ปีการศึกษา 2538

THREE-WHEEL POWER LADDER CONTROL SYSTEM DESIGN

โดย

นางสาวเกษรา จิตต์ขวัญ

นางสาวจรรยารักษ์ ตันธะนา

นายชลชาสน์ โพธารส

อาจารย์ที่ปรึกษา

นายพิชิต กิตตินนท์

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2538

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบระบบควบคุมรถกระเช้าเก็บผลไม้

ผู้จัดทำ

1. นางสาวเกษรา จิตต์ขวัญ
2. นางสาวจรรยารักษ์ ต้นธะนา
3. นายชลชาสน์ โพธารส

.... อาจารย์ที่ปรึกษา

(นายพิชิต กิตตินนท์)

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์จากหลายๆ ท่านที่ได้ให้คำปรึกษา พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ ซึ่งทางผู้จัดทำขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

1.อาจารย์ พิชิต กิตตินนท์

-อาจารย์ที่ปรึกษา และให้คำชี้แนะในการทำงานต่างๆ

2.เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการประจำอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเกษตร ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำโครงการ

3.ขอขอบคุณสำหรับความร่วมมือและกำลังใจที่ได้จากเพื่อนๆ และพี่ๆ ทุกคน

ผู้จัดทำ

น.ส.เกษรา จิตต์ขวัญ
น.ส.จรรยารักษ์ ตันธะนา
นายชลชาสน์ โพธารส

THREE-WHEEL POWER LADDER CONTROL SYSTEM DESIGN

KESARA JITKUAN
JANYARUCK TANTHANA
CHOLACHAS POTHAROS
PICHIT KITTINONT ADVISER
1995

ABSTRACT

This thesis is an application of a three-wheel power ladder to develope its control system.

The first part ,the ladder obtains power from engine.Power are transfered to hydraulic oil supplied to cylinder part.. Its working is controled by 4/3 direction control value center closed type.

For the other part,hydraulic power are transfered to hydraulic motor to drive two rear wheels,the control equipment is 4/3 direction control value solenoid relay.The whole working of power ladder are generated by the engine,hydraulic and electrical systems.

การออกแบบระบบควบคุมรถกระเช้าผลไม้

นางสาวเกษรา จิตต์ขวัญ
นางสาวจรรยารักษ์ ตันธะนา
นายชลชาสน์ โพธารส
อาจารย์พิชิต กิตตินนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เรียงเรียงขึ้นจากผลงานที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นระบบควบคุมรถกระเช้าผลไม้ โดยแบ่งการควบคุมออกเป็น 2 ระบบคือ ระบบยกกระเช้าและระบบขับเคลื่อน ระบบแรกจะได้รับกำลังมาจากเครื่องยนต์กำลังจะถูกส่งผ่านไปยังน้ำมันไฮดรอลิก ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังกระบอกสูบไฮโดรลิก ให้ทำงาน ซึ่งจะถูกควบคุมโดยวาล์วควบคุมชนิด 3 ตำแหน่ง 4 ทิศทางแบบตำแหน่งกลางปิด ส่วนระบบหลังกำลังจากน้ำมันไฮโดรลิคจะถูกส่งไปยังมอเตอร์ไฮโดรลิคไปทำให้ล้อขับเคลื่อน ซึ่งการทำงานถูกควบคุมโดยวาล์วควบคุมแบบโซลินอยด์ ชนิด 3 ตำแหน่ง 4 ทิศทางใช้ไฟควบคุมจากแบ็ตเตอรี่ การทำงานของระบบต่าง ๆ ในรถกระเช้า เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างระบบเครื่องยนต์ ระบบไฮโดรลิกและระบบไฟฟ้า

สารบาญ

สารบาญรูปภาพ

สารบาญตาราง

บทที่ 1
บทนำ
ระบบอุปกรณ์ควบคุมการทำงานในระบบไฮโดรลิค

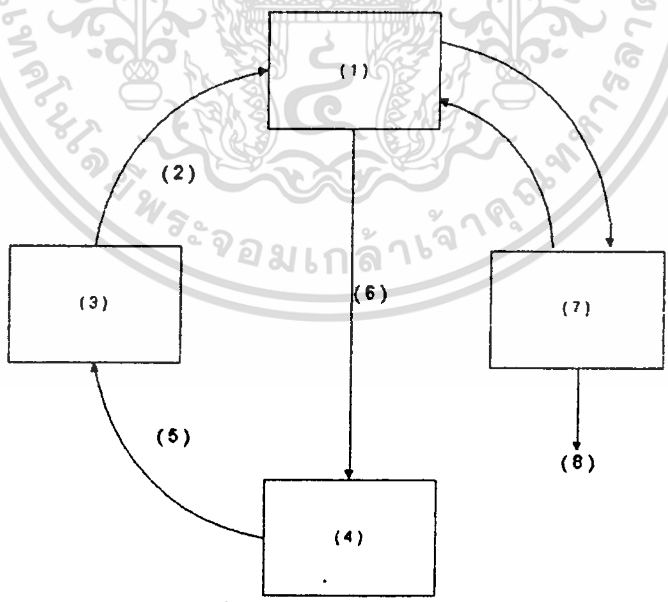
1.1 กฎของปาสคาล(PASCAL'S LAW)

ปาสคาลพิสูจน์ให้เห็นว่า เมื่อมีความดันมากระทำบนของไหล ของไหลนั้นจะส่งความดันที่เท่ากันไปทั่วทุกทิศทาง กระทำด้วยแรงที่เท่ากันในทิศทางที่ตั้งฉาก

1.1.1 การใช้งานของพลังงานของไหล วาล์วไฮโดรลิคใช้ในการบังคับได้ 3 แบบ ดังนี้

- ปริมาณงาน	* วาล์วบังคับแรงดัน
- ความเร็วของงาน	* วาล์วบังคับการไหล
- ทิศทางการทำงาน	* วาล์วบังคับทิศทาง

1.2 รูปแบบของระบบไฮโดรลิคในการใช้งาน



รูปที่ 1 รูปแบบระบบไฮโดรลิคในการใช้งาน

(1) วาล์วไฮโดรลิค

ใช้บังคับความดัน,การไหลและทิศทาง

(2) น้ำมันแรงดันสูง

(3) ปั๊มไฮโดรลิค

ใช้จ่ายน้ำมันไฮโดรลิค

(4) ถังน้ำมัน

(5) น้ำมันความดันต่ำ

(6) น้ำมันไหลกลับ

(7) อุปกรณ์

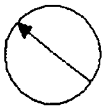
มอเตอร์ไฮโดรลิค	ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในทางหมุน
กระบอกสูบไฮโดรลิค	ทำให้เกิดการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง

(8) ลักษณะงานแบ่งได้ - ปริมาณงาน

- ความเร็วของงาน
- ทิศทางการทำงาน

วาล์วบังคับความดัน	ใช้ควบคุมปริมาณงาน
วาล์วบังคับการไหล	ใช้บังคับความเร็วของงาน
วาล์วบังคับทิศทาง	ใช้บังคับทิศทางการทำงาน

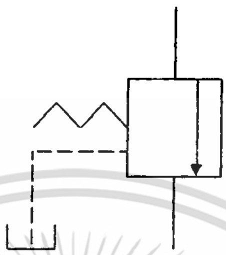
1.3 สัญญลักษณ์เบื้องต้นของเกจวัดความดัน



รูปที่ 2 เกจวัดความดัน

1.4 อุปกรณ์ควบคุมความดัน (วาล์วบังคับความดัน)

วาล์วลำดับ



รูปที่ 3 วาล์วลำดับ

ใช้แรงดันบังคับจากภายใน และมีการระบายออกภายนอก

1.5 อุปกรณ์ควบคุมการไหล (วาล์วบังคับการไหล)

วาล์วชะลอการไหลแบบปรับได้

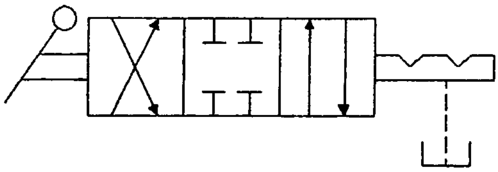
รูปที่ 4 วาล์วชะลอการไหลแบบปรับได้

เครื่องหมาย  แสดงถึงการปรับการไหลได้ วาล์วชนิดนี้สามารถเลือกปรับอัตราการไหลได้

เครื่องหมาย  รูปโค้งสองอันแสดงถึง การจำกัดการไหล ในบางกรณีจะใช้ประกอบกับวาล์วกันกลับ

1.6 วาล์วอุปกรณ์ควบคุมทิศทางแบบบังคับด้วยมือ

แบบรูทั้งหมดปิด

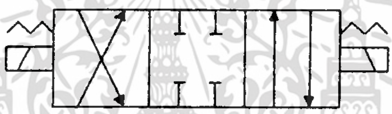


รูปที่ 5 วาล์วควบคุมทิศทางแบบบังคับด้วยมือ

1.7 อุปกรณ์ควบคุมทิศทางบังคับด้วยไฟฟ้า

วาล์วบังคับทิศทางแบบบังคับด้วยโซลินอยด์

แบบรูทั้งหมดปิด มีสปริงรักษาตำแหน่งกลางเป็นโซลินอยด์คู่ 4 ทิศทาง 3 ตำแหน่ง



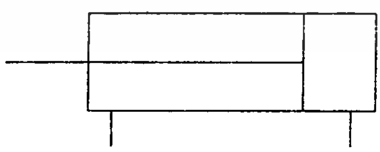
รูปที่ 6 วาล์วบังคับทิศทางแบบไพลอตควบคุมด้วยโซลินอยด์

โดยปกติ วาล์วบังคับทิศทางแบบไพลอต ควบคุมด้วยโซลินอยด์ ใช้ในการบังคับทิศทางการไหลซึ่งมีปริมาตรมาก

1.8 อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดงาน

หมายถึง อุปกรณ์งาน กระบอกสูบและมอเตอร์ไฮโดรลิค

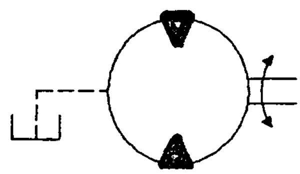
1.8.1 กระบอกสูบสองทาง



รูปที่ 7 กระบอกสูบสองทาง

สัญญลักษณ์แสดงถึง กระบอกสูบทำงานทั้งสองทิศทางและมีก้านสูบด้านเดียว

1.8.2 มอเตอร์ไฮโดรลิคปริมาตรคงที่(มีรูระบาย)

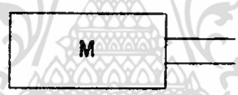


รูปที่ 8 มอเตอร์ไฮโดรลิคปริมาตรคงที่

สัญญลักษณ์แสดงถึงมอเตอร์แบบปริมาตรคงที่ รูปสามเหลี่ยมทึบถ้าเขียนกลับด้าน สัญญลักษณ์นี้จะเป็นสัญญลักษณ์ของปั๊ม

1.9 อุปกรณ์เพิ่มเติม

1.9.1 เครื่องยนต์ ตามสัญญลักษณ์แสดงถึงการใช้เครื่องยนต์แทนมอเตอร์ในการขับเคลื่อนปั๊ม



รูปที่ 9 เครื่องยนต์

1.9.2 ตัวกรอง สัญญลักษณ์แสดงได้ตามรูปโดยตัวกรองเข้าใช้ติดตั้งที่ปลายท่อดูดในถังน้ำมัน ส่วนตัวกรองออกใช้ติดตั้งที่ปลายท่อน้ำมันกลับ

รูปที่ 10 ตัวกรอง

1.10 ข้อดีและข้อเสียของระบบไฮโดรลิคในการใช้งาน

ข้อดี

1. กระทัดรัดและให้พลังงานสูง

1 กก./ซม. = 1000 กรัม (= 1000 ซม.^{2} × 1 กรัม/ซม.^{2})

ความดันไฮโดรลิก 70 กก./ซม.^{2} มีค่าเท่ากับแรงดันส่งน้ำ (Water Head) 700 เมตร

2. ความปลอดภัยสูงกว่า

ใช้วาล์วบังคับความดันเป็นตัวตั้งความดันสูงสุดเชื่อถือได้ในความปลอดภัยแม้จะใช้แรงมาก

3. ใช้บังคับระยะห่าง

การบังคับระบบไฮโดรลิคจากระยะห่างทำได้ง่าย ความดันไฮโดรลิคสามารถบังคับจากระยะห่างได้

4. การสั่นสะเทือนน้อยและทำงานได้นุ่มนวล

5. แรงใช้งานปรับได้ง่ายและแม่นยำ

5.1 การปรับแรงให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงทำได้โดยง่ายเพียงแค่ปรับวาล์วบังคับความดันเท่านั้น

5.2 ถังน้ำมันใช้วาล์วบังคับความดันปรับตั้งระดับความดันได้ตามที่ต้องการ

ข้อเสีย

1. การต่อท่อค่อนข้างยาก

แก้ไขได้โดยการใช้ระบบไฮโดรลิคแบบไม่ใช้ท่อ

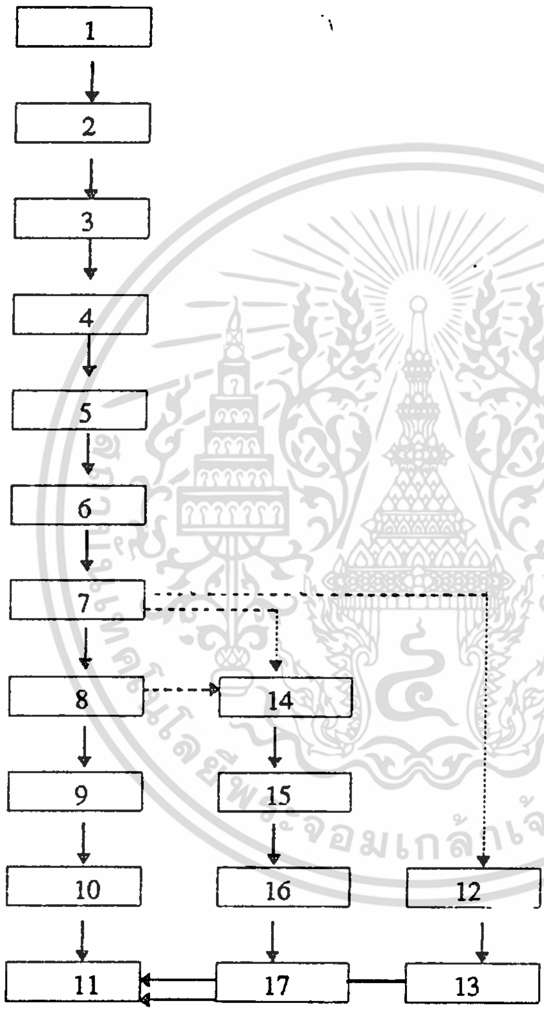
2. ประสิทธิภาพของระบบไฮโดรลิคจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันจะเปลี่ยนไปด้วยทำให้อัตราการไหลเปลี่ยนแปลง แต่เราสามารถควบคุมอุณหภูมิโดยการระบายความร้อนของน้ำมัน

3. อันตรายจากไฟไหม้

ป้องกันการติดไฟ โดยใช้น้ำมันไฮโดรลิคชนิดไม่ติดไฟ

บทที่ 2

หลักการและขั้นตอนการออกแบบวงจรไฮโดรลิก



รูปที่ 11 หลักการขั้นตอนการออกแบบ

1.กำหนดขอบเขตการทำงานของเครื่อง

สรุปขอบเขตการทำงานของเครื่อง

-- กำหนดจังหวะความเร็วเดินตัวเปล่า, ความเร็วงาน, ความเร็วกลับและหยุดตามลำดับการทำงาน

2.กำหนดช่วงเวลาการทำงานใน 1 รอบงาน

เพื่อให้ทราบถึงจำนวนผลผลิต

-- กำหนดช่วงเวลาใน 1 รอบงาน รวมทั้งระยะเวลาการจับยึด, ความเร็วเดินตัวเปล่า, ความเร็วตัด,ความเร็วกลับ, และเวลาหยุด

3.พิจารณาสิ่งแวดล้อมในการทำงาน, ภาวะการทำงาน, และ ข้อมูลที่จำเป็นอื่นๆ ซึ่งขึ้นกับความละเอียดในการทำงาน, ประหยัด, และความเป็นไปได้ที่อาจจะเกิดขึ้นของเครื่อง

-- สิ่งแวดล้อมในการทำงาน

พื้นที่และสภาพแวดล้อม สภาพอุณหภูมิในการทำงานสูงหรือไม่, ความชื้น, ฝุ่น, การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว รวมทั้งระดับเสียงและการระเบิดหรือภาวะการเป็นสนิม

-- ภาวะการทำงาน

ภาวะการทำงาน การควบคุมเป็นแบบบังคับด้วยมือ, กึ่งอัตโนมัติ หรืออัตโนมัติทั้งหมด คำนวณแรงที่จำเป็นในการเพิ่มหรือลดความเร็วของเครื่อง และการเปลี่ยนแปลงของแรงเนื่องจากความฝืด

พิจารณาถึงความง่ายในการซ่อมบำรุง

พิจารณาความสามารถของผู้ใช้เครื่อง

-- ความละเอียดในการทำงาน

การกำหนดตำแหน่งหยุดหรือเปลี่ยนความเร็วที่แม่นยำ, ความละเอียดในการปรับความเร็วและช่วงอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงที่เครื่องจะทนได้

-- ความประหยัด

เพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างประหยัด จุดสำคัญคือ การพิจารณาการทำงานร่วมกันของเครื่องและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ และต้องออกแบบไม่ให้ขัดกับการใช้งานของระบบไฮโดรลิก

ต้องระวังไม่ลดต้นทุนการผลิตที่จำเป็น

4.การคำนวณความดันในวงจร

หลายปีมาแล้วที่เรามักจะเลือกใช้ความดันในวงจรสูงกว่าที่จำเป็น เพื่อเป็นการลดผลเสียซึ่งเกิดจากการตั้งความดันสูงกว่าจำเป็นในวงจรไฮโดรลิก ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการตั้งความดันในวงจรที่สูงกว่าจำเป็นโดยตั้งความดันให้ พอเพียงกับการใช้งานเท่านั้น

5.รูปแบบของวงจรไฮโดรลิก

ก่อนอื่นให้เตรียมผังวงจร พร้อมทั้ง รายละเอียดการใช้งาน สิ่งที่สำคัญที่สุดในการเลือกวงจรคือ ต้องพิจารณาความเหมาะสม ของวงจรไฮโดรลิกในการใช้งานกับเครื่อง, ราคา, น้ำหนัก,การซ่อมบำรุงและการขนย้าย

6.การเลือกอุปกรณ์งาน

เลือกอุปกรณ์งานโดยคำนึงถึงความสามารถในการทำงาน, ช่วงชัก, ความเร็วขณะทำงาน,และกำหนดกำลังของปั๊ม

7.การเลือกปั๊มไฮโดรลิก

เลือกปั๊มให้ตรงกับความต้องการ เช่นความเร็วรอบ, ความดัน, อัตราการไหล, การจ่ายน้ำมัน,และกำหนดกำลังขับปั๊ม

$$\frac{\text{พื้นที่หน้าตัดกระบอกสูบ} \times \text{ช่วงชักลูกสูบ}}{\text{เวลาการเคลื่อนที่ต่อช่วงชัก}} = \text{อัตราการจ่ายน้ำมัน}$$

-- ขนาดของมอเตอร์ (kw)

$$L = PQ/612\eta \ \text{kw}$$

เมื่อ L = ขนาดมอเตอร์

P = ความดันปั๊ม (กก./ซม^2)

Q = อัตราการจ่ายน้ำมัน (ลิตร/นาที)

η = ประสิทธิภาพรวมของปั๊ม

8.การเลือกวาล์วบังคับความดัน

เลือกวาล์วบังคับความดันตามความดันใช้งาน, อัตราการไหล, ระบบการควบคุม, การติดตั้ง, ขนาดรูน้ำมัน, ขนาดวาล์ว ความเร็วในการตอบสนองการบังคับ ฯลฯ

9.การคำนวณขนาดท่อ

ให้คำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อให้โตเท่าที่จำเป็นกับอัตราการไหล

-- กำหนดความหนาของท่อให้สามารถทนต่อความดันที่ใช้

-- ความเร็วในการไหล

ทางปั๊มดูด	0.5-1.5 m/s
ทางส่งความดัน	1.5-4.5 m/s
ทางกลับ	2.0-5 m/s

ตารางเปรียบเทียบความดันและขนาดท่อ

เส้นผ่าศูนย์กลางนอก มม.	ความดันต่ำกว่า 70 กก./ซม.^{2}		70 - 140 กก./ซม.^{2}	
	ความหนาของท่อ มม.	รับอัตราการไหลได้ (ลิตร/นาที)	ความหนาของท่อ มม.	รับอัตราการไหลได้ (ลิตร/นาที)
6	1.0	3	1.0	3
8	1.0	7	1.0	7
10	1.0	13	1.2	12
12	1.0	20	1.6	16
15	1.2	32	1.8	28
20	1.6	60	2.3	50
25	1.8	95	2.9	80
30	2.3	135	3.5	110
34	2.6	175	4.0	140
40	2.9	250	4.5	200

หมายเหตุ การคำนวณความสามารถในการรับอัตราการไหล คำนวณที่ 4.5 เมตร/วินาที

10.การกำหนดขนาดของถังน้ำมัน

-- จำนวนค่าความร้อนอันที่เกิดขึ้นต่อการสูญเสียพลังงานในขณะขับเคลื่อนปั๊ม

$$H1 = 860 \times (1-y) \text{ kcal/hour}$$

เมื่อ L = กำลังขับปั๊ม

Y = ประสิทธิภาพรวมของปั๊ม

-- จำนวนค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากวาล์วลดความดัน

เมื่อ P = ความดันที่ตั้งไว้ของวาล์วลดความดัน

Q = อัตราการไหลภายในวาล์วลดความดัน

-- จำนวนค่าความร้อนที่เกิดขึ้นต่อการสูญเสียความดัน

$$H3 = 1.41 \times \Delta P \times Q$$

เมื่อ ΔP = ค่าแรงดันสูญเสีย

-- จำนวนค่าความร้อนที่แพร่จากถังน้ำมัน

$$H4 = K \times y(t_2 - t_1)$$

เมื่อ K = อัตราการแพร่ความร้อน

R = พื้นที่ผิวของน้ำมันภายในถัง

$(t_2 - t_1)$ = ค่าต่างของอุณหภูมิ

11.การเลือกอุปกรณ์ไฮโดรลิก

ให้พิจารณาถึง รูปร่าง, ขนาด, และความต้องการของระบบวาล์ว

12.ความคงที่ของคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของน้ำมันไฮโดรลิก

13.การเลือกชนิดน้ำมันไฮโดรลิก

ชนิดและลักษณะของน้ำมันไฮโดรลิก

- น้ำมันไฮโดรลิก
  - น้ำมันไฮโดรลิกจากปิโตรเลียม
    - น้ำมันเทอร์ไบน์
    - น้ำมันไฮโดรลิกทั่วไป
    - น้ำมันไฮโดรลิกพิเศษ
      - น้ำมันทนต่อการสึกกร่อน
      - น้ำมันความหนืดสูง
      - น้ำมันอุณหภูมิต่ำ
      - น้ำมันอุณหภูมิสูง
  - น้ำมันไม่ติดไฟ
    - น้ำมันจากสารประกอบทางเคมี
      - น้ำมันจากสาร Phosphate
      - น้ำมันจากสาร Hydrogen Chloride
      - น้ำมันจากสาร Hydrocarbon
    - น้ำมันจากน้ำ
      - น้ำมันจาก Water-glycol
      - น้ำมัน Emulsion แบบ W/o
      - น้ำมัน Emulsion แบบ o/ W

รูปที่ 12 ชนิดและลักษณะของน้ำมันไฮโดรลิก

14.ติดตั้งอุปกรณ์ไฮโดรลิกที่ได้มาตรฐาน

15.กำหนดระดับความสกปรกของระบบที่ยอมให้ได้

16.การเลือกใช้ตัวกรอง

17.ควบคุมการเกิดความสกปรกภายในระบบ

* การสูญเสียความดัน

--สาเหตุการสูญเสียความดัน

(1) ระหว่างที่เกิดแรงเสียดทานระหว่างโมเลกุลของน้ำมัน พลังงานจากความดันจะถูกเปลี่ยนเป็นความร้อน เป็นสาเหตุให้เกิดความสูญเสียความดันขึ้น

(2) เนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างผนังท่อ และ น้ำมัน พลังงานจากความดันจะถูกเปลี่ยนเป็นความร้อน ทำให้เกิดการสูญเสียความดันขึ้น

(3) จากการเพิ่มขึ้นของแรงเสียดทานภายในระหว่างการเปลี่ยนทางการไหลในท่อ และจากการไหลผ่านท่อ ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดต่างกัน พลังงานจากความดันจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนทำให้เกิดการสูญเสียความดันเช่นกัน

บทที่ 3

การคำนวณส่วนต่าง ๆ ของระบบไฮดรอลิค

หลักการคำนวณ

1.หาขนาดกระบอกสูบ

$A = F / P$

แรงเมื่อเราต้องการให้รับโหลดได้ 120 kg

จากข้อมูลของโปรเจกต์เดิม กระบอกสูบจะรับแรงได้มากที่สุด 827.3 kg

ดังนั้น เราให้ $F = 1$ ton $= 2{,}204$ lbs

เราเลือกใช้ ความดันใช้งานในวงจรนี้ที่ 500 Psi

$A = F / P = 2{,}204 / 500 = 4.408\ in^2$

เผื่อ 10% สำหรับการสูญเสียแรงดันในกระบอกสูบ

$(110 / 100) \times 4.408 = 4.85\ in^2$

ให้ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ

$A = \pi D^2 / 4$

$= 4.85\ in^2$

ดังนั้น $D = \sqrt{(4.85 \times 4)/\pi}$

$= 2.485$ in

พิจารณาในตาราง 7.2

เราจะพบว่าขนาด 2.485 in ไม่มี

เราจึงใช้ขนาด 2.5 in

มีพื้นที่ลูกสูบ 4.909 in^2

ปริมาตรจุ 0.255 แกลลอน/ 1 ฟุตระยะชัก

แรง 2,454 lbs

ทบทวนหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กระบอกสูบ

พื้นที่ของกระบอกสูบขนาด 2.5 in = 4.909 in^2

$P = F / A = 2{,}204\ lbs / 4.909\ in^2 = 449.429\ lbs / in^2$

กำหนด ค่าความดันสูงสุดใช้งาน 500 Psi

จะเห็นว่าความดันใกล้เคียงที่กำหนดไว้

จึงกำหนดใช้กระบอกสูบขนาด 2.5 in ซึ่งมีพื้นที่ลูกสูบ 4.909 in^2

2.หาขนาดกระบอกสูบ

เนื่องจากความเร็วถอยกลับจะมีค่าประมาณ 2 เท่าของความเร็วตอนเลื่อนออก ดังนั้น พื้นที่สุทธิของกระบอกสูบด้านมีก้านสูบต้องเป็น 1 / 2 เท่าของพื้นที่ลูกสูบ

พื้นที่เต็มกระบอกสูบ = 2 เท่าพื้นที่ก้านสูบ

พื้นที่ก้านสูบ $= 1/2 \times 4.909\ in^2$

$= 2.4545\ in^2$

D ของก้านสูบหาได้โดย

$$D = \sqrt{(A \times 4)/\pi}$$

$$= \sqrt{(2.4545 \times 4)/\pi}$$

$$= 1.7678\ in$$

แต่ก้านสูบขนาด 1.76768 in เป็นขนาดที่ไม่มีใช้โดยตรวจดูจากตาราง 7.3 ก จึงเลือกใช้ก้านสูบขนาด 1.75 in

พื้นที่ของขนาดก้านสูบ $= ((1.75)^2 \times \pi)/4$

$= 2.405\ in^2$

ดังนั้น

พื้นที่สุทธิของกระบอกสูบด้านมีก้านสูบ = 4.909 - 2.405

$= 2.504\ in^2$

ตรวจดูจากตาราง 7.3 ก ที่ P = 500 Psi, F = 2455 lbs

ใช้เกลียว NPT 1/2 in

เกลียวตรง 3/4 in Tube OD (1.1/16 - 12 THD)

OD ก้านสูบ 1 3/4 in HVY

พื้นที่ก้านสูบ 2.405 in^2

อัตราส่วนของพื้นที่เต็มลูกสูบต่อพื้นที่สุทธิ = 1.96/ 1.00

3.หาอัตราการไหล

$$Q = VA$$

เราใช้ความเร็ว ที่กระบอกสูบ = 1.8 m/min

ดังนั้น

$Q = 1.8\ m/min \times 4.909\ in^2$

(1 m = 39.37 in) $= 70.866\ in/min \times 4.909\ in^2$

$= 347.88\ in^3/min$

(1 in^3 = 16.387 ml) $= 5{,}700\ ml/min$

$= 5.7\ l/min$

(1 USGPM = 3.791 LPM) = 1.506 GPM

4.หาความเร็วที่ปลายแขน

เวลาที่ลูกสูบเคลื่อนที่ $t = s / v$

$= 0.412\ m / 1.8\ m/min$

$= 0.229\ min$

$= 13.74\ s$

ความเร็วที่ปลายแขน $= s / t$

$= 2.06\ m / 0.229\ min$

$= 9.0\ m / min$

5.หาขนาดของปั๊ม

อัตราการไหลโดยทั่วไปของปั๊ม จะกำหนดเป็น U.S.GPM ที่ความเร็วรอบ 1200 rpm

เราเลือกใช้ปั๊มเวน

ปั๊มเวนโดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตร 90%

$1\ PSI = 0.0703\ kgf/cm^2$

ดังนั้น

$500\ PSI = 35.15\ kgf/cm^2$

ปั๊มขนาด 2 GPM จะได้อัตราไหล $2 \times (90/100) = 1.8$ GPM

จะเห็นว่า $1.8 > 1.504$

เราจึงเลือกใช้ปั๊มขนาด 2 GPM

input horse power for Hydraulic pump = (GPM × PSI) / (1714 × 0.85)

(0.85 คือประสิทธิภาพของปั๊มเวน)

= (2 × 500) / (1714 × 0.85)

$= 0.686$ hp

(1hp = 0.746 kw) $= 0.5$ Kw

เลือกใช้ปั๊มจากแคตตาล็อกร้านค้าทั่วไป

ทบทวนความเร็ว

ตอนลูกสูบเลื่อนออก $V = (231 \times GPM) / A = Q / A$

$= (231 \times 1.8) / 4.909$

$= 84.702$ in / min

ตอนลูกสูบเลื่อนเข้า $V = (231 \times 1.8) / 2.504$

$= 166.054$ in/min

6.หาขนาดถังพัก

จากข้อกำหนดเกี่ยวกับการออกแบบถังพัก กำหนดให้ใช้ถังพักที่มีขนาดเล็กสุดควรมีความจุน้ำมันเป็นแกลลอนได้ 3 เท่าของอัตราที่ปั๊มจ่ายมาได้เป็น GPM

ในกรณีนี้ปั๊มจ่ายอัตราการไหลได้ 1.8 GPM

ต้องเลือกใช้ถังขนาดความจุ $= 1.8 \times 3$

$= 5.4$ GPM

ดังนั้นเลือกใช้ถังพักขนาดความจุประมาณ 10 แกลลอน

7.หาขนาดของวาล์วควบคุม

ขนาดของรูวาล์วควบคุมทิศทางในการทำงานต้องเพียงพอสำหรับอัตราการไหลที่ไหลออกจากกระบอกสูบทางด้านหัวลูกสูบในขณะที่ลูกสูบถอยกลับ เพราะจะดันน้ำมันออกมามากกว่าที่ปั๊มจ่าย

คำนวณได้ดังนี้

$Q = AV_{\text{ถอยหลัง}}$

$= (4.909 \times 166.054) / 231$

$= 3.529$ GPM

≈ 4 GPM

จากตาราง 8.9

รูวาล์วขนาด 1/4, 3/8 in เหมาะกับอัตราการไหล 8 GPM

เราจึงเลือกใช้วาล์วขนาด 1/4 in

เลือกขนาดวาล์วปลดความดัน

อัตราการไหลของปั๊ม 1.8 GPM

ดังนั้นจากตาราง 8.9

ขนาดรูวาล์วที่เหมาะสมได้แก่ 1/6 in

หมายเหตุ แต่ขนาดรูวาล์วทิศทาง เลือกใช้ขนาด 1/4 in และขนาดท่อที่ต่อจากปั๊มไปวาล์วควบคุมทิศทางวาล์วปรับความดัน และจากวาล์วควบคุมทิศทางไปกระบอกสูบด้านมีก้านสูบควรใช้ขนาดเท่ากัน

ดังนั้น จึงต้องเลือกใช้วาล์วปลดความดันที่มีขนาดรูวาล์วเท่ากับวาล์วควบคุมทิศทางคือ 1/4 in

8.เลือกขนาดท่อทาง

ขนาดท่อดูด พื้นที่ = (GPM × 0.3208) / ความเร็วน้ำมัน

(จากตาราง 5.7 V ควรมีค่า 2 ft/s) = (2.417 × 0.3208) / 2

= 0.388 in^2

จากตาราง 5.8 เลือกใช้ขนาดท่อมาตราฐาน Schedule 40

พิจารณาที่พื้นที่หน้าตัดภายใน 0.533 in^2

อัตราไหลในท่อ 3.3 GPM

ทบทวนความเร็ว

V = (GPM × 0.3208) / พื้นที่

= (3.3 × 0.3208) / 0.533

= 1.99 ft/s

ดังนั้น จึงเลือกใช้ท่อดูดขนาดท่อมาตราฐาน Schedule 40 ขนาดระบุ 6/8 in

ขนาดท่อความดัน

พื้นที่ = (GPM × 0.3208) / ความเร็วน้ำมัน

(จากตาราง 5.7 ข ควรมีค่า 45 ft/s)

อัตราไหลที่ปั๊มจ่ายให้วงจร = 1.8 GPM

พื้นที่ = (1.8 × 0.3208) / 15

= 0.038 in^2

จากตาราง 5.8 ใช้ท่อมาตราฐาน Schedule 40 ขนาดพื้นที่หน้าตัด 0.057 in^2

อัตราไหลในท่อ = 2.7 GPM ขนาดระบุ 1/8 in

OD = 0.405 in, ID = 0.269 in

อัตราไหล 2.7 GPM พื้นที่ภายใน 0.057 in^2

ดังนั้น

เราจึงเลือกใช้ท่อมาตราฐาน Schedule 40 ขนาดระบุ 1/8 in

จากตาราง 5.11 เราเลือกใช้สายไฮโดรลิก ขนาด 5/16 in SAE 100-R1

ID = 5/16 in, OD 11/16 in พื้นที่ภายใน 0.0767 in^2

อัตราการไหล 2.4 GPM รัศมีงอได้มากสุด 5 in

9.MOTOR HYDRAULIC

น้ำหนักรถ + น้ำหนักคน = 500 kg

น้ำหนักลงล้อขับ 2 ล้อ $= 0.7 \times 500$

$= 350$ kg

resistance $= \mu \times mg$

$= 0.3 \times 500 \times 9.81$

$= 1472.0$

แรงมากที่สุด (ก่อนที่เกิด slip) $= 0.85 \times 350 \times 9.81$

$= 2918$ n.

torque required at drive wheel = force × radius

$= 1472.0 \times (0.45/2)$

$= 331.2$ N.m

torque per wheel $= 331.2/2$

$= 166$ N.m.

เลือก motor จากตาราง ได้แบบ m3

รถวิ่งเร็ว = 4 km/h, wheel diameter = 0.45 m.

wheel speed $= (4 \times 10^3) / (60 \times \pi \times 0.45)$

$= 47.16$

จาก m3 ได้ volume efficiency = 97% ได้ pressure = 46 bar

flow rate = (motor capacity x speed) / volumetic efficiency

$= (0.28 \times 47.16) / 0.97$

= 13.6 l/min

total flow = 13.6 × 2

= 27.2 l/min

power (kw) = (frow rate × pressure)/ 600

= (27.2 × (46+2+2))/600

= 2.27 kw

0.746 kw = 1 hp

2.27 kw = 2.27 / 0.746 = 3.038 hp

overall efficiency = 0.9

input power = 3.038 / 9

= 3.38 hp

Hydraulic Line

pressure of cylinder = 500 psi

pressure of motor hydraulic = ((46 + 2 + 2) × 14.223) / 0.981

= 725 psi

total pressure = 725 + 500

= 1225 psi

ใช้สายไฮดรอลิคทนความดันได้ 2000 psi

ข้อมูลรถกระเช้า

เครื่องยนต์	1 สูบ 4 จังหวะ 5.5 แรงม้า
ระบบส่งกำลัง	ระบบไฮดรอลิก
ระบบขับเคลื่อน	ขับเคลื่อน 2 ล้อหลัง ใช้มอเตอร์ไฮดรอลิกแยกขับล้อละ 1 ตัว
ล้อ	3 ล้อ
ล้อหน้า	1 ล้อ ขนาด 10″
ล้อหลัง	2 ล้อ ขนาด 6″
ยางหน้า	หน้ากว้าง 3.5″
ยางหลัง	หน้ากว้าง 5.4″

ขนาดและน้ำหนักรถกระเช้า

ความยาวของตัวรถกระเช้า	1.75 เมตร
ความกว้างของตัวรถกระเช้า	1.00 เมตร
ความยาวของแขนรถกระเช้า	2.40 เมตร
ระยะยกตัวสูงสุดจากพื้น	3.00 เมตร
กระเช้ารับน้ำหนักได้มากสุด	120 เมตร

รายละเอียดอุปกรณ์วงจรกระบอกสูบ

1. กระบอกสูบทำงาน 2 ทิศทาง ก้านสูบเดียว
   -- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.485 นิ้ว
2. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4 ทิศทาง 3 ตำแหน่ง ชนิดตำแหน่งกลางเปิดหมด บังคับการทำงานด้วยมือโยก
   -- ขนาดรูวาล์ว 1/4 นิ้ว
3. เกจวัดความดัน
4. วาล์วปลดความดัน
5. เครื่องยนต์
   ขนาด 5.5 H.P.
6. ปั๊มไฮโดรลิก
   -- ปั๊มแบบเวนมีอัตราการไหล 2 gpm. ความเร็วรอบ 1200 rpm
7. ฟิลเตอร์
8. ถังพักน้ำมัน
   -- ขนาดความจุ 10 gallon
9. สเตรนเนอร์ที่ท่อทางดูดปั๊ม
10. ท่อทาง
   -- ขนาดท่อดูด Schedule 40 3/4 นิ้ว
   -- ขนาดท่อความดัน Schedule 40 1/8 นิ้ว

บทที่ 4

วงจรระบบไฮโดรลิค

หลักการทำงานของวงจรกระบอกสูบ

เมื่อสตาร์ทให้เครื่องยนต์ทำงาน เครื่องยนต์จะส่งกำลังให้ปั๊มทำงานดูดน้ำมันจากถัง ขึ้นไปตามท่อไฮโดรลิกไปสู่วาล์วควบคุมทิศทาง ในกรณีที่กระบอกสูบไม่ต้องการใช้น้ำมัน วาล์วอยู่ในตำแหน่งกลาง(2) ความดันน้ำมันที่ส่งออกจากปั๊มถึงตัววาล์วควบคุมทิศทาง มันจะสูงขึ้นถึงค่าที่ตั้งไว้ที่วาล์วปลดความดันเพื่อให้น้ำมันไหลกลับถังพักได้

ต่อมา เมื่อโยกคันโยกไปที่ตำแหน่งที่1 น้ำมันจากปั๊ม(P) จะส่งออกยัง A ไปยังกระบอกสูบ ทำให้ก้านสูบเลื่อนขึ้นยกโหลด

ทำนองเดียวกัน ถ้าหากโยกคันโยกไปที่ตำแหน่ง(3) น้ำมันจาก P จะถูกส่งไปที่ B ไปดันให้กระบอกสูบเลื่อนกลับ ซึ่งมันจะเป็นจังหวะที่โหลดจะถูกเคลื่อนที่ลง ในการเคลื่อนที่ขึ้นลงนี้ เราสามารถทำให้กระบอกสูบหยุดค้างที่จังหวะใดๆ ได้ โดยการบังคับที่คันโยก

รายละเอียดอุปกรณ์วงจรขับเคลื่อน

1. มอเตอร์ไฮโดรลิกชนิดหมุนกลับทางได้มีการระบายภายใน
2. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4 ทิศทาง 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งกลางปิดหมด ทำงานด้วยโซลินอยด์ กระทำโดยตรงใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฮโดรลิก
3. เกจวัดความดัน
4. วาล์วปลดความดัน
5. เครื่องยนต์
6. ปั๊มไฮโดรลิก
7. ฟิลเตอร์
8. ถังพักน้ำมันไฮโดรลิก
9. สเตรนเนอร์
10. ท่อทาง

หลักการทำงานของวงจรขับเคลื่อน

เราสามารถแบ่งการทำงานของวงจรขับเคลื่อนออกเป็น 4 อย่าง คือ

1.วงจรขับเคลื่อนให้รถเดินหน้า

2.วงจรขับเคลื่อนให้รถถอยหลัง

3.วงจรขับเคลื่อนให้รถเลี้ยวซ้าย

4.วงจรขับเคลื่อนให้รถเลี้ยวขวา

ซึ่งเราสามารถกล่าวโดยละเอียดได้ดังนี้

1.วงจรขับเคลื่อนให้รถเดินหน้า

เมื่อป้อนไปเข้าโซลินอยด์ด้านขวามือของวาล์วควบคุมทิศทาง วาล์วจะเปลี่ยนตำแหน่งให้รูต่อ P ต่อกับ รู A และรูต่อ B ต่อเข้ากับ รู T น้ำมันจากปั๊มจะถูกส่งไปเข้ามอเตอร์ทั้งไฮโดรลิกทั้งสองตัว ซึ่งมันจะทำงานไปพร้อมๆ กัน ซึ่งเมื่อมอเตอร์ไฮโดรลิกทำงานก็จะส่งกำลังไปยังเพลา กำลังเหล่านี้จะไปใช้ในการขับเคลื่อนล้อรถให้เคลื่อนไปข้างหน้า

2.วงจรขับเคลื่อนให้รถถอยหลัง

เมื่อป้อนไปเข้าโซลินอยด์ด้านขวามือของวาล์วควบคุมทิศทาง(b) วาล์วจะเปลี่ยนตำแหน่ง โดย รู P จะถูกต่อเข้ากับ รู B และรู T จะต่อเข้ากับ รู A มอเตอร์ไฮโดรลิกจะถูกขับตรงกันข้ามกับทิศทางเดิมมีผลให้ทิศทางของล้อรถหมุนสวนทางเดิม ทำให้รถถอยหลัง ซึ่งวาล์วทั้งสองตัวนี้จะทำงานพร้อมกัน

3.วงจรขับเคลื่อนให้รถเลี้ยวซ้าย

ทำได้โดยการควบคุมให้ วาล์วควบคุมทิศทางทางด้านขวามือ(R) ทำงานเพียงตัวเดียว โดยป้อนไฟเข้าที่โซลินอยด์ด้าน a ล้อขวาจะขับเคลื่อนเพียงตัวเดียว ส่วนล้อซ้ายจะกลายเป็นจุดศูนย์กลางการเลี้ยว โดยถูก FIXED อยู่กับที่

4.วงจรขับเคลื่อนให้รถเลี้ยวขวา

ทำได้โดยใช้หลักการเดียวกันกับการเลี้ยวซ้าย เพียงแต่เราจะเปลี่ยนตัววาล์วควบคุมทิศทางซึ่งจะมีผลให้จุดศูนย์กลางการเลี้ยวตกไปอยู่ที่ล้อขวาแทน

<u>วิธีการทดลอง</u>

1.ตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ ของรถกระเช้า ว่ามีส่วนใดขาดหายไปบ้าง

2.ทดสอบสภาพการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีผลต่อการทำงานของรถกระเช้า เช่น ปั๊ม, วาล์วควบคุมทิศทาง, สายไฮโดรลิก, ฯลฯ รวมถึงตรวจสอบจุด C.G. ของรถ

3.จัดหาอุปกรณ์ที่ขาดหายไป โดยสอบถามราคาและสั่งซื้อตามร้านจำหน่ายอุปกรณ์ดังกล่าว หรือซ่อมแซมให้ใช้งานได้ดีดังเดิม

4.ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ดังวงจรที่ 1 และ 2 ให้ระมัดระวังในการต่อสายไฮโดรลิกแน่ใจว่าถูกต้องและขันให้แน่น ถึงจะทำการสตาร์ทเครื่องยนต์

5.สตาร์ทเครื่องยนต์ ซึ่งก็จะทำให้ระบบไฮโดรลิกทำงาน

6.บันทึกผลการทดลอง ถ้าไม่เป็นไปตามที่ตั้งสมมติฐานไว้ เราก็ควรตรวจสอบดูใหม่และทดลองซ้ำ บันทึกผลการทดลองทุกครั้ง

บทที่ 5

ผลการทดลอง,สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง

1.อัตราการไหลของน้ำมันขับเคลื่อน	8.40	ลิตร/นาที
2.อัตราการไหลของน้ำมันในการยกบูม	7.22	ลิตร/นาที
3.ความเร็วของการขับเคลื่อน	18.6	เมตร/นาที
4.ความเร็วของการยกบูม(วัดตรงจุดหมุน)	0.2	เมตร/วินาที
5.รัศมีการเลี้ยวของรถกระเช้า	2.14	เมตร
6.ความดันขณะอยู่กับที่	0	psi
7.ความดันขณะเคลื่อนที่	500	psi
8.วัดระยะสูงสุดจากพื้นถึงจุดหมุน	2.83	เมตร
9.วัดระยะสูงสุดจากพื้นถึงฐานกระเช้า	2.65	เมตร

สรุปผลการทดลอง

1.การนำเอาระบบเครื่องยนต์,ระบบไฮโดรลิกและระบบไฟฟ้ามาทำการพัฒนาออกแบบและติดตั้ง จะทำให้รถกระเช้าทำงานได้

2.รูปแบบรถกระเช้าเก็บผลไม้ที่ได้เราสามารถนำไปใช้พัฒนาในการสร้างที่ดีขึ้นเพื่อนำไปใช้งานด้านการเกษตรต่อไป

3.การศึกษาและทดลองเกี่ยวกับระบบไฮโดรลิกและการประยุกต์เข้ากับระบบอื่นทำให้เกิดแนวคิดและประสบการณ์ที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญและจำเป็นในการนำไปใช้กับเครื่องจักรกลอื่นๆได้อีกมากมาย

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากออกแบบและทำการติดตั้งระบบควบคุมการทำงานของรถกระเช้าผลไม้ผลจากการออกแบบและติดตั้ง พบว่าระบบควบคุมทั้ง 2 ระบบ คือ ระบบควบคุมการขับเคลื่อนและระบบควบคุมการยกบูมนั้นสามารถทำงานได้ตามจุดประสงค์แต่ประสิทธิภาพในการทำงานยังไม่เป็นที่พอใจ ต่อไปนี้คือ สาเหตุและแนวทางแก้ไข ตลอดจนข้อแนะนำต่างๆ

1.การสึกหรอของอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้ง การแก้ไขคือเปลี่ยนอุปกรณ์ชิ้นส่วนที่จำเป็น แต่ต้องคำนึงถึงทางด้านต้นทุนด้วยว่าคุ้มค่าที่จะเปลี่ยนหรือไม่

2.น้ำหนักของรถกระเช้ามีมาก ทำให้เกิดแรงหน่วงในตัว การเปลี่ยนโครงรถทั้งคันนั้นเป็นไปไม่ได้ ดังนั้นรถกระเช้านี้ทำงานได้ตามทฤษฎี แต่กรณีจะนำไปใช้งานจริงนั้นจะไม่ดีเท่าที่ควร อาจใช้ได้กรณีเป็นตัวอย่างประกอบการทดลอง

3.เครื่องต้นกำลังมีแรงขับน้อย แก้ไขได้โดยเปลี่ยนเครื่องยนต์ใหม่ เลือกขนาดที่มีแรงม้ามากกว่าเดิม

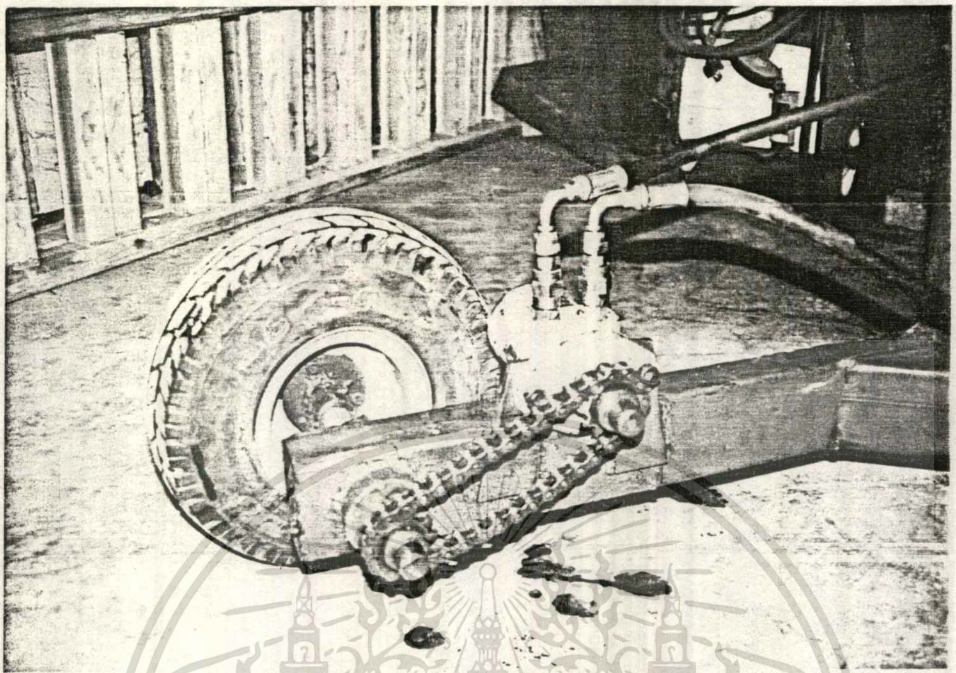
4.ปั๊มที่ใช้งานในระบบมีแรงขับไม่พอเพียงทั้ง 2 ระบบ ซึ่งได้แก้ไขโดยการติดปั๊มเพิ่มเข้าไปอีก 1 ตัว โดยแยกใช้แต่ละระบบ

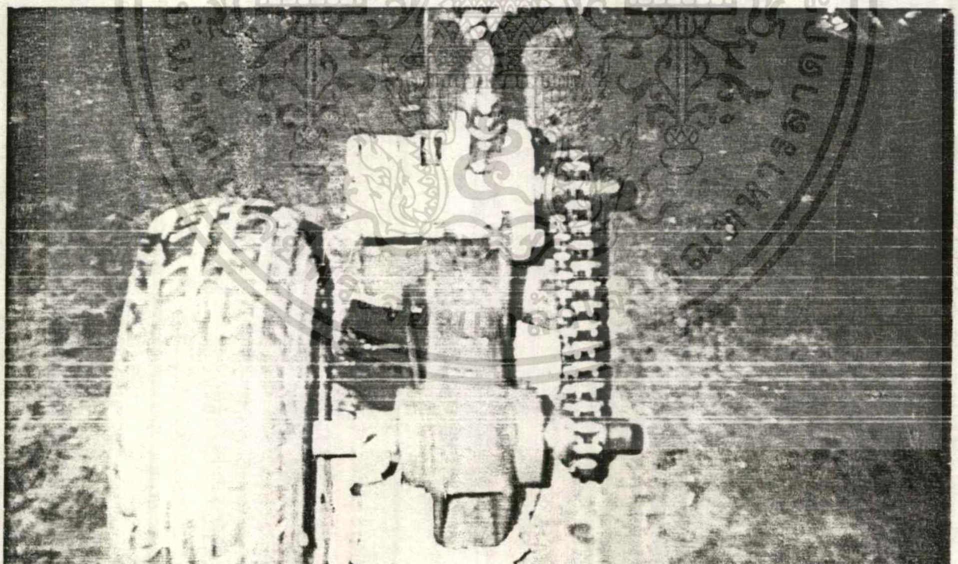
5.บูมที่ใช้ยกตัวกระเช้าปกติจะอยู่ในตำแหน่งพักหรือตำแหน่งที่วาล์วควบคุมไม่ทำงาน เมื่อเรายกคันโยกบังคับวาล์วให้อยู่ในตำแหน่งที่จะให้กระเช้ายกขึ้น กระเช้าจะไม่ยกขึ้นทันที ต้องออกแรงช่วยยกให้กระบอกสูบเลื่อนขึ้นไปประมาณ 10 เซนติเมตรก่อน กระบอกสูบถึงจะเลื่อนขึ้นได้เอง อาจเนื่องมาจากน้ำหนักของบูมที่กดลง ทำให้เกิดสูญญากาศในกระบอกสูบ แนวทางแก้ไขคือ เพิ่มองศาของบูมในตำแหน่งพัก โดยใส่เหล็กรองหนุนเข้าไปใกล้จุดฟัลกัม(Fulcum) หรือจุดหมุนหรือใส่แหวนรองรอบกระบอกสูบ

6.การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ยังไม่เรียบร้อยเท่าที่ควร เช่น วาล์วควบคุมการทำงานควรจะตั้งซ้อนๆ กันให้เป็นระเบียบเพื่อจะได้ประหยัดพื้นที่และสายยางไฮโดรลิก

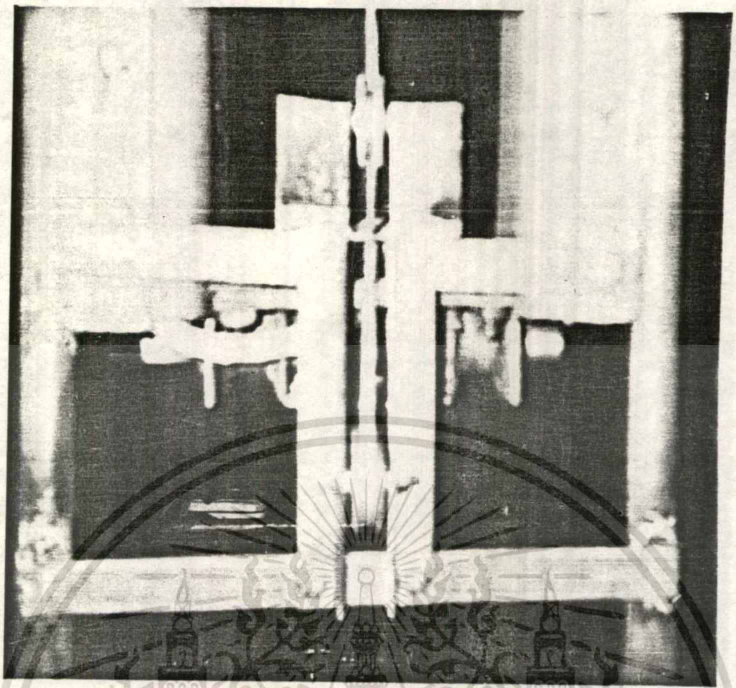
7.ตัวรถควรจะลดขนาดให้เล็กหรือพอดีกว่านี้เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งานจริงในพื้นที่การเกษตร

8.ในการเดินหน้า,ถอยหลัง,เลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวานั้น เราจะใช้ล้อหน้า 1 ล้อ เป็นล้อที่สามารถหมุนได้รอบตัวเอง และล้อหลัง 2 ล้อ เป็นล้อที่ไม่สามารถหมุนได้รอบตัวเอง แต่จากการทดลองรถกระเช้าจะเดินตรงไปข้างหน้าหรือถอยหลังก็ตาม เมื่อล้อหน้าหมุนออกไม่เป็นทางตรงจะทำให้รถกระเช้าเกิดการเลี้ยวขึ้นทันที การแก้ไขทำได้โดยการทำให้ล้อหน้ายื่นไปด้านหน้าอีกก็จะทำให้รถวิ่งได้ดีขึ้น หรือเพิ่มล้อหน้าเข้าไปอีก 1 ล้อ

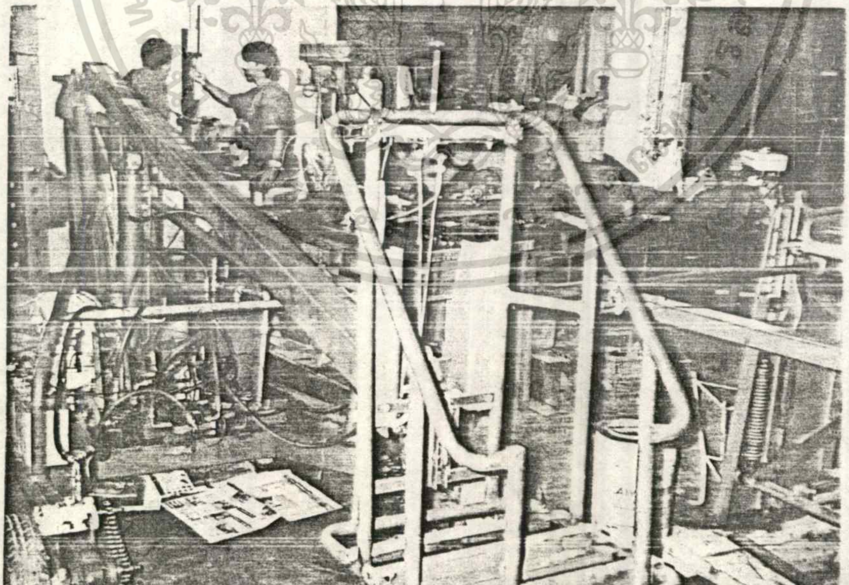




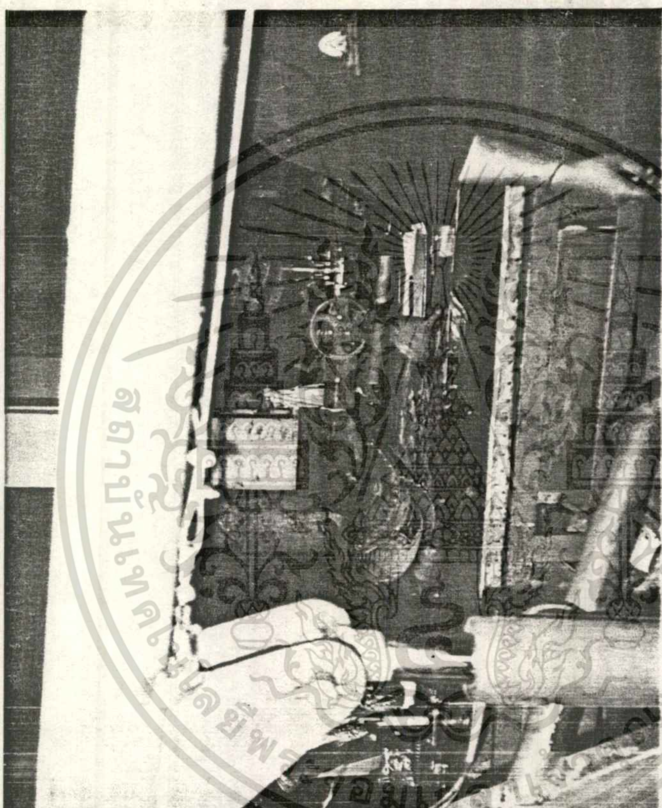
รูปที่ 13 มอเตอร์ไฮดรอลิกขับเคลื่อนล้อ



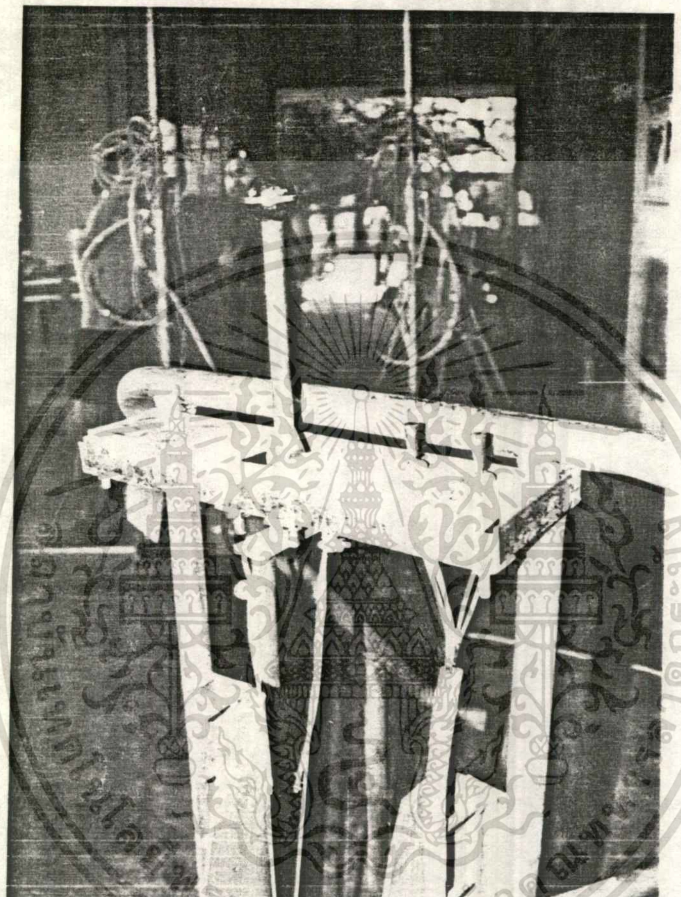
รูปที่ 14 รอกดึงสลิงด้านหลัง



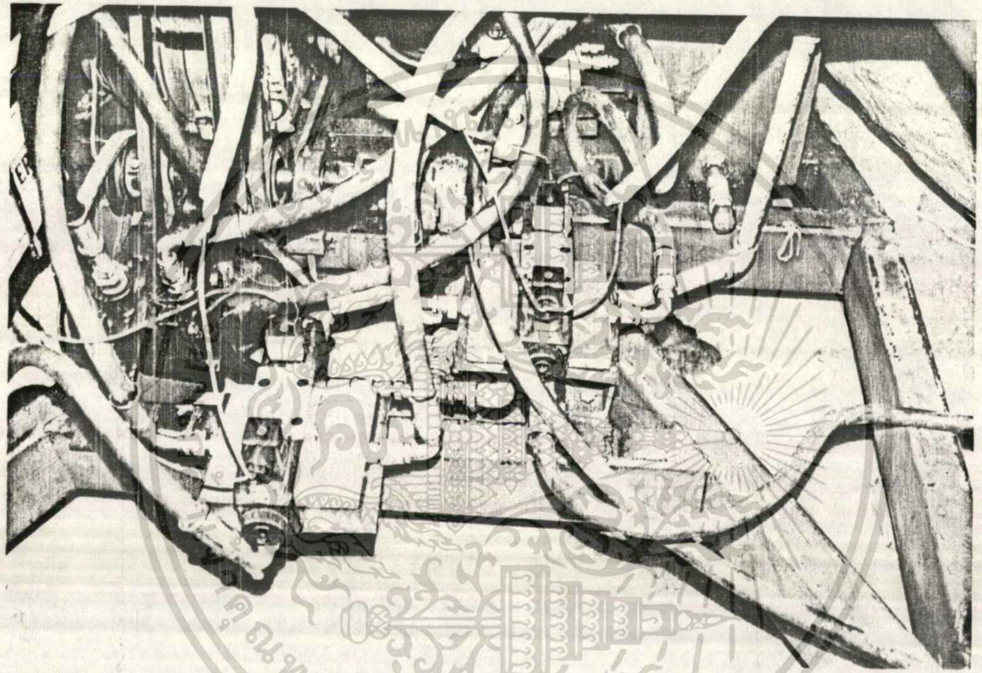
รูปที่ 15 แสดงกละเช้า



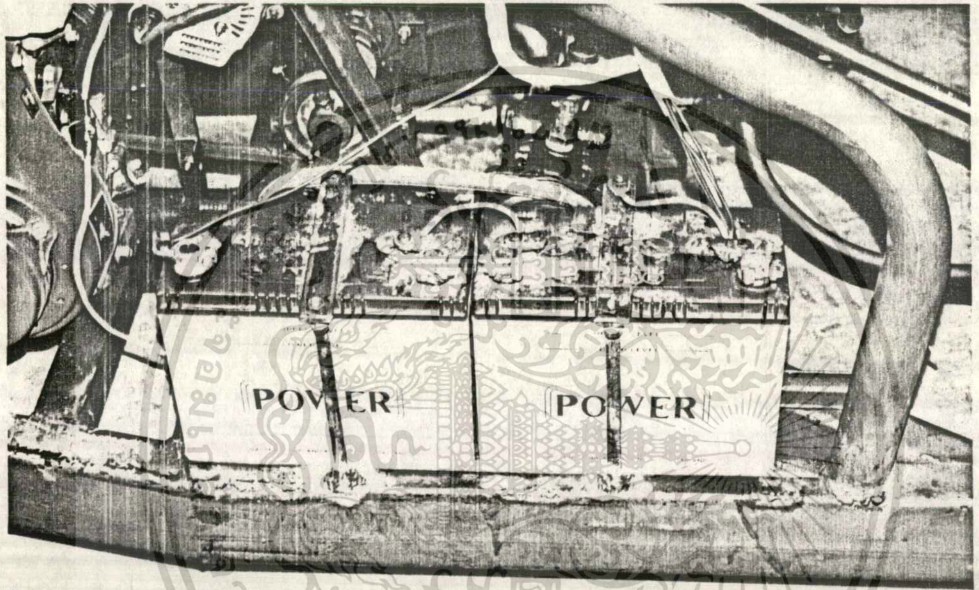
รูปที่ 16 กระบอกสูบด้านข้าง



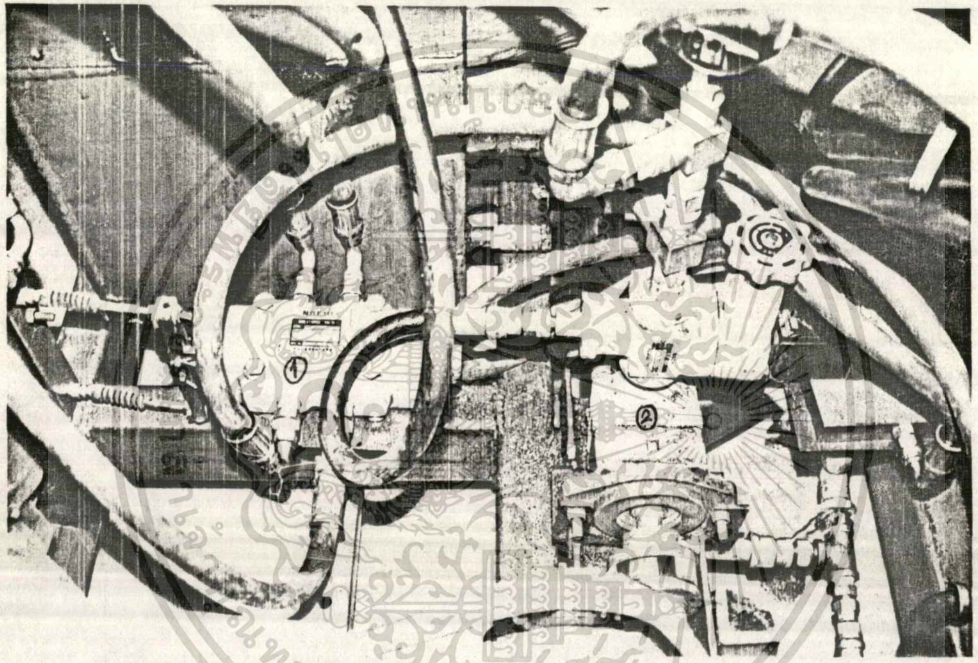
รูปที่ 17 คันโยกและสวิทช์ควบคุม



รูปที่ 18 วาล์วควบคุมการขับเคลื่อนรถ



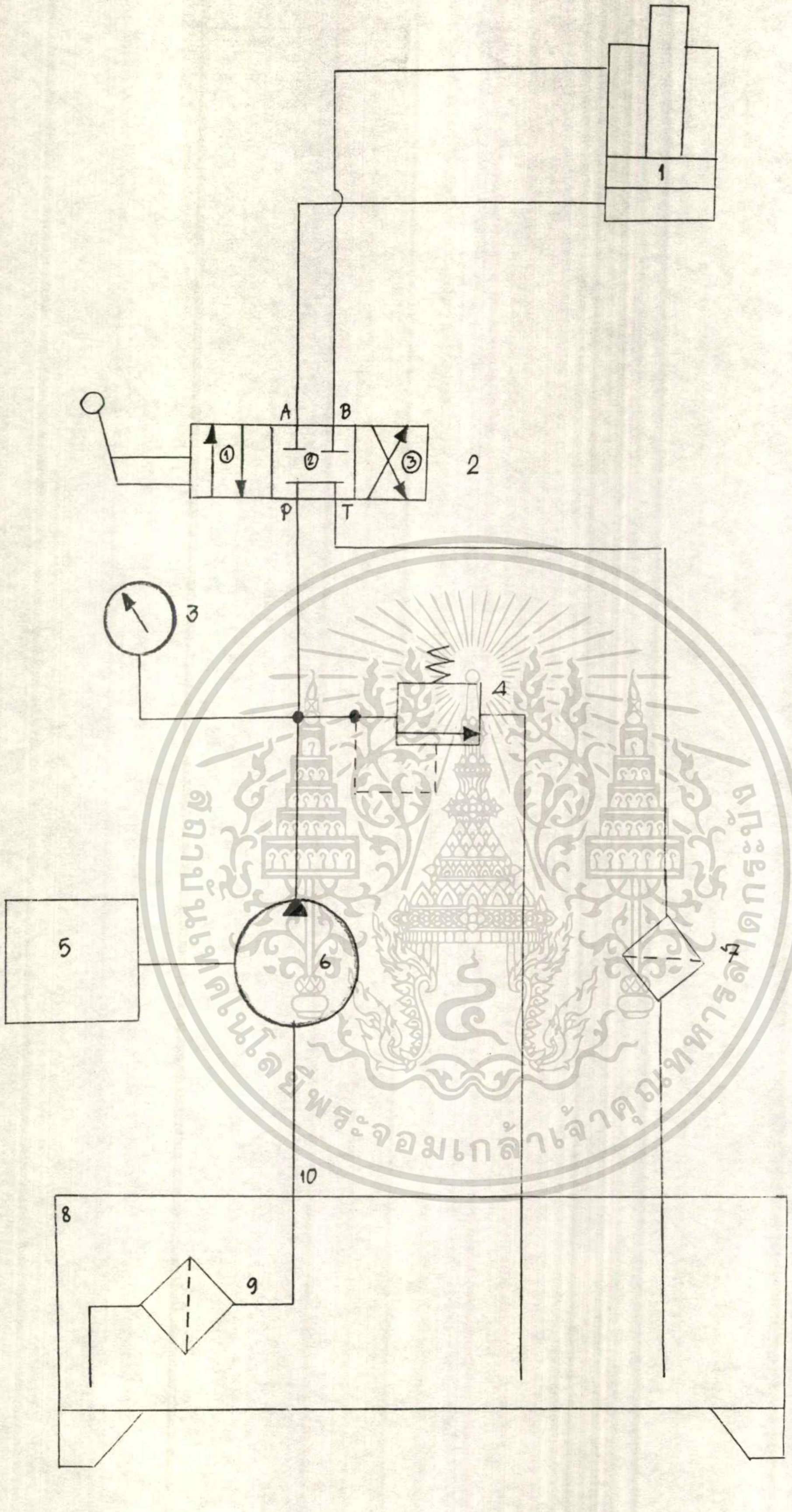
รูปที่ 19 แบ็ตเตอรี่จ่ายไฟแก่งจรโซลินอยด์



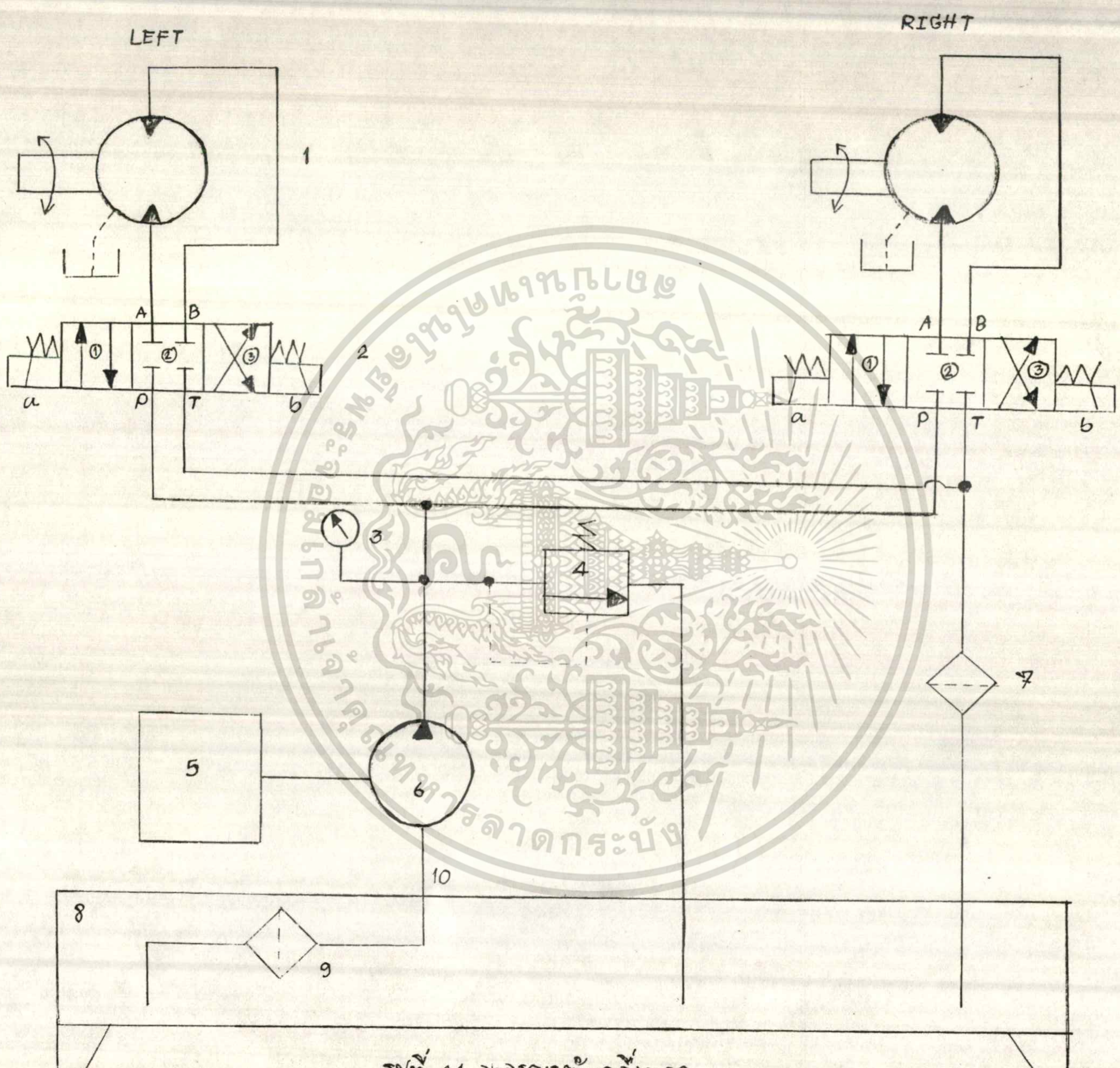
รูปที่ 20 วาล์วควบคุมการเคลื่อนที่กระบอกสูบ (1)
ปั๊ม ของวงจรการขับเคลื่อน (2)

รูปที่ 21 ปั้มของวงจรกระบอกสูบ

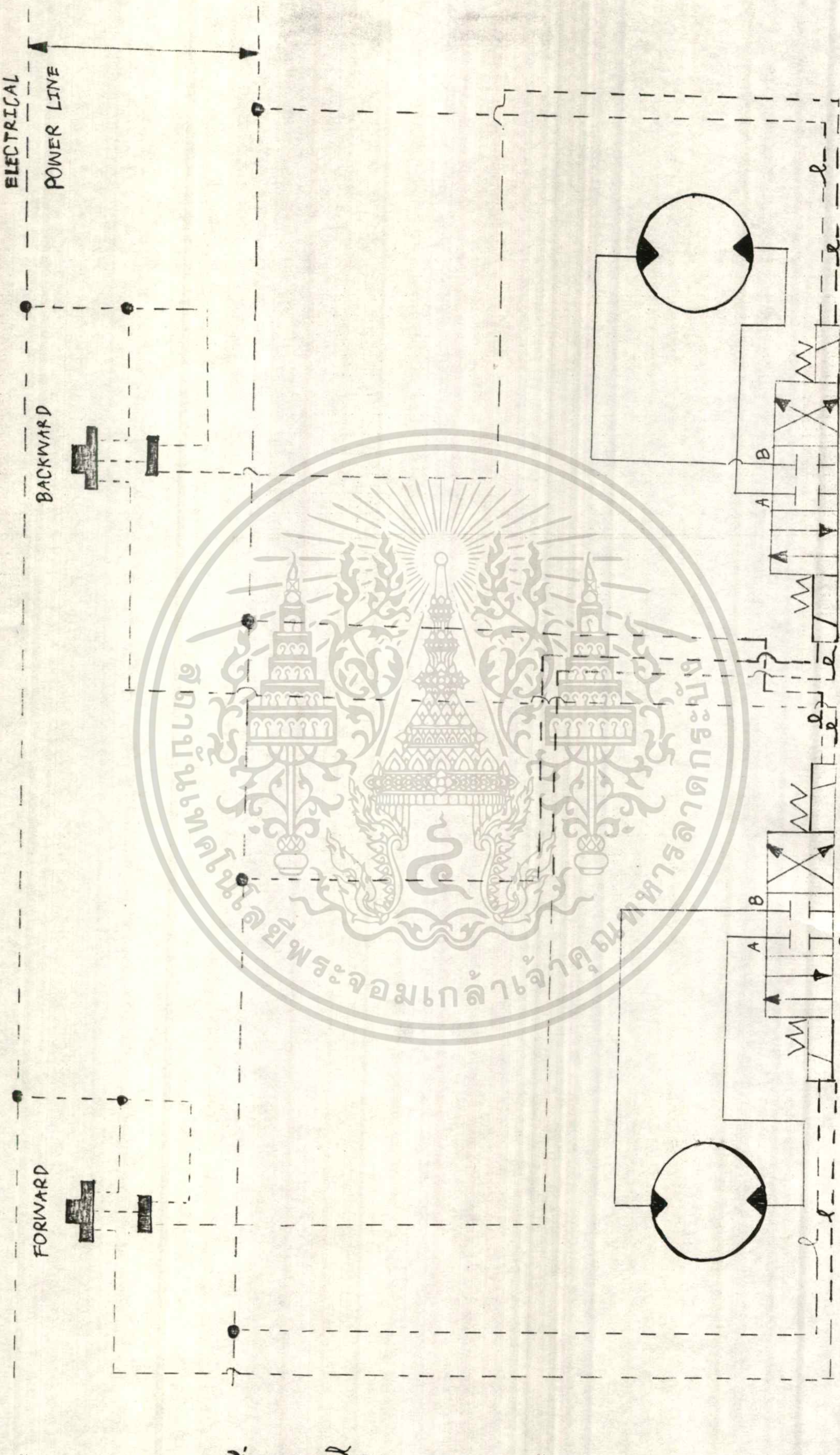
รูปที่ 22 แสดงตัวรถจากข้างหลัง



รูปที่ 23 วงจรกระบอกสูบ



รูปที่ 24 วงจรการขับเคลื่อนรถ



รูปที่ 25 วงจรโซลินอยด์วาล์ว

ตารางที่ 1 (ก) แสดงคุณลักษณะของแป๊บเหล็กกล้า

ขนาดแป๊บ	OD	ขนาดมาตรฐาน SCHEDULE 40									
		WALL	ID	INT AREA	WT/ FT	GPM@ 2 FPS	GPM@ 5 FPS	GPM@ 10 FPS	GPM@ 15 FPS	GPM@ 20 FPS	GPM@ 25 FPS
1/8	.405	.068	.269	.057	.245	.35	.89	1.8	2.7	3.5	4.4
1/4	.540	.088	.364	.104	.425	.65	1.6	3.2	4.9	6.5	8.1
3/8	.675	.091	.493	.191	.567	1.2	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0
1/2	.840	.109	.622	.304	.852	1.9	4.8	9.5	12.0	19.0	23.8
3/4	1.050	.113	.824	.533	1.132	3.3	8.4	16.7	25.1	33.4	41.8
1"	1.315	.133	1.049	.864	1.679	5.4	13.5	27.0	40.6	54.1	67.7
1¼	1.660	.140	1.380	1.495	2.273	9.4	23.4	46.8	70.3	93.7	117
1½	1.900	.145	1.610	2.036	2.718	12.7	31.9	63.7	95.6	127	159
2	2.375	.154	2.067	3.356	3.653	21.0	52.5	105	157	210	263
2½	2.875	.203	2.469	4.788	5.793	30.0	75.0	150	225	300	375
3	3.500	.216	3.068	7.393	7.576	46.3	116	232	347	463	579
3½	4.000	.226	3.548	9.886	9.109	61.9	155	310	465	619	774
4	4.500	.237	4.026	12.73	10.79	79.7	199	399	598	797	997
4½	5.000	247	4.506	15.95	12.54	99.9	250	499	749	998	1249
5	5.563	.258	5.047	20.01	14.62	125	313	627	940	1253	1567
6	6.625	.280	6.065	28.89	18.97	181	452	904	1357	1810	2262
7	7.625	.301	7.023	38.74	23.54	243	607	1213	1820	2427	3033
8	8.625	.322	7.981	50.03	28.55	313	783	1567	2350	3134	3917
10	10.75	.365	10.02	78.85	40.48	494	1235	2470	3705	4940	6175
12	12.75	.406	11.94	111.9	53.56	701	1753	3506	5259	7012	8765

(ข)

ขนาดแป๊บ	OD	SCHEDULE 160 PIPE									
		WALL	ID	INT AREA	WT/ FT	GPM@ 2 FPS	GPM@ 5 FPS	GPM@ 10 FPS	GPM@ 15 FPS	GPM@ 20 FPS	GPM@ 25 FPS
1/2	.840	.187	.466	.171	1.310	1.07	2.67	5.34	8.01	10.7	13.4
3/4	1.050	.218	.587	.271	1.940	1.70	4.24	8.49	12.7	17.0	21.2
1"	1.315	.250	.815	.522	2.850	3.27	8.17	16.3	24.5	32.7	40.8
1¼	1.660	.250	1.160	1.060	3.764	6.62	16.6	33.1	49.7	66.2	82.8
1½	1.900	.281	1.338	1.410	4.862	8.81	22.0	44.0	66.1	88.1	110
2	2.375	.343	1.689	2.241	7.450	14.0	35.1	70.2	105	140	175
2½	2.875	.375	2.125	3.542	10.01	22.2	55.5	111	167	222	278
3	3.500	.437	2.626	5.416	14.30	33.9	84.8	170	254	339	424
4	4.500	.531	3.438	9.283	22.52	58.2	145	291	436	582	727
5	5.563	.625	4.313	14.61	33.00	91.5	229	458	686	915	1144
6	6.625	.718	5.189	21.15	45.30	132	331	662	994	1325	1656
8	8.625	.906	6.813	36.44	74.70	230	571	1142	1713	2384	2855
10	10.75	1.125	8.500	56.75	115.64	355	889	1777	2666	3555	4443
12	12.75	1.312	10.126	80.53	160.33	504	1261	2523	3784	5045	6306

(ค)

ชนิดแข็งแรงและหนาเป็นพิเศษ XS-SCHEDULE 80										ขนาดแป๊บ
WALL	ID	INT AREA	WT/ FT	GPM@ 2 FPS	GPM@ 5 FPS	GPM@ 10 FPS	GPM@ 15 FPS	GPM@ 20 FPS	GPM@ 25 FPS	
.095	.215	.036	.314	.23	.57	1.1	1.7	2.3	2.8	1/8
.119	.302	.072	.535	.45	1.1	2.2	3.4	4.5	5.6	1/4
.126	.423	.141	.738	.88	2.2	4.4	6.6	6.8	11.0	3/8
.147	.546	.234	1.087	1.5	3.7	7.3	11.0	14.7	18.3	1/2
.154	.742	.433	1.473	2.7	6.8	13.6	20.3	27.1	33.9	3/4
.179	.957	.719	2.171	4.5	11.3	22.5	33.8	45.0	56.3	1"
.191	1.278	1.283	2.996	8.0	20.0	40.1	60.2	80.3	100	1¼
.200	1.500	1.767	3.631	11.1	27.7	55.3	83.0	110	138	1½
.218	1.939	2.953	5.022	18.5	46.2	92.5	139	185	231	2
.276	2.323	4.238	7.661	26.5	66.4	133	199	265	332	2½
.300	2.900	6.605	10.25	41.4	103	207	310	414	517	3

ตารางที่ 2 ค่าอัตราการไหล ความเร็วและพื้นที่หน้าตัดภายในท่อที่แนะนำให้ใช้ในวงจรไฮดรอลิก

ตำแหน่งต่าง ๆ ของท่อในวงจร	ความเร็วของน้ำมัน (ฟุต/วินาที)	พื้นที่หน้าตัดภายในท่อสำหรับอัตราการไหล 5 GPM
A C & F ถึง 3000 psi	15-20	0.1069-0.0802
A C & F เกินกว่า 3000 psi	25-30	0.0642-0.0535
B	2-4	0.800-0.400
D & E	10-15	0.1604-0.1069
ท่อน้ำมันในระบบ	5-10	0.3208-0.1604

ตารางที่ 3 อัตราทนความดันของสายไฮดรอลิกตามมาตรฐาน SAE

สายไฮดรอลิก		ID (in)	OD (in)	พื้นที่ภายใน (in^2)	อัตราการไหล GPM @ 10 FPS	รัศมีสายไฮดรอลิกงอได้น้อยที่สุด(in)	ความดัน (psi)	
ขนาด	SAE						ทำงาน	ระเบิด
3/16	100 – R1	3/16	1/2	.0276	.866	4	3000	12000
3/16	100 – R2A	3/16	5/8	.0276	.866	4	5000	20000
– 4	100 – R5	3/16	33/64	.0276	.866	3	3000	12000
1/4	100 – R1	1/4	5/8	.0491	1.54	4	2750	11000
1/4	100 – R2A	1/4	11/16	.0491	1.54	4	5000	20000
1/4	100 – R3	1/4	9/16	.0491	1.54	3	1250	5000
– 5	100 – R5	1/4	37/64	.0491	1.54	3⅜	2500	10000
5/16	100 – R1	5/16	11/16	.0767	2.40	5	2500	10000
5/16	100 – R2A	5/16	3/4	.0767	2.40	4 ½	4250	17000
– 6	100 – R5	5/16	43/64	.0767	2.40	4	2250	9000
3/8	100 – R1	3/8	25/32	.1104	3.46	5	2250	9000
3/8	100 – R2A	3/8	27/32	.1104	3.46	5	4000	16000
3/8	100 – R3	3/8	3/4	.1104	3.46	4	1125	4500
13/32	100 – R1	13/32	13/16	.1296	4.06	5 ½	2250	9000
– 8	100 – R5	13/32	49/64	.1296	4.06	4 ½	2000	8000
1/2	100 – R1	1/2	29/32	.1963	6.15	7	2000	8000
1/2	100 – R2A	1/2	31/32	.1963	6.15	7	3500	14000
1/2	100 – R3	1/2	15/16	.1963	6.15	5	1000	4000

ตารางที่ 4 ใช้หาขนาดกระบอกไฮดรอลิก

ปริมาตรจุปลายหัวสูบ			แรง (lbs) ที่ได้จากกระบอกสูบที่ความดัน (psi) ต่าง ๆ									
ขนาดกระบอก	พื้นที่ลูกสูบ (in^2)	แกลลอนต่อความยาว 1 ฟุต ของระยะชัก	100	250	300	500	800	1000	1200	1500	2250	2500
1 ½	1.767	.0918	176.7	441.6	530.1	883.5	1414	1767	2120	2650	3976	4418
2	3.142	.1632	314.2	785.5	942.6	1571	2514	3142	3770	4713	7070	7855
2 ½	4.909	.2550	490.9	1227	1473	2454	3927	4909	5891	7364	–	–
3 ½	8.296	.4309	829.6	2074	2489	4148	6637	8296	9955	12444	18670	–
4	12.566	.6528	1257	3142	3770	6783	10050	12560	15079	18850	–	–
5	19.635	1.020	1963	4908	5890	9817	15708	19635	23567	–	–	–
6	28.274	1.468	2877	7068	8482	14137	22619	28274	33928	–	–	–
8	50.266	2.611	5027	12566	15079	25133	40213	50266	–	–	–	–
10	78.540	4.080	7854	19636	23562	39270	67832	–	–	–	–	–

ตารางที่ 5 ใช้หาขนาดกระบอกสูบ

ขนาดกระบอก	ขนาดช่องต่อ		OD ก้านสูบ	พื้นที่ลูกสูบ (in^2)			อัตราส่วนของพื้นที่เต็มลูกสูบต่อพื้นที่สุทธิ	แรงที่ได้จากกระบอก (lbs)							
	เกลียว N.P.T	เกลียวตรง		พื้นที่เต็มลูกสูบ	พื้นที่สุทธิ	พื้นที่ก้านสูบ		500 PSI		1000 PSI		1500 PSI		2000 PSI	
								ดัน	ดึง	ดัน	ดึง	ดัน	ดึง	ดัน	ดึง
1½	1/2"	5/8" TUBE OD (7/8-14 THD.)	5/8" STD.	1.767	1.460	.307	1.21/1.00	884	730	1767	1460	2651	2190	3534	2920
			1" HVY.		.982	.785	1.80/1.00		491		982		1473		1964
2	1/2"	5/8" TUBE OD (7/8-14 THD.)	1" STD.	3.142	2.357	.785	1.33/1.00	1571	1178	3142	2357	4713	3535	6284	4714
			1-3/8" HVY.		1.657	1.485	1.90/1.00		828		1657		2485		3314
2½	1/2"	3/4" TUBE OD (1-1/16-12 THD.)	1" STD.	4.909	4.124	.785	1.19/1.00	2455	2062	4909	4124	7364	6186	9818	8248
			1-3/8" INT'MED.		3.424	1.485	1.43/1.00		1712		3424		5136		6848
			1-3/4" HVY.		2.504	2.405	1.96/1.00		1252		2504		3756		5008
3½	3/4"	3/4" TUBE OD (1-1/16-12 THD.)	1-3/8" STD.	8.296	6.811	1.485	1.22/1.00	4148	3405	8296	6811	12444	10216	–16592	13622
			1-3/4" INT'MED.		5.891	2.405	1.41/1.00		2945		5891		8836		11782
			2" HVY.		5.154	3.142	1.61/1.00		2577		-5154		7731		10308
4	3/4"	3/4" TUBE OD (1-1/16-12 THD.)	1-3/4" STD.	12.566	10.161	2.405	1.24/1.00	6283	5080	12566	10161	18849	15241	25132	20322
			2" INT'MED.		9.424	3.142	1.33/1.00		4712		9424		14136		18848
			2-1/2" HVY.		7.666	4.900	1.64/1.00		3833		7666		11500		15332
5	3/4"	1" TUBE OD (1-5/16-12 THD.)	2" STD.	19.635	16.493	3.142	1.19/1.00	9818	8246	19635	16493	29453	24739	39270	32986
			2-1/2" INT'MED.		14.735	4.900	1.33/1.00		7367		14735		22102		29470
			3-1/2" HVY.		10.014	9.621	1.96/1.00		5007		10014		15021		20028
6	1"	1" TUBE OD (1-5/16-12 THD.)	2-1/2" STD.	28.274	23.374	4.900	1.21/1.00	14137	11687	28274	23374	42411	35061	56548	46748
			3-1/2" INT'MED.		18.653	9.621	1.52/1.00		9326		18653		27979		37306
			4" HVY.		15.708	12.566	1.80/1.00		7854		15708		23562		31416
7	1-1/4"	1-1/2" TUBE OD (1-7/8-12 THD.)	3" STD.	38.485	31.416	7.069	1.23/1.00	19242	15708	38485	31416	57728	47124	76970	62832
			4" INT'MED.		25.919	12.566	1.48/1.00		12959		25919		38878		51838
			5" HVY.		18.850	19.635	2.04/1.00		9425		18850		28275		37700
8	1-1/2"	1-1/2" TUBE OD (1-7/8-12 THD.)	3-1/2" STD.	50.265	40.644	9.621	1.24/1.00	25133	20332	50265	40644	75398	60966	100530	81288
			4-1/2" INT'MED.		34.361	15.904	1.46/1.00		17180		34361		51541		68722
			5-1/2" HVY.		26.507	23.758	1.90/1.00		13253		26507		39760		53014

ตารางที่ 6 ใช้หาขนาดวาล์ว

ช่องต่อวาล์วขนาดท่อทาง (in)	ขนาดวาล์ว อัตราการไหลปกติ (gpm)
$\frac{1}{6}$	สูงกว่า 2
$\frac{1}{4}$ และ $\frac{3}{8}$	สูงกว่า 8
$\frac{1}{2}$ และ $\frac{3}{4}$	สูงกว่า 20
$\frac{3}{4}$ และ 1	40
$1\frac{1}{4}$ และ $1\frac{1}{2}$	85
2	180
3	320

บรรณานุกรม

1. B-TAC , " นิวเมติกและไฮดรอลิค " , บุโรมย์ศูนย์อุปกรณ์การสอน และเทคโนโลยีการพิมพ์ ; กรุงเทพฯ : 2528 , หน้า 81 - 87,

2. Michael J. Pinches, John G. nohby, " Power hydraulics " , McGraw-Hill book,

3. ขวัญชัย สันทิพย์สมบูรณ์ , ปานเพชร ชินินทร , " ไฮดรอลิค อุตสาหกรรม ", บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , หน้า 201,204,209,269,270,353