่กับคุณภาพของวงจรขยาย IF นี้เอง เพราะผลต่างของความถี่ของเครื่องส่งกับความถี่ของ RF ออสซิลเลเตอร์คงที่ และความถี่ที่จะผ่านวงจรขยาย IF ได้เป็น 455 KHz จะทำให้เครื่องรับนี้รับได้แต่ความถี่เท่ากับผลบวกหรือผลต่างของ RF ในเครื่องรับกับ 445 KHz และ 465 KHz

- ภาคดีเทคเตอร์ (Detector)

หลังจากได้สัญญาณผสมด้วยข้อมูลออกมาจากภาคของ IF แล้วสัญญาณจะถูกดีเทคเตอร์ที่ภาคดีเทคเตอร์ธรรมดาโดยมักจะใช้ไดโอดเพียงตัวเดียว สัญญาณที่ถูกดีเทคออกมาแล้วมีรูปร่างเหมือนกับสัญญาณในภาคใส่รหัสของเครื่องส่ง สัญญาณที่ดีเทคแล้วนี้พร้อมที่จะป้อนเข้าวงจรถอดรหัสต่อไป

- ภาคถอดรหัสสัญญาณ (Decoder)

ส่วนสำคัญที่สุดในเครื่องรับ ถ้าไม่มีภาคถอดรหัสสัญญาณนี้จะไม่สามารถแยกการควบคุมแต่ละช่องได้ตามที่ต้องการการถอดรหัสสัญญาณจะทำการถอดรหัสสัญญาณขบวนพัลซ์จากภาคดีเทคเตอร์ซึ่งจะเป็นแบบขบวนต่อเนื่องเรียกว่า Serial pulse เมื่อป้อนเข้าไปในภาคถอดรหัสจะถูกแยกออกมาเป็นชุด ๆ แต่ละชุดแยกจากกันตามที่ถูกกำเนิดขึ้นในภาคใส่รหัสของเครื่องส่งได้เป็นชุดของพัลซ์เท่ากับจำนวนแชนเนลของเครื่องส่ง เรียกขบวนพัลซ์ทางด้านออกจากภาคถอดรหัสสัญญาณนี้ว่าเป็นชนิดขนาน ดังนั้นดังนั้นภาคถอดรหัสสัญญาณนี้จะเป็นสิ่งที่เรียกว่า serial input-parallel output ที่วงจรถอดรหัสนี้ส่วนสำคัญที่ช่วยในการถอดรหัสเปรียบเสมือนผู้ควบคุมการแยกแชนเนลคือ synchronization pulse ซึ่งถูกส่งมาพร้อมกับสัญญาณบังคับจากเครื่องส่ง

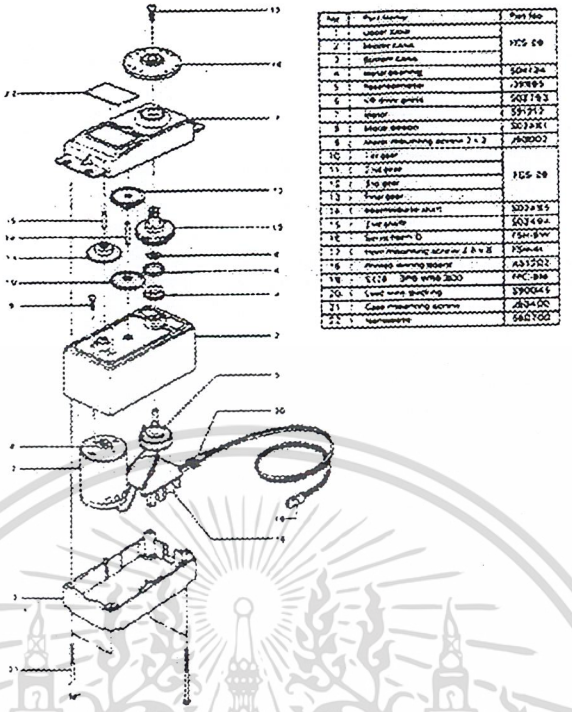
- เซอร์โว (Servo)

เซอร์โวเป็นอุปกรณ์ทางกลศาสตร์ที่แปลงสัญญาณทางไฟฟ้า ไปทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ต้องการความละเอียดแน่นอนค่อนข้างมาก

หลักการทำงานของเซอร์โว

สัญญาณจากภาคถอดรหัสของเครื่องรับถูกส่งเข้ามาในตัวเซอร์โวในลักษณะของพัลซ์ วงจรในตัวเซอร์โวจะเปรียบเทียบค่าแรงดันเฉลี่ยที่ได้จากพัลซ์นี้ แรงดันค่าหนึ่งที่มีอยู่ในตัวเซอร์โว ถ้าต่างกันจะส่งผลไปให้วงจรบังคับการทำงานของมอเตอร์ทำงาน มอเตอร์จะหมุนไปพร้อมกับทดรอบเฟืองเล็กๆ ในเซอร์โวไปหมุนตัวต้านทานที่ปรับค่าได้หรือที่เรียกว่าพ็อท (Pot) ผลจากการหมุนของพ็อททำให้ค่าแรงดันค่าหนึ่งในตัวเซอร์โวนั้นเปลี่ยนไปจนกว่าเท่ากับแรงดันเฉลี่ยจากขบวนพัลซ์ที่เข้ามา มอเตอร์จึงจะหยุดหมุน เมื่อแรงดันเฉลี่ยของขบวนพัลซ์ที่เปลี่ยนไปอีก มอเตอร์ก็จะหมุนไปอีกจนกว่าค่าแรงดันทั้งสองจะเท่ากัน ขณะที่เกิดการหมุนของมอเตอร์จะมีแกนต่อออกมาภายนอกเพื่อต่อกับก้านบังคับแล้วนำผลการกวาดไปมาของก้านบังคับนี้ ไปผลักดันสิ่งต่าง ๆ ให้เคลื่อนที่ตามต้องการในปัจจุบัน เซอร์โวมีขนาดเล็กกระทัดรัด น้ำหนักเบาซ่อมง่ายใช่สะดวกให้แรงผลักในช่วง 3-8 กก. ต่อ 1 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-16 ส่วนประกอบภายในเซอร์โว

สำหรับเฮลิคอปเตอร์ ต้องการเซอร์โวอย่างน้อยที่สุด 5 ตัว สำหรับ

1. คันเร่ง
2. ปรับมุมพิทช์
3. บังคับใบพัดท้าย
4. บังคับเอียงซ้าย-ขวา
5. บังคับให้เครื่องเดินหน้า-ถอยหลัง

- ไจโร (Gyro)

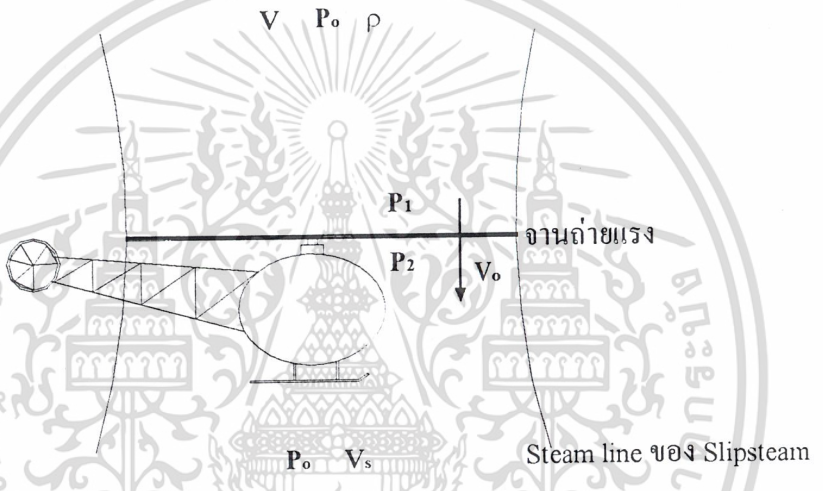
ไจโรเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์–กลไก ซึ่งใช้ช่วยในการบังคับควบคุมใบพัดท้ายของเฮลิคอปเตอร์ซึ่งจะมีตัวจับสัญญาณการหมุนของตัวเฮลิคอปเตอร์ เมื่อตัวเฮลิคอปเตอร์มีการหมุนเกิดขึ้นโดยเป็นการหมุนที่ไม่ได้เกิดจากการบังคับจากเครื่องส่งวิทยุ ตัวไจโรที่ติดตั้งไว้ก็จะทำหน้าที่แก้ไขโดยการเพิ่มหรือลดองศามุมพิทช์ของใบพัดท้ายเครื่องโดยอัตโนมัติ เพื่อให้เครื่องสามารถเคลื่อนที่ไปอย่างมีเสถียรภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการคำนวณ

3.1 ทฤษฎีโมเมนตัมกับการทำงานของเฮลิคอปเตอร์[5]

ในการประเมินสมรรถนะทางทฤษฎีเมื่อเฮลิคอปเตอร์ทำการบินในท่าบินต่างๆบางท่า อย่างไรก็ตามในการทำงานจริงของเฮลิคอปเตอร์จะต่างออกไปจากทฤษฎีนี้อยู่บ้าง ในที่นี้ผลของการขวางของโครงงานทั้งหมดที่ไม่ใช่โรเตอร์ (เช่นลำตัว) ต่อ Slipstream จะไม่นำมาพิจารณา เนื่องจากเฮลิคอปเตอร์ที่ใช้มีขนาดของพื้นที่หน้าตัดน้อยมาก



รูปที่ 3-1 การเปลี่ยนแปลงของจานถ่ายแรง

สมมติเป็นการไหลในกรณีที่แผ่นถ่ายแรงอยู่นิ่งให้อากาศเคลื่อนที่เข้ามาหาจากระยะไกลๆด้านหน้าแผ่นถ่ายแรงด้วยความเร็วสม่ำเสมอ (V) Steam line ไหลผ่านเข้าใกล้แผ่นถ่ายแรงก็จะมีความเร็วเพิ่มขึ้นจนมีความเร็วเป็น (V_O) ซึ่งจุดนี้เป็นไปตามสมการ Continuity ของการไหลโดยถือว่า ρ คงที่ตลอดเวลา ในการไหลความดันที่กลับมาเป็นความดันบรรยากาศ (P_O) แต่ความเร็วยังมีอยู่เป็นความเร็ว (V_S) เรียกว่า Slipstream ซึ่งเป็นทฤษฎีโมเมนตัมในการขับเคลื่อนของการไหลของ Froude

3.1.1 กรณีลอยลำนิ่งอยู่ในอากาศ

ในกรณีเช่นนี้ความเร็วของกระแสอากาศที่อยู่เหนือไกลออกไปจากจานถ่ายแรงถือว่ามีค่าเป็นศูนย์ แรงยกที่ได้จากการทำงานของจานถ่ายแรงจะเท่ากันกับน้ำหนักรวมของอากาศยานในขณะนั้น ให้น้ำหนักของอากาศยานเป็น W นิวตัน พื้นที่ของจานถ่ายแรงเป็น A ตารางเมตร ซึ่งบินลอยตัวที่ความสูงมีความหนาแน่นของอากาศเป็น ρ จะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W = \rho A V_o (V_s - V)$$

แต่เนื่องจาก V = 0 ดังนั้น $$W = \rho A V_o V_s \quad (3.1)$$

จากทฤษฎีโมเมนตัมจะได้ว่า $$V_o = \frac{1}{2}(V_s + V)$$

ดังนั้นในกรณีนี้ $$V_o = \frac{1}{2} V_s \quad (3.2)$$

หรือ $$V_s = 2V_o$$

แทนค่าลงในสมการที่ (3.1) ได้

$$W = 2\rho A V_o^2 \quad (3.3)$$

หรือ

$$V_o = \left(\frac{W}{2\rho A}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.4)$$

กำหนดให้ว่า Effective disc loading เป็น l_{de}

$$l_{de} = \left(\frac{W}{A\sigma}\right) \quad (3.5)$$

โดยที่ σ เป็นความหนาแน่นสัมพัทธ์

$$\sigma = \frac{\rho}{\rho_o}$$

จากสมการที่ (3.4) จะเขียนได้เป็น

$$V_o = \left(\frac{l_{de}}{2\rho_o}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.6)$$

เมื่อ ρ เป็นค่ามาตราฐานที่ระดับน้ำทะเล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังที่ต้องการป้อนให้จานถ่ายแรง (P) จะเท่ากับอัตราการเพิ่มขึ้นของพลังงานจลน์ของอากาศ นั่นคือ

$$P = \frac{1}{2}\rho A V_o\left(V_s^2 - V^2\right)$$

เมื่อ V = 0

$$P = \frac{1}{2}\rho V_o V_s^2 A$$

$$P = 2\rho A V_o^3 \tag{3.7}$$

แทนค่าด้วย V_o ที่หามาได้ลงในสมการดังกล่าวสามารถหาค่าได้

$$P = \left(\frac{W^3}{2\rho A}\right)^{\frac{1}{2}} \tag{3.8}$$

หรือ

$$P = W\left(\frac{I_{de}}{2\rho_o}\right)^{\frac{1}{2}} \tag{3.9}$$

จากสมการดังกล่าวสามารถนำมาคำนวณหาขนาดของน้ำหนักที่สามารถบรรทุกได้สูงสุดของเฮลิคอปเตอร์ ซึ่งเฮลิคอปเตอร์ที่เลือกใช้ในโครงงานนี้จะมีขนาดเครื่องยนต์ 0.60 ลูกบาศก์นิ้ว มีแรงม้าสูงสุดเท่ากับ 2.2 แรงม้า สามารถคำนวณได้ดังนี้

โดยรัศมีจากโรเตอร์หลักของเฮลิคอปเตอร์ถึงปลายปีกมีความยาวเท่ากับ 0.8 เมตร ดังนั้น

$$A = \pi r^2$$

$$= 2.01 \ m^2$$

โดยกำหนดสภาวะที่ระดับน้ำทะเล ที่อุณหภูมิ $15\ C^{\circ}$

ซึ่งมีความหนาแน่นเท่ากับ $1.2256\ kg/m^3$

จะได้ $$2.2 \times 746 = \left(\frac{W^3}{2 \times 1.2256 \times 2.01}\right)^{\frac{1}{2}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W = 24.136 \text{ kg.}$$

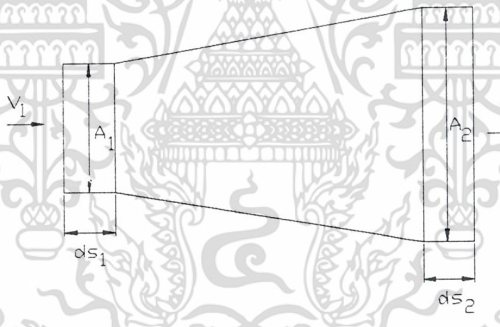
จากการคำนวณสามารถบรรทุกน้ำหนักรวมทั้งหมดได้เท่ากับ 24.136 kg. เมื่อกำหนดค่าความปลอดภัยเท่ากับ 3 ฉะนั้นจะสามารถหาน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเท่ากับ 8 kg. ดังนั้นเมื่อลบน้ำหนักของเฮลิคอปเตอร์ออก 4.3 kg. เฮลิคอปเตอร์จะสามารถบรรทุกน้ำหนักสูงสุดได้อีกไม่เกิน 3.7 kg.

3.2 ระบบฉีดพ่นสารเคมี

3.2.1 สมการความต่อเนื่อง

สมการความต่อเนื่อง (Equation of continuity) เป็นสมการที่มีประโยชน์มากในการวิเคราะห์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของของไหล

จากกฎของมวลที่ว่า "มวลสารไม่สามารถสร้างขึ้นหรือหายไป" ซึ่งหมายความว่า มวลสารที่หายไป ความจริงแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่น หรือมวลสารที่เพิ่มขึ้นคือได้มาจากการเปลี่ยนรูปจากพลังงานรูปอื่น ๆ ดังนั้นในระบบที่มีการไหลสม่ำเสมอจะกำหนดได้ว่า มวลสารที่ไหลผ่านส่วนภาคในกระแสของการไหลของของไหลต้องเท่าเดิมเสมอ



รูปที่ 3-2 การไหลของของไหลแบบสม่ำเสมอ

เมื่อพิจารณาถึงช่วงหนึ่งของการไหลแบบสม่ำเสมอของของไหลชนิดไม่ยุบตัวตามแรงดัน ถ้ามวลของไหลเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปสู่ตำแหน่งหนึ่งใช้เวลา dt โดยกำหนดคุณสมบัติดังนี้

A_1 = พื้นที่หน้าตัดของของไหลที่จุด 1 A_2 = พื้นที่หน้าตัดของของไหลที่จุด 2

ρ_1 = ความหนาแน่นของของไหลที่จุด 1 ρ_2 = ความหนาแน่นของของไหลที่จุด

ds_1 = ระยะทางที่ของไหลทางด้านทางเข้าเคลื่อนที่ ds_2 = ระยะทางที่ของไหลทางด้านทางออกเคลื่อนที่

จากกฎของมวลกำหนดเมื่อมีมวลของไหลสม่ำเสมอ มวลของไหลจะคงที่

$$m_1 = m_2 \quad \text{หรือ} \quad \rho_1 A_1 ds_1 = \rho_2 A_2 ds_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนที่ของมวลดังกล่าวนี้เกิดขึ้นในเวลา dt

$$\therefore \quad \rho_1 A_1 \frac{ds_1}{dt} = \rho_2 A_2 \frac{ds_2}{dt}$$

เนื่องจากความเร็ว (V) คือ ระยะทางการเคลื่อนที่ (S) ต่อหนึ่งหน่วยเวลา (t)

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2$$

เรียกว่า สมการของการไหลสม่ำเสมอ

ใช้ในกรณีทั่วไป โดยกำหนดว่าจากจุด 1 ไปจุด 2 ความหนาแน่นของของไหลมีการเปลี่ยนแปลง แต่ในกรณีนี้ถือว่าจากจุด 1 ไปจุด 2 ความหนาแน่นของของไหลไม่มีการเปลี่ยนแปลง ($\rho_1=\rho_2$)

ดังนี้สมการของการไหลสม่ำเสมอสามารถเขียนได้ดังนี้

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 \tag{3.10}$$

Q = ปริมาณการไหล
A = พื้นที่หน้าตัด
V = ความเร็วในการไหล

3.2.2 สมการพลังงาน

สมการพลังงาน (Energy equation) เป็นสมการที่ได้จากการใช้หลักการทรงพลังงาน (principle of conservation of energy) กับของไหลเคลื่อนที่ พลังงานที่เกิดจากของไหลเคลื่อนที่ประกอบด้วย: พลังงานจากความดัน, ความเร็ว, และตำแหน่ง นอกจากนี้แล้วยังอาจมีพลังงานที่เพิ่มให้กับของไหล หรือพลังงานที่สูญเสียเกิดขึ้นอีกด้วย ดังนั้นจึงอาจเขียนสมการแสดงผลรวมของพลังงานทั้งหมดในทิศทางที่ของไหลเคลื่อนที่ คือ

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + h_M + Q_H - h_L = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \tag{3.11}$$

P_1, P_2 = ความดันที่ตำแหน่ง 1 และ 2
V_1, V_2 = ความเร็วที่ตำแหน่ง 1 และ 2
h_1, h_2 = ระดับความสูงที่ตำแหน่ง 1 และ 2
γ_1, γ_2 = น้ำหนักจำเพาะของของไหลที่ตำแหน่ง 1 และ 2
h_M = พลังงานกลที่ใส่ให้กับของไหลต่อหน่วยน้ำหนักของของไหล
Q_H = พลังงานความร้อนที่ใส่ให้กับของไหลต่อหน่วยน้ำหนักของของไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

h_L = เป็นพลังงานที่สูญเสียไประหว่างตำแหน่ง 1 และ 2

ในกรณีที่เป็นการไหลแบบ Steady flow, ของไหลเป็นแบบอัดตัวไม่ได้, ของไหลไม่มีความเสียดทาน และไม่มีการให้พลังงานกับของไหลระหว่างตำแหน่ง 1 และ 2 สมการอาจเขียนในรูปใหม่ได้ คือ

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

3.2.3 Reynolds Number (N_R หรือ R_e)

เป็นตัวเลขไม่มีหน่วย หาได้จากอัตราส่วนของแรงเนื่องจากความเฉื่อยและความหนืดของของไหล Reynolds Number นี้เป็นตัวสำคัญในการที่จะบอกถึงลักษณะการไหลของของไหลแบบใด คือการไหลแบบราบเรียบ หรือ ไหลแบบปั่นป่วน และเป็นตัวสำคัญในการหาแฟคเตอร์ของคามเสียดทาน ถ้า N_R น้อยกว่า 2,000 เป็นการไหลของของไหลเป็นแบบราบเรียบถ้า N_R มากกว่า 2,000 การไหลของของไหลจะเป็นแบบปั่นป่วน

สำหรับท่อกลม

$$N_R = \frac{\rho VD}{\mu} \quad \text{หรือ} \quad N_R = \frac{VD}{\upsilon} \tag{3.12}$$

N_R = Reynold Number

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ

V = ความเร็วในการไหลของของไหล

ρ = ความหนาแน่นของของไหล

μ = ความหนืดสมบูรณ์ของของไหล

υ = ความหนืดของน้ำของของไหล

3.2.4 แฟคเตอร์ของความเสียดทาน (f)

เป็นแฟคเตอร์ที่ไม่มีหน่วย ใช้สำหรับหาการสูญเสียหลัก ปกติแฟคเตอร์ของความเสียดทานนี้แปรผกผันกับ Reynolds Number

แฟคเตอร์ของความเสียดทานของการไหลแบบราบเรียบ ในกรณีของไหลมีการไหลแบบราบเรียบ คือมีค่า N_R น้อยกว่า 2,000 จะหาได้จากสูตร

$$f = \frac{64}{R_e} \tag{3.13}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเป็นแฟคเตอร์ของการเสียดทานของการไหลแบบปั่นป่วน ค่าแฟคเตอร์จะเป็นฟังก์ชั่นของ Reynolds Number(N_R) และความขรุขระของท่อ (e) โดยค่าของ f จะต้องทราบค่า N_R และค่าอัตราส่วนของความขรุขระต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ $\left(\frac{e}{D}\right)$ แล้วจึงนำไปเปิดตารางหาค่า f

3.2.5 การสูญเสียกำลังงานในท่อ

การสูญเสียกำลังงานในท่อ เนื่องจากความต้านทาน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประการ คือ

1. การสูญเสียหลัก (Major Loss)

ปกติการสูญเสียหลักนี้เกิดจากความเสียดทานของผิวท่อ,ขนาดของท่อ,ความยาวของท่อ และความเร็วในการไหล ถ้าของไหลไหลในผิวท่อที่ขรุขระ,ความยาวของท่อมาก และความเร็วในการไหลสูง การสูญเสียกำลังงานจะสูงตามไปด้วย

การสูญเสียหลักในท่อกลม ท่อกลมที่ใช้ในงานวิศวกรรมเป็นส่วนใหญ่การหาค่าการสูญเสียหลักในท่อกลมสามารถหาได้จากสูตร

$$h_L = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} \tag{3.14}$$

h_L = การสูญเสียหลัก

f = แฟคเตอร์ของความเสียทาน

L = ความยาวของท่อ

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ

V = ความเร็วในการไหลของของไหล

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

2. การสูญเสียรอง (Minor Loss)

หมายถึง การสูญเสียกำลังงานเนื่องจากการไหลของของไหลในท่อเมื่อของไหลผ่าน ข้อต่อ, ข้องอ, ลิ้น ฯลฯ ปกติถ้าท่อมีความยาวมาก เช่นในท่อน้ำประปา ค่าความสูญเสียรองนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับการสูญเสียหลักจะมีค่าน้อยแต่ท่อมีความยาวน้อย และมีข้องอ หรือท่อมีการลดขนาดหลายแห่ง ค่าการสูญเสียรองจะมีค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการสูญเสียหลัก

การสูญเสียรองนี้จะมีผลต่อการไหลของของไหลมาก สูตรของการหาค่าการสูญเสียรอง สามารถหาได้จากสูตร คือ

$$h_L = k_L\frac{V^2}{2g} \tag{3.15}$$

h_L = การสูญเสียรอง

k_L = สมประสิทธิ์ของการสูญเสีย

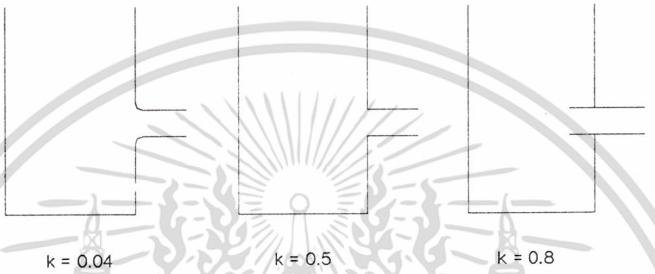
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V = ความเร็วในการไหลของของไหล

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

2.1 การสูญเสียเนื่องจากการไหลจากถังเข้าสู่ท่อ

เมื่อของไหลไหลจากถังเก็บเข้าสู่ท่อ ของไหลพยายามเข้าสู่ท่ออย่างรวดเร็วจึงทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานขึ้นอย่างมากมายในบริเวณดังกล่าว เมื่อเทียบกับการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานธรรมดาในระยะทางเท่ากัน การสูญเสียขึ้นอยู่กับรูปร่างของการต่อระหว่างถังและท่อ ดังรูป



รูปที่ 3-3 ลักษณะการต่อระหว่างถังและท่อ

2.2 ข้อต่อสามทาง

ข้อต่อสามทางซึ่งมีผลต่อการสูญเสียรองซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของความสูญเสียมีดังตารางข้างล่างนี้

ชนิดของข้อต่อ	**k**
ข้อโค้งกลับ (close return bend)	2.2
สามทาง (Tee)	1.8
ข้องอ 90° (Short – radius elbow)	0.9
ข้องอ 45° (45° elbow)	0.42

ตาราง 3-1 สัมประสิทธิ์การสูญเสียในข้อต่อ

3.2.6 กำลังในการไหล

กำลังในการไหลหาได้โดย การคูณ Total head ด้วยน้ำหนักของไหลที่ไหลต่อหน่วยเวลา คือ

$$W_p = \gamma QH \qquad (3.16)$$

W_p = เป็นกำลังในการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

γ = น้ำหนักจำเพาะของของไหล

Q = อัตราไหล

H = เป็น Total head

3.2.7 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั๊ม (Volumetric efficiency)

เป็นตัวชี้ความสามารถในการดูดของไหลเป็นอัตราส่วนระหว่างการไหลได้จริง ต่ออัตราการไหลได้ตามทฤษฎี ตัวการสำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรลดลง คือ การรั่วไหลภายใน ซึ่งไม่สามารถจะกันไม่ให้เกิดการรั่วไหล 100 % แต่จะยอมให้มีการรั่วซึมภายในได้เล็กน้อย ซึ่งสูตรในการคำนวณเป็นดังนี้

$$\eta = \frac{Q_A}{Q_T} \times 100 \tag{3.17}$$

η = ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั๊ม

Q_A = อัตราการไหลจริง

Q_T = อัตราการไหลทางทฤษฎี

- อัตราการไหลจริง (Q_A)

สามารถหาอัตราการไหลจากการทดลองชุดอุปกรณ์ที่ทำการสร้างขึ้น

- อัตราการไหลทางทฤษฎี (Q_T)

อัตราการไหลทางทฤษฎีสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$Q_T = \frac{\pi}{4} \times \left(D_o^2 - D_i^2\right) \times L \times N \tag{3.18}$$

D_o = เส้นผ่าศูนย์กลางนอกของเฟือง

D_i = เส้นผ่าศูนย์กลางในของเฟือง

L = ความหนาของเฟือง

N = ความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหากำลังที่ใช้ขับปั๊ม

อัตราการไหลของหัวฉีดแต่ละหัวเท่ากับ 3 $\frac{\text{ลิตร}}{\text{ชั่วโมง}}$

$1000\ Cm^3 = 1$ litre

$100^3\ Cm^3 = 1\ m^3$

$$Q = \frac{3 \times 1000}{100^3 \times 3600}$$

$$= 8.37 \times 10^{-7}\ m/s^2$$

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวฉีดเท่ากับ 1 mm.หรือ 0.001 m. แทนลงไปในสมการจะได้

$$8.37x10^{-7} = \frac{\pi(0.001)^2 xV_1}{4}$$

$$V_1 = 1.061\ m/s$$

ท่อที่ใช้ในการออกแบบซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 mm. หรือ 0.003 m. ท่อที่เลือกใช้เป็นท่อยาง ในการคำนวณคิดที่เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดและขนาดของท่อยาง

$$A_1V_1 = A_2V_2$$

$$\frac{\pi}{4}(0.001)^2 x1.061 = \frac{\pi}{4}(0.003)^2 xV_2$$

$$V_2 = 0.1179\ m/s$$

ความยาวท่อจากจุด 2 ไปจุด 3 มีความยาวเท่ากับ 0.48 เมตรและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง เท่า 0.003 เมตร ในการคำนวณจะคิดจากหัวฉีดถึงก่อนทางเข้าปั๊ม

จากสมการเบอร์นูลี่

$$\frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 = \frac{P_3}{\gamma} + \frac{V_3^2}{2g} + Z_3$$

จากสมการดังกล่าว ค่าความสูงน้อยมากจึงไม่คิดค่า Z คือ $Z_2, Z_3 = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่าความดัน ที่จุด 2 โดยเทียบจุด 1 และ 2

$$\frac{P_1}{\gamma}+\frac{V_1^2}{2g}=\frac{P_2}{\gamma}+\frac{V_2^2}{2g}$$

ที่จุด 1 เป็นความดันบรรยากาศ

$$\frac{1.061^2}{2x9.81}=\frac{P_2}{9810}x\frac{0.1179^2}{2x9.81}$$

$$P_2 = 555.91\frac{N}{m^2}$$

และ $N_R=\frac{V_2D}{\upsilon}$

โดย ค่าความหนืดจลน์ของน้ำที่อุณหภูมิห้อง (ν) $= 8\times 10^{-7}\ m^2/s$

$$N_R=\frac{0.1179x0.003}{8x10^{-7}}$$

$$N_R = 442.125$$

แสดงว่าเป็นการไหลแบบราบเรียบ

จาก $f=\frac{64}{N_R}$

$$=\frac{64}{442.125}$$

$$= 0.1148$$

จาก $h_L = f\frac{L}{D}\frac{V_2^2}{2g}$

$$= 0.1148x\frac{0.48}{0.003}x\frac{0.1179^2}{2x9.81}$$

$$= 0.013$$

จาก $Q = A_2V_2 = A_3V_3$

ซึ่ง เส้นผ่าศูนย์กลางมีขนาด 0.003 m. ที่จุด 2 และ 3 เท่ากัน ฉะนั้น ความเร็วจึงมีค่าเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{P_2}{\gamma}+\frac{V_2^2}{2g}+z_2+h_L=\frac{P_3}{\gamma}+\frac{V_3^2}{2g}+z_3$$

z_2 , z_3 มีค่าน้อยมาก

$V_2 = V_3$

ฉะนั้น
$$\frac{555.91}{9810}+0.013=\frac{P_3}{9810}$$

$$P_3 = 683.44\frac{N}{m^2}$$

เมื่อคิดที่ข้อต่อสามทางโดยที่จุด 3 และจุด 4 เป็นข้อต่อที่รวมเข้าจุด 5 อัตราการไหลที่จุด 3 เท่ากับ 3 ลิตร/ชั่วโมง ซึ่งเมื่อรวมอัตราการไหลที่จุด 4 เข้าไปด้วย ซึ่งมีอัตราการไหลเท่ากัน ดังนั้นอัตราการไหลที่จุด 5 เท่ากับ 6 $\frac{\text{ลิตร}}{\text{ชั่วโมง}}$

เราต้องการให้ $V_5 = V_3$

ดังนั้น $Q_5 = A_5V_5$

$$\frac{6x1000}{100^3x3600}=A_5\times 0.1179$$

$$A_5 = 1.413x10^{-5}m^2$$

$$d = 0.00424 \text{ m.}$$

ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับท่อที่นำมาใช้การสร้างอุปกรณ์การพ่นสารเคมี

$$\frac{P_3}{\gamma}+\frac{V_3^2}{2g}+h_{L(\text{สามทาง})}+h_{L(\text{ท่อ})}=\frac{P_5}{\gamma}+\frac{V_5^2}{2g}$$

$$h_{L(\text{สามทาง})}=k\frac{V^2}{2g};\ k\text{ของสามทาง(Tee)}=1.8$$

$$h_L = 1.8\frac{(0.1179)^2}{2x9.81}$$

$$= 0.00127 \text{ m.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h_{L(ท่อ)} = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

ความยาวของท่อจากข้อต่อสามทางถึงปั๊ม = 0.005 m.

$$N_R = \frac{VD}{\upsilon}$$

$$= \frac{0.1179 \times 0.0042}{8 \times 10^{-7}}$$

$$= 618.97$$

เป็นการไหลแบบราบเรียบ

$$f = \frac{64}{N_R}$$

$$= \frac{64}{618.97}$$

$$= 0.103$$

$$h_{L(ท่อ)} = 0.103x\frac{0.005}{0.0042} \times \frac{0.1179^2}{2x9.81}$$

$$= 0.000086 \text{ m.}$$

$$\frac{683.44}{9810} + \frac{0.1179^2}{2x9.81} + 0.00127 + 0.000086 = \frac{P_5}{9810} + \frac{0.1179^2}{2x9.81}$$

$$P_5 = 696.66\frac{N}{m^2}$$

ที่ทางออกของปั๊ม(จุดที่ 5) และที่ถัง (จุดที่ 6)

ท่อจากข้อต่อสามทางของปั๊มถึงถังบรรจุสารเคมียาว 0.15 m

$$h_{L(ท่อ)} = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

$$= 0.103x\frac{0.15}{0.003}x\frac{0.1179^2}{2x9.81}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 0.00365 \text{ m.}$$

เมื่อรวมท่อทั้ง 2 ด้าน ค่า $h_{L(ท่อ)} = 0.0073$ m.

$$h_{L(ถัง)} = k\frac{V_5^2}{2g}; k = 0.8$$

$$= 0.8 \times \frac{0.1179^2}{2x9.81}$$

$$= 0.00056 \text{ m.}$$

เมื่อคิดที่ถังทั้ง 2 ถัง ค่า $h_{L(ถัง)} = 0.00113$m.

$$h_{L(สามทาง)} = k\frac{V_5^2}{2g}; k = 1.8$$

$$= 1.8 \times \frac{0.1179^2}{2x9.81}$$

$$= 0.00127 \text{ m.}$$

จาก $$\frac{P_5}{\gamma} + \frac{V_5^2}{2g} + \sum h_L = \frac{P_6}{\gamma} + \frac{V_6^2}{2g} + h_P$$

โดย P_6 = ความดันบรรยากาศ

V_6 = กำหนดเท่ากับศูนย์

$$\frac{696.66}{9810} + \frac{0.1179^2}{2x9.81} + (0.0073 + 0.00113 + 0.00127) = h_p$$

$$h_p = 0.0814\text{m}$$

จาก $$W = \gamma Q h_p$$

$$= 9810x\frac{6x1000}{100^3 x3600} x0.0814$$

$$= 0.00133 \text{ w.}$$

ดังนั้นปั๊มต้องการกำลังงานในการขับปั๊มเท่ากับ 0.00133 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคำนวณค่าที่ใช้ในการออกแบบจะมีดังนี้

- ความดันที่ต้องการเท่ากับ $696.66\ \frac{N}{m^2}$
- เฮดปั๊มที่ต้องการเท่ากับ 0.0814 m.
- กำลังที่ใช้ในการขับปั๊มเท่ากับ 0.00133 W

จากข้อมูลดังกล่าวปั๊มที่เลือกใช้ในการออกแบบจะเป็นปั๊มชนิดเฟืองเนื่องจากเป็นปั๊มที่สามารถสร้างขึ้นได้ในขนาดเล็ก และมีอัตราการไหลที่เหมาะสมที่จะใช้ในโครงงาน ซึ่งปั๊มที่ใช้ในการออกแบบจะมีรายละเอียดดังนี้

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก $(D_o) = 13.5$ mm. $= 0.0135$ m.

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใน $(D_i) = 10.5$ mm. $= 0.0105$ m.

ความหนาของเฟือง $(L) = 3$ mm. $= 0.003$ m.

ในส่วนของมอเตอร์ที่ใช้ในการขับปั๊มนั้นไม่สามารถหาซื้อขนาดตามที่ต้องการได้ เราจึงเลือกใช้มอเตอร์ของ MABUCHI ที่มีความเร็วรอบสูงสุด 15,000 รอบ/นาที

โดยความเร็วรอบที่ใช้ในการคำนวณ เท่ากับ12,000 รอบ/นาที

สามารถคำนวณอันตราการไหลของทฤษฎีได้โดยสมการ

$$Q_T = \frac{\pi}{4} x(D_o^2 - D_i^2)xLxN$$

$$Q_T = \frac{\pi}{4}(0.0135^2 - 0.0105^2)x0.003x12000$$

$$= 2.035x10^{-3}\ \frac{m^3}{min}$$

$$= 2.035\ \frac{litre}{min} x60 \frac{min}{hr}$$

$$= 122.1 \frac{litre}{hr}$$

$\therefore$ อัตราการไหลทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 122.1 ลิตรต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การสร้างและติดตั้งอุปกรณ์

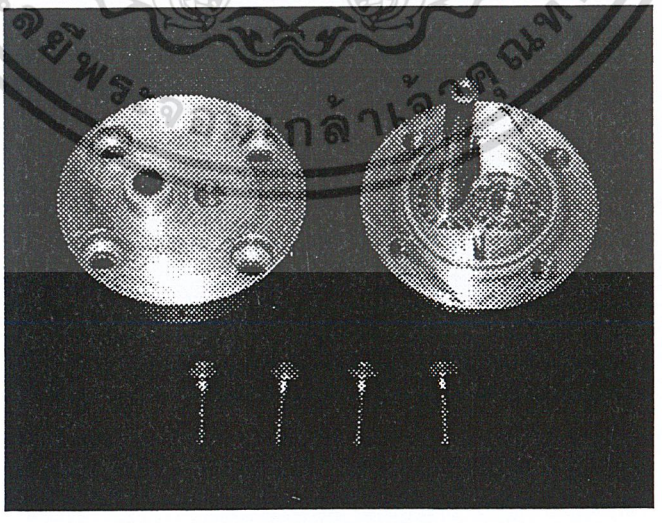
4.1 ส่วนประกอบของระบบฉีดพ่นสารเคมี

1. กล่องใส่อุปกรณ์
2. ฝาปิดกล่องใส่อุปกรณ์
3. ปั๊ม
4. มอเตอร์ขับปั๊ม
5. ถังบรรจุสารเคมี
6. หัวฉีด
7. แขนพ่น
8. ไมโครสวิทช์
9. เซอร์โว
10. แบตเตอรี่

4.2 การสร้างอุปกรณ์

4.2.1 ปั๊ม

การสร้างปั๊มจะทำตามแบบที่กำหนดไว้ โดยวัสดุที่ใช้ทำปั๊มจะเป็นอลูมิเนียม ส่วนเฟืองที่ใช้จะทำจากทองเหลือง



รูปที่ 4-1 ปั๊มแบบเฟืองที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 กล่องใส่อุปกรณ์

กล่องใส่อุปกรณ์จะทำจากอลูมิเนียมแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร ซึ่งตัดและเจาะตามแบบที่กำหนดไว้ แล้วจึงนำไปพับให้ได้ขนาด

ในส่วนของฝาปิดกล่องอุปกรณ์จะทำจากอลูมิเนียมแผ่นหนา 3 มิลิเมตร ซึ่งต้องตัดและเจาะตามแบบที่กำหนดไว้ แล้วจึงนำไปพับให้ได้ขนาดเช่นเดียวกัน

4.2.3 ขายึดอุปกรณ์

ขายึดอุปกรณ์ทั้งหมดจะทำจากอลูมิเนียมแผ่นหนา 3 มิลิเมตร ตัดและเจาะตามแบบที่กำหนดไว้ แล้วจึงนำไปพับให้ได้ขนาด

4.2.4 แขนพ่น

แขนพ่นทำจากท่ออลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก 9 มิลิเมตร หนา 1.5 มิลิเมตร ตัดและเจาะตามแบบที่กำหนดไว้ แล้วจึงนำไปเชื่อมกับตัวยึดหัวฉีดที่ปลายท่อ

4.2.5 ท่อทางสารเคมี

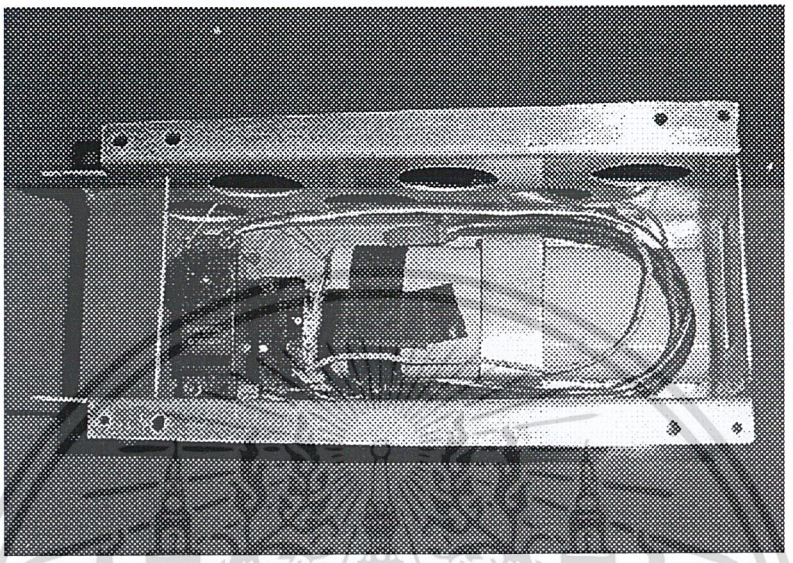
ท่อทางสารเคมีทำจากท่อพลาสติกชนิดทนการกัดกร่อนของสารเคมี โดยตัดให้ได้ความยาวตามแบบที่กำหนดไว้

4.3 การติดตั้งอุปกรณ์

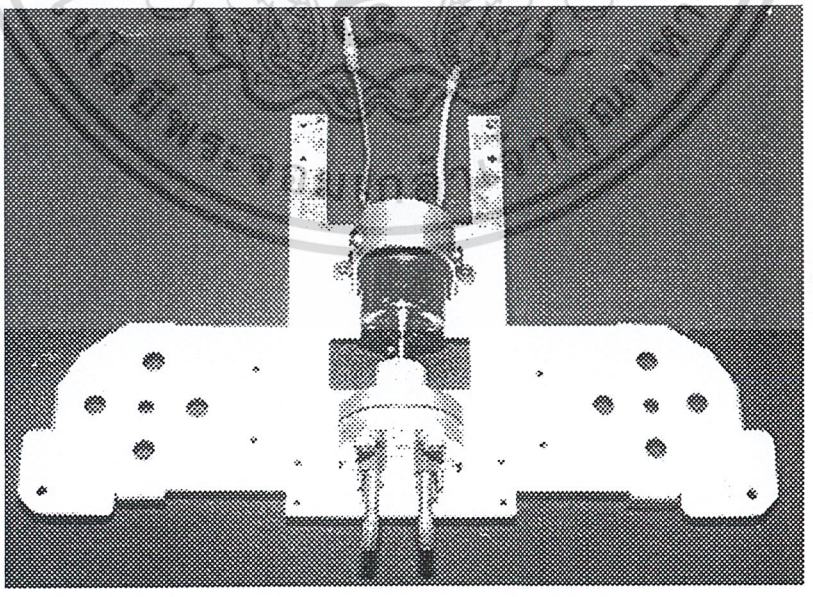
1. ยึดเซอร์โวเข้ากับกล่องอุปกรณ์
2. เชื่อมสายไฟสำหรับต่อกับมอเตอร์ และสายไฟจากแบตเตอรี่เข้าสู่ไมโครสวิทช์ พร้อมทั้งต่อสายไฟสำหรับประจุไฟฟ้าแก่แบตเตอรี่ด้วย
3. เกี่ยวขาของไมโครสวิทช์เข้ากับเซอร์โว และยึดไมโครสวิทช์เข้ากับกล่องใส่อุปกรณ์
4. ยึดแบตเตอรี่เข้ากับกล่องใส่อุปกรณ์
5. ติดตั้งปั๊มและมอเตอร์ขับปั๊มเข้ากับฝาปิดกล่องอุปกรณ์
6. ต่อสายไฟจากสวิทช์และแบตเตอรี่เข้าสู่มอเตอร์ขับปั๊ม
7. ยึดกล่องใส่อุปกรณ์และฝาปิดเข้ากับตัวเฮลิคอปเตอร์
8. ยึดถังบรรจุสารเคมีบนฝาปิดกล่องอุปกรณ์ทั้งสองข้าง
9. สอดท่อสารเคมีเข้าไปในแขนพ่น แล้วจึงติดตั้งหัวฉีด
10. ติดตั้งแขนพ่นบนฝาปิดกล่องอุปกรณ์ทั้งสองข้าง
11. ติดตั้งท่อสารเคมีให้ครบตามแบบวงจรที่กำหนดไว้
12. ต่อสายไฟจากเซอร์โวเข้าสู่ตัวรับสัญญาณที่ช่องสัญญาณที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีสิ่งที่ต้องปฏิบัติในการติดตั้งอุปกรณ์ คือ การยึดนอตทุกตัวนั้นจะต้องใช้น้ำยากันคลาย ทาไปที่เกลียวนอตทุกตัว เพื่อป้องกันนอตคลายตัว หลุดหลวม อันเนื่องมาจากความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจากการทำงาน

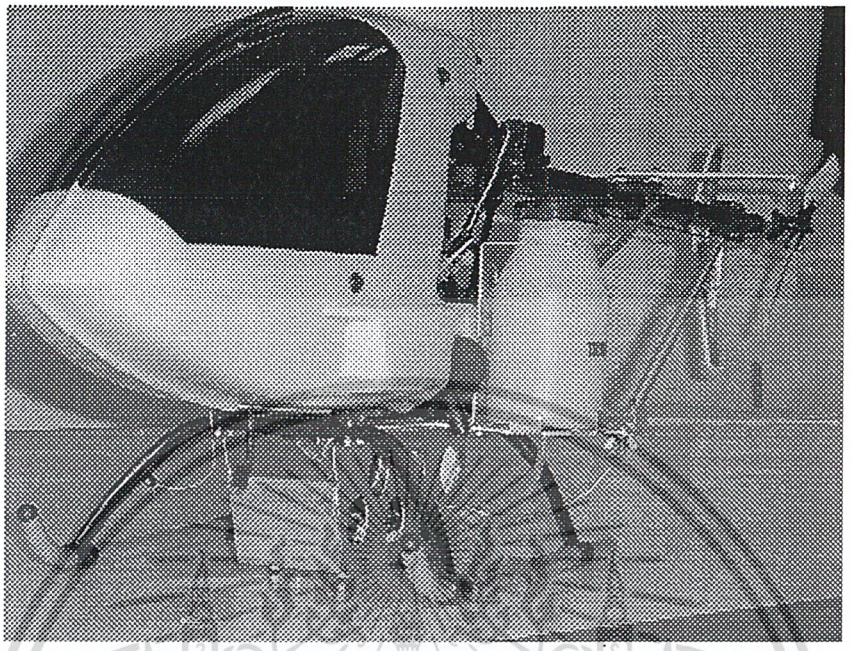


รูปที่ 4-2 การติดตั้งอุปกรณ์ในกล่อง

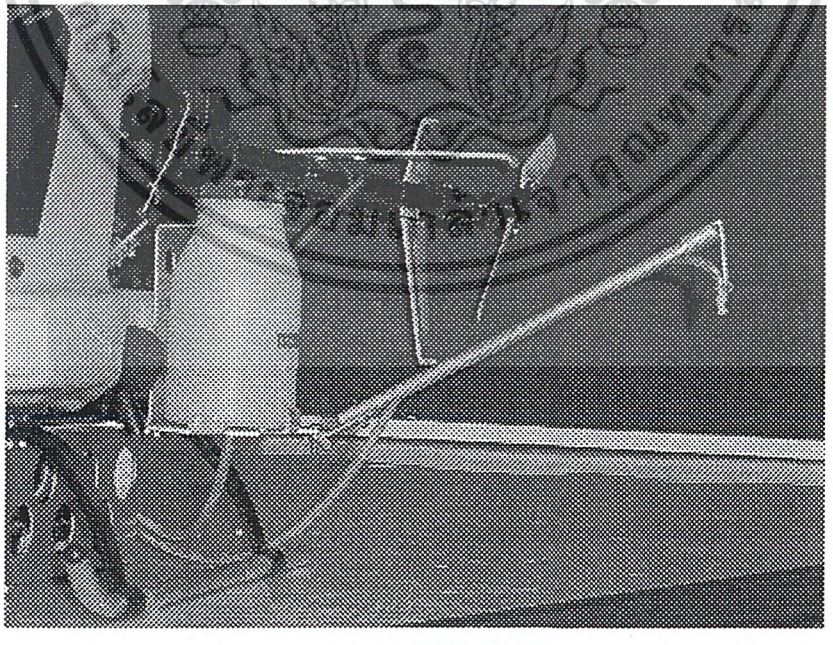


รูปที่ 4-3 การติดตั้งปั๊มและมอเตอร์ขับปั๊ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

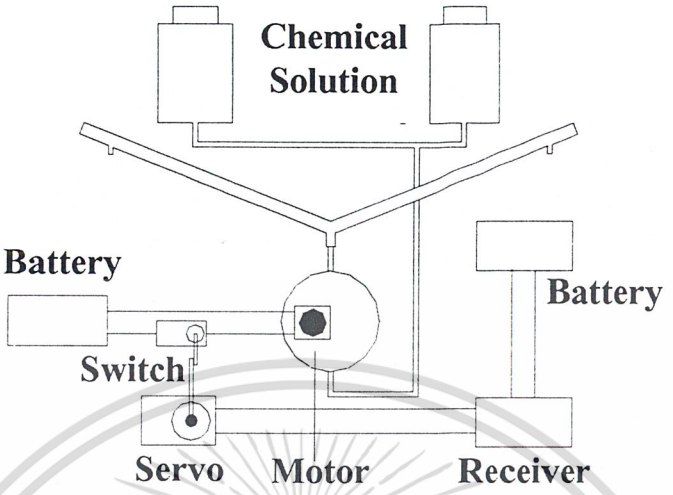


รูปที่ 4-4 การติดตั้งกล่องใส่อุปกรณ์และถังบรรจุสารเคมี

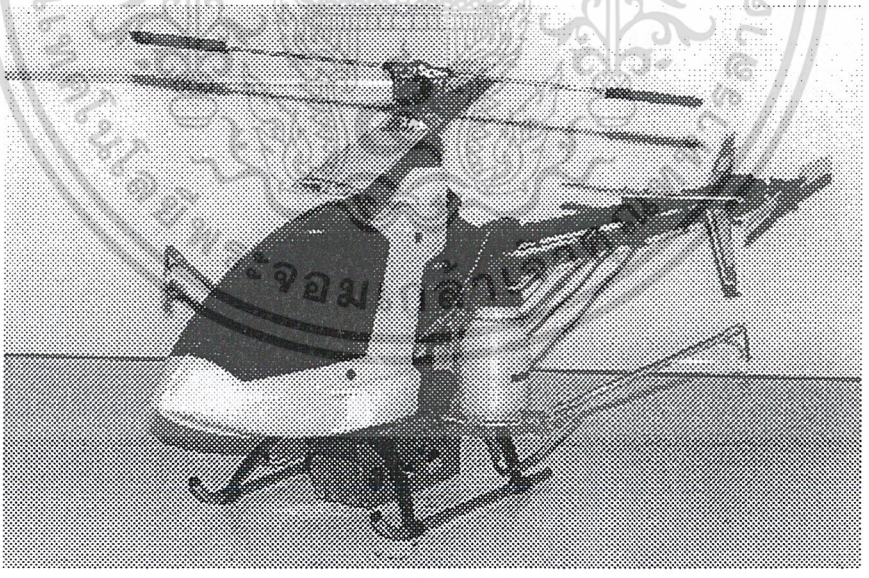


รูปที่ 4-5 การติดตั้งท่อสารเคมีและแขนพ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-6 วงจรสายไฟฟ้าและท่อสารเคมี



รูปที่ 4-7 ภาพสำเร็จของเฮลิคอปเตอร์ที่ติดตั้งอุปกรณ์พ่นสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดสอบ

ในการทดลองโครงงานที่ได้จัดสร้างขึ้นนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ การทดลองระบบปั๊ม และการทดสอบบินเฮลิคอปเตอร์หลังจากที่ได้ติดตั้งระบบฉีดพ่นสารเคมีแล้ว

5.1 การทดสอบประสิทธิภาพปั๊ม

การทดสอบประสิทธิภาพปั๊มเป็นการทดสอบหาประสิทธิภาพในเชิงปริมาตร โดยจะทำการทดสอบปั๊มเพื่อหาอัตราการไหลจริง โดยการจับเวลาหาอัตราการไหลที่ปริมาตร 200 cc. เป็นจำนวน 10 ครั้ง จะได้ผลการทดลองดังนี้

ปริมาตร (cc.)	เวลา (วินาที)
200	14.50
200	13.89
200	14.32
200	14.19
200	13.84
200	13.98
200	14.21
200	14.32
200	14.21
200	14.18

ตารางที่ 5-1 ผลการทดลองอัตราการไหลของปั๊ม

จากผลการทดลองจะได้อัตราการไหลเฉลี่ย 50.76 ลิตร/ชั่วโมง เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับอัตราการไหลของทฤษฎีที่คำนวณไว้ก่อนหน้านี้ซึ่งมีค่าเท่ากับ 122.1 ลิตร/ชั่วโมง จะสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของปั๊มได้ มีค่าเท่ากับ 41.5%

5.2 การทดสอบบิน

จากการคำนวณที่ผ่านมาสามารถหาน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อหักลบน้ำหนักของตัวเฮลิคอปเตอร์ออก 4.3 กิโลกรัม จะเหลือน้ำหนักที่สามารถบรรทุกได้ 3.7 กิโลกรัม จากอุปกรณ์ที่ได้จัดสร้างขึ้นมานั้นเมื่อนำไปชั่งจะมีน้ำหนัก 2.2 กิโลกรัม และเมื่อรวมน้ำหนักสารเคมี 1 กิโลกรัม จะมีน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมด 3.2 กิโลกรัม จะเห็นได้ว่าน้ำหนักดังกล่าวยังอยู่ในช่วงน้ำหนักบรรทุกที่ปลอดภัย เมื่อนำเฮลิคอปเตอร์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ฉีดพ่นสารเคมีทั้งหมดไปทดสอบบิน เฮลิคอปเตอร์สามารถลอยตัวขึ้นและควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ตามปกติ แต่จะมีอัตราเร่งลดลง

เมื่อเฮลิคอปเตอร์บินเหนือเป้าหมายที่จะพ่นสารเคมี 1 เมตร จะมีความกว้างของการฉีดสารเคมี 1.5 เมตร เมื่อนำไปทดสอบพ่นยาฆ่าแมลงจะได้ผลการทดลองดังนี้

การฉีดพ่นยาฆ่าแมลง	นาข้าว	สวนผลไม้
ปริมาณความต้องการสารเคมีตามมาตรฐาน (ลิตร/ไร่)	1.28	6.8 – 8
ความกว้างของการฉีด (เมตร)	1.5	1.5
อัตราการจ่ายสารเคมี (ลิตร/ช.ม.)	50	50
ความเร็วในการบิน (ก.ม./ช.ม.)	41.67	6.7 – 7.8
เวลาในการทำงาน (นาที/ไร่)	1.5	8.2 – 9.6

ตารางที่ 5-2 ผลการทดลองการฉีดพ่นยาฆ่าแมลง

เวลาที่ใช้ในการทำงานนั้นอาจมากกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบเนื่องจากต้องใช้เวลาในการบินกลับลำของเฮลิคอปเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุป

จากการทดสอบปั๊มในบทที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าปั๊มมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ เป็นผลเนื่องมาจากระยะห่างระหว่างตัวเฟืองและเรือนปั๊มมีค่ามากเกินไปโดยมีสาเหตุมาจากความคลาดเคลื่อนของเครื่องกัดและไม่สามารถหาเครื่องกัดมีความเที่ยงตรงสูงได้ อีกส่วนหนึ่งเป็นผลเนื่องมาจากเกิดการรั่วไหลที่เพลาขับปั๊ม ซึ่งไม่สามารถหาซีลที่ป้องกันการรั่วไหลได้ทั้งหมด การแก้ไขปัญหาดังกล่าวทำได้โดย การใช้เครื่องกัดที่มีความละเอียดสูง เช่น เครื่อง CNC. และหาซีลชนิดอื่นที่สามารถป้องกันการรั่วไหลได้ดีกว่านี้ก็จะได้ปั๊มที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ในส่วนของระบบควบคุมมอเตอร์ขับปั๊มที่ใช้ในโครงงานนั้นจะเป็นแบบความเร็วคงที่ ทำให้ปั๊มมีอัตราการไหลคงที่ ซึ่งถ้าเปลี่ยนระบบควบคุมของมอเตอร์ใหม่ที่สามารถควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่เข้าสู่มอเตอร์ได้ ก็จะสามารถควบคุมปั๊มให้มีอัตราการไหลเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามที่ต้องการได้

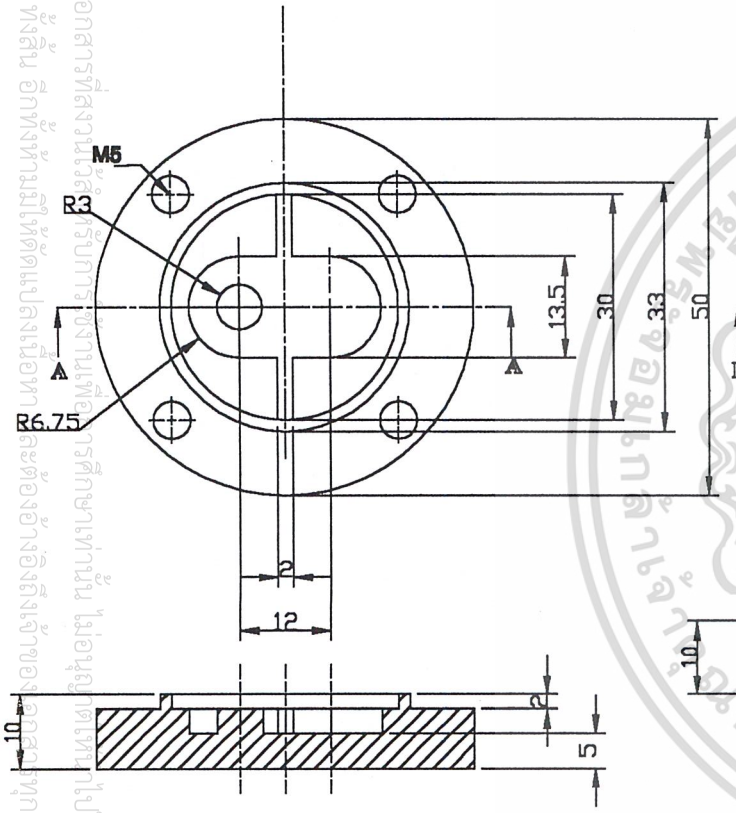
ส่วนของการบรรทุกน้ำหนักนั้นจะเห็นได้ว่าสามารถบรรทุกน้ำหนักได้น้อยเป็นผลเนื่องมาจากเฮลิคอปเตอร์ที่เลือกใช้มีขนาดของเครื่องยนต์เล็ก ซึ่งถ้าเลือกใช้เฮลิคอปเตอร์ที่มีขนาดของเครื่องยนต์ใหญ่ขึ้นแล้วก็จะสามารถบรรทุกน้ำหนักได้สูงขึ้น

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าระบบทดลองที่สร้างขึ้นนั้นสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งถ้าต้องการให้ระบบที่จัดสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ก็สามารถปรับปรุงระบบดังกล่าวไว้ข้างต้นได้ อีกทั้งยังสามารถที่จะนำวิธีการคำนวณและออกแบบระบบฉีดพ่นสารเคมีไปประยุกต์ใช้กับระบบฉีดพ่นสารเคมีที่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้เพื่อติดตั้งกับเครื่องบินหรือเฮลิคอปเตอร์จริงได้ เพื่อใช้ในการฉีดพ่นสารเคมีในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้เป็นการช่วยลดระยะเวลาในการทำงาน

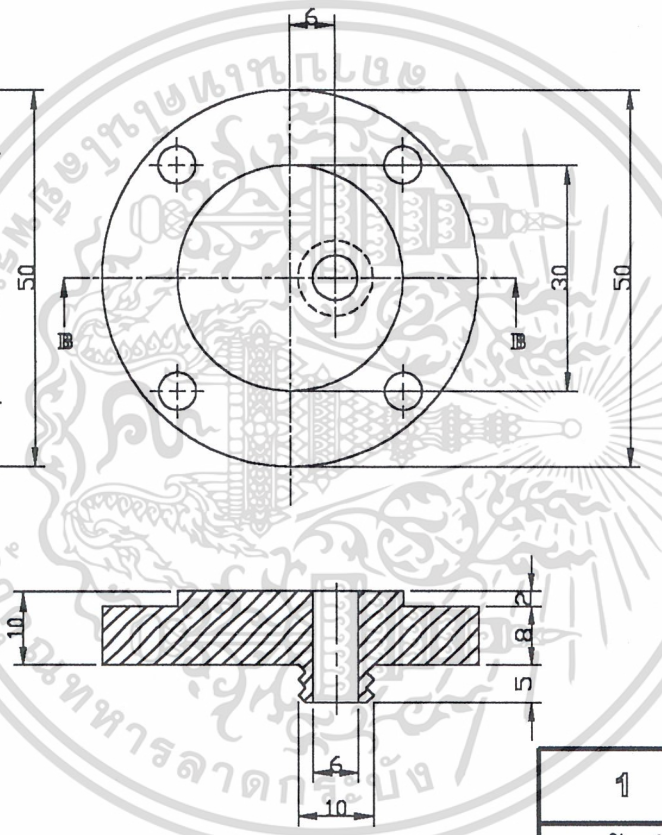
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

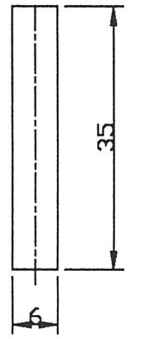
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



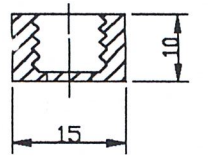
BODY



COVER

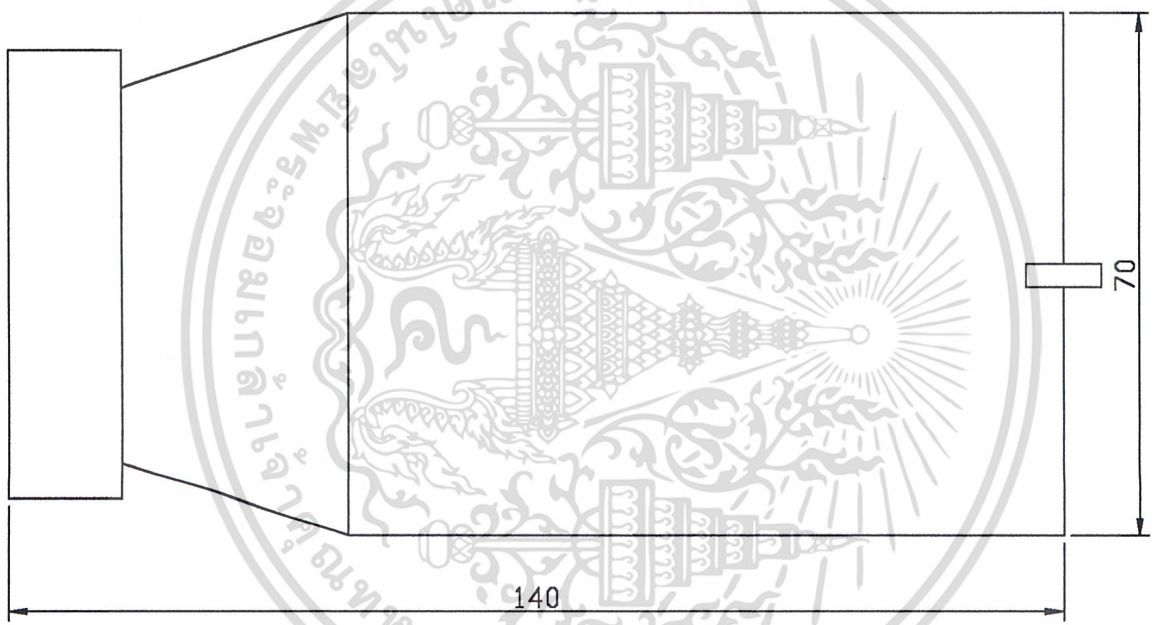


SHAFT

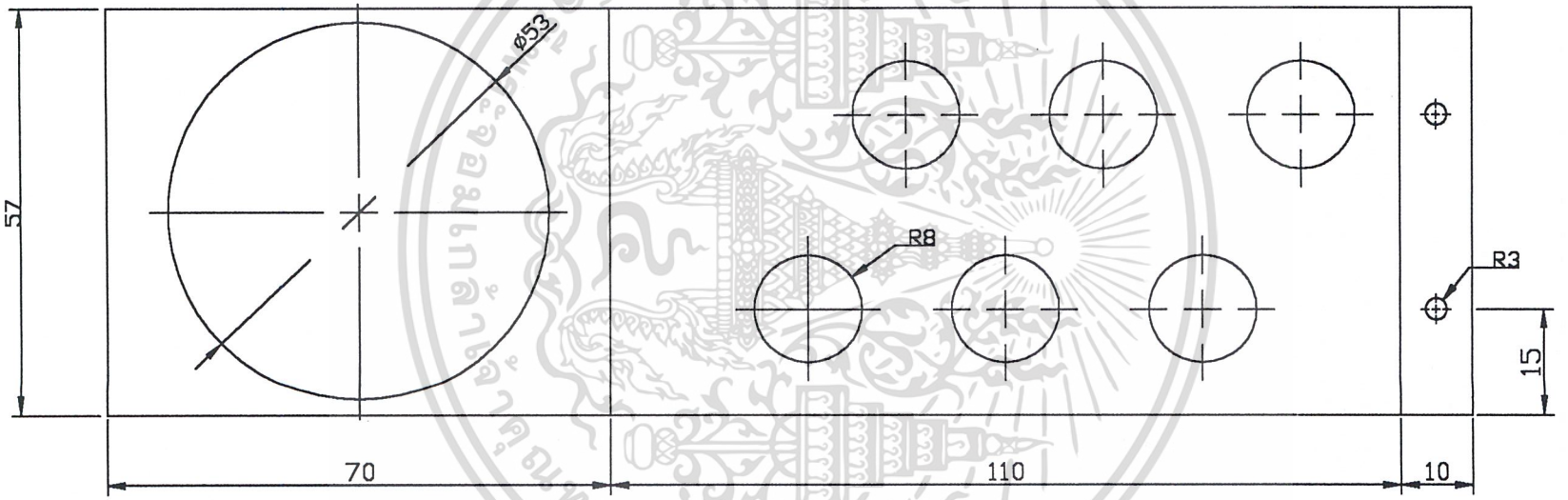


1	อลูมิเนียม	1
ชิ้นที่	วัสดุ	จำนวน
มาตราส่วน 1 : 1	ชื่อชิ้นงาน ปั๊ม	หน่วย มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์เป็นของสถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

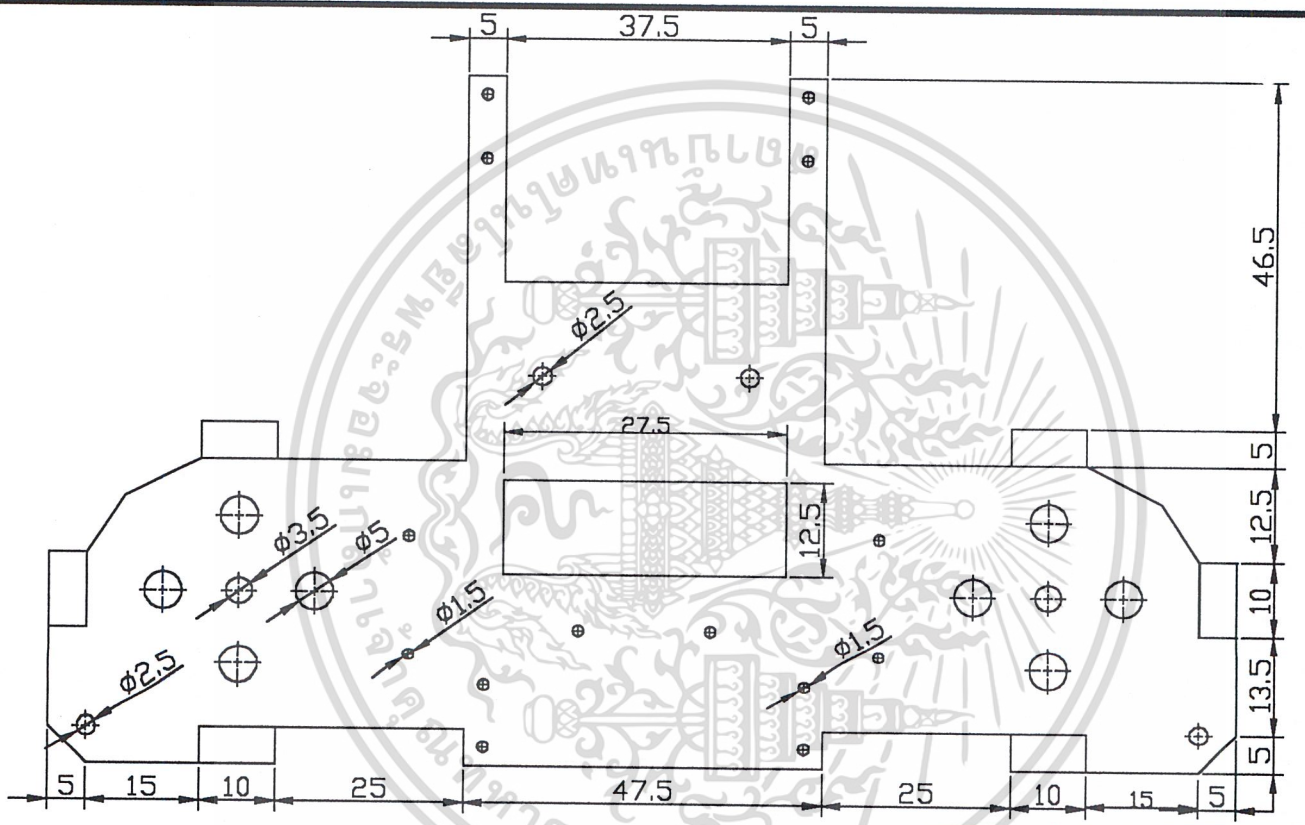


2	พลาสติก	2
ชิ้นที่	วัสดุ	จำนวน
มาตราส่วน 1 : 1	ชื่อชิ้นงาน ถังบรรจุสารเคมี	หน่วย มิลลิเมตร



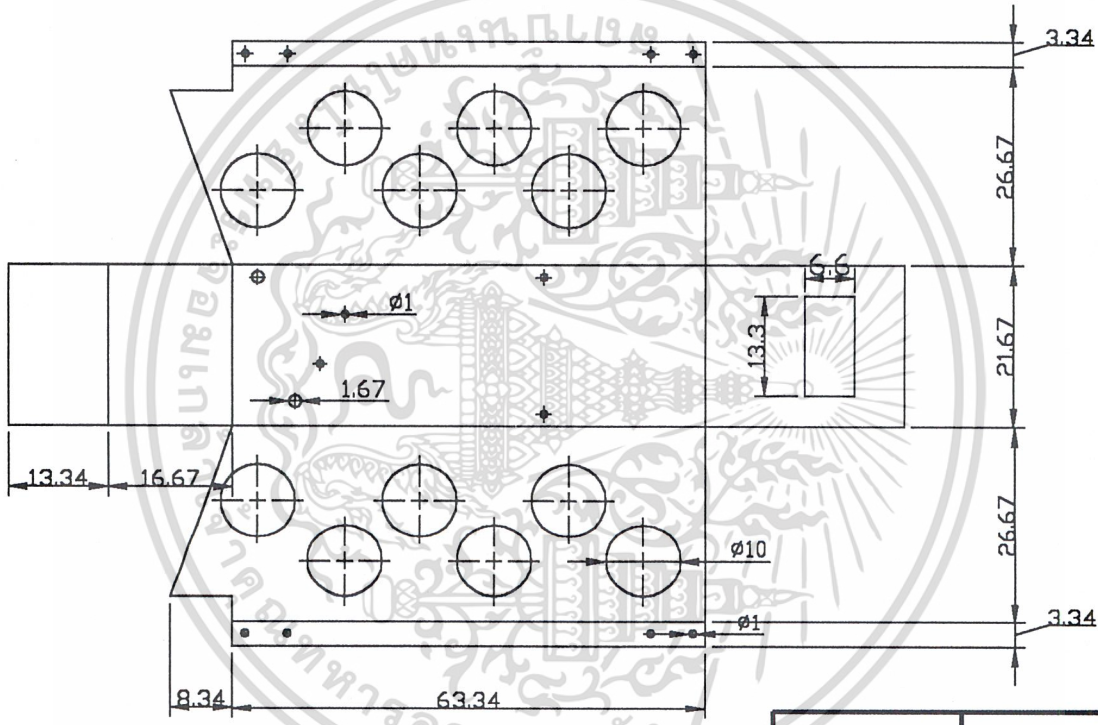
3	อลูมิเนียม	2
ชิ้นที่	วัสดุ	จำนวน
มาตราส่วน 1 : 1	ชื่อชิ้นงาน ขายึดถังสารเคมี	หน่วย มิลลิเมตร

เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



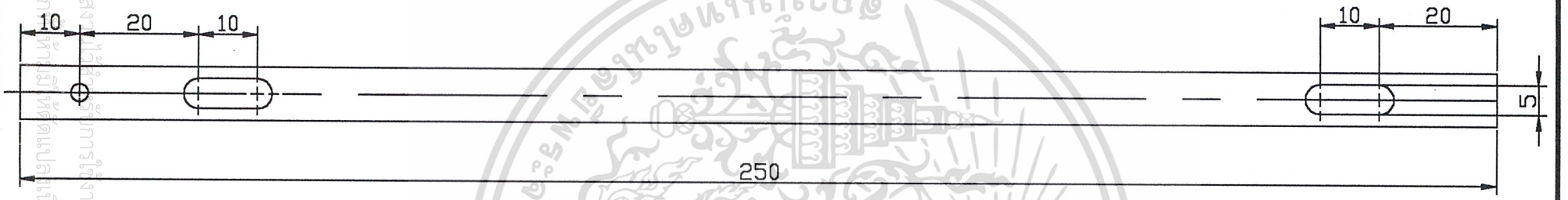
4	อลูมิเนียม	1
ชิ้นที่	วัสดุ	จำนวน
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อชิ้นงาน ฝาครอบกล่อง	หน่วย มิลลิเมตร

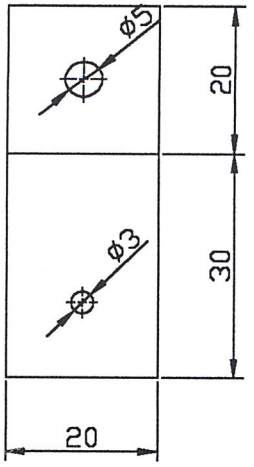
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5	อลูมิเนียม	1
ชิ้นที่	วัสดุ	จำนวน
มาตราส่วน 1 : 3	ชื่อชิ้นงาน กล่องใส่อุปกรณ์	หน่วย มิลลิเมตร

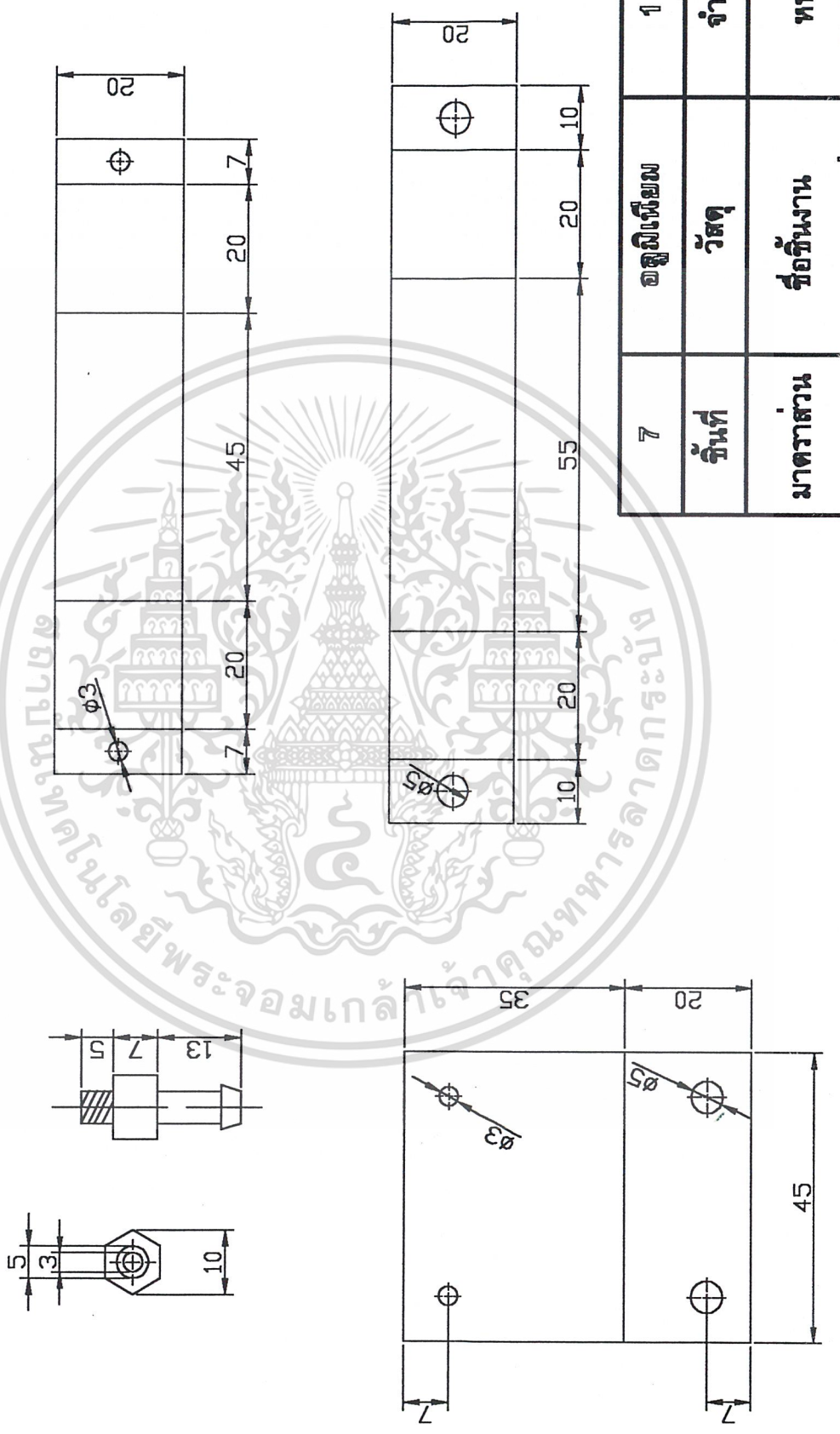
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





6	อลูมิเนียม	2
ชิ้นที่	วัสดุ	จำนวน
มาตราส่วน 1 : 1	ชื่อชิ้นงาน อุปกรณ์ยึดท่อ	หน่วย มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



7	อลูมิเนียม	1 , 2	มิลลิเมตร
ชิ้นที่	วัสดุ	จำนวน	หน่วย
มาตราส่วน 1 : 1	ชื่อชิ้นงาน ทางปลายแขวนที่ยึด		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] วิศิษฏ์ จาตุรมาน, ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์, *"กลศาสตร์ของไหล"*, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, พ.ศ. 2535

[2] ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์, *"กลศาสตร์ของไหล"*, วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา, หน้า 96-120

[3] ชาญ ถนัดงาน, *"กลศาสตร์ของไหล"*, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า 139-151

[4] ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์, ปานเพชร ชินินทร, *"ไฮดรอลิกอุตสาหกรรม"*, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, พ.ศ. 2530

[5] สัมพันธ์ ไชยเทพ, *"อากาศพลศาสตร์เบื้องต้น"*, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, พ.ศ. 2535, หน้า 162-166

[6] สมชาย ปกรโณดม, *"เครื่องจักรกลการเกษตร หลักเบื้องต้น"*, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, พ.ศ. 2522, หน้า 103-125

[7] อำนวย ปั้นงา, *"เครื่องจักรกลเกษตร 1"*, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พ.ศ. 2534, หน้า 194-211

[8] บรรเจิด ตันติกัลยาภรณ์, *"เครื่องรับส่ง"*, กรมไปรษณีย์โทรเลข, กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2537, หน้า 41-49

[9] Robert W.Fox, Alan T.Mcdonald, *"Introduction to Fluid Mechanics"*, 4 Th edition, 1994

[10] Simon Newman, *"The Foundations of Helicopter Flight"*, Edward Arnold, 1994.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้