การออกแบบพัฒนาระบบไฮดรอลิกในเครื่องตัดอ้อยชุมชนแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์

Design and development of tractor mounted sugarcane harvester for the community

โดย

นายเจริญกิจ ติรณสวัสดิ์

นายพงศกร พุทธรักษา

นายรชฎ สุขปราโมทย์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. ณัฐวุฒิ เดไปวา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design and development of tractor mounted sugarcane harvester for the community

Jaroenkij Tironsawad

Pongsakorn Puttaraksa

Rachadha Sukpramod

Assis.Prof Dr.Nattawoot Depaiwa

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและพัฒนาระบบไฮดรอลิกในเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชนแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์

นายเจริญกิจ ติรณสวัสดิ์ 59010235

นายพงศกร พุทธรักษา 59010887

นายรชฎ สุขปราโมทย์ 59011112

ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ เดไปวา อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอเรื่องการออกแบบและพัฒนาระบบไฮดรอลิกในเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชน เพื่อนำมาช่วยลดระยะเวลาการเก็บเกี่ยวอ้อย, ลดปัญหาการเผาใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว และ ลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานคน เครื่องเก็บอ้อยนี้มีต้นกำลังมาจากเพลา PTO ในรถแทรกเตอร์ ซึ่งทำงานที่ความเร็ว 540 รอบต่อนาที และ สามารถแบ่งเป็น 3 ส่วนสำคัญ ได้แก่ 1) ส่วนลำเลียงต้นอ้อย 2) ส่วนตัดยอดต้นอ้อย 3) ส่วนกระบะเก็บต้นอ้อย ขั้นตอนการดำเนินงานผู้จัดทำโครงงานทำการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของต้นอ้อย,แรงที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวต้นอ้อยให้ได้คุณภาพ และศึกษาเกี่ยวกับระบบไฮดรอลิก จากนั้นผู้จัดทำโครงการนำข้อมูลที่ศึกษามาใช้ในการออกแบบระบบไฮดรอลิกในเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชน ซึ่งประกอบด้วย มอเตอร์ไฮดรอลิก, กระบอกสูบไฮดรอลิก, ท่อไฮดรอลิก และ ปั๊มไฮดรอลิก จากการศึกษาเป็นต้น จากนั้นได้ทำการนำระบบไฮดรอลิกที่ออกแบบไปติดตั้งกับตัวเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยและทำการทดลองเก็บเกี่ยวในพื้นที่ไร่อ้อยจริง จากการศึกษาและทดลองพบว่าความเร็วรอบที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวอ้อยมีดังนี้ 1) ส่วนลำเลียงทำงานที่ 13 รอบต่อนาที 2) ส่วนตัดยอดทำงานที่ 260 รอบต่อนาที ความเร็วรอบนี้เป็นความเร็วที่สามารถตัดยอดต้นอ้อยได้โดยที่ต้นอ้อยไม่เกิดการกองกันที่ด้านหน้าของใบมีดและยังเป็นความเร็วรอบที่ไม่ทำให้เครื่องสั่นมากจนเป็นอัตรายต่อคนขับรถแทรกเตอร์ ส่วนกระบอกสูบที่รับน้ำหนักส่วนตัดยอดและส่วนกระบะเก็บอ้อยมีขนาดดังนี้ 1) กระบอกสูบตรงส่วนตัดยอดรับน้ำหนัก 200 กิโลกรัม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ 1.5 นิ้ว และ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ 1 นิ้ว 2) กระบอกสูบตรงส่วนกระบะรับน้ำหนัก 1000 กิโลกรัม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ 2 นิ้ว และ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ 1.37 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design and development of tractor mounted sugarcane harvester for the community

Jaroenkij Tironsawad 59010235

Pongsakorn Puttaraksa 59010887

Rachadha Sukpramod 59011112

Assis.Prof Dr.Nattawoot Depaiwa Advisor

Year 2562

ABSTRACT

The purposes of this thesis are to present about design and development of a hydraulic system in mounted sugarcane harvester for the community. This sugarcane harvester is done to reduce harvesting time, burning the leaf and labor shortage. This sugarcane harvester gets the power from PTO shaft in the tractor that operates at 540 rpm and divide into 3 main parts 1) Conveyor 2) Stalk cutter 3) Tray. The procedure of this research, researcher start study about characteristics of sugarcane, applied force used to cut the sugarcane for good quality and study the hydraulic system. Then researchers bring the information from the studying to design the sugarcane harvester for the community, consists of hydraulic motor, hydraulic piston, hydraulic pipe and hydraulic pump, etc. then install the designed hydraulic system to sugarcane harvester and experimented the harvesting in the real sugarcane farm. From the study and experiment find that the appropriate speed to harvest are 1) conveyer operate at 13 rpm 2) top stalk cutter operates at 260 rpm. This speed can cut the top stalk without stacking the stalk in front of the blade and not make the harvester shake till its danger to tractor driver. For the piston size at the top stalk cutter and tray are 1) piston at top stalk cutter take load 200 kg have cylinder diameter 1.5 in and rod diameter 1 in 2) piston at tray take load 1000 kg have cylinder diameter 2 in and rod diameter 1.37 in.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการออกแบบและพัฒนาระบบไฮดรอลิกในเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชนแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้ หากไม่ได้รับความกรุณาจากบุคคลสำคัญหลายๆท่าน ข้าพเจ้าต้องขอขอบคุณบุคคลสำคัญที่จะเอ่ยนามดังนี้ที่ช่วยให้คำปรึกษาและคำแนะนำคอยช่วยพวกข้าพเจ้าแก้ปัญหาต่างๆ ตลอดจนให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ซึ่งได้แก่ บิดามารดา ที่คอยให้การสนับสนุนและให้กำลังใจมาโดยตลอด และ อาจารย์ ผศ.ดร. ณัฐวุฒิ เดไปวา อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา และ ช่วยแก้ไขปัญหาอีกทั้งยังสนับสนุนค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมไปถึงคณาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์เครื่องกล ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สำหรับคุณงามความดีใดที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบให้กับ บิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง และ อาจารย์ ผศ.ดร. ณัฐวุฒิ เดไปวา รวมไปถึงอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ช่วยประสิทธ์ประสาทวิชาความรู้ และประสบการณ์ที่ดี ให้แก่ข้าพเจ้า

นายเจริญกิจ ติรณสวัสดิ์

นายพงศกร พุทธรักษา

นายรชฏ สุขปราโมทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....1

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการออกแบบ.....3

2.1 ข้อมูลเบื้องต้นในการเก็บเกี่ยวอ้อยและการสูญเสีย.....3

2.1.1 การเก็บเกี่ยวอ้อย.....3

2.1.2 การสูญเสียจากการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย.....5

2.2 ความรู้เบื้องต้นของเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย.....6

2.2.1 ลักษณะของเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยที่ใช้ในปัจจุบัน.....6

2.2.2 ทฤษฎีของเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย.....7

2.3 ปั๊มไฮดรอลิก.....8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กระบอกสูบ.....10
2.5 วาล์วไฮดรอลิก.....12
2.6 มอเตอร์ไฮดรอลิก.....14
2.6.1 หน้าที่และลักษณะของมอเตอร์ไฮดรอลิก.....14
2.6.2 วงจรมอเตอร์ไฮดรอลิก.....16
2.7 ท่อไฮดรอลิก.....16
2.8 ถังพักน้ำมันไฮดรอลิก.....18
2.9 เฟืองและโซ่คลัปปิ้ง.....19
2.9.1 เฟือง.....19
2.9.2 โซ่ส่งกำลัง.....19
2.10 แรงเสียดทาน.....20
2.10.1 นิยามของแรงเสียดทาน.....20
2.10.2 สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน.....20
บทที่ 3 หลักการออกแบบและส่วนประกอบ.....22
3.1 แนวทางในการออกแบบอุปกรณ์ระบบไฮดรอลิกในเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย.....23
3.2 ส่วนประกอยที่ใช้งานระบบไฮดรอลิกในเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย.....23
3.3 เงื่อนไขการออกแบบ.....23
3.4 การออกแบบมอเตอร์ไฮดดรอลิกในส่วนของการลำเลียง.....23
3.4.1 การหาแรงดึงโซ่ลำเลียง.....24
3.4.2 การหาแรงบิดของระบบลำเลียง.....25
3.4.3 การหาความเร็วรอบมอเตอร์ไฮดรอลิก.....26
3.4.4 การเซ็กมอเตอร์ไฮดรอลิก.....27
3.4.5 การหากำลังที่ใช้ของมอเตอร์ไฮดรอลิก.....27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6 อัตราการไหลของน้ำมันเข้าสู่มอเตอร์ไฮดรอลิก....29
3.4.7 ความดันมอเตอร์....30
3.5 การออกแบบมอเตอร์ในส่วนตัดยอดใบอ้อย....30
3.5.1 การหาแรงที่ทำให้ใบมีดเคลื่อนที่....30
3.5.2 การหาแรงบิดที่ใช้ในการตัดยอด....32
3.5.3 การเลือกมอเตอร์ไฮดรอลิก....33
3.5.4 การหากำลังที่ใช้ของมอเตอร์ไฮดรอลิก....33
3.5.5 อัตราการไหลของน้ำมันเข้าสู่มอเตอร์ไฮดรอลิก....35
3.5.6 ความดันมอเตอร์....36
3.6 การออกแบบและคำนวณขนาดกระบอกสูบ....37
3.6.1 การคำนวณขนาดกระบอกสูบที่รับน้ำหนักจากกระบะอ้อย....37
3.6.2 การคำนวณขนาดกระบอกสูบที่รับน้ำหนักจากส่วนตัดยอดใบอ้อย....39
3.7 การคำนวณและการออกแบบขนาดของท่อน้ำมันในระบบไฮดรอลิก....41
3.7.1 การคำนวณและเลือกขนาดท่อน้ำมันของปั๊ม....42
3.7.2 การคำนวณและเลือกขนาดท่อทางน้ำมันไหลเข้าและออก
มอเตอร์ไฮดรอลิก....43
3.7.3 การคำนวณและเลือกขนาดท่อทางน้ำมันไหลเข้าและออกกระบอกสูบ....44
3.8 การคำนวณ Friction loss ในระบบไฮดรอลิก....45
3.9 ปั๊มไฮดรอลิก....48
3.10 อุปกรณ์ต่างๆในระบบไฮดรอลิก....50
3.10.1 ถังพักน้ำมัน....50
3.10.2 ตัวกรองน้ำมัน....50
3.10.3 วาล์ว....51
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 วงจรไฮดรอลิก.....53

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน..... 55

4.1 หลักการทำงานและสมรรถนะของเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยและสางใบต้นอ้อย.....55

4.2 วิธีการทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวและสางใบต้นอ้อย.....57

4.3 ผลการทดสอบ..... 57

4.4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความคุ้มค่าและจุดคุ้มทุน.....61

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์..... 64

5.1คุณลักษณะของเครื่องเครื่องเก็บเกี่ยวและสางใบต้นอ้อย.....64

5.2 สรุปและวิจารณ์.....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 แสดงการสูญเสียน้ำหนักอ้อยและรายได้จากตออ้อยที่เหลือในไร่....3

2.2 แสดงรายได้ที่สูญเสีย เนื่องจากสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อย....4

2.3 แสดงถึงค่าสัมประสิทธ์แรงเสียดทานระหว่างพื้นผิว 2 ชนิด....21

3.1 แสดงค่าความหนืด kinematic และ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมัน....46

3.2 แสดงค่า Major loss ในท่อส่วนต่างๆ....46

3.3 แสดงค่า Minor loss ในท่อส่วนต่างๆ....47

4.1 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 เกี่ยวกับความเร็วรอบในส่วนต่างๆ....57

4.2 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 เกี่ยวกับความเร็วรอบในส่วนต่างๆ....58

4.3 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 กี่ยวกับคุณภาพเการเก็บเกี่ยว....58

4.4 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 เกี่ยวกับความเร็วรอบในส่วนต่างๆ....59

4.5 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 เกี่ยวกับคุณภาพการเก็บเกี่ยว....59

4.6 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 4 เกี่ยวกับความเร็วรอบในส่วนต่างๆ....60

4.7 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 4 เกี่ยวกับคุณภาพการเก็บเกี่ยว....60

4.8 แสดงรายได้หลังหักค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวโดยเปรียบเทียบที่
8 ไร่ ต่อวันหรือ 100 ตันต่อวัน....61

4.9 แสดงต้นทุนรวมในการปลูกต้นอ้อยต่อไร่....62

4.10 เปรียบเทียบจำนวนไร่ในการปลูกและจุดคุ้มทุน....63

5.1 ผลความเร็วรอบในส่วนต่างๆ....65

5.2 ผลการเก็บเกี่ยวอ้อยจากเครื่องเก็บเกี่ยวและสางใบอ้อย....66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป หน้า

2.1 วิธีการตัดอ้อยให้ได้คุณภาพ 5

2.2 เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยแบบตัดเป็นลำ 6

2.3 เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยแบบตัดเป็นท่อน 7

2.4 การแบ่งประเภทของปั๊มไฮดรอลิก 9

2.5 กระบอกสูบชนิดสองทิศทางแบบก้านสูบเดียว 10

2.6 กระบอกสูบชนิดสองทิศทางแบบสองก้านสูบ 10

2.7 กระบอกสูบแบบ Tendem cylinder 11

2.8 กระบอกสูบแบบ Duplex cylinder 11

2.9 สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมทิศทาง 12

2.10 สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมความดัน 13

2.11 สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมอัตราการไหล 13

2.12 การทำงานของเกียร์มอเตอร์ 14

2.13 การทำงานของมอเตอร์ลูกสูบ 15

2.14 การทำงานของมอเตอร์ใบพัด 15

2.15 ส่วนประกอบของท่อน้ำมันไฮดรอลิกชนิดอ่อนตัวได้ 17

2.16 ลักษณะและส่วนประกอบของถังพักน้ำมัน 18

2.17 ลักษณณะของเฟืองโซ่คลัปปิ้ง 19

3.1 แสดงส่วนประกอบต่างๆของเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชน 22

3.2 สายพานลำเลียง 24

3.3 แผนภาพ free body diagram ของสายพานลำเลียง 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 แผนภาพ Free body diagram ของแกนมอเตอร์ถึงขอบเฟืองในส่วนลำเลียง.....25

3.5 ใบมีดของส่วนตัดยอด.....31

3.6 แผนภาพ Free body diagram ของส่วนตัดยอด.....31

3.7 แผนภาพ Free body diagram ของแกนมอเตอร์ถึงขอบเฟืองในส่วนตัดยอด.....32

3.8 กระบอกสูบที่ใช้รับน้ำหนักกระบะ.....37

3.9 แสดงขนาดของกระบอกสูบที่ใช้รับน้ำหนักกระบะอ้อย.....39

3.10 กระบอกสูบที่ใช้รับน้ำหนักส่วนตัดยอด.....39

3.11 แสดงขนาดกระบอกสูบที่ใช้รับน้ำหนักส่วนตัดยอด.....41

3.12 ถังพักน้ำมัน.....50

3.13 ตัวกรองน้ำมัน ยี่ห้อ K- FLO รุ่น KH-591.....51

3.14 pilot operated relief valve.....51

3.15 Flow control valve.....52

3.16 directional control valve.....52

3.17 วงจรไฮดรอลิกที่ใช้ในเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชน.....53

4.1 แสดงการเตรียมการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยเครื่องเก็บเกี่ยว.....55

4.2 แสดงการติดตั้งเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยเข้ากับรถแทรกเตอร์.....56

4.3 แสดงขณะทำการเก็บเกี่ยวอ้อย.....56

4.4 แสดงต้นอ้อยที่ถูกเก็บเกี่ยวโดยเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย.....56

4.5 แสดงเครื่องที่ใช้วัดความเร็วรอบ.....57

5.1 แสดงการติดตั้งเครื่องเก็บเกี่ยวและสางใบต้นอ้อย.....65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ชื่อ (ภาษาไทย)	หน่วย
A	พื้นที่หน้าตัดภายในท่อ	in^2
Ac	พื้นที่กระบอกสูบ	in^2
A_{Rod}	พื้นที่ก้านสูบ	in^2
D	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อไฮดรอลิก	m
D_c	ขนาดกระบอกสูบ	in
D_{Rod}	ขนาดก้านสูบ	in
f	แรงเสียดทาน	N
f	ความถี่	$\frac{rev}{s}$
f	ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน	
F	แรงดึงของโซ่ลำเลียง	N
F_c	แรงที่ใช้งาน	lbs
g	ค่าความเร่งโน้มถ่วง	m/s^2
ID	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ	in
K	สัมประสิทธิ์การสูญเสียในฟิตติ้งสำหรับอุปกรณ์ต่างๆ	m
L	ความยาวท่อ	m
m_t	มวลรวมของทั้งระบบ	kg
m_k	มวลรวมของใบมีด	kg
n	จำนวนต้นอ้อยที่ตัดพร้อมกัน	-
N	จำนวนรอบ	rev
η_o	ประสิทธิภาพโดยรวมของมอเตอร์	-
η_v	ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของมอเตอร์	-
η_m	ประสิทธิภาพเชิงกลของมอเตอร์	-
p	กำลังที่ใช้ในการหมุน	W
P	ความดัน	Pa
P_c	ความดันที่ใช้	psi
Q	อัตราการไหล	gpm
Q_A	อัตราการไหลน้ำมันจริง	gpm
Q_T	อัตราการไหลน้ำมันทางทฤษฎี	gpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

r	ความยาวรัศมี	m
T	แรงบิด	N.m
T_A	แรงบิดจริง	N.m
T_T	แรงบิดจากมอเตอร์	N.m
v	ความเร็วในการไหลของน้ำมันภายในท่อ	ft/sec
V	ความเร็ว	m/s
V_D	ปริมาณการกวาดน้ำมันต่อรอบ	$\frac{in^3}{rev}$
θ	มุม	Degree, $^\circ$
μ	สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน	-
ω	ความเร็วเชิงมุม	$\frac{rad}{s}$
Δh	การสูญเสียพลังงานเนื่องจากการไหล	m
Δh_m	การสูญเสียพลังงานเนื่องจากการไหลในอุปกรณ์ต่างๆ	m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

อ้อยจัดเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจไทยเป็นอันดับต้นๆ เนื่องจากสามารถปลูกได้ทุกภาคส่วนของประเทศ อย่างไรก็ตาม จะนิยมปลูกที่ จ.กาญจนบุรีและสระแก้วมากที่สุด ขั้นตอนการปลูกและการเก็บเกี่ยวไม่ยุ่งยากจนเกินไป ให้ผลผลิตที่คุ้มค่า ประมาณ 3-4 ครั้งต่อปีประโยชน์ของอ้อยคือการนำไปแปรรูป ผลิตเป็นน้ำตาลต่อไป และในเมื่ออ้อยปลูกไม่ยากมากนัก จึงมีเกษตรกรจำนวนมากนิยมปลูก และมีโรงงานน้ำตาลจำนวนมากที่คอยรับซื้ออ้อยจากเกษตรกร ราคาเริ่มต้นที่ประมาณ 650 บาทต่อตัน ขึ้นอยู่กับว่าอ้อยมีความหวานแค่ไหนซึ่งปัจจุบันการเก็บเกี่ยวต้นอ้อยนั้นมี2ขั้นตอนหลักคือ1.) การสางใบก่อนตัด 2.)การตัดลำต้น แต่เนื่องจากในขั้นตอนการสางใบจะใช้เวลาค่อนข้างนาน เกษตรกรจึงทำการเผาใบอ้อยเพื่อที่จะทำการเก็บเกี่ยวได้เร็วขึ้น แต่การเผานั้นกับส่งผลให้เกิดมลภาวะทางอากาศ หรือ PM 2.5 ทำให้รัฐบาลออกกฎหมายห้ามให้เผาใบอ้อย ดังนั้นบริษัทต่างๆจึงทำการออกแบบและสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยที่สามารถสางใบและตัดลำต้นในเวลาเดียวกันได้ แต่กับมีราคาที่สูง ซึ่งเกษตรกรทั่วไปไม่สามารถซื้อและนำมาใช้ได้ต้องทำการเช่ายืมจากส่วนกลาง แต่การยืมจากส่วนกลางนั้นเป็นไปได้ยากเนื่องจากทางส่วนกลางเองก็ทำการเก็บเกี่ยวไม่ทันเวลาหีบอ้อยเหมือนกัน ผู้ทำการวิจัยเล็งเห็นถึงปัญหาเหล่านี้จึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชนนี้ขึ้นมาซึ่งจะแตกต่างจากเครื่องตัดอ้อยที่มีตามท้องตลาดโดยเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชนนี้จะใช้การส่งกำลังจากเพลา PTO แค่อย่างเดียวในส่งกำลังไปยังส่วนตัดและสางใบแต่เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยตามท้องตลาดนั้นจะใช้เพลา PTO ในการส่งกำลังไปยังส่วนตัดอย่างเดียวและใช้มอเตอร์อีกตัวหนึ่งส่งกำลังไปยังส่วนสางใบ ทำให้เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชนนี้มีราคาที่ถูกกว่าเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยตามท้องตลาด

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาการทำงานระบบไฮดรอลิกและระบบส่งกำลังจากรถแทรกเตอร์เพื่อขับชุดไฮดรอลิกในเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชนแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์

1.2.2 เพื่อศึกษาและออกแบบระบบไฮดรอลิกในเชิงวิศวกรรมของชุดตัดยอดอ้อย ชุดลำเลียงต้นอ้อย และชุดกะบะเก็บรวมกองในเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชนแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.3 เพื่อสร้างชุดตัดยอดอ้อย ชุดลำเลียงต้นอ้อย และชุดกะบะเก็บรวมกองในเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชนแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์

1.3 ขอบเขตของงาน

เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชนเครื่องนี้เป็นเครื่องเก็บเกี่ยวต้นอ้อยแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาด 80 แรงม้าใช้ได้กับไร่อ้อยที่มีต้นอ้อยขนาดความสูง 3-5 เมตร โดยไร่อ้อยที่ใช้ทดสอบตั้งอยู่ที่อำเภอหนองระเหว จังหวัดชัยภูมิ โดยเครื่องตัดอ้อยชุมชนที่ได้ออกแบบนั้นมีกลไกแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก คือ

1.) ส่วนตัดยอดต้นอ้อย ใช้ได้กับต้นอ้อยที่มีขนาดความสูง 3-5เมตร โดยตัดห่างจากจุดตัดธรรมชาติลงมา 3 ข้อ เพื่อให้ได้อ้อยคุณภาพ
2.) ส่วนลำเลียง สามารถลำเลียงต้นอ้อยมากที่สุดได้ประมาณ 12000 ต้น ต่อ 1 ชั่วโมง
3.) ส่วนกระบะอ้อย สามารถรับน้ำหนักกองต้นอ้อยมากที่สุด 1 ตัน ต่อ 1 กอง

กำหนดให้เพลา PTO มีความเร็วรอบ 540 รอบต่อนาทีเป็นต้นกำลังในการขับปั๊มไฮดรอลิกการออกแบบนี้ไม่รวมการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาข้อมูลเบื่องต้นเกี่ยวกับอ้อยและการเก็บเกี่ยว เช่น ลักษณะการปลูก พื้นที่ในการปลูก และ การ ตัดเป็นต้น

1.4.2 ศึกษาเครื่องตัดอ้อยที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน

1.4.3 ศึกษาระบบไฮดรอลิกเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในเครื่องตัดและสางใบอ้อย

1.4.4 ออกแบบระบบไฮดรอลิกและกลไกอุปกรณ์ในเครื่องตัดและสางใบอ้อย

1.4.5 ทดสอบชุดไฮดรอลิกกับกลไกต่างๆ ในเครื่องตัดและสางใบอ้อย เพื่อตรวจสอบการใช้งานของอุปกรณ์ให้เป็นไปตามที่ต้องการ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ชุดไฮดรอลิกในเครื่องตัดและสางใบอ้อยสามารถทำงานได้อย่างราบรื่นเป็นไปตามที่ต้องการและเป็นเครื่องทุ่นแรงสำหรับเกษตรกร ช่วยลดต้นทุนในการจ้างแรงงานสำหรับการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการออกแบบ

2.1 ข้อมูลเบื้องต้นในการเก็บเกี่ยวอ้อยและการสูญเสีย

2.1.1 การเก็บเกี่ยวอ้อย

การเก็บเกี่ยวส่วนใหญ่เกษตรกรจะใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยว 88.54% ใช้เครื่องเก็บเกี่ยว 5.14% และใช้แรงงานคนผสมกับการใช้เครื่อง 6.32% เหตุผลที่เกษตรกรใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยวเนื่องจาก แรงงานหาง่าย มีราคาถูกสูญเสียน้อย และ เครื่องเก็บเกี่ยวมีราคาแพง เป็นต้น เหตุผลที่เกษตรกรใช้เครื่องเก็บเกี่ยวเนื่องจากแรงงานหายาก มีราคาแพง อ้อยที่เก็บเกี่ยวได้สะอาด เป็นต้น เหตุผลที่เกษตรกรใช้แรงงานคนผสมกับการใช้เครื่องเนื่องจาก การใช้แรงงานคนเก็บเกี่ยวอย่า งเดียวอาจเก็บเกี่ยวไม่ทันจึงต้องนำเครื่องมาช่วยเก็บเกี่ยว เป็นต้น

การเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคน เป็นการตัดอ้อยสด 39.54% อ้อยเผา 52.09% อ้อยสดผสมกับอ้อย เผา 8.36% ส่วนการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องเก็บเกี่ยวเป็นการตัดอ้อยสดทั้งหมด 100% เหตุผลที่เกษตรกรตัดอ้อยสดเนื่องจาก ได้ราคาดี รักษาตอ ถ้าเผาแล้วน้ำหนักอ้อยหาย เป็นต้น ส่วนเหตุผลที่เกษตรกรตัดอ้อยเผาเนื่องจากรวดเร็วแรงงานไม่ยอมตัดอ้อยสด เป็นต้น

วิธีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับอ้อยคือ ใช้มีดถากใบและกาบใบอ้อยออก แล้วตัดอ้อยให้ชิดดิน ควรตัดยอดอ้อยต่ำกว่าจุดคอใบประมาณ 25-30 ซ.ม. ในอ้อยที่ไม่ออกดอก และตัดต่ำจากใบธงประมาณ 100-150 ซ.ม. ในอ้อยที่ออกดอกและจากเอกสารเผยแพร่ของบริษัทมิตรผลวิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล แนะนำวิธีการตัดอ้อยให้ได้คุณภาพนั้น มีวิธีการตัดดังต่อไปนี้ คือ

1. ควรตัดอ้อยให้ชิดดิน เนื่องจากตออ้อยเป็นส่วนที่มีซีซีเอสสูงสุด และการตัดอ้อยไม่ชิดดินทำให้เกษตรกรสูญเสียน้ำหนักอ้อยและสูญเสียรายได้ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2.1 การสูญเสียน้ำหนักอ้อยและรายได้จากตออ้อยที่เหลือในไร่

ความสูงของตออ้อย (ซ.ม.)	น้ำหนักอ้อยที่สูญเสีย (ตัน/ไร่)	รายได้ที่สูญเสีย (บาท/ไร่)
5	0.3	186
8	1.0	620
12	1.5	930
15	2.0	1440

ที่มา:ดัดแปลงจาก ดิลกและคณะ(2546)และคิดที่ราคาอ้อยเบื้องต้น 500 บาทค่าความหวานที่ 14 ซีซีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : ปัจจุบันราคาอ้อยเบื้องต้น 700 บาท/ตัน

2. ตัดอ้อยให้สะอาดและไม่ตัดอ้อยยอดยาว สิ่งเจือปนต่างๆ เช่น ยอดอ้อย กาบ ใบอ้อย ราก และดิน ฯลฯ จะทำให้ค่าซีซีเอส และรายได้ลดลง ดังแสดงในตารางที่ 2

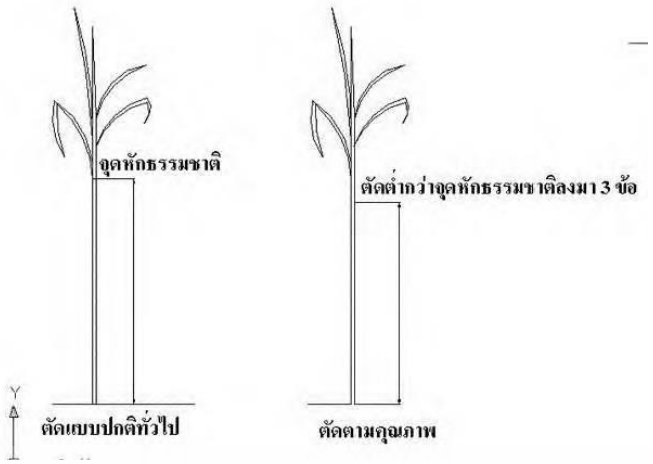
ตารางที่ 2.2 รายได้ที่สูญเสีย เนื่องจากสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อย

เปอร์เซนต์สิ่งเจือปน	ค่าความหวาน (ซีซีเอส)	ราคาอ้อย (บาท/ตัน)	รายได้ที่สูญเสีย (บาท/ตันอ้อย)
3	13.52	605	9
5	13.22	596	18
7	12.92	587	27
9	12.62	578	36
11	12.32	569	45
13	12.02	560	54
15	11.72	551	63

ที่มา : ดัดแปลงจาก สุวิชช์ วรกาญจนา (2546) และคิดที่ราคาอ้อยเบื้องต้น 500 บาท
หมายเหตุ : ปัจจุบันราคาอ้อยเบื้องต้น 700 บาท/ตัน

วิธีการตัดอ้อยที่เหมาะสม เกษตรกรจะต้องตัดให้ต่ำกว่าจุดหักธรรมชาติของอ้อยลงมา 3 ปล้องดังภาพที่ 2.1 การตัดอ้อยยอดยาวจะถูกตัดราคาตันละ 20 บาท เนื่องจากยอดยาว รวมถึงกาบและใบ จะมีปริมาณแป้งที่สูง ทำให้แป้งติดเข้าไปในขบวนการผลิตมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำตาลทรายดิบปริมาณแป้งที่ปนเปื้อนที่สูงกว่ามาตรฐาน (350 พีพีเอ็ม) จะก่อให้เกิดปัญหาการส่งออกและส่งผลเสียต่อตลาดน้ำตาลต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 วิธีตัดอ้อยให้ได้คุณภาพ

3. ควรตัดอ้อยสดไม่ควรเผาอ้อยก่อนตัด เนื่องจากอ้อยเผาจะมีการสูญเสียน้ำหนัก และรายได้มากกว่าอ้อยตัดสด อ้อยเผาจะถูกตัดราคาตันละ 20 บาท การเผาอ้อยทำให้ขบวนการทำน้ำตาลทำได้ยากขึ้น เกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรีย ทำให้เกิดปัญหาในขบวนการผลิตและต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การหีบอ้อยทำได้ช้าลง

2.1.2 การสูญเสียจากการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย

จากการศึกษาของ Ridge and Lindale (1993) พบว่า การสูญเสียอ้อยจากการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยมี 4ลักษณะ ดังต่อไปนี้

1. การสูญเสียที่พัดลมทำความสะอาด พัดลมทำความสะอาดในเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยมี 2 ตัว คือชุดพัดลมใหญ่และชุดพัดลมเล็กการสูญเสียเกิดจากท่อนอ้อยบางส่วนถูกพัดลมทำความสะอาดดูดทิ้งไปกับเศษใบอ้อย
2. การสูญเสียที่สะพานลำเลียง เกิดที่ตะกร้ารับอ้อยและสะพานลำเลียง ท่อนอ้อยร่วงหล่นจากตะกร้าเนื่องจากการใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยมากเกินไป ทำให้สะพานลำเลียงลำเลียงอ้อยไม่ทันจึงเกิดการร่วงหล่น
3. การสูญเสียจากการตัดไม่หมด เกิดขึ้นที่ใบมีดตัดโคน เนื่องจากการพูนโคนอ้อยไม่เรียบร้อย ทำให้มีโคนอ้อยเหลือจากการตัดโคนหรืออ้อยล้มไปตามพื้นทำให้ใบมีดตัดโคนไม่สามารถตัดอ้อยได้เป็นต้น
4.การสูญเสียจากการร่วงหล่น เกิดขึ้นที่ขบวนการขนส่งอ้อยจากแปลงเข้าสู่โรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความรู้เบื้องต้นของเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย

2.2.1 ลักษณะของเครื่องเก็บอ้อยที่ใช้ในปัจจุบัน

เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน สามารถจำแนกตามลักษณะการเก็บเกี่ยวได้เป็น 2 ชนิดคือ เครื่องเก็บเกี่ยวแบบตัดเป็นลำ (Whole stalk harvester) และเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยแบบตัดเป็นท่อ(Chopper harvester)

1. เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยแบบตัดเป็นลา เป็นเครื่องตัดอ้อยที่ตัดอ้อยออกมาเป็นลา อ้อยที่ถูกตัดแล้วจะถูกลา เลียงมาวางกองไว้ในแปลง เครื่องเก็บเกี่ยวแบบนี้โดยปกติจะใช้ร่วมกับเครื่องคีบอ้อย (Sugarcane loader) และรถบรรทุกเพื่อจะทำการขนส่งไปโรงงานน้ำตาลต่อไป บริษัทที่ทำการผลิตจำหน่ายเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยแบบนี้ส่วนมากเป็นบริษัทของอเมริกา เช่น CAMECO, BROUSSARD, THOMPSON และมีบางบริษัทจากประเทศบราซิล ญี่ปุ่น เป็นต้น

รูปที่ 2.2 เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยแบบตัดเป็นลำ

2. เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยแบบตัดเป็นท่อน เป็นเครื่องที่ทำการตัดโคนและยอดแล้วจึงทำการตัดลำอ้อยออกเป็นท่อนๆ สามารถตัดอ้อยได้ทั้งแบบอ้อยสดและอ้อยเผา อ้อยที่ตัดเป็นท่อนแล้วจะถูกพ่นลงสู่รถบรรทุก และสามารถขนส่งสู่โรงงานน้ำตาลได้เลย บริษัทที่ทำการผลิตและจำหน่ายเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยแบบนี้ได้แก่ AUSTOFT (ประเทศออสเตรเลีย) CAMECO (ประเทศสหรัฐอเมริกา) MESSEYFERGUSON (ประเทศออสเตรเลีย) รวมทั้งบริษัทจากประเทศญี่ปุ่น และจีน เป็นต้น เครื่องลักษณะนี้เป็นเครื่องที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทยในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยแบบตัดเป็นท่อน

2.2.2 ทฤษฎีของเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย

2.2.2.1 เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยที่ดีควรมีลักษณะของเครื่องทั่วไปคือ

1. ตัดต้นอ้อยได้ระยะตามที่กำหนดเพื่อสูญเสียอ้อยน้อยที่สุด
2. ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตเป็นไปตามที่ต้องการ
3. ไม่ทำลายต้นอ้อยให้เสียหายจนสูญเสียน้ำอ้อย
4. ไม่ทำลายรากอ้อยให้เสียหายเพื่อปลูกในครั้งต่อไป

2.2.2.2 ส่วนประกอบของเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย

1. ชุดตัดโคน

ชุดตัดโคนโดยทั่วไปทำด้วยจานโลหะที่มีความแข็งแรงและกันสนิมจากน้ำอ้อยที่ติดค้าง และมีความเร็วรอบที่เหมาะสมในการตัดเพื่อความต่อเนื่องในการเก็บเกี่ยว

2. ชุดตัดใบยอดต้นอ้อย

มีหน้าที่ในการตัดส่วนใบยอดต้นอ้อย เนื่องจากบริเวณส่วนใบยอดต้นอ้อยเป็นส่วนที่ไม่มีความหวานที่ต้องการ ถ้านำไปหีบจะเกิดการสูญเสียน้ำตาล โดยทั่วไปใช้ใบมีดติดตั้งกับจานหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ชุดสางใบต้นอ้อย

มีหน้าที่สางใบอ้อยแทนที่จะใช้การเผาใบเนื่องจากใบอ้อยที่ล่วงลงลงพื้นมีประโยชน์ เช่น เป็นอินทรีย์วัตถุชั้นดี,ป้องกันวัชพืช และ สามารถลดปัญหาเรื่องโรคแมลงที่เกิดในแปลงอ้อย

4. ชุดลำเลียงอ้อย

มีหน้าที่ลำเลียงต้นอ้อยเข้าสู่กระบวนการการตัดต้นอ้อย ตั้งแต่การตัดโคนอ้อยจนไปถึงการบรรจุต้นอ้อยลงกระบะเก็บอ้อย

5. ชุดเก็บอ้อย

มีหน้าที่ในการบรรจุต้นอ้อยหลังจากผ่านกระบวนการสางใบละตัดต้น เมื่อเก็บได้ตามปริมาตรที่กำหนดชุดเก็บอ้อยจะทำการเทอ้อยออกจากตัวกระบะเก็บอ้อย

2.3 ปั๊มไฮดรอลิก

คืออุปกรณ์สร้างการไหล เมื่อการไหลถูกกีดขวางทำให้เกิดความดัน ถ้าการกีดขวางการไหลมากก็เกิดความดันมาก ทำนองเดียวกัน ถ้าสิ่งกีดขวางการไหลน้อยก็เกิดความดันน้อย เมื่อปั๊มดูดน้ำมันจากถังน้ำมันจะส่งเข้าไปในระบบโดยผ่านอุปกรณ์ต่างๆของระบบ เช่นวาล์วควบคุมทิศทาง และที่จุดนี้ น้ำมันสามารถไหลกลับลงถังน้ำมันหรือไหลเข้าไปในระบบได้ถ้าให้น้ำมันไหลเข้าไปในระบบเพื่อนำไปใช้งานนั้นจะทำให้น้ำมันมีความดันเพิ่มสูงขึ้น(ขึ้นอยู่กับการกีดขวางมากหรือน้อย) เมื่อความดันขึ้นสูงถึงค่าๆหนึ่งที่ปรับตั้งไว้ที่วาล์วนิรภัย(Relief Valve) ทำให้ความดันนั้นคงที่(ไม่สูงขึ้นอีกต่อไปได้)

การออกแบบโครงสร้างของปั๊มไฮดรอลิกจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

- ราคา
- อายุการใช้งาน
- ค่าความดันใช้งาน
- ความเร็วรอบของการหมุน
- ระดับความดังของเสียง
- อัตราการส่งน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

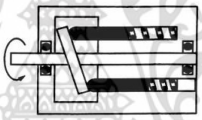
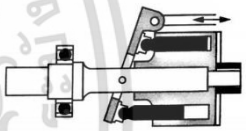
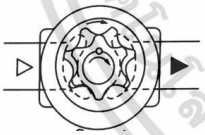
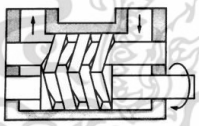
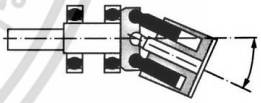
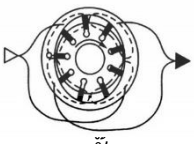
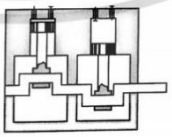
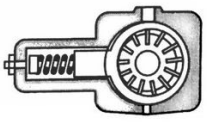
- เป็นชนิดปรับอัตราการไหลได้หรือไม่ได้
- ประสิทธิภาพ
- การทำงานร่วมกันได้กับชนิดของน้ำมันไฮดรอลิก

อย่างไรก็ตามสามารถแบ่งประเภทของปั๊มไฮดรอลิกออกได้เป็น 3 ชนิดด้วยกัน คือ

1. เกียร์ปั๊ม (Gear Pumps)

2. เวนปั๊ม (Vane Pumps)

3. ปั๊มแบบลูกสูบ (Piston Pumps)

ปั๊มชนิดปรับค่าไม่ได้		ปั๊มชนิดปรับค่าได้
	เกียร์ปั๊ม	ปั๊มลูกสูบแบบทรงกลม
เกียร์ปั๊มชนิดเฟืองใน	 ปั๊มลูกชนิดสูบ อยู่ในแนวเดียวกับเพลาขับ	 ปั๊มลูกสูบแนวเดียวกับเพลาขับชนิดแผ่นเอียง
 จีโรเตอร์	 ปั๊มแบบเฟืองหนอน	 ปั๊มลูกสูบแนวเดียวกับเพลาขับชนิดเอียง
 เวนปั๊ม	 ปั๊มลูกสูบชนิดสูบในแนวเส้นตรง	 เวนปั๊ม

รูปที่2.4 การแบ่งประเภทของปั๊มไฮดรอลิก

(ที่มา: ไฮดรอลิกอุตสาหกรรม, 2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาตรของปั๊มไฮดรอลิก

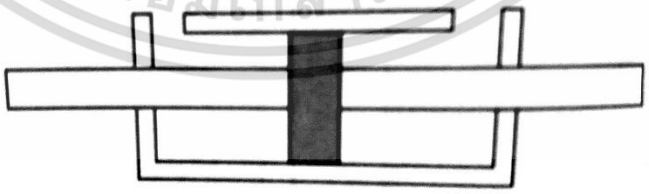
ปริมาตรการส่งน้ำมันของปั๊มไฮดรอลิกมีหน่วยวัดหลายชนิด เช่น รอบ/นาที(rev/min.) ลูกบาศก์เซนติเมตร/รอบ (cc^3/rev.) ลิตร/นาที (litre /min.) แกลลอน/นาที (GPM) เป็นต้นปริมาตรการส่งน้ำมันของปั๊มไฮดรอลิกสามารถหาได้จากแคตตาล็อกของปั๊มที่เลือกใช้งาน

2.4 กระบอกสูบ

1. Double Acting, Single Rod Cylinder เป็นกระบอกสูบชนิดสองทิศทาง มีก้านสุบเดียว วิ่งเข้าออกภายในกระบอกสูบ ทำหน้าที่เปลี่ยน แกลลอน/นาที(GPM)และปอนด์/ตารางนิ้ว (PSI)ให้เป็นพลังงานกล และได้ความเร็วก้านสูบตามที่ต้องการ

รูปที่2.5 กระบอกสูบชนิดสองทิศทางก้านสูบเดียว

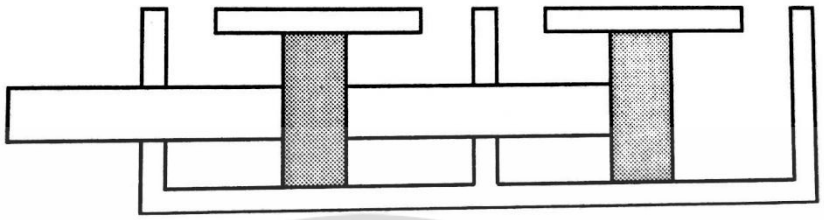
2. Double Rod Cylinder เป็นกระบอกสูบแบบสองทิศทาง แต่มีก้านสูบสองข้างต่อออกจากลูกสูบตัวกลางตัวเดียว



รูปที่2.6 กระบอกสูบชนิดสองทิศทางแบบสองก้านสูบ

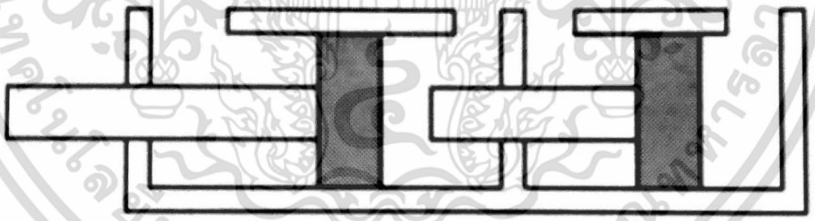
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Tandem Cylinder เป็นกระบอกสูบแบบสองทิศทาง ที่มีลูกสูบตั้งแต่ 2 สูบขึ้นไป แต่มีก้านสูบเพียงอันเดียวสำหรับใช้ทำงาน ลักษณะของลูกสูบชนิดนี้จะทำให้ได้แรงของก้านสูบเพิ่มขึ้น



รูปที่2.7 กระบอกสูบแบบ Tandem Cylinder

4. Duplex Cylinder เป็นกระบอกสูบชนิดสองทิศทาง แต่ก้านสูบไม่ต่อกันและมีจำนวนลูกสูบอย่างน้อยที่สุดตั้งแต่ 2 สูบขึ้นไป สำหรับด้านที่ไม่ต่อถึงกันนั้นจะมีขนาดของช่วงชักแตกต่างกันออกไปด้วย



รูปที่2.8 กระบอกสูบแบบ Duplex Cylinder

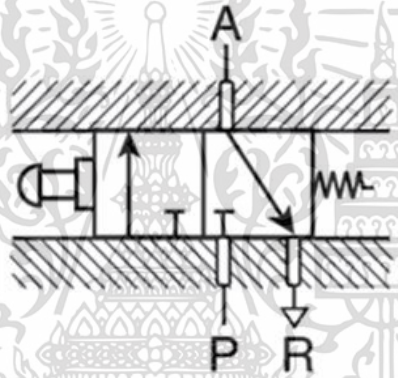
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 วาล์วไฮดรอลิก

วาล์วไฮดรอลิกสามารถสามารถแบ่งได้เป็นประเภทหลัก 3 ประเภท ได้แก่

1. วาล์วควบคุมทิศทาง

มีหน้าที่เลือกทิศทางการไหลของลมอัดให้ไปตามทิศทางที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อให้อุปกรณ์ทำงาน เช่นกระบอกสูบลม มอเตอร์ลม สามารถทำงานได้ และเคลื่อนที่ในทิศทางที่ถูกต้อง โดยใช้หลักการเปิด - ปิดลมอัดจากรูลมหนึ่งไปยังรูลมอีกรูหนึ่ง จำนวนรูลมอัดของวาล์วควบคุมทิศทางมีอยู่หลายแบบ เช่น 2รู, 3รู, รู, 5รู สัญลักษณ์ของวาล์วจะแสดงให้เห็นหน้าที่การทำงาน ไม่ได้แสดงถึงโครงสร้างภายใน โดยเขียนแทนด้วยรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ภายในจะมีเส้นและลูกศรแสดงทิศทางการไหล และกำหนดสัญลักษณ์ของรูที่ตัววาล์วด้วย

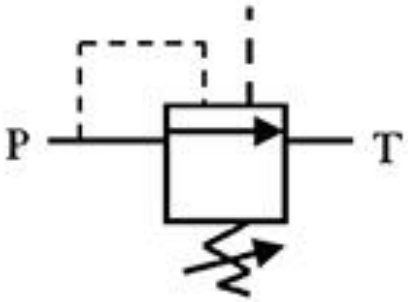


รูปที่2.9 สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมทิศทาง

2. วาล์วควบคุมความดัน

เราสามารถทำให้ระบบมีความดันสูงสุดได้โดยการใช้วาล์วควบคุมความดันซึ่งปกติมีตำแหน่งปิด โดยใช้รู P ต่อกับความดันในระบบส่วนรูน้ำมันไหลออกจากวาล์วให้ต่อจากรู T ของวาล์วกับถังน้ำมันและให้สปูของวาล์วทำงานด้วยความดันภายในระบบเอง หมายถึงเมื่อมีความดันสูงกว่าแรงสปริงภายในวาล์วจะทำให้วาล์วตัวเปิดให้น้ำมันไหลจากรู P ไปยังรู T

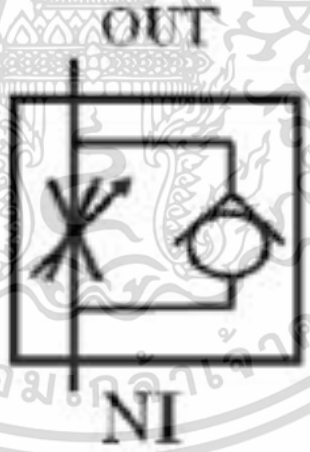
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.10 สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมความดัน

3. วาล์วควบคุมอัตราการไหล

วาล์วควบคุมอัตราการไหลจะใช้ควบคุมความเร็วของลูกสูบโดยการปรับเปลี่ยนขนาดของช่องทางของวาล์วที่ให้น้ำมันไหลผ่าน โดยในการทำงาน มื่อเราคลายสกรูออกช่องทางน้ำมันจะเปิดกว้างส่งผลให้อัตราการไหลมาก แต่เมื่อหมุนสกรูเข้า ช่องทางน้ำมันจะแคบเข้า อัตราการไหลจะน้อยลงในการนำวาล์วนี้ไปใช้งานในการควบคุมความเร็วลูกสูบความเร็วลูกสูบจะไม่คงที่ ซึ่งเป็นเพราะความดันในระบบไม่คงที่ทำให้อัตราการไหลของน้ำมันผ่านวาล์วไม่คงที่



รูปที่2.11 สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมอัตตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 มอเตอร์ไฮดรอลิก

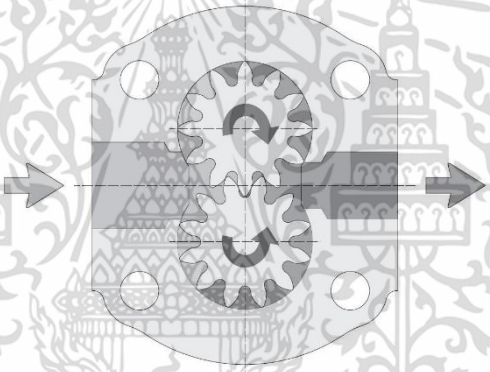
2.6.1 หน้าที่และลักษณะของมอเตอร์ไฮดรอลิก

หน้าที่ของมอเตอร์ไฮดรอลิก มอเตอร์ไฮดรอลิกเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนไฮดรอลิกหรือพลังงานของเหลวเป็นพลังงานกล ที่ทำงานควบคู่กับปั๊มไฮดรอลิกซึ่งแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานของเหลวหรือพลังงานไฮดรอลิก มอเตอร์ไฮดรอลิกจะส่งกำลังเพื่อเคลื่อนย้ายโหลดภายนอก

ชนิดของมอเตอร์ไฮดรอลิก แบ่งเป็น 3 ประเภทคือ

1.มอเตอร์เฟืองทดแรง (Gear motor)

การทำงานของมอเตอร์เฟืองทดคือ น้ำมันแรงดันสูงจะถูกส่งเข้าไปในด้านหนึ่งของเกียร์ซึ่งจะไหลไปรอบๆ เฟืองและตัวเรือนไปช่องทางออกและบีบอัดออกจากตัวมอเตอร์

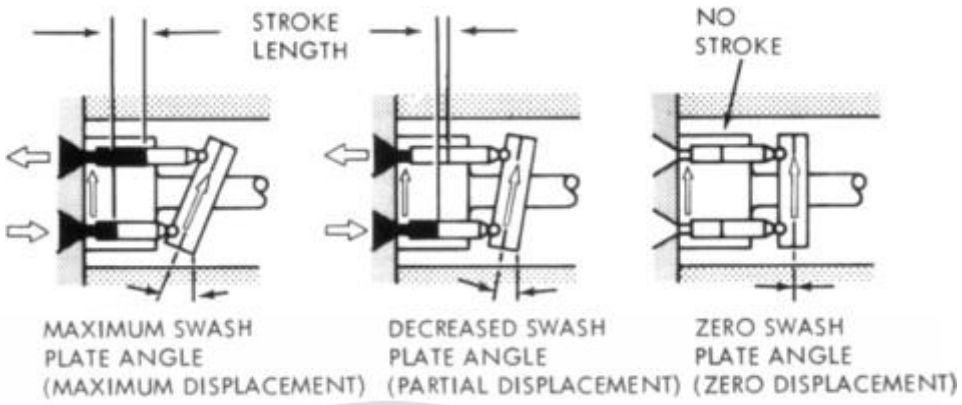


รูปที่2.12 การทำงานของเกียร์มอเตอร์

2.มอเตอร์ลูกสูบ (Piston motor)

การทำงานของมอเตอร์ลูกสูบคือ น้ำมันแรงดันสูงไหลผ่านเดือยที่อยู่ตรงกลางกระบอกสูบเพื่อขับลูกสูบออกไปด้านนอก ลูกสูบจะดันแหวนที่ถูกผลักและแรงปฏิกิริยาที่เกิดจากแหวนจะทำให้ตัวกระบอกหมุน

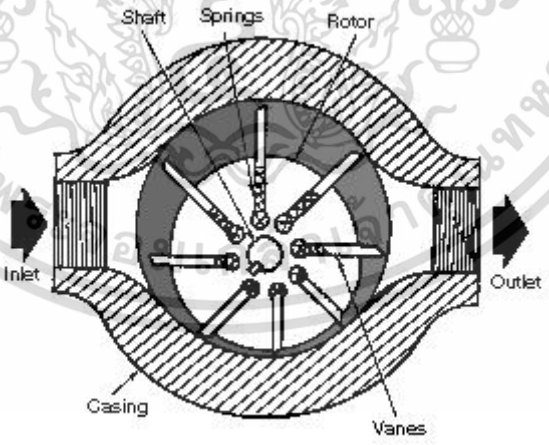
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.13 การทำงานของมอเตอร์ลูกสูบ

3.มอเตอร์ใบพัด (Vane motor)

การทำงานของมอเตอร์ใบพัดคือ น้ำมันแรงดันสูงจะถูกส่งเข้าและออกจากตัวเรือนมอเตอร์ผ่านช่องเปิดในแผ่นด้านข้างที่ทางลาด น้ำมันที่ไหลเข้าที่ช่องทางเข้าจะขับโรเตอร์ทวนเข็มนาฬิกา โรเตอร์จะส่งของเหลวไปยังช่องทางลาดที่ช่องทางออกเพื่อกลับไปยังถังน้ำมัน หากมีการควบคุมแรงดันที่ช่องทางออกมันจะทำให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา



รูปที่2.14 การทำงานของมอเตอร์ใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 วงจรมอเตอร์ไฮดรอลิก

1.การส่งผ่านกำลังแบบรอบเปิด (Open Loop)

การส่งผ่านกำลังแบบวงรอบเปิดประกอบด้วย ถังพักน้ำมันปั๊มแบบจ่ายน้ำมันคงที่ วาล์วปลดความดัน และวาล์วควบคุมทิศทาง ซึ่งใช้บังคับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฮดรอลิก ความเร็วของมอเตอร์จะขึ้นอยู่กับอัตราการจ่ายน้ำมันของปั๊มและปริมาตรของมอเตอร์ ในการทำงานของวงจรน้ำมันจะถูกส่งเข้าสู่วงจรเพื่อทำงานแล้วไหลกลับถังพักก่อนที่จะถูกดูดกลับไปใช้ใหม่

2.การส่งผ่านกำลังแบบวงรอบปิด (Closed Loop)

การส่งผ่านกำลังแบบวงจรปิด ประกอบด้วยปั๊มหลักซึ่งเป็นปั๊มแบบปรับอัตราการจ่ายน้ำมันได้ ในบางกรณีอาจมีปั๊มช่วยตัวเล็กเพิ่มเข้าไปในระบบเพื่อคอยเติมน้ำมันอันเนื่องมาจากการรั่วของปั๊มและมอเตอร์ ซึ่งโดยทั่วไปปั๊มที่เสริมเข้ามาจะทำหน้าที่เสริมน้ำมันทางด้านความดันสูงและด้านความดันต่ำ ในขณะที่ส่งน้ำมันเข้าไปในระบบยังมีน้ำมัน (ความดัน) อย่างเพียงพอ น้ำมันที่ถูกส่งเข้าไปก็จะถูกระบายออกทางวาล์วปลดความดัน ส่วนถังพักน้ำมันที่ใช้จะมีขนาดเล็กกว่าปกติเนื่องจากน้ำมันส่วนใหญ่จะคงหมุนเวียนอยู่ในระบบ นอกจากนั้นในบางกรณีอาจใช้ชุดระบายความร้อนของน้ำมันตั้งเข้าไปในระบบด้วยโดยติดตั้งเข้ากับช่องระบาย (case drain) ของปั๊ม

2.7 ท่อไฮดรอลิก

ท่อน้ำมันไฮดรอลิกที่ใช้ในปัจจุบันแบ่งออกได้ 3 ชนิดคือ

1.ท่อน้ำมันไฮดรอลิกชนิดแป๊ปเหล็กกล้า (Steel piping)

ท่อชนิดนี้เป็นท่อที่ใช้กันมากในระบบไฮดรอลิกในงานอุตสาหกรรมเพราะมีราคาถูกและสะดวกในการใช้งานกว่าท่อชนิดอื่นๆ ท่อชนิดนี้เมื่อต้องการต่อหรือเชื่อมยึดระหว่างท่อกับข้อต่อ หรือ ระหว่างท่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจร จะต้องทำเกลียวที่ปลายท่อ ลักษณะพิเศษของท่อชนิดนี้คือไม่มีตะเข็บภายในสามารถทนแรงดันได้ดีกว่าท่อที่มีตะเข็บภายในปราศจากสนิม และสิ่งสกปรกที่ผนังภายในท่อ แป๊ปเหล็กกล้ามีขนาดมาตรฐานต่างๆกัน แบ่งตามความหนาเรียกว่า Pipe Schedule โดยแบ่งเป็นแป๊ปขนาดมาตรฐาน (Standard) แป๊ปชนิดแข็งแรงหนาเป็นพิเศษ(Extra heavy or x-strong) และแป๊ปชนิดหนาเป็นพิเศษ 2 เท่า (Double extra heavy or xx-strong)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

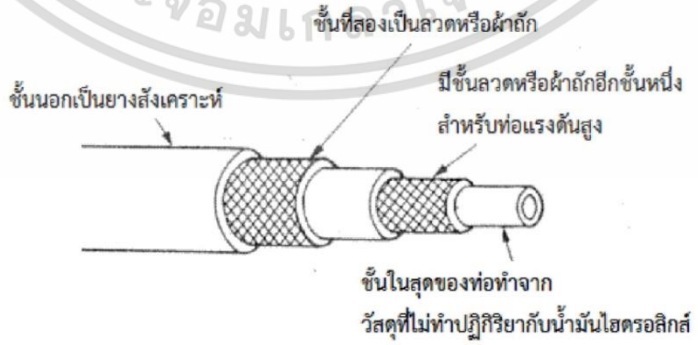
2.ท่อน้ำมันไฮดรอลิกชนิดท่อเหล็กกล้า (Steel Tubing)

ท่อชนิดนี้เป็นท่อโลหะเหล็กกล้าไม่มีตะเข็บภายในท่อโดยมีข้อดีกว่าแป๊ปคือสามารถดัดให้โค้งงอหรือขึ้นรูปต่างๆ ได้ตามต้องการ ซึ่งจะช่วยลดจำนวนข้อต่อลง ใช้กับงานในระบบที่มีอัตราการไหลของน้ำมันต่ำและท่อต้องทนความดันได้สูงข้อต่อท่อ (Tube fitting) ใช้เชื่อมต่อท่อไฮดรอลิกส์และเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กับท่อ การเชื่อมต่อระหว่างท่อกับข้อต่อไม่ใช้การซีลด้วยฟันเกลียวเหมือนแป๊ป แต่ใช้การซีลด้วยหน้าสัมผัสของโลหะกับโลหะ ข้อต่อท่อที่มีการซีลลักษณะนี้สามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 3 แบบตามลักษณะการทำงาน คือข้อต่อท่อแบบหัวแฟลร์ (Flare coupling or flare fitting) การเชื่อมต่อระหว่างท่อกับหัวข้อต่อท่อแบบหัวแฟร์นี้ก็คือวิธีการบานปลายท่อนั่นเอง ข้อต่อท่อแบบนี้มีส่วนประกอบ 4 ส่วนได้แก่ ตัวข้อต่อ ส่วนกลาง ปลอกและนอต ข้อต่อแบบหัวแฟลร์นี้แบ่งออกเป็น 3 แบบคือ

- ข้อต่อท่อแบบหัวแฟลร์ 37 องศา ใช้กับงานทั่วไป
- ข้อต่อท่อแบบหัวแฟลร์ 45 องศา ใช้กับงานความดันสูง
- ข้อต่อท่อแบบหัวแฟลร์กลับทาง เหมาะสำหรับใช้ในที่แคบๆ

3.ท่อน้ำมันไฮดรอลิกชนิดอ่อนตัวได้ (Flexible hose)

ท่อชนิดนี้เป็นท่อยางสังเคราะห์สวมซ้อนกันเป็นชั้นๆ สลับกับเชือกถักใช้สำหรับท่อความดันปกติ ส่วนลวดถักใช้สำหรับท่อความดันสูง ยางสังเคราะห์ชั้นในสุดจะไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันไฮดรอลิกส์ เมื่อต้องการนำไปใช้งานต้องสวมเข้ากับข้อต่อหัวสาย(Coupling) ที่ปลายทั้ง 2 ข้างเพื่อยึดติดกับอุปกรณ์อื่นๆ ในวงจรไฮดรอลิกส์ สภาพการใช้งานของท่อชนิดนี้ต้องให้อยู่ในสภาวะปกติ อย่าให้ท่อบิดตัวได้

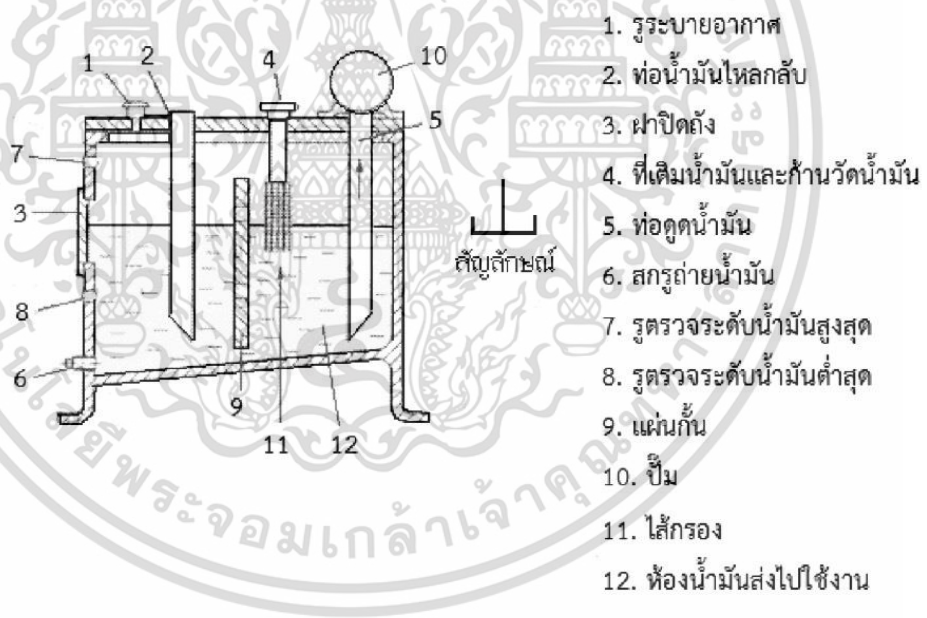


รูปที่2.15 ส่วนประกอบของท่อน้ำมันไฮดรอลิกชนิดอ่อนตัวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ถังพักน้ำมันไฮดรอลิก (Fluid reservoir)

หน้าที่ของถังพักน้ำมัน ถังพักน้ำมันมีหน้าที่ต่างๆ ดังนี้ เป็นที่พักน้ำมัน โดยจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะเก็บและสำรองปริมาณน้ำมันให้พอเพียงที่จะจ่ายให้กับระบบทั้งหมด เป็นที่ขจัดสิ่งสกปรกต่างๆ และน้ำที่ปนมากับน้ำมัน เป็นที่ระบายความร้อนของน้ำมันในระบบ เมื่อน้ำมันไฮดรอลิกส์ถูกใช้ไปเพื่อถ่ายทอดกำลังงานจะเกิดความร้อนขึ้นความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกถ่ายเทออกที่ถังพักน้ำมัน โดยต้องรักษาอุณหภูมิของน้ำมันไว้ที่ประมาณ 50 องศาเซนติเกรด เป็นที่ขจัดฟองอากาศ เมื่อน้ำมันไหลกลับสู่ถังพักจะเกิดฟองอากาศผสมกับน้ำมัน ดังนั้นในถังพักน้ำมันจะต้องมีเนื้อที่สำหรับอากาศเหนือน้ำมัน เพื่อให้อากาศแยกตัวกลับสู่บรรยากาศ



รูปที่2.16 ลักษณะและส่วนประกอบของถังพักน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

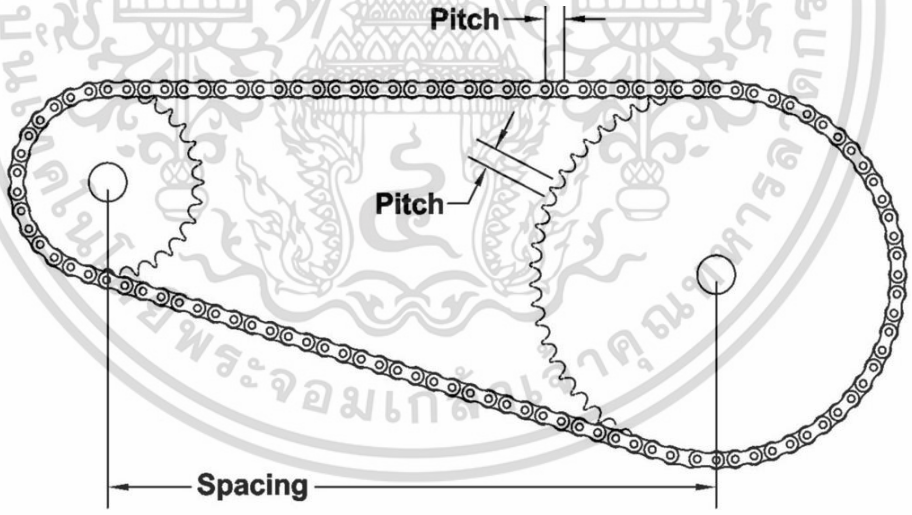
2.9 เฟืองและโซ่คัปปลิ้ง

2.9.1 เฟือง

เฟืองเป็นชิ้นส่วนเครื่องกลที่มีรูปร่างเป็นจานแบนรูปวงกลม ตรงขอบมีลักษณะเป็นแฉก เรียกว่าฟันเฟือง ซึ่งสามารถนำไปประกบกับเฟืองอีกตัวหนึ่งทำให้เกิดเป็นระบบส่งกำลังขึ้น สามารถทำให้เกิดเป็นความได้เปรียบเชิงกลได้ จึงถือเป็นเครื่องกลชนิดหนึ่งที่ใช้งานอย่างง่าย ด้วยคุณลักษณะนี้ เฟือง สามารถนำมาใช้ส่งผ่านแรงหมุน ปรับความเร็ว, แรงหมุน และทิศทางการหมุนในเครื่องจักรได้ โดยระบบเฟืองหรือระบบส่งกำลังนี้ มีความสามารถคล้ายคลึงกับระบบสายพาน แต่จะดีกว่าตรงที่ระบบเฟืองจะไม่มีการสูญเสียพลังงานไปกับการยืดหดและการลื่นไถลของสายพาน

2.9.2 โซ่ส่งกำลัง

โซ่ มีลักษณะการส่งกำลังคล้ายคลึงกับสายพานส่งกำลัง โดยโซ่จะคล้องอยู่กับจานโซ่ที่ติดอยู่บนเพลาขับ และ เพลาตาม การส่งกำลังด้วยโซ่นี้ จะไม่เกิดการลื่นไถลขณะส่งถ่ายกำลัง เหมาะสำหรับงานที่ต้องใช้รับภาระแรงดึงมากๆ



รูปที่2.17 ลักษณะของเฟืองโซ่คลัปปิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 แรงเสียดทาน

2.10.1 นิยามของแรงเสียดทาน

แรงเสียดทาน หมายถึง แรงที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ 2 ชิ้นที่สัมผัสกัน ซึ่งแรงนี้เป็นแรงที่ผิววัตถุผิวหนึ่งต้านทานการเคลื่อนที่ของผิววุตถุอีกผิวหนึ่ง ส่งผลทำให้วัตถุเคลื่อนที่ช้าลงจนกระทั่งวัตถุหยุดนิ่งในที่สุด แรงเสียดทานสามรถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดได้แก่

1. แรงเสียดทานสถิต คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในขณะที่มีแรงมากระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุยังอยู่นิ่งกับที่ ซึ่งจะมีค่าตั้งแต่ศูนย์จนถึงค่ามากที่สุด ซึ่งค่าที่มากที่สุดจะเกิดขณะที่วัตถุเริ่มจะเคลื่อนที่

2. แรงเสียดทานจลน์ คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในขณะที่มีแรงมากระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ โดยแรงเสียดทานจลน์จะมีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทานสถิต

2.10.2 สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน คือ ค่าอัตราส่วนระหว่าง แรงเสียดทาน f กับแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัสกระทากับวัตถุในแนวตั้งฉาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

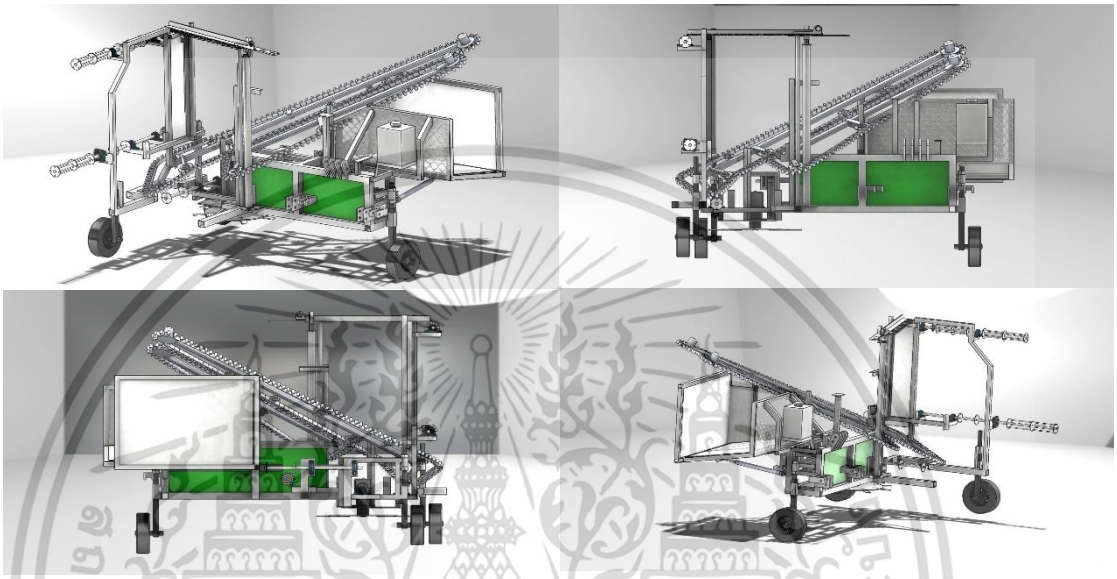
ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงถึงค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างพื้นผิว 2 ชนิด

Materials	μ_s	μ_k
Steel on steel	0.74	0.57
Aluminum on steel	0.61	0.47
Copper on steel	0.53	0.36
Rubber on concrete (dry)	1.0	0.8
Rubber on concrete (wet)	0.3	0.25
Wood on wood	0.25-0.5	0.2
Glass on glass	0.94	0.4
Teflon on Teflon	0.04	0.04
Teflon on steel	0.04	0.04
Waxed wood on wet snow	0.14	0.1
Waxed wood on dry snow	0.10	0.04
Metal on metal (lubricated)	0.15	0.06
Ice on ice	0.1	0.03
Synovial joints in humans	0.01	0.003
Very rough surfaces		1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการออกแบบและส่วนประกอบ



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบต่างๆของเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชน

เครื่องเก็บเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชนแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ถูกออกแบบให้ให้สามารถเก็บเกี่ยวต้นอ้อยได้ 8 ไร่ต่อวัน โดยสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยนี้สามารถแบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ 1) ส่วนลำเลียงออกแบบให้สามารถลำเลียงต้นอ้อยได้ 12,000 ต้นต่อ 1 ชั่วโมง 2) ส่วนตัดยอดออกแบบให้สามรถปรับความสูงเพื่อตัดต้นอ้อยที่มีความสูงตั้งแต่ 3-5 เมตรได้ตั้ง และ 3) ส่วนกระบะเก็บต้นอ้อยถูกออกแบบให้สามารถรับน้ำหนักต้นอ้อยได้ถึง 1 ตัน และสามารถเปิดและปิดถาดกระบะเพื่อนำต้นอ้อยลงมากองบนพื่นอย่างเป็นระเบียบเพื่อง่ายต่อการเก็บขึ้นรถบรรทุกอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 แนวทางในการออกแบบอุปกรณ์ระบบไฮดรอลิกในเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย

1. มีกลไกในการทำงานสามารถใช้งานได้จริงในกระบวนการต่างๆในการเก็บเกี่ยว

2. มีกลไกในการทำงานไม่ยุ่งยากและซับซ้อน

3. มีความคงทนและแข็งแรงต่อสภาพการใช้งาน

4. ต้นทุนในการผลิตไม่สูงมาก

5. ออกแบบให้สามารถติดตั้งกับรถแทรกเตอร์และส่วนประกอบอื่นๆได้

3.2 ส่วนประกอบที่ใช้งานระบบไฮดรอลิกในเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย

เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยมีส่วนที่ใช้งานโดยระบบไฮดรอลิกได้แก่ กระบะเก็บอ้อย ส่วนของการลำเลียง ส่วนตัดยอดใบต้นอ้อย

3.3 เงื่อนไขในการออกแบบ

1. ความเร็วในการเก็บเกี่ยว 10 ไร่ ใน 8 ชั่วโมง

2. ใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาด 80 hp , 540 rpm , แรงบิดที่เพลาPTO 1054.83 Nm

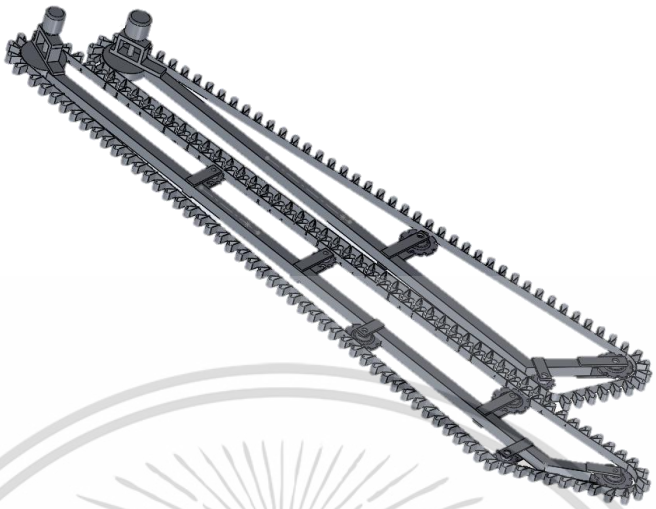
3. ความสูงของต้นอ้อยโดยประมาณคือ 3 - 4 เมตร

3.4 การออกแบบมอเตอร์ไฮดรอลิกในส่วนของการลำเลียง

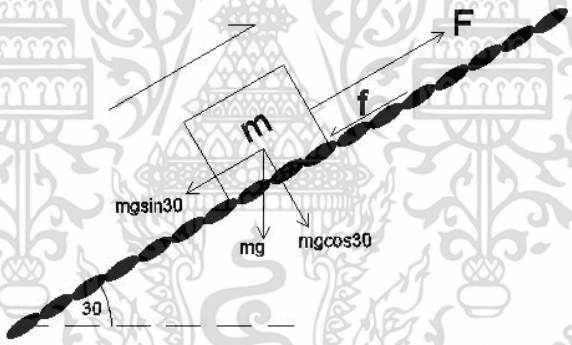
ก่อนการออกแบบมอเตอร์ไฮดรอลิกในส่วนของการลำเลียงเราจำเป็นต้องรู้แรงดึงในโซ่ลำเลียงเพื่อที่จะได้นำไปหาแรงบิดและความเร็วรอบของระบบลำเลียงเพื่อใช้ประกอบในการเลือกมอเตอร์ไฮดรอลิกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 การหาแรงดึงโซ่ลำเลียง



รูปที่ 3.2 สายพานลำเลียง



รูปที่ 3.3 แผนภาพ Free body diagram ของสายพานลำเลียง

จากกฎของนิวตันข้อที่ 1($\sum F = 0$)

$\nearrow \sum F = 0$; $F - f - m_t g\sin\theta = 0$

$$F = f + m_t g\sin\theta$$

$$F = \mu N + m_t g\sin\theta$$

$$F = \mu m_t g\cos\theta + m_t g\sin\theta \quad \text{..... (1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย μ คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน0

m_t คือ มวลรวมของทั้งระบบ (kg)

g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าเท่ากับ $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$

F คือ แรงดึงของโซ่ลำเลียง (N)

θ คือ องศาที่ระบบลำเลียงทำระนาบกับพื้น ($^\circ$)

จาก โซ่ลำเลียงยี่ห้อ SENQCIA Chain NO. C2052 มีน้ำหนักเท่ากับ $1.26 \frac{kg}{m}$

ระบบลำเลียงมีความยาว 4.8 m ยางหนีบมี 80 ชิ้นแต่ละชิ้นมีน้ำหนัก 0.5 kg สามารถลำเลียงต้นอ้อยได้มากสุด 23 ต้นแต่ละต้นมีน้ำหนัก 4 kg

จากสมการ m_t = มวลรวมของโซ่ลำเลียง + มวลรวมของอ้อย + มวลรวมของยางหนีบ

ดังนั้น มวลรวมของโซ่ลำเลียง เท่ากับ $1.26 \frac{kg}{m} \times 4.8\ m = 6.048\ kg$

มวลรวมของยางหนีบ เท่ากับ $80 \times 0.5\ kg = 40\ kg$

มวลรวมของต้นอ้อย เท่ากับ $23 \times 4\ kg = 92\ kg$

แทนค่าใน $m_t = 6.048 + 40 + 92 = 138.048\ kg$

$m_t = 138.048\ kg$

จากสมการ (1) แทนค่า μ ของ Hard steel on hard steel = 0.78 , $\theta = 30^\circ$, $m_t = 138.048\ kg$

$$F = 0.78(138.048)(9.81)\cos 30 + (138.048)(9.81)\sin 30$$

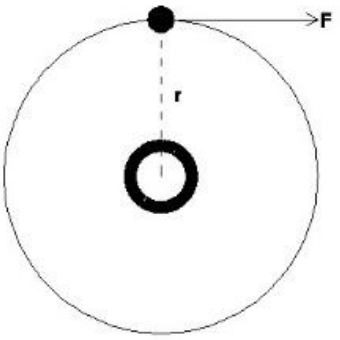
$$F = 1591.92\ N$$

ดังนั้น แรงดึงของโซ่ลำเลียงเท่ากับ 1591.92 N

3.4.2 การหาแรงบิดของระบบลำเลียง

หลังจากได้ค่าแรงดึงของโซ่ลำเลียงแล้วเราสามารถหาแรงบิด(torque) ได้เพื่อนำค่าแรงบิดที่ได้นำไปเลือกมอเตอร์ไฮดรอลิกให้สอดคล้องและรองรับกับแรงบิดของระบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แผนภาพ Free body diagram ของแกนมอเตอร์ถึงขอบเฟืองในส่วนลำเลียง

จากสมการ $T = F \times r$

โดย T คือ แรงบิด(Torque)ของระบบลำเลียง $(N.m)$

F คือ แรงดึงโซ่ลำเลียง (N)

r คือ รัศมีของเฟืองส่งกำลัง (m)

แทนค่า $F = 1591.92$ N , $r = 0.06$ m ในสมการ $T = F \times r$

$$T = 1591.92 \times 0.06$$

$$T = 95.52 \text{ N.m}$$

ดังนั้นได้ แรงบิด(Torque) ของระบบลำเลียงเท่ากับ 95.52 N.m.

3.4.3 การหาความเร็วรอบของมอเตอร์ไฮดรอลิก

จากความเร็วของการเก็บเกี่ยวที่ต้องการคือ 12000 ต้นต่อ 1 ชั่วโมง โดยระยะห่างแต่ละต้นเท่ากับ 0.1 m ซึ่งสามารถนำไปหาความเร็วของระบบลำเลียงได้

จาก $$12000\frac{\text{piece}}{\text{hr}} \times 0.1\frac{\text{m}}{\text{piece}} \times \frac{1}{3600}\frac{\text{hr}}{\text{s}} = 0.267\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ดังนั้นความเร็วของระบบลำเลียงเท่ากับ 0.267 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

หาความเร็วรอบของมอเตอร์

จากสมการ $V = \omega \times r$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V = 2\pi f \times r$$

โดย V คือ ความเร็วของระบบลำเลียง($\frac{m}{s}$)

ω คือ ความเร็วเชิงมุม ($\frac{rad}{s}$)

f คือ ความถี่ ($\frac{rev}{s}$)

r คือ รัศมีเฟืองส่งกำลัง (m)

แทนค่า $V = 0.267 \frac{m}{s}$, $r = 0.06$ m ในสมการเพื่อหาความเร็วรอบ

$$V = 2\pi f \times r$$

$$0.267 = 2\pi f \times 0.06$$

$$f = 0.78 \frac{rev}{s} = 42.6 \frac{rev}{min}$$

ดังนั้นความเร็วรอบของมอเตอร์ เท่ากับ 42.6 $\frac{rev}{min}$

3.4.4 การเลือกมอเตอร์ไฮดรอลิก

จากการคำนวณแรงบิด (Torque) เท่ากับ 95.52 N.m. และความเร็วรอบของมอเตอร์ไฮดรอลิกเท่ากับ 50 $\frac{rev}{min}$ เพื่อให้ง่ายต่อการนำค่าไปใช้จึงประมาณแรงบิด (Torque) ของระบบลำเลียงเท่ากับ 96 N.m. ไปเลือกจาก Catalog มอเตอร์ไฮดรอลิก

สรุปได้ว่า มอเตอร์ไฮดรอลิกที่สอดคล้องกับค่าที่ได้คือยี่ห้อ MAXMA ไฮดรอลิกมอเตอร์ series MAR250 มีอัตราการไหลที่ได้ประมาณ 15 lpm ($\approx$4 gpm) และปริมาณการกวาดน้ำมันปรมาณ 249.8 cc/rev (15.24 in^3/rev) ซึ่งค่าที่ได้อยู่ในช่วงประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฮดรอลิกเท่ากับ 80-85 %

3.4.5 การหากำลังที่ใช้ของมอเตอร์ไฮดรอลิก

จากสมการ $\eta_o = \eta_v \eta_m$

โดย η_o คือ ประสิทธิภาพโดยรวมของมอเตอร์

η_v คือ ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

η_m คือ ประสิทธิภาพเชิงกลของมอเตอร์

แทนค่า $\eta_o = 0.80$, $\eta_v = 0.95$ ในสมการ

$$0.8 = (0.95)\eta_m$$

$$\eta_m = 0.84$$

ดังนั้นประสิทธิภาพเชิงกลของมอเตอร์ไฮดรอลิกคือ 84 %

จากสมการ $$\eta_m = \frac{T_T}{T_A}$$

โดย η_m คือ ประสิทธิภาพเชิงกลของมอเตอร์

T_T คือ แรงบิดจากมอเตอร์ (Nm)

T_A คือ แรงบิดจริง (Nm)

แทนค่า $\eta_m = 0.84$, $T_T = 96$ Nm ในสมการ

$$\eta_m = \frac{T_A}{T_T}$$

$$0.84 = \frac{96}{T_T}$$

$$T_T = 114.29 \text{ Nm}$$

ดังนั้นแรงบิดที่มอเตอร์ใช้ในการทำงานของระบบลำเลียงอ้อย คือ 114.29 นิวตัน.เมตร

จากสมการ $$P = T \times \omega$$

โดย P คือ กำลังที่ใช้ในการหมุน (W)

T คือ แรงบิดของระบบลำเลียง (Nm)

ω คือ ความเร็วเชิงมุม $(\frac{\text{rad}}{\text{s}})$

แทนค่า $T = 114.29$ Nm , $\omega = 2\pi(0.78) = 4.9 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ ในสมการ

$$P = T_T \times \omega$$

$$P = 114.29 \times 4.9$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P = 560.02\ W = 0.560\ kW$$

ดังนั้นกำลังที่มอเตอร์ไฮดรอลิกใช้เท่ากับ 0.560 kW

3.4.6 อัตราการไหลของน้ำมันเข้าสู่มอเตอร์ไฮดรอลิก

การหาอัตราการไหลน้ำมันนั้นเพื่อหาปริมาณน้ำมันที่ปั๊มไฮดรอลิกต้องจ่ายให้กับระบบจาก

สมการ $$Q_T = \frac{V_D \times N}{231}$$

โดย Q_T คือ อัตราการไหลน้ำมันทางทฤษฎี(gpm)

V_D คือ ปริมาณการกวาดน้ำมันต่อรอบ $(\frac{in^3}{rev})$

N คือ จำนวนรอบ (rev)

แทนค่า $V_D = 15.24\ \frac{in^3}{rev}$, N= 50 rev ในสมการ

$$Q_T = \frac{V_D \times N}{231}$$

$$Q_T = \frac{15.24 \times 50}{231}$$

$$Q_T = 3.30\ gpm$$

หาอัตราการไหลน้ำมันจริงที่ใช้ในระบบไฮดรอลิก โดยประสิทธิภาพเชิงปริมาตรที่ 95 %

จากสมการ $$\eta_V = \frac{Q_T}{Q_A}$$

โดย η_V คือ ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของมอเตอร์

Q_T คือ อัตราการไหลน้ำมันทางทฤษฎี (gpm)

Q_A คือ อัตราการไหลน้ำมันจริง (gpm)

แทนค่า $\eta_V = 0.95$, $Q_T = 3.30\ gpm$ ในสมการ

$$\eta_V = \frac{Q_T}{Q_A}$$

$$0.95 = \frac{3.30}{Q_A}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q_A = 3.50 \text{ gpm}$$

ดังนั้นอัตราการไหลของน้ำมันในส่วนลำเลียงอ้อยคือ 3.50 แกลลอนต่อนาที

3.4.7 ความดันมอเตอร์

จากสมการ $$T_T = \frac{V_D \times P}{2\pi}$$

โดย T_T คือ แรงบิดจากมอเตอร์ (Nm)

V_D คือ ปริมาณการกวาดน้ำมันต่อรอบ $(\frac{m^3}{rev})$

P คือ ความดัน (Pa)

แทนค่า $T_T = 115$ N.m , $V_D = 249.8$ cc/rev ในสมการ

$$T_T = \frac{V_D \times P}{2\pi}$$

$$115 = \frac{\frac{249.8}{10^6} \times P}{2\pi}$$

$$P = 2892579 \text{ Pa} = 2.89 \text{ MPa}$$

ดังนั้นความดันที่มอเตอร์ใช้ในการทำงาน คือ 2.89 MPa หรือ 28.9 bar

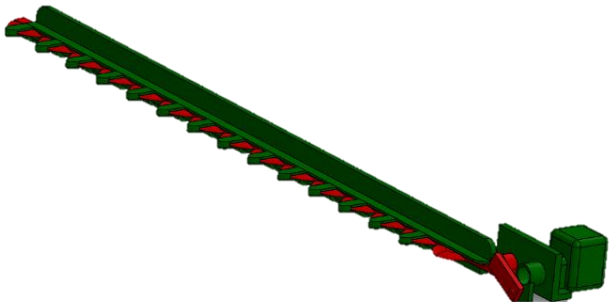
3.5 การออกแบบมอเตอร์ในส่วนตัดยอดใบอ้อย

ก่อนการออกแบบมอเตอร์ไฮดรอลิกในส่วนตัดยอดใบอ้อยเราจำเป็นต้องรู้แรงที่ใบมีดสามารถตัดต้นอ้อยได้และแรงที่สามารถทำให้ใบมีดเครื่องที่ได้เพื่อที่จะได้นำไปหาแรงบิดมอเตอร์และความเร็วรอบของระบบตัดยอดใบอ้อยเพื่อใช้ประกอบในการเลือกมอเตอร์
ไฮดรอลิกได้

3.5.1 การหาแรงที่ทำให้ใบมีดเคลื่อนที่

ก่อนที่จะหาแรงบิดของมอเตอร์ในส่วนตัดยอดจำเป็นต้องหาแรงที่สามารถตัดต้นอ้อยได้รวมกับแรงที่ทำให้ใบมีดเคลื่อนที่ได้ที่ต้องคิดในส่วนนี้เพิ่มมาเพราะว่าด้วยลักษณะใบมีดที่วางตัวในแนวยาวระนาบกับรางจึงทำให้เกิดแรงเสียดทาน ใบมีดยาว 1.3 m มีทั้งหมด 16 ฟัน แต่ละฟันเป็น3 เหลี่ยมหน้าจั่ว ขนาดฐาน 0.08 m
สูง 0.04 m และแขนเหวี่ยงที่ต่อกับมอเตอร์มีรัศมี 0.12 m ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ใบมีดของส่วนตัดยอด

รูปที่ 3.6 แผนภาพ Free body diagram ของส่วนตัดยอด

จากกฎของนิวตันข้อที่ 1($\sum F = 0$)

$\rightarrow \sum F = 0$; $F - f = 0$

$F = f$

$F = \mu m_k g$

โดย F คือ แรงที่ใช้ในการทำให้ใบมีดเคลื่อนที่ (N)

f คือ แรงเสียดทาน (N)

μ คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

m_k คือ มวลรวมของใบมีด (kg)

g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าเท่ากับ $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$

แทนค่า μ ของ Hard steel on hard steel(dry) = 0.78, μ ของ Hard steel on hard steel(greasy) = 0.23 , $m_k = 4.9$ kg

กรณี ไม่มีน้ำมันหล่อลื่น

$F = \mu m_k g$

$F = 0.78 \times 4.9 \times 9.81$

$F = 37.5$ N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น แรงที่ทำให้ใบมีดเคลื่อนที่โดยไม่มีน้ำมันหล่อลื่นเท่ากับ 37.5 N

กรณี มีน้ำมันหล่อลื่น

$$F = \mu m_k g$$

$$F = 0.23 \times 4.9 \times 9.81$$

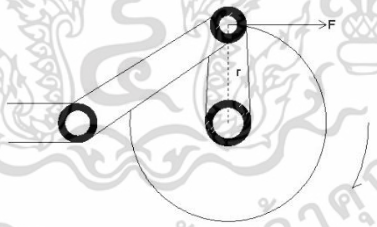
$$F = 11.05\ N$$

ดังนั้น แรงที่ทำให้ใบมีดเคลื่อนที่โดยมีสายหล่อลื่นเท่ากับ 11.05 N

เลือกนำแรงที่ทำให้ใบมีดเคลื่อนที่โดยไม่มีน้ำมันหล่อลื่นเท่ากับ 37.5 N มาคำนวณต่อ เนื่องจากมีค่ามากกว่า

3.5.2 การหาแรงบิดที่ใช้ในการตัดยอด

หลังจากการการศึกษาพบว่าแรงที่ใช้ในการตัดต้นอ้อยเท่ากับ 120 N ต่อ 1 ต้น (Effect of cylindrical cutting blades and travelling speeds on the performance of sweet sorghum harvesting equipment, 2014) ซึ่งใช้แรงในการตัดยอดนี้เพราะว่าในกรณีที่มีลำต้นที่มีส่วนสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้เข้ามาในส่วนนี้ก็ยังสามารถทำงานต่อไปได้และแรงที่ทำให้ใบมีดเคลื่อนที่เท่ากับ 37.5 N (ไม่มีสารหล่อลื่น)



รูปที่ 3.7 แผนภาพ Free body diagram ของแกนมอเตอร์ถึงขอบเฟืองในส่วนตัดยอด

จากสมการ $T = F_t \times r$

โดย T คือ แรงบิด(Torque)ของระบบตัดยอด (Nm)

F_t คือ แรงที่ใช้ในการตัดต้นอ้อยรวม (N)

r คือ รัศมีของแขนเหวี่ยง (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

n คือ จำนวนต้นอ้อยที่ตัดพร้อมกัน

เมื่อ F_t = จำนวนต้นที่ตัดพร้อมกัน × แรงที่ใช้ในการตัดต้นอ้อย + แรงที่ทำให้ใบมีดเคลื่อนที่

$$F_t = 4(120)\,\mathrm{N} + 37.5\ \mathrm{N}$$

$$F_t = 517.5\ \mathrm{N}$$

แทนค่า $F_t = 517.5\ \mathrm{N}$, $r = 0.12\ \mathrm{m}$, $n = 4$ (จำนวนต้นอ้อยสูงสุดที่สามารถเข้ามาในส่วนตัดยอดได้) ในสมการ

$$T = F_t \times r$$

$$T = 517.5 \times 0.12$$

$$T = 62.1\ \mathrm{Nm}$$

ดังนั้นแรงบิดที่ใช้ในส่วนตัดยอดเท่ากับ 62.1 Nm

3.5.3 การเลือกมอเตอร์ไฮดรอลิก

จากการคำนวณแรงบิด(Torque)เท่ากับ 62.1 Nm และความเร็วรอบของมอเตอร์ไฮดรอลิกเท่ากับ 120 $\frac{\mathrm{rev}}{\mathrm{min}}$ เพื่อให้ง่ายต่อการนำค่าไปใช้จึงประมาณแรงบิด(Torque) ของระบบลำเลียงเท่ากับ 63 Nm

สรุปได้ว่า มอเตอร์ไฮดรอลิกที่สอดคล้องกับค่าที่ได้คือยี่ห้อ MAXMA ไฮดรอลิกมอเตอร์ series MAR100 มีอัตราการไหลที่ได้ประมาณ 15 lpm ($\approx$4 gpm) และปริมาณการกวาดน้ำมันปรมาณ 100.8 cc/rev (6.15 in^3/rev) ซึ่งค่าที่ได้อยู่ในช่วงประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฮดรอลิกเท่ากับ 80-83 %

3.5.4 การหากำลังที่ใช้ของมอเตอร์ไฮดรอลิก

จากสมการ $\eta_o = \eta_v \eta_m$

โดย η_o คือ ประสิทธิภาพโดยรวมของมอเตอร์

η_v คือ ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของมอเตอร์

η_m คือ ประสิทธิภาพเชิงกลของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า $\eta_o = 0.80$, $\eta_v = 0.95$ ในสมการ

$$0.8 = (0.95)\eta_m$$

$$\eta_m = 0.84$$

ดังนั้นประสิทธิภาพเชิงกลของมอเตอร์ไฮดรอลิกคือ 84 %

จากสมการ $\eta_m = \frac{T_T}{T_A}$

โดย η_m คือ ประสิทธิภาพเชิงกลของมอเตอร์

T_T คือ แรงบิดจากมอเตอร์ ($N.m$)

T_A คือ แรงบิดจริง ($N.m$)

แทนค่า $\eta_m = 0.84$, $T_T = 63\ N.m$ ในสมการ

$$\eta_m = \frac{T_A}{T_T}$$

$$0.84 = \frac{63}{T_T}$$

$$T_T = 75\ N.m$$

ดังนั้นแรงบิดที่มอเตอร์ใช้ในการทำงานของระบบลำเลียงอ้อย คือ 75 N.m.

จากที่มอเตอร์ไฮดรอลิกหมุน 1 รอบ สามารถทำให้ใบมีดเคลื่อนที่ได้ 2 รอบ จึงไม่สามารถกำหนดความเร็วที่สูงเท่ากับใบมีดตัดแบบจานหมุนได้ ดังนั้นจึงกำหนดความเร็วที่เหมาะสมของมอเตอร์ไฮดรอลิกไว้ที่ 120 $\frac{rev}{min}$

จากสมการ $P = T \times \omega$

โดย P คือ กำลังที่ใช้ในการหมุน (W)

T คือ แรงบิดของระบบลำเลียง (Nm)

ω คือ ความเร็วเชิงมุม $(\frac{rad}{s})$

แทนค่า $T = 75\ Nm$, $\omega = 2\pi(\frac{120}{60}) = 12.57\frac{rad}{s}$ ในสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P = T \times \omega$$

$$P = 75 \times 12.57$$

$$P = 942.75\ W = 0.9428\ kW$$

ดังนั้นกำลังที่มอเตอร์ไฮดรอลิกใช้เท่ากับ 0.943 kW

3.5.5 อัตราการไหลของน้ำมันเข้าสู่มอเตอร์ไฮดรอลิก

การหาอัตราการไหลน้ำมันนั้นเพื่อหาปริมาณน้ำมันที่ปั๊มไฮดรอลิกต้องจ่ายให้กับระบบจาก

สมการ $$Q_T = \frac{V_D \times N}{231}$$

โดย Q_T คือ อัตราการไหลน้ำมันทางทฤษฎี (gpm)

V_D คือ ปริมาณการกวาดน้ำมันต่อรอบ $(\frac{in^3}{rev})$

N คือ จำนวนรอบ (rev)

แทนค่า $V_D = 6.15\ \frac{in^3}{rev}$, N= 120 rev ในสมการ

$$Q_T = \frac{V_D \times N}{231}$$

$$Q_T = \frac{6.15 \times 120}{231}$$

$$Q_T = 3.20\ gpm$$

หาอัตราการไหลน้ำมันจริงที่ใช้ในระบบไฮดรอลิก โดยประสิทธิภาพเชิงปริมาตรที่ 95 %

จากสมการ $$\eta_V = \frac{Q_T}{Q_A}$$

โดย η_V คือ ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของมอเตอร์

Q_T คือ อัตราการไหลน้ำมันทางทฤษฎี (gpm)

Q_A คือ อัตราการไหลน้ำมันจริง (gpm)

แทนค่า $\eta_V = 0.95, Q_T = 3.20\ gpm$ ในสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\eta_V = \frac{Q_T}{Q_A}$$

$$0.95 = \frac{3.20}{Q_A}$$

$$Q_A = 3.37 \text{ gpm}$$

ดังนั้นอัตราการไหลของน้ำมันในส่วนลำเลียงอ้อยคือ 3.40 แกลลอนต่อนาที

3.5.6 ความดันมอเตอร์

จากสมการ $T_T = \frac{V_D \times P}{2\pi}$

โดย T_T คือ แรงบิดจากมอเตอร์ (Nm)

V_D คือ ปริมาณการกวาดน้ำมันต่อรอบ $(\frac{m^3}{rev})$

P คือ ความดัน (Pa)

แทนค่า $T_T = 75$ Nm , $V_D = 100.8$ cc/rev ในสมการ

$$T_T = \frac{V_D \times P}{2\pi}$$

$$75 = \frac{\frac{100.8}{10^6} \times P}{2\pi}$$

P = 4674989Pa = 4.68 MPa

ดังนั้นความดันที่มอเตอร์ใช้ในการทำงาน คือ 4.68 MPa หรือ 46.8 bar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การออกแบบและคำนวณขนาดกระบอกสูบ

3.6.1 การคำนวณขนาดกระบอกสูบที่รับน้ำหนักจากกระบะอ้อย

รูปที่3.8 กระบอกสูบที่ใช้รับน้ำหนักกระบะ

การออกแบบกระบอกสูบไฮดรอลิกสำหรับรับน้ำหนักอ้อยและกระบะเก็บ 1 ตัน ความยาวช่วงชักในการทำงาน 12 นิ้ว ก้านสูบเคลื่อนที่ออกไปด้วยความเร็ว 60 นิ้ว/นาที และเคลื่อนที่กลับด้วยความเร็วประมาณ 120 นิ้ว/นาที

คำนวณหา พื้นที่กระบอกสูบ (Ac) ที่จะใช้งาน

เนื่องจากแรงที่ใช้งาน คือ 1 ตัน

จากสมการ $$A(in^2) = \frac{F\ (lbs)}{P\ (lb/in^2)}$$

มาตรฐานของเส้นผ่านศูนย์กลางและขนาดก้านสูบ เราจะเลือกขนาดของกระบอกสูบได้โดยดูว่า กระบอกสูบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่จะทำงานด้วยความดันต่ำ แต่ต้องปั๊มที่มีนาดใหญ่เพื่อให้กระบอกสูบมีความเร็วตามต้องการ และในทางตรงกันข้ามกระบอกสูบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าจะต้องทำงานด้วยความดันสูงและใช้ปั๊มขนาดเล็กกว่า แต่วงจรที่ทำงานด้วยความดันสูง ๆ จะไม่ดี จึงควรเลือกทำงานที่ความดันพอเหมาะ โดยพิจารณาดูว่าที่ระดับความดันใช้งานที่เลือกนั้น จะต้องได้กับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ปั๊ม วาล์วควบคุม และท่อทางทั่วๆ ไปที่มีและจำหน่ายกันอยู่ปั๊มไฮดรอลิกทั่วๆ ไปที่มีใช้จะกำหนดค่าความดันสูงสุดในการใช้งานอยู่ที่ 3000 psi แต่ความดันที่ใช้ค่าประมาณ 800 psi จะเหมาะสมกว่าเนื่องจากเป็นความดันที่เหลือจากการงานในมอเตอร์ จึงเลือกที่ความดันต่ำ

ดังนั้น $$A_c = \frac{F_c}{P_c} = \frac{F\ load}{P_c}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{1 \text{ ton}}{800 \text{ Ib/in}^2} \times \frac{2204 \text{ Ibs}}{1 \text{ ton}}$$

$$A_c = 2.755 \text{ in}^2$$

คำนวณหาขนาดกระบอกสูบ (D_C)

จาก $$D = \sqrt{\frac{2.755}{0.7854}}$$

$$D_c = \sqrt{\frac{4.408}{0.7854}}$$

$$\therefore D_c = 1.873 \text{ in}$$

เมื่อพิจารณาดูขนาดกระบอกสูบแล้ว ขนาด 1.783 in ไม่มีใช้จึงเลือกใช้ขนาด 2 in

หาขนาดก้านสูบ เนื่องจากความเร็วถอยกลับจะมีค่าประมาณ 2 เท่าของความเร็วตอนเลื่อนออกดังนั้นพื้นที่สุทธิของกระบอกสูบด้านที่มีก้านสูบจะต้องเป็น ½ ของพื้นที่ลูกสูบและเนื่องจากพื้นที่ลูกสูบเท่ากับผลรวมของพื้นที่ก้านสูบกับพื้นที่สุทธิของกระบอกสูบด้านที่มีก้านสูบ

พื้นที่กระบอกสูบขนาด 2 in $$= \frac{\pi \times 2^2}{4} = 3.142 \text{ in}^2$$

พื้นที่ก้านสูบ (rod area) $$= \frac{1}{2} \times 3.142 \text{ in}^2$$

พื้นที่ก้านสูบ $$= 1.571 \text{ in}^2$$

$$D_{Rod} = \sqrt{\frac{A_{Rod}}{0.7854}}$$

$$\therefore D_{Rod} = \sqrt{\frac{1.571}{0.7854}} = 1.414 \text{ in}$$

แต่ก้านสูบขนาด 1.414 in เป็นขนาดที่ไม่มีใช้ จึงเลือกใช้ขนาดก้านสูบ $1\frac{3}{8}$ in

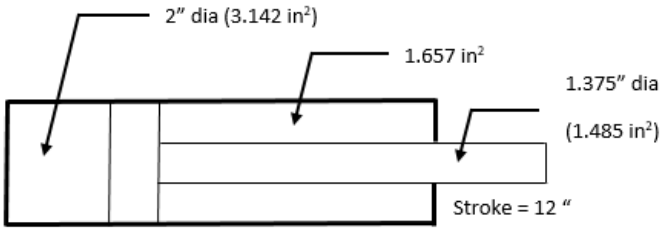
พื้นที่ก้านสูบขนาด $1\frac{3}{8}$ in $= \frac{\pi \times 1.375^2}{4}$

$$= 1.485 \text{ in}^2$$

พื้นที่สุทธิของกระบอกสูบด้านที่มีก้านสูบ $= 3.142 - 1.485$

$$= 1.657 \text{ in}^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.9 แสดงขนาดของกระบอกสูบที่ใช้รับน้ำหนักกระบะอ้อย

คำนวณหาอัตราการไหลสำหรับความเร็วที่กำหนด

จาก $$\text{gpm} = \frac{A(\text{in}^2) \times V(\text{in/min})}{231}$$

อัตราการไหล (gpm) $$= \frac{3.142 \times 60}{231}$$

$$= 0.816 \text{ gpm}$$

3.6.2 การคำนวณขนาดกระบอกสูบที่รับน้ำหนักจากส่วนตัดยอดใบอ้อย

รูปที่3.10 กระบอกสูบที่ใช้รับน้ำหนักส่วนตัดยอด

การออกแบบกระบอกสูบไฮดรอลิกสำหรับรับน้ำหนักส่วนตัดยอด 200 kg ความยาวช่วงชักในการทำงาน 38 นิ้ว ก้านสูบเคลื่อนที่ออกไปด้วยความเร็ว 120 นิ้ว/นาที และเคลื่อนที่กลับด้วยความเร็วประมาณ 240 นิ้ว/นาที

คำนวณหา พื้นที่กระบอกสูบ (Ac) ที่จะใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากแรงที่ใช้งาน คือ 200 kg

จาก $A(in^2) = \frac{F\ (Ibs)}{P\ (Ib/in^2)}$

จากปั๊มไฮดรอลิกทั่ว ๆ ไปที่มีใช้จะกำหนดค่าความดันสูงสุดในการใช้งานอยู่ที่ 3000 psi แต่ความดันที่ใช้งานในวงจรควรใช้ค่าประมาณ 800 psi จะเหมาะสมกว่าเนื่องจากเป็นความดันที่เหลือจากการงานในมอเตอร์ จึงเลือกที่ความดันต่ำ

ดังนั้น $A_c = \frac{F_c}{P_c} = \frac{F\ load}{P_c}$

$$= \frac{0.2\ ton}{800\ Ib/in^2} \times \frac{2204\ Ibs}{1\ ton}$$

$$\therefore A_c = 0.551\ in^2$$

คำนวณหาขนาดกระบอกสูบ (D_c)

จาก $D = \sqrt{\frac{A}{0.7854}}$

$$D_c = \sqrt{\frac{0.551}{0.7854}}$$

$$\therefore D_c = 0.702\ in$$

เมื่อพิจารณาดูขนาดกระบอกสูบแล้ว ขนาด 0.702 in ไม่มีใช้จึงเลือกใช้ขนาด 1.5 in

หาขนาดก้านสูบ เนื่องจากความเร็วถอยกลับจะมีค่าประมาณ 2 เท่าของความเร็วตอนเลื่อนออก ดังนั้นพื้นที่สุทธิของกระบอกสูบด้านที่มีก้านสูบจะต้องเป็น ½ ของพื้นที่ลูกสูบและเนื่องจากพื้นที่ลูกสูบเท่ากับผลรวมของพื้นที่ก้านสูบกับพื้นที่สุทธิของกระบอกสูบด้านที่มีก้านสูบ

พื้นที่กระบอกสูบขนาด 1 in $= \frac{\pi \times 1.5^2}{4} = 1.767\ in^2$

พื้นที่ก้านสูบ (rod area) $= \frac{1}{2} \times 1.767\ in^2$

พื้นที่ก้านสูบ $= 0.884\ in^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$D_{Rod} = \sqrt{\frac{A_{Rod}}{0.7854}}$$

$$\therefore\ D_{Rod} = \sqrt{\frac{0.884}{0.7854}} = 1.061 \text{ in}$$

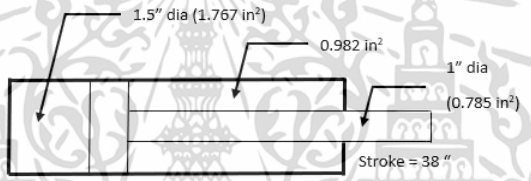
แต่ก้านสูบขนาด 1.061 in เป็นขนาดที่ไม่มีใช้ จึงเลือกใช้ขนาดก้านสูบ $= 1 \text{ in}$

พื้นที่ก้านสูบขนาด $1 \text{ in} = \frac{\pi \times 1^2}{4}$

$$= 0.785 \text{ in}^2$$

พื้นที่สุทธิของกระบอกสูบด้านที่มีก้านสูบ $= 1.767 - 0.785$

$$= 0.982 \text{ in}^2$$



รูปที่3.11 แสดงขนาดกระบอกสูบที่ใช้รับน้ำหนักส่วนตัดยอด

คำนวณหาอัตราการไหลสำหรับความเร็วที่กำหนด

จาก $\text{gpm} = \frac{A(\text{in}^2) \times V(\text{in/min})}{231}$

อัตราการไหล (gpm) $= \frac{1.767 \times 120}{231}$

$$= 0.918 \text{ gpm}$$

3.7 การคำนวณและออกแบบขนาดท่อน้ำมันในระบบไฮดรอลิก

การเลือกขนาดท่อทางน้ำมันที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับอัตราการไหล(Q) และ ความเร็วในการไหลของน้ำมันในท่อ(V) โดยความเร็วในการไหลของน้ำมันในท่อที่มีความดันที่เหมาะสมคือ 7 ถึง 15 ฟุตต่อวินาที และสำหรับท่อน้ำมันด้านดูดและไหลกลับคือ 2 ถึง 4 ฟุตต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณขนาดของท่อทางจากสมการ $Q = Av$

$$A = \frac{gpm \times 0.3208}{v}$$

$$A = \frac{\pi(ID)^2}{4}$$

$$ID = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}}$$

โดย Q = อัตราการไหล (gpm)

v = ความเร็วในการไหลของน้ำมันภายในท่อ (ft/sec)

A = พื้นที่หน้าตัดภายในท่อ (in^2)

ID = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ (in)

3.7.1 การคำนวณและเลือกขนาดท่อทางน้ำมันของปั๊ม

3.7.1.1 ด้านดูดของปั๊ม

แทนค่าอัตราการไหลด้านดูดของปั๊ม (Q) = 19 gpm ความเร็วในการไหลของน้ำมันในท่อ

(v) = 3 ft/sec

จากสมการ $A = \frac{gpm \times 0.3208}{v}$

แทนค่า $A = \frac{19 \times 0.3208}{3}$

$$A = 2.0317$$

ดังนั้น $ID = \sqrt{\frac{2.0317 \times 4}{\pi}}$

$$ID = 1.60 \text{ in}$$

เนื่องจากท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.60 in ไม่มีใช้ในการทำงานจึงเลือกขนาด 2 in หรือ 16 หุน

3.7.1.2 ด้านจ่ายของปั๊ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า อัตราการไหลด้านจ่ายของปั๊ม (Q) = 19 gpm ความเร็วในการไหลของน้ำมันในท่อ (v) = 12 ft/sec

จาก $$A = \frac{gpm \times 0.3208}{v}$$

แทนค่า $$A = \frac{19 \times 0.3208}{12}$$

$$A = 0.5079$$

ดังนั้น $$ID = \sqrt{\frac{0.5079 \times 4}{\pi}}$$

$$ID = 0.80 \text{ in}$$

เนื่องจากท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.80 in ไม่มีใช้ในการทำงานจึงเลือกขนาด 1 in หรือ 8 หุน

3.7.2 การคำนวณและเลือกขนาดท่อทางน้ำมันไหลเข้าและออกมอเตอร์ไฮดรอลิก

เนื่องจากมอเตอร์ไฮดรอลิกในส่วนลำเลียงและส่วนตัดยอดใบอ้อยทั้ง 3 ตัว มีอัตราการไหลเข้ามอเตอร์ใกล้เคียงกันที่ 4 gpm จึงเลือกใช้ท่อขนาดเดียวกัน

แทนค่า อัตราการไหลด้านเข้าและออกของมอเตอร์ไฮดรอลิก (Q) = 4 gpm ความเร็วในการไหลของน้ำมันในท่อ (v) = 12 ft/sec

จาก $$A = \frac{gpm \times 0.3208}{v}$$

แทนค่า $$A = \frac{4 \times 0.3208}{12}$$

$$A = 0.1069$$

ดังนั้น $$ID = \sqrt{\frac{0.1069 \times 4}{\pi}}$$

$$ID = 0.37 \text{ in}$$

เนื่องจากท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.37 in ไม่มีใช้ในการทำงานจึงเลือกขนาด 0.625 in หรือ 5 หุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 การคำนวณและเลือกขนาดท่อทางน้ำมันด้านเข้าและออกของกระบอกสูบ

3.7.3.1 ส่วนตัดยอดใบอ้อย

แทนค่า อัตราการไหลด้านเข้าและออกของกระบอกสูบ (Q) = 1 gpm ความเร็วในการไหลของน้ำมันในท่อ (v) = 12 ft/sec

จาก $$A = \frac{gpm \times 0.3208}{v}$$

แทนค่า $$A = \frac{1 \times 0.3208}{12}$$

$$A = 0.0267$$

ดังนั้น $$ID = \sqrt{\frac{0.0267 \times 4}{\pi}}$$

$$ID = 0.19 \text{ in}$$

เนื่องจากท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.19 in ไม่มีใช้ในการทำงานจึงเลือกขนาด 0.375 in หรือ 3 หุน

3.7.3.2 ส่วนยกกระบะอ้อย

แทนค่า อัตราการไหลด้านเข้าและออกของกระบอกสูบ (Q) = 0.8 gpm ความเร็วในการไหลองน้ำมันในท่อ (v) = 12 ft/sec

จาก $$A = \frac{gpm \times 0.3208}{v}$$

แทนค่า $$A = \frac{0.8 \times 0.3208}{12}$$

$$A = 0.0214$$

ดังนั้น $$ID = \sqrt{\frac{0.0214 \times 4}{\pi}}$$

$$ID = 0.17 \text{ in}$$

เนื่องจากท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.17 in ไม่มีให้ใช้ในการทำงานจึงเลือกขนาด 0.375 in หรือ 3 หุน

3.8 การคำนวณ Friction loss ในระบบไฮดรอลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Friction loss คือการสูญเสียของพลังงานหรือ "หัว" ของการไหลในท่อ เกิดจากผลของความหนืดที่กระทำต่อพื้นผิวภายในของท่อที่เรียกว่า "การสูญเสียหลัก (major loss)" รวมกับการสูญเสียของพลังงานจากสิ่งกีดขวางในระบบท่อ ที่เรียกว่า "การสูญเสียรอง (minor loss)" เช่น ข้องอ ข้อต่อ วาล์ว ตะแกรงกรอง รวมกันกลายเป็น “การสูญเสียความฝืดรวม”

Friction loss ในระบบสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

Major loss

$$\frac{\Delta h}{L} = f \times \frac{1}{2g} \times \frac{V^2}{D}$$

เมื่อ Δh คือ head loss (m)

L คือ ความยาวท่อ (m)

f คือ friction loss

g คือ อัตราเร่งจากแรงโน้มถ่วง ($\frac{m}{s^2}$)

V คือ ความเร็วในการไหลของน้ำมันในท่อ ($\frac{m}{s}$)

D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อไฮดรอลิก (m)

Minor loss

$$\Delta h_m = \Sigma K \frac{V}{2g}$$

เมื่อ Δh_m คือ head loss ในอุปกรณ์ต่างๆ (m)

K คือ สัมประสิทธิ์ minor loss สำหรับอุปกรณ์ต่างๆ

g คือ อัตราเร่งจากแรงโน้มถ่วง ($\frac{m}{s^2}$)

V คือ ความเร็วในการไหลของน้ำมันในท่อ ($\frac{m}{s}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าความหนืด kinematic และ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมัน

kinetic viscosity	0.0001	m^2/s
	100	cSt
SG	0.9	

ตารางที่ 3.2 แสดงค่า Major loss ในท่อส่วนต่างๆ

	ชนิด	ID(mm)	ID (m)	ความยาว (m)	Q (LPM)	Q (m^3/s)	v (m/s)	Re	roughness (mm)	fiction factor	H_L (m)
	ท่อจากปั๊มถึงมอเตอร์										
1	ท่อด้านจ่ายของปั๊ม	20.32	0.02032	2.1	71.9226	0.001198	3.65	741.68	0.12	0.086290584	6.055440245
2	ท่อเข้ามอเตอร์ตัดยอด	9.398	0.009398	1.4	15.1416	0.000252	3.66	343.74	0.12	0.186186559	18.91186391
3	ท่อเข้ามอเตอร์ลำเลียงตัวที่ 1	9.398	0.009398	2	15.1416	0.000252	3.66	343.74	0.12	0.186186559	27.01694844
4	ท่อเข้ามอเตอร์ลำเลียงตัวที่ 2	9.398	0.009398	2.6	15.1416	0.000252	3.66	343.74	0.12	0.186186559	35.12203297
	ท่อจากลูกสูบถึงมอเตอร์ตัดยอด										
5	ท่อออกจากมอเตอร์ตัดยอด	9.398	0.009398	3	15.1416	0.000252	3.66	343.74	0.12	0.186186559	40.52542266
6	ท่อออกจากมอเตอร์ลำเลียงตัวที่ 1	9.398	0.009398	2.2	15.1416	0.000252	3.66	343.74	0.12	0.186186559	29.71864328
7	ท่อออกจากมอเตอร์ลำเลียงตัวที่ 2	9.398	0.009398	2.8	15.1416	0.000252	3.66	343.74	0.12	0.186186559	37.82372781
8	ท่อเข้าลูกสูบตัดยอด	4.826	0.004826	1.8	3.7854	0.000063	3.66	176.52	0.12	0.362565148	92.20716239
9	ท่อเข้าลูกสูบกระบะ	4.318	0.004318	2.1	3.02832	0.000050	3.66	157.94	0.12	0.405217171	134.3748249
	รวม										**323.493**

ตารางที่ 3.3 แสดงค่า Minor loss ในท่อส่วนต่างๆ

	ชนิด	ID (mm)	ID (m)	Q (LPM)	Q (m^3/s)	v (m/s)	จำนวน	K	H_L (m)
				ท่อด้านจ่ายของปั๊ม					
1	90 elbow	20.32	0.02032	71.9226	0.001199	3.65	6.00	0.3	0.204
				ท่อเข้ามอเตอร์ตัดยอด					
2	90 elbow	9.398	0.009398	15.1416	0.000252	3.66	2.00	0.3	0.205
3	Tee	9.398	0.009398	15.1416	0.000252	3.66	1.00	0.2	0.136
				ท่อเข้ามอเตอร์ล่าเลียงตัวที่ 1					
4	90 elbow	9.398	0.009398	15.1416	0.000252	3.66	4.00	0.3	0.205
5	tee	9.398	0.009398	15.1416	0.000252	3.66	1.00	0.2	0.136
				ท่อเข้ามอเตอร์ล่าเลียงตัวที่ 2					
6	90 elbow	9.398	0.009398	15.1416	0.000252	3.66	5.00	0.3	0.205
7	tee	9.398	0.009398	15.1416	0.000252	3.66	1.00	0.2	0.136
				ท่อออกจากมอเตอร์ตัดยอด					
8	90 elbow	9.398	0.009398	15.1416	0.000252	3.66	2.00	0.3	0.205
9	tee	9.398	0.009398	15.1416	0.000252	3.66	1.00	0.2	0.136
10	90 return bend	9.398	0.009398	15.1416	0.000252	3.66	1.00	0.2	0.136
				ท่อออกมอเตอร์ล่าเลียงตัวที่ 1					
4	90 elbow	9.398	0.009398	15.1416	0.000252	3.66	5.00	0.3	0.205
5	tee	9.398	0.009398	15.1416	0.000252	3.66	1.00	0.2	0.136
				ท่อออกมอเตอร์ล่าเลียงตัวที่ 2					
6	90 elbow	9.398	0.009398	15.1416	0.000252	3.66	6.00	0.3	0.205
7	tee	9.398	0.009398	15.1416	0.000252	3.66	1.00	0.2	0.136
				ท่อเข้าลูกสูบตัดยอด					
11	90 elbow	4.826	0.004826	3.7854	0.000063	3.66	3.00	0.3	0.205
12	90 return bend	4.826	0.004826	3.7854	0.000063	3.66	1.00	0.2	0.136
				ท่อเข้าลูกสูบกระบะ					
13	90 elbow	4.318	0.004318	3.7854	0.000063	3.66	3.00	0.3	0.205
14	90 return bend	4.318	0.004318	3.7854	0.000063	3.66	1.00	0.2	0.136
				รวม					**2.727**

	วาล์ว	Pressure Drop(bar)	Pressure Drop(MPa)	H_L (m)
13	Flow Control Valve	5	0.5	56.631
14	Monobloc Directional Control Valve	0.96	0.096	10.873
				67.504

Head loss () = Major loss + Minor loss in fitting

= 393.742 m

ประมาณค่า Head loss () = 400 m

Pressure loss = 3.5316 MPa

ดังนั้น Head loss ของทั้งระบบมีค่าเท่ากับ 400 m

pressure loss ของทั้งระบบมีค่าเท่ากับ 3.5316 MPa

3.9 ปั๊มไฮดรอลิก

จากแคตาล็อกปั๊มของบริษัท caproni ปั๊มหมายเลข 30A(C)714XH มีอัตราการกวาดน้ำมัน V_D = 55 cc/rev (0.0146 gallon/rev) ให้ความดันที่ P = 14 MPa โดยรวมกับความดันลดในท่อกับอุปกรณ์ต่างๆในระบบ และมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั๊ม $\eta_v = 95\%$

จากสูตร $$\eta_v = \frac{Q_A}{Q_T}$$

เมื่อ η_v = ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั๊ม

Q_T = อัตราการไหลตามทฤษฎี

Q_A = อัตราการไหลที่ได้จริง

อัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกที่ใช้มากที่สุดคือ 12 GPM คืออัตราการไหลที่แท้จริง

$$Q_T = \eta_v Q_A$$

$$Q_T = \frac{Q_A}{\eta_v}$$

$$Q_T = \frac{12\ \text{GPM}}{0.95}$$

$$Q_T = 12.63\ \text{GPM}$$

อัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกที่ต้องได้จากปั๊มไฮดรอลิก คือ 12.63 GPM

$$\left(12.63\frac{\text{gallon}}{\text{min}}\right) = \left(0.0146\frac{\text{gallon}}{\text{rev}}\right) \times \text{N}\left(\frac{\text{rev}}{\text{min}}\right)$$

$$\text{N} = 865\ \text{rpm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกความเร็วรอบที่ $N = 1300\ \text{rpm}$ เนื่องจากความเร็วที่เหมาะสมในการขับเคลื่อนปั๊มไฮดรอลิกควรอยู่ในช่วง 1200-2000 รอบต่อนาที จึงทดเป็นอัตราส่วน 5:12 กับความเร็วรอบของเพลาอำนวยกำลัง ทำให้ปั๊มสร้างอัตราการไหลจริงได้ Q_A = 18 GPM และมีอัตราการไหลตามทฤษฎี Q_T = 19 GPM

จากสูตร $$\eta_m = \frac{T_A}{T_T} = \frac{PQ_T}{T_A N}$$

เมื่อ η_m = ประสิทธิภาพเชิงกลของปั๊ม

P = ความดันด้านจ่ายของปั๊ม (Pa)

Q_T = อัตราการไหลตามทฤษฎี (m^3/s)

T_A = แรงบิดจริงที่ต้องให้กับปั๊ม (Nm)

N = ความเร็วรอบของปั๊ม (rad/s)

ประสิทธิภาพเชิงกลของปั๊ม อยู่ในช่วง 90% – 95% เลือกประสิทธิภาพเชิงกลของปั๊มที่ $\eta_m = 90\%$

แทนค่า $$0.90 = \frac{(5\times10^6\ \text{Pa})(\frac{72}{60000}\frac{\text{m}^3}{\text{s}})}{T_A(\frac{1300\times2\pi}{60}\frac{\text{rev}}{\text{s}})}$$

$$T_A = 137.118\ \text{N}\cdot\text{m}$$

รถแทรกเตอร์ขนาด 80 แรงม้า จะให้แรงม้าเพลาอำนวยกำลัง(เพลา PTO) = 73.6 แรงม้า

จากสูตร $$\text{Power(W)} = T(\text{N}\cdot\text{m})\times\omega\left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$$

$$73.6\times746\ \text{W} = T\times\left(\frac{540\times2\pi}{60}\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$$

$$T = 971\ \text{N}\cdot\text{m}$$

เนื่องจากต้องการทดรอบของเพลาอำนวยกำลังเข้าสู่ปั๊มด้วยเฟืองทดเป็นอัตราส่วน 1:3 ทำให้แรงบิดที่ออกจากเฟืองทดมีค่าเป็น 5/12 เท่าจากแรงบิดของเพลาอำนวยกำลัง ดังนั้นแรงบิดจริงที่ได้จากเพลาอำนวยกำลัง ผ่านเฟืองทดแล้วนำไปขับปั๊มมีค่าเท่ากับ 404.56 $\text{N}\cdot\text{m}$ (กรณีไม่มีการสูญเสียพลังงาน) ซึ่งมีค่ามากกว่าแรงบิดที่ต้องให้กับปั๊ม คือ 138 $\text{N}\cdot\text{m}$ ดังนั้นเพลาอำนวยกำลังและเฟืองทดนี้สามารถเป็นต้นกำลังให้กับปั๊มไฮดรอลิกนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 อุปกรณ์ต่างๆ ในระบบไฮดรอลิก

3.10.1 ถังพักน้ำมัน

การออกแบบถังพักน้ำมันไฮดรอลิกนั้นควรออกแบบให้ถังพักน้ำมันมีขนาดเป็น 3 เท่าของอัตราการไหลของปั๊ม เพื่อสำรองน้ำมันให้เพียงพอสำหรับใช้ในระบบไฮดรอลิกและเพื่อเป็นที่ระบายความร้อนของน้ำมันไฮดรอลิก แต่เนื่องจากเครื่องตัดและสางใบอ้อยมีขนาดพื้นที่จำกัด จึงออกแบบขนาดถึงน้ำมันให้มีขนาด 1 เท่าของอัตราการไหลน้ำมัน

ขนาดของถังพักน้ำมัน $= 72\ \mathrm{L} \times 1$

$= 72\ \mathrm{L}$

ดังนั้นจึงออกแบบถังพักน้ำมันให้มีขนาด $0.4 \times 0.4 \times 0.5\ \mathrm{m}$ เพื่อจะให้ถังบรรจุน้ำมันสามารถบรรจุน้ำมันได้ 0.08 m^3 หรือ 80 L

รูปที่ 3.12 ถังพักน้ำมัน

3.10.2 ตัวกรองน้ำมัน

ตัวกรองน้ำมันมีความสำคัญในระบบไฮดรอลิกเนื่องจากป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฮดรอลิก เช่น ปั๊ม วาล์ว มอเตอร์ เป็นต้น และงานที่ใช้ในระบบถือเป็นการสกปรกที่อาจมีเศษอ้อยเข้าไปในระบบจึงเป็นสิ่งสำคัญ จึงเลือก ตัวกรองน้ำมันไฮดรอลิก ยี่ห้อ K- FLO รุ่น KH-591

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.13 ตัวกรองน้ำมัน ยี่ห้อ K- FLO รุ่น KH-591

3.10.3 วาล์วและอุปกรณ์ต่าง ๆ

- pilot operated relief valve
  เลือกยี่ห้อ CROSS รุ่น BT-06-H-55

รูปที่3.14 pilot operated relief valve

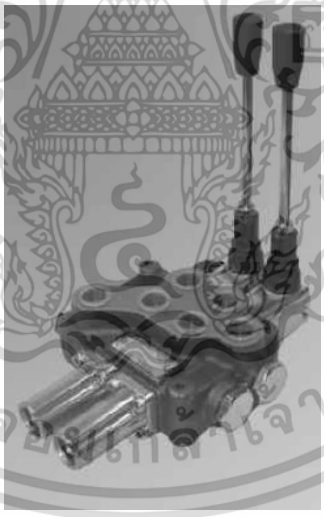
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Flow control valve

รูปที่3.15 Flow control valve

- Monobloc directional control valve

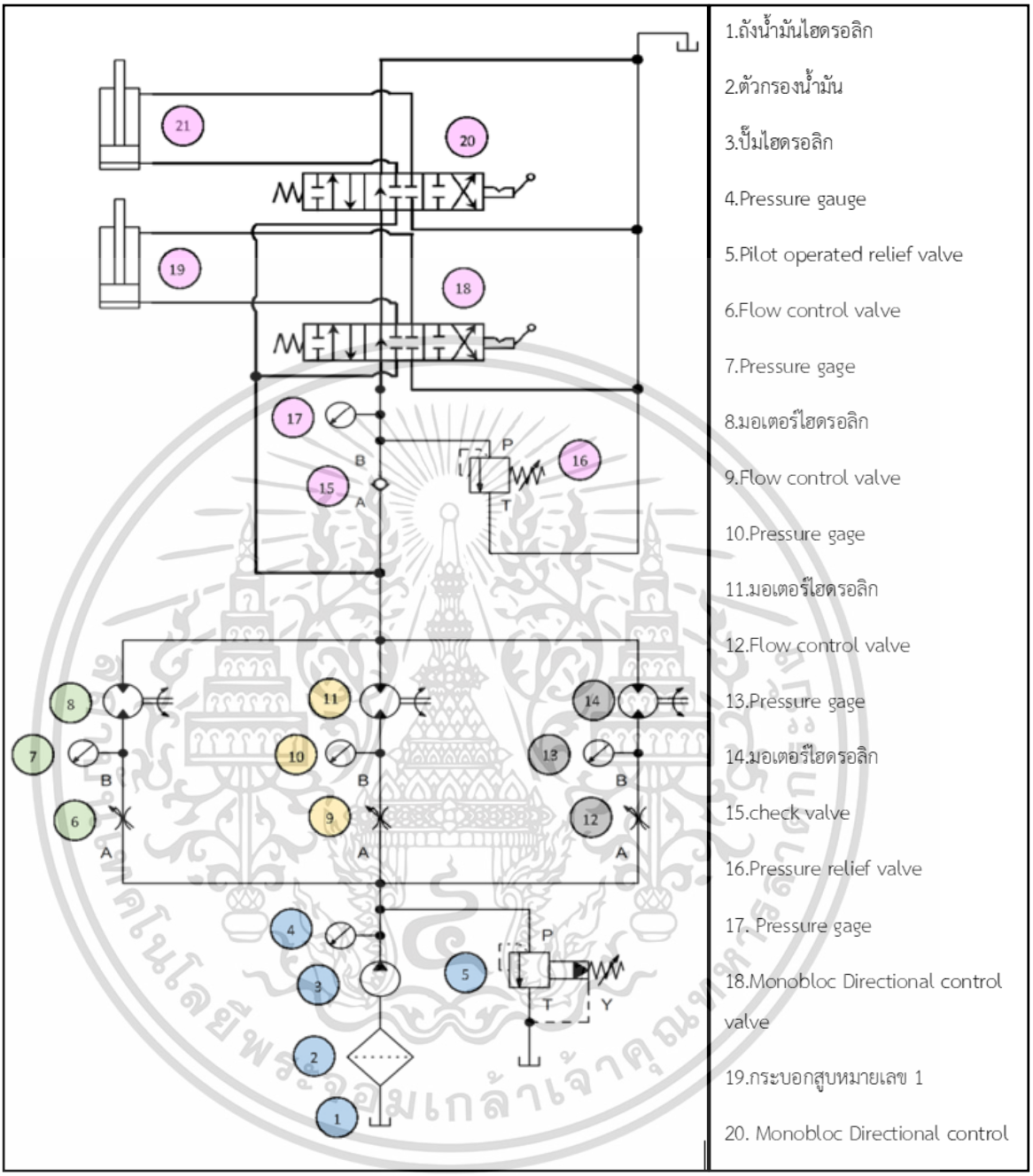
  เลือกยี่ห้อ MAXMA รุ่น MB4/2-G-21-A1L1



รูปที่3.16 directional control valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 วงจรไฮดรอลิก



รูปที่ 3.17 วงจรไฮดรอลิกที่ใช้ในเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชน

ขนาดและรุ่นของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในระบบไฮดรอลิก

1.ถังน้ำมันไฮดรอลิกขนาด 80 L (0.4 x 0.4 x 0.5 m)

2.ตัวกรองน้ำมันรุ่น K- FLO รุ่น KH-591 ขนาด 2 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ปั๊มไฮดรอลิกของบริษัท Caproni หมายเลข 30A(C)55X714H (Vd = 55 cc/rev)

4.Pressure gauge ขนาด 1 นิ้ว

5.Pilot operated relief valve ความดันสูงสุดที่ 25 MPa ตั้งความดันที่ 20 MPa

6.Flow control valve

7.Pressure gage ขนาด 5/8 นิ้ว

8.มอเตอร์ไฮดรอลิก MAXMA รุ่น MAR/MARS100 Vd 100.8 cc/rev และความดันเข้ามอเตอร์สูงสุด 17.5 MPa

9.Flow control valve

10.Pressure gage ขนาด 5/8 นิ้ว

11.มอเตอร์ไฮดรอลิก MAXMA รุ่น MAR/MARS250 Vd 249.8 cc/rev และความดันเข้ามอเตอร์สูงสุด 17.5 MPa

12.Flow control valve

13.Pressure gage ขนาด 5/8 นิ้ว

14.มอเตอร์ไฮดรอลิก MAXMA รุ่น MAR/MARS250 Vd 249.8 cc/rev และความดันเข้ามอเตอร์สูงสุด 17.5 MPa

15. check valve

16. Pressure relief valve ความดันสูงสุด 315 bar ตั้งความดันที่ 160 bar

17. Pressure gage ขนาด 5/8 นิ้ว

18. Monobloc Directional control valve รุ่น MB4/2-G-21-A1-L1

19.กระบอกสูบหมายเลข 1 Dh = 2 in Dr = 1.375 in Stroke = 12 in

20. Monobloc Directional control valve รุ่น MB4/2-G-21-A1-L1

21.กระบอกสูบหมายเลข 2 Dh = 1.5 in Dr = 1 in Stroke = 38 in

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 หลักการทำงานและสมรรถนะของเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยและสางใบต้นอ้อย

หลักการทำงานและสมรรถนะของเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยและสางใบอ้อย ในการใช้เครื่องเริ่มจากนำติดตั้งเข้ากับรถแทรกเตอร์โดยต่อเข้ากับเพลาอำนวยกำลังและยึดเครื่องให้เรียบร้อย เริ่มสตาร์ทเครื่องยนต์ต้นกำลัง และต่อระบบส่งกำลังโดยการโยกคันส่งกำลังลง จะทำให้ระบบสายพานส่งกำลังจากเครื่องยนต์ต้นกำลังส่งไปยังชุดเพลาอำนวยกำลังส่งเข้าเฟืองทดก่อนเข้าชุดสางใบอ้อย และปั๊มไฮดรอลิกส่งน้ำมันไฮดรอลิกไปที่ส่วนตัดยอด ส่วนลำเลียง และกระบอกสูบ หลังจากนั้นทำการเตรียมการเก็บเกี่ยวโดยการจัดการพื้นที่ให้รถแทรกเตอร์ทำงานได้สะดวก เริ่มการตัดโดยต้นอ้อยเข้ามาที่ส่วนสางใบอ้อยทำการสางโดยติดชุดสางกับจานหมุนเหวี่ยง หลังจากการสางใบเรียบร้อยต้นอ้อยเข้าสู่ส่วนตัดโคนอ้อยแบบจานหมุนเหวี่ยงอยู่กับชุดกล่องเกียร์ และเข้าสู่ส่วนตัดยอดต้นอ้อยที่ใช้หลักการทำงานเดียวกับปัตตาเลี่ยนโดยชุดใบมีดต่อเข้ากับมอเตอร์ไฮดรอลิกที่สามารถปรับความสูงของชุดตัดตามที่ต้องการได้โดยกระบอกสูบไฮดรอลิก เมื่อทำการสางและตัดต้นอ้อยเรียบร้อย ต้นอ้อยเข้าสู่ชุดลำเลียงที่ใช้สายพานโดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนส่งกำลังก่อนเข้าสู่กระบะเก็บอ้อย เมื่อทำการเก็บอ้อยได้ปริมาณตามที่ต้องการสามารถเปิดกระบะด้วยกระบอกสูบไฮดรอลิกเพื่อนำต้นอ้อยออกจากกระบะ

รูปที่ 4.1 แสดงการเตรียมการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยเครื่องเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 แสดงการติดตั้งเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยเข้ากับรถแทรกเตอร์

รูปที่ 4.3 แสดงขณะทำการเก็บเกี่ยวอ้อย

รูปที่ 4.4 แสดงต้นอ้อยที่ถูกเก็บเกี่ยวโดยเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิธีการทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวและสางใบต้นอ้อย

ทำการทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยโดยการติดตั้งเข้ากับรถแทรกเตอร์ขนาด 55 และ 80 แรงม้า ที่ความเร็วเพลาอำนวยกำลังที่ต่างกันและเก็บผลความเร็วในส่วนต่าง ๆ โดยเครื่องวัดรอบและนำผลการทดลองปรับปรุงแก้ไข หลังจากทำการปรับปรุงแก้ไขนำเครื่องเก็บเกี่ยวลงพื้นที่เพื่อทดสอบและเก็บผลการเก็บเกี่ยว โดยผลการเก็บเกี่ยวแบ่งเป็นหลายส่วนดังนี้ ระยะเวลาในการตัด ระยะทาง จำนวนต้นที่เก็บเกี่ยวได้ ความสะอาดของต้นอ้อย ส่วนยอดต้นอ้อยที่ไม่ถูกตัด และต้นอ้อยที่ไม่ถูกเก็บ ซึ่งเป็นผลการทดสอบโดยหลักและทำการดูความราบรื่นในขณะเครื่องทำงาน ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างตัด ปัญหาของไร่อ้อยในแต่ละไร่เพื่อดูขอบเขตความสามารถของเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย และนำไปแก้ไขปรับปรุง

รูปที่ 4.5 แสดงเครื่องที่ใช้วัดความเร็วรอบ

4.3 ผลการทดสอบ

การทดสอบครั้งที่ 1 วันที่ 14 กันยายน พ.ศ.2562

ตารางที่4.1 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 เกี่ยวกับความเร็วรอบในส่วนต่างๆ

ขนาดแทรกเตอร์ (hp)	ความเร็วรอบ PTO (RPM)	อัตราทดระหว่าง PTO กับ ปั๊มไฮดรอลิก	ความเร็วรอบส่วนตัดยอด (RPM)	ความเร็วรอบส่วนส่วนลำเลียง (RPM)
80	480	12:5	110	1.9
80	530	12:5	116	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลองครั้งที่1

- เครื่องเกิดการสั่นมากเกินไป
- ความเร็วส่วนตัดยอดช้ากว่าที่กำหนด 240 รอบต่อนาที
- เครื่องยังไม่เสร็จสมบูรณ์จึงยังไม่ได้สามารถนำไปทดลองตัดจริงได้

การแก้ไขครั้งที่1

- ใส่ล้อเพิ่มเพื่อเพิ่มความมั่นคงของเครื่องตัดอ้อย
- เพิ่มที่ยึดแต่ละอุปกรณ์เพื่อลดการสั่น

การทดสอบครั้งที่ 2 วันที่ 9 พฤษจิกายน 2562

ตารางที่4.2 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 เกี่ยวกับความเร็วรอบในส่วนต่างๆ

ขนาดแทรกเตอร์ (hp)	ความเร็วรอบ PTO (RPM)	อัตราทดระหว่าง PTO กับ ปั๊มไฮดรอลิก	ความเร็วรอบส่วนตัดยอด (RPM)	ความเร็วรอบส่วนส่วนลำเลียง (RPM)
55	312	12:5	68	1.2
55	320	12:5	71	1.2
80	550	12:5	125	2.2
80	868	12:5	220	3.4

ตารางที่4.3 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 เกี่ยวกับคุณภาพการเก็บเกี่ยวต้นอ้อย

ขนาดแทรกเตอร์	เวลา (นาที)	ระยะทาง (เมตร)	จำนวนต้นที่เก็บได้	ความสะอาด	ยอดต้นที่ไม่ถูกตัด	ต้นที่ไม่ถูกเก็บ
80 hp	5	24	68	40%	44	28
	5	26	54	40%	39	20
	9	40	112	35%	76	37
	12	40	138	45%	72	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลองครั้งที่2

- รถแทรกเตอร์ 55 แรงม้าที่นำมาทดสอบพบว่าความเร็วรอบของทุกส่วนต่ำเพราะกำลังขับไม่เพียงพอ
- ความเร็วรอบในส่วนตัดยอดช้าเกินไปทำให้ตัดยอดต้นอ้อยไม่ทัน
- เครื่องมีการสั่นมากเพราะส่วนสางใบมีความเร็วรอบที่มากเกินไป
- ไร่อ้อยมีการปลูกที่ไม่เป็นระเบียบ

การแก้ไขครั้งที่ 2

- ปรับอัตราทดเฟืองเพลาอำนวยกำลังต่ำต่อปั๊มไฮดรอลิกเป็น 1:5
- ปรับปรับอัตราทดเฟืองส่วนสางใบให้ช้าลงเพื่อลดการสั่น
- นำรถแทรกเตอร์ 80 แรงม้ามาทดสอบในครั้งต่อไป

การทดลองครั้งที่ 3 วันที่ 18 มกราคม พ.ศ.2563

ตารางที่4.4 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 เกี่ยวกับความเร็วรอบในส่วนต่างๆ

ขนาดแทรกเตอร์ (hp)	ความเร็วรอบ PTO (RPM)	อัตราทดระหว่าง PTO กับ ปั๊มไฮดรอลิก	ความเร็วรอบส่วนตัดยอด (RPM)	ความเร็วรอบส่วนส่วนลำเสียง (RPM)
80	540	5:1	260	4.3
80	760	5:1	360	6

ตารางที่4.5 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 เกี่ยวกับคุณภาพการเก็บเกี่ยวต้นอ้อย

ขนาดแทรกเตอร์	เวลา (นาที)	ระยะทาง (เมตร)	จำนวนต้นที่เก็บได้	ความสะอาด	ยอดต้นที่ไม่ถูกตัด	ต้นที่ไม่ถูกเก็บ
80 hp	5	24	78	75%	55	8
	11	40	143	85%	124	26
	13	40	158	80%	133	13
	13	40	134	80%	120	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลองครั้งที่ 3

- ความสูงของส่วนตัดยอดสูงเกินไปจึงทำให้ส่วนยอดของต้นอ้อยไม่ถูกตัดเนื่องจากอ้อยขาดน้ำ ทำให้ต้นมีขนาดความสูงเตี้ยและลำต้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อย
- ไร่อ้อยมีการปลูกไม่เป็นระเบียบ

การแก้ไขครั้งที่ 3

- ลดความสูงของกระบอกสูบไฮดรอลิกในส่วนตัดยอดจากระยะตัดต่ำสุดถึงสูงสุด 2.7 – 3.6 เมตร เป็น

  2.1 - 3.1 เมตร เนื่องจากต้นอ้อยมีขนาดความสูงเตี้ย

ครั้งที่ 4 วันที่ 7 มีนาคม พ.ศ.2563

ตารางที่4.6 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 4 เกี่ยวกับความเร็วรอบในส่วนต่างๆ

ขนาดแทรกเตอร์ (hp)	ความเร็วรอบ PTO (RPM)	อัตราทดระหว่าง PTO กับ ปั๊มไฮดรอลิก	ความเร็วรอบส่วนตัดยอด (RPM)	ความเร็วรอบส่วนส่วนลำเสียง (RPM)
55	312	5:1	150	2.4
55	360	5:1	163	2.5
80	540	5:1	258	4.3
80	580	5:1	280	4.6

ตารางที่4.7 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 4 เกี่ยวกับคุณภาพการเก็บเกี่ยวต้นอ้อย

ขนาดแทรกเตอร์	เวลา (นาที)	ระยะทาง (เมตร)	จำนวนต้นที่เก็บได้	ความสะอาด	ยอดต้นที่ไม่ถูกตัด	ต้นที่ไม่ถูกเก็บ
55 hp	2	6	32	70%	10	5
	7	20	63	70%	13	26
80 hp	15	40	198	95%	13	13
	12	40	212	90%	12	22
	20	80	468	90%	37	49
	51	200	2300	90%	180	150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลองครั้งที่4

- ไร่อ้อยมีการปลูกไม่เป็นระเบียบ ต้นมีขนาดความสูงเตี้ยและลำต้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อย

4.4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความคุ้มค่าและจุดคุ้มทุน

จากผลการทำงานทดลองข้างต้นซึ่งนำมาหาจุดคุ้มทุนในการซื้อเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยจากข้อมูลราคาขายและต้นทุนรวมในการปลูกต้นอ้อยดังนี้

ตารางที่4.8 แสดงรายได้หลังหักค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวโดยเปรียบเทียบที่ 8 ไร่ ต่อวันหรือ 100 ตันต่อวัน

เทียบอัตราการเก็บเกี่ยวที่ 8 ไร่ต่อวัน(100ตัน)		
ชนิดของการตัด	ใช้คน	ใช้เครื่อง
จำนวน	100	1
ค่าแรงต่อคน(บาท/วัน)	170	1000
ปริมาณการตัด(ตัน/วัน)	100	100
ค่าน้ำมัน (บาท/วัน)	-	3800
ราคาอ้อย (บาท/ตัน)	อ้อยไฟไหม้ 910	อ้อยสด 1020
รวมราคาอ้อยที่ได้แต่ละวัน	91000	102000
ค่าใช้จ่ายต่อวัน(บาท/วัน)	17000	4800
รายได้หลังหักค่าใช้จ่าย(บาท/ตัน)	740	972

จะเห็นได้ว่าใน 1 วันเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยสดสามารถตัดได้ที่ 100 ตัน แต่คนส่วนใหญ่จะรับเก็บเกี่ยวเป็นอ้อยไฟไหม้ซึ่งง่ายต่อการเก็บเกี่ยวมากกว่าอ้อยสดซึ่งอัตราในการเก็บเกี่ยวต่อคนคือ 1 ตันต่อวัน โดยต้องใช้ 100 คนถึงจะได้ 100 ตันต่อวันดังนั้นค่าใช้จ่ายในการจ่ายค่าแรงคนงานจึงสูงกว่าใช้เครื่องตัดอ้อยมากทำให้รายได้ในการรายได้หลังหักค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวจากการใช้คนงานและเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยคือ 740 และ 972 บาทต่อตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.9 แสดงต้นทุนรวมในการปลูกต้นอ้อยต่อไร่

รายการ	ต้นทุน(บาท/ไร่)			
	อ้อยปลูกใหม่	อ้อยตอปี1	อ้อยตอปี2	อ้อยตอปี3
1.ต้นทุนผันแปร				
1.1ค่าแรง				
1.เตรียมดิน	867.13	0.00	0.00	289.04
2.เตรียมพันธุ์ปลูก	413.55	0.00	0.00	137.85
3.การปลูก	775.35	0.00	0.00	258.45
4.การบำรุงดูแล	617.37	513.56	513.56	548.16
5.การเก็บเกี่ยว	2406.50	1913.00	1913.00	2077.50
รวม	5079.90	2426.56	2426.56	3311.00
1.2ค่าวัสดุ				
1.ค่าพันธุ์อ้อย	1818.18	218.18	309.09	781.82
2.ค่าปุ๋ย	2285.54	2285.54	2285.54	2285.54
3.ค่ายาปราบวัชพืช	296.71	296.71	296.71	296.71
4.วัสดุสิ้นเปลือง	106.62	66.73	65.89	79.75
รวม	4507.05	2867.16	2957.23	3443.82
ค่าจัดการบริหาร(7%ของต้นทุนแปรผัน)	355.59	169.86	169.86	231.77
2.ต้นทุนคงที่				
1.ค่าเสื่อมราคาเครื่องมือและอุปกรณ์	245.89	173.88	190.80	203.52
2.ค่าเช่าที่ดิน	1232.14	1232.14	1232.14	1232.14
รวม	1478.03	1406.02	1422.94	1435.66
ต้นทุนรวมต่อไร่	11420.57	6869.60	6976.59	8422.25
ผลผลิตต่อไร่ (ตัน/ไร่)	12.50	12.50	12.50	12.50
ต้นทุนรวมต่อตัน(บาท/ตัน)	913.65	549.57	558.13	673.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลข้างต้นจะพบว่าต้นทุนรวมต่อไร่ในการปลูกต้นอ้อยตั้งแต่เริ่มปลูกใหม่ถึงปีที่3 นั้น โดยมีต้นทุนรวมต่อไร่มากสุดในปีแรกที่ปลูก คือ 11420.57 บาทต่อไร่หรือ 913.65 บาทต่อตัน และลดลำดับในปีต่อๆมา ซึ่งทำการหาจุดคุ้มทุนในปีแรกโดยเปรียบเทียบจากจำนวนไร่ที่เกษกรทำการปลูกอ้อยดังนี้

ราคาเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย	750000	บาท
ราคาขายอ้อยสด	1020	บาท/ตัน
ต้นทุนรวมในการปลูกและเก็บเกี่ยวอ้อยสดในปีแรก	12020.57	บาท/ไร่
เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 10 – 12 เดือนหลังปลูก		

ตาราง4.10 เปรียบเทียบจำนวนไร่ในการปลูกและจุดคุ้มทุน

จำนวนไร่	จุดคุ้มทุน(ตัน)	ใช้เวลา(ปี)
1	747.08	59.77
10	853.14	6.83
20	970.99	3.88
30	1,088.84	2.90
40	1,206.69	2.41
50	1,324.54	2.12
60	1,442.39	1.92
70	1,560.24	1.78
80	1,678.08	1.68
90	1,795.93	1.60
100	1,913.78	1.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์

5.1 คุณลักษณะของเครื่องเครื่องเก็บเกี่ยวและสางใบต้นอ้อย

น้ำหนักตัวเครื่อง	700	**kg.**
ความกว้าง	3.50	**m.**
ความยาว	3.89	**m.**
ความสูง	2.71	**m.**
ใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดแรงม้า	80 - 95	**hp**
การตัดยอด	1.5 – 3	**m.**

5.2 สรุปและวิจารณ์

จากวัตถุประสงค์ของการสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวและสางใบต้นอ้อยเมื่อทำการสร้างเครื่องสร็จเรียบร้อยแล้วและทำการทดลองเก็บค่าต่างๆ ทำให้สามารถสรุปผลการทำงานได้หลายประการรวมทั้งวิจารณ์การทำงานและผลการทดลองได้ดังนี้

1.สามารถสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวและสางใบต้นอ้อยได้สำเร็จตามที่ได้กำหนดจุดประสงค์เอาไว้ในตอนแรกโดยสามารถทำการเก็บเกี่ยวได้ 100 ตันต่อวัน และสามารถลดปัญหาฝุ่น PM2.5 ที่เกิดจากการเผาอ้อยในปัจจุบันโดยทั้งนี้เป็นการพัฒนาจากเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยที่มีราคาสูงและไม่มีส่วนสางใบอ้อยแต่ภายหลังจากได้ทำการพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวและสางใบอ้อยทำให้ปัญหาเหล่านี้หมดไปดังแสดงในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.1 แสดงการติดตั้งเครื่องเก็บเกี่ยวและสางใบต้นอ้อย

ซึ่งเห็นได้ว่ามีความสะดวกมากขึ้นสำหรับเกษตรกรเพื่อลดปัญหาการเผาอ้อยและลดจำนวนแรงงานในการเก็บเกี่ยวซึงทำให้ได้รายได้จากผลผลิตที่มากขึ้น

2.ต้นอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวโดยเครื่องเก็บเกี่ยวและสางใบต้นอ้อยมีความสะอาด 80-90 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นค่าที่โรงงานหีบอ้อยยอมรับได้โดยจากการทดลองความเร็วรอบ ขนาดแรงม้ารถแทรกเตอร์ และอัตราทดเฟืองต่างๆ เพื่อหาความเร็วที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวจึงได้ทำการทดลองและแสดงให้ดูจากตารางดังนี้

ตารางที่ 5.1 ผลความเร็วรอบในส่วนต่างๆ

ขนาดแทรกเตอร์ (hp)	ความเร็วรอบ PTO (RPM)	อัตราทดระหว่าง PTO กับ ปั๊มไฮดรอลิก	ความเร็วรอบส่วนตัดยอด (RPM)	ความเร็วรอบส่วนส่วนลำเลียง (RPM)
55	320	12:5	71	1.2
55	360	5:1	163	2.5
80	550	12:5	125	2.2
80	540	5:1	258	4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ผลการเก็บเกี่ยวอ้อยจากเครื่องเก็บเกี่ยวและสางใบอ้อย

ขนาดแทรกเตอร์	เวลา (นาที)	ระยะทาง (เมตร)	จำนวนต้นที่เก็บได้	ความสะอาด	ยอดต้นที่ไม่ถูกตัด	ต้นที่ไม่ถูกเก็บ
55 hp	2	6	32	70%	10	5
	7	20	63	70%	13	26
80 hp	11	40	143	85%	124	26
	13	40	158	80%	133	13
	20	80	468	90%	37	49
	51	200	2300	90%	180	150

3.จุดคุ้มทุนนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนไร่ที่ปลูกอ้อยโดยที่ 1 ไร่นั้นจำเป็นต้องขายอ้อยสดที่ราคา 1020 บาทต่อตันเป็นจำนวน 747.08 ตัน ซึ่งจะเท่ากับราคาเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยรวมกับต้นทุนในการปลูกต่อไร่ในปีที่เริ่มปลูกอ้อยใหม่เพราะมีราคาต้นทุนในการปลูกต่อไร่มากที่สุดโดยจะลดลงมาในปีถัดๆไปจนถึงในปีที่4 ซึ่งจุดคุ้มทุนนี้จะมากขึ้นตามลำดับถ้าจำนวนไร่ในการปลูกมากขึ้น แต่ในส่วนนี้ยังไม่รวมในส่วนของค่าซ่อมแซมต่อปีเพราะยังไม่ทราบจำนวนแน่นอนในการซ่อมแซมของเครื่องนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ (2555). ไฮดรอลิกอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

[2] ณรงค์ ตันชีวะวงศ์ (2552). ระบบไฮดรอลิกและการซ่อมบำรุง, กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)

[3] ตฤณสิษฐ์ ไกรสินบุรศักดิ์, วิชัย โอภานุกุล, อานนท์ สายคำฟู, วีระ สุขประเสริฐ, มานพ คันธามารัตน์ และ มงคล ตุ่นเฮ้า (2559). ออกแบบและพัฒนากลไกของเครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ, วารสารวิชาการเกษตร ปีที่ 34, มกราคม - เมษายน 2559

[4] Anthony Esposito, D.C. (2003) . *Fluid power with applications edition 6*

[5] http://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=399

[6] Shigley's Mechanical Engineering Design in SI Units, 10th Edition in SI Units

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

รูป 1.ก แสดงเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยที่ยังไม่นำมาพ่วงท้ายแทรกเตอร์

รูป 2.ก แสดงเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยที่นำมาพ่วงท้ายแทรกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

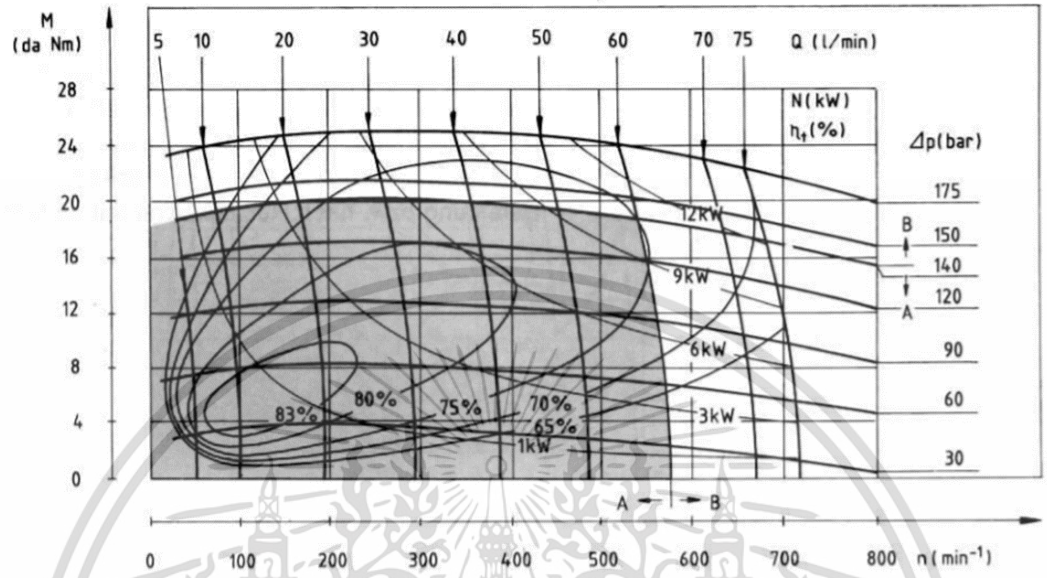
รูป 3.ก แสดงเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยที่นำมาเก็บเกี่ยวในไร่จริง

รูป 4.ก แสดงลักษณะต้นอ้อยที่ถูกเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

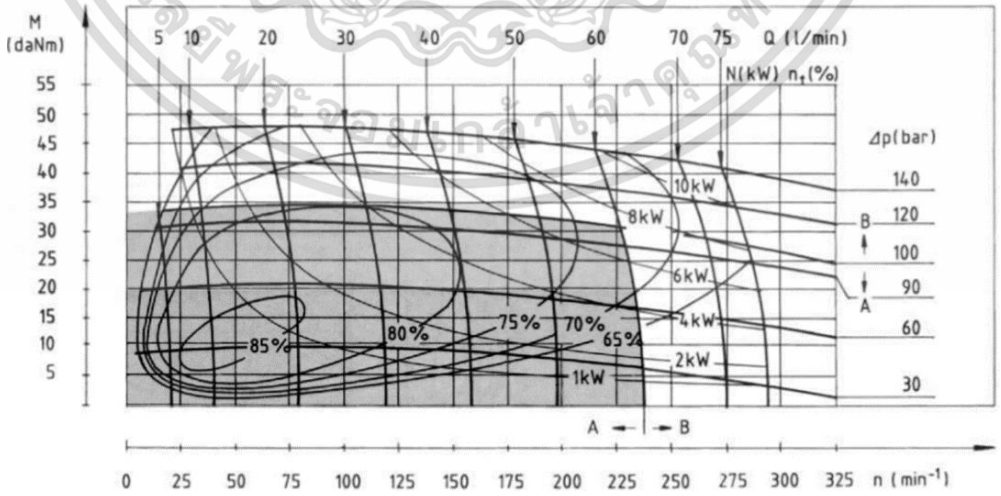
ภาคผนวก ข.

รูปที่ 1.ข กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ ยี่ห้อ maxma รุ่น mar/mars 100



อ้างอิง : https://www.maxma.com.tw/product.php

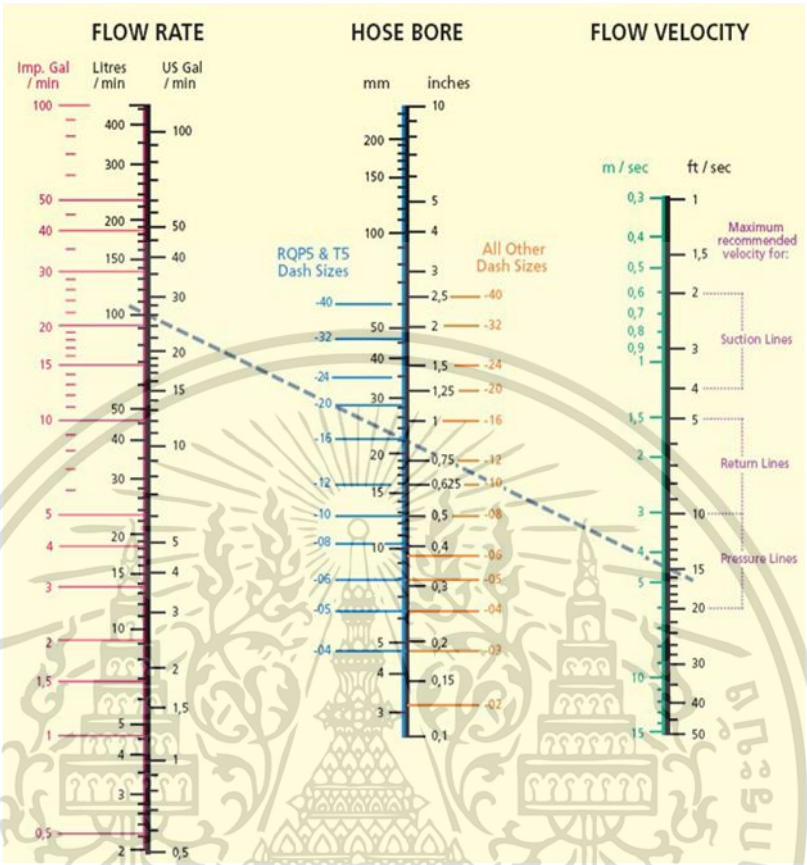
รูปที่ 2.ข กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ ยี่ห้อ maxma รุ่น mar/mars 250



อ้างอิง : https://www.maxma.com.tw/product.php

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.ข แสดง Hydraulic hose flow rate chart



อ้างอิง : http://cahare.sh-original-media.com/hydraulic-hose-flow-rate-chart/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.ค ตารางแสดงค่าความเสียดทานของวัตถุแต่ละชนิด

Materials	Static friction		Sliding friction	
	Dry	Greasy	Dry	Greasy
Hard steel on hard steel	0.78(1)	0.11(1,a)	0.42(2)	0.029(5,h)
		0.23(1,b)	.....	0.081(5,c)
		0.15(1,c)	.....	0.080(5,i)
		0.11(1,d)	.....	0.058(5,j)
		0.0075(18,p)	.....	0.084(5,d)
		0.0052(18,h)	.....	0.105(5,k)
				0.096(5,l)
				0.108(5,m)
				0.12(5,a)
Mild steel on mild steel	0.74(19)	.....	0.57(3)	0.09(3,a)
				0.19(3,u)
Hard steel on graphite	0.21(1)	0.09(1,a)		
Hard steel on babbitt (ASTM 1)	0.70(11)	0.23(1,b)	0.33(6)	0.16(1,b)
		0.15(1,c)	.....	0.06(1,c)
		0.08(1,d)	.....	0.11(1,d)
		0.085(1,e)		
Hard steel on babbitt (ASTM 8)	0.42(11)	0.17(1,b)	0.35(11)	0.14(1,b)
		0.11(1,c)	.....	0.065(1,c)
		0.09(1,d)	.....	0.07(1,d)
		0.08(1,e)	.....	0.08(11,h)
Hard steel on babbitt (ASTM 10)	.....	0.25(1,b)	.....	0.13(1,b)
		0.12(1,c)	.....	0.06(1,c)
		0.10(1,d)	.....	0.055(1,d)
Mild steel on cadmium silver	.....	.....	.....	0.097(2,f)
Mild steel on phosphor bronze	.....	.....	0.34(3)	0.173(2,f)
Mild steel on copper lead	.....	.....	.....	0.145(2,f)
Mild steel on cast iron	.....	0.183(15,c)	0.23(6)	0.133(2,f)
Mild steel on lead	0.95(11)	0.5(1,f)	0.95(11)	0.3(11,f)
Nickel on mild steel	.....	.....	0.64(3)	0.178(3,x)
Aluminum on mild steel	0.61(8)	.....	0.47(3)	
Magnesium on mild steel	.....	.....	0.42(3)	
Magnesium on magnesium	0.6(22)	0.08(22,y)		

* Numbers in parentheses indicate references to data sources; letters identify lubricant in following list.

อ้างอิง : https://web.mit.edu/8.13/8.13c/references-fall/aip/aip-handbook-section2d.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.ค ตารางแสดงโมเดลปั๊มของยี่ห้อ Caproni

No.	MODEL	cc/rev	Rotation	Shaft-Input	เพลา	Mouting Flang	Ports	bar
1	10A6.1X418G/CP	6.1	ccw (ซ้าย)	Taper Key	ลิ่มเอียง	4 Hold	G	200
2	20C14X030HG/CP	14	CW (ขวา)	Straight Key	ลิ่มตรง	SAE-A 2 Hold	BSP	250
3	20A14X030HG/CP	14	ccw (ซ้าย)	Straight Key	ลิ่มตรง	SAE-A 2 Hold	BSP	250
4	20C17.3X030HG/CP	17.3	CW (ขวา)	Straight Key	ลิ่มตรง	SAE-A 2 Hold	BSP	250
5	20A17.3X030HG/CP	17.3	ccw (ซ้าย)	Straight Key	ลิ่มตรง	SAE-A 2 Hold	BSP	250
6	20C22X030HG/CP	22	CW (ขวา)	Straight Key	ลิ่มตรง	SAE-A 2 Hold	BSP	200
7	20A22X030HG/CP	22	ccw (ซ้าย)	Straight Key	ลิ่มตรง	SAE-A 2 Hold	BSP	200
8	20A17.3X085HGE/CP	17.3	ccw (ซ้าย)	Spline 9 teeth	เฟือง 9	SAE-A 2 Hold	BSP	250
9	20C17.3X085HGE/CP	17.3	CW (ขวา)	Spline 9 teeth	เฟือง 9	SAE-A 2 Hold	BSP	250
10	20A22X085HGE/CP	22	ccw (ซ้าย)	Spline 9 teeth	เฟือง 9	SAE-A 2 Hold	BSP	200
11	20C22X085HGE/CP	22	CW (ขวา)	Spline 9 teeth	เฟือง 9	SAE-A 2 Hold	BSP	200
12	20C22X085HG/CP	22	CW (ขวา)	Spline 9 teeth	เฟือง 9	SAE-A 2 Hold	BSP	200
13	20A32X085HGE/CP	32	ccw (ซ้าย)	Spline 9 teeth	เฟือง 9	SAE-A 2 Hold	BSP	120
14	20C32X085HG/CP	32	CW (ขวา)	Spline 9 teeth	เฟือง 9	SAE-A 2 Hold	BSP	120
15	20A36X085HGE/CP	36	ccw (ซ้าย)	Spline 9 teeth	เฟือง 9	SAE-A 2 Hold	BSP	100
16	20C36X085HGE/CP	36	CW (ขวา)	Spline 9 teeth	เฟือง 9	SAE-A 2 Hold	BSP	100
17	20C16X290/16VR/CP	16	CW (ขวา)	Taper Key	ลิ่มเอียง	16 L + 2	Uro.Flang	Steering
18	30A36X146H/CP	36	ccw (ซ้าย)	Taper Key	ลิ่มเอียง	Uroplain 4 Hold	Uro.Flang	250
19	30C36X146H/CP	36	CW (ขวา)	Taper Key	ลิ่มเอียง	Uroplain 4 Hold	Uro.Flang	250
20	30A32X146H/CP	36	ccw (ซ้าย)	Taper Key	ลิ่มเอียง	Uroplain 4 Hold	Uro.Flang	250
21	30A32X169HG/CP	32	CW (ขวา)	Spline 13 teeth	เฟือง13	SAE-B 2 Hold	BSP	250
22	30A55X353H/CP	55	ccw (ซ้าย)	Straight Key	ลิ่มตรง	Uroplain 4 Hold	Uro.Flang	200
23	30C55X353H/CP	55	CW (ขวา)	Straight Key	ลิ่มตรง	Uroplain 4 Hold	Uro.Flang	200
24	30A50X353H/CP	50	ccw (ซ้าย)	Straight Key	ลิ่มตรง	Uroplain 4 Hold	Uro.Flang	200
25	30C50X353H/CP	50	CW (ขวา)	Straight Key	ลิ่มตรง	Uroplain 4 Hold	Uro.Flang	200
26	30A60X353H/CP	60	ccw (ซ้าย)	Straight Key	ลิ่มตรง	Uroplain 4 Hold	Uro.Flang	180
27	30C60X353H/CP	60	CW (ขวา)	Straight Key	ลิ่มตรง	Uroplain 4 Hold	Uro.Flang	180
28	30A36X237HG/CP	36	ccw (ซ้าย)	Straight Key	ลิ่มตรง	SAE-B 2 Hold	BSP	250
29	30C36X547HG/CP	36	CW (ขวา)	Straight Key	ลิ่มตรง	SAE-B 2 Hold	BSP	250
30	30A50X547HG/CP	50	ccw (ซ้าย)	Straight Key	ลิ่มตรง	SAE-B 2 Hold	BSP	250
31	30A55X547HG/CP	55	ccw (ซ้าย)	Straight Key	ลิ่มตรง	SAE-B 2 Hold	BSP	200
32	30C55X547HG/CP	55	CW (ขวา)	Straight Key	ลิ่มตรง	SAE-B 2 Hold	BSP	200
33	30A36X611HE/CP	36	ccw (ซ้าย)	Spline 13 teeth	เฟือง13	SAE-B 2 Hold	SAE-Flang	250
34	30C36X611HE/CP	36	CW (ขวา)	Spline 13 teeth	เฟือง13	SAE-B 2 Hold	SAE-Flang	250
35	30A50X611HE/CP	50	ccw (ซ้าย)	Spline 13 teeth	เฟือง13	SAE-B 2 Hold	SAE-Flang	200
36	30C50X611HE/CP	50	CW (ขวา)	Spline 13 teeth	เฟือง13	SAE-B 2 Hold	SAE-Flang	200
37	30A55X611HE/CP	55	ccw (ซ้าย)	Spline 13 teeth	เฟือง13	SAE-B 2 Hold	SAE-Flang	200
38	30C55X611HE/CP	55	CW (ขวา)	Spline 13 teeth	เฟือง13	SAE-B 2 Hold	SAE-Flang	200
39	30A32X613HG/CP	32	ccw (ซ้าย)	Spline 13 teeth	เฟือง13	SAE-B 2 Hold	BSP	250
40	30A50X613HG/CP	50	ccw (ซ้าย)	Spline 13 teeth	เฟือง13	SAE-B 2 Hold	BSP	200
41	30A55X714H/CP	55	ccw (ซ้าย)	Straight Key	ลิ่มตรง	SAE-B 2 Hold	SAE-Flang	200
42	30C55X714H/CP	55	CW (ขวา)	Straight Key	ลิ่มตรง	SAE-B 2 Hold	SAE-Flang	200
43	30MR42X679HG34E/CP	42	MOTOR	Spline 13 teeth	เฟือง13	SAE-B 2 Hold	BSP	230
44	33A36X761HES/A32X762H/CP	36	ccw (ซ้าย)	Spline 13 teeth	Double Gear Pump(L)	4 Hold	SAE-Flang	250
45	33C36X761HES/C32X762H/CP	36	CW (ขวา)	Spline 13 teeth	Double Gear Pump(R)	4 Hold	SAE-Flang	250
46	MRP70/CP	70 L	Direction Control Valve Deten (Propportional Flow)				G3/4, G1/2	-
47	SEAL-22-35-8/CP		Seal Oil For Double Gear Pump				-	-
48	SEAL-8413910090/CP		Seal Kit GR.30				-	-
49	30AC13T-50		HUB - Spline 13 Teeth 16/32 DP. D.40 mm. L.50 mm.				-	-

อ้างอิง :

http://www.worldtractor1996.com/edw/images/world-tractor/product/Hydraulic-Equipment/CAPRONI-or-CONTROL-VALVE-and-GEAR-PUMP/caproni.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้