บทที่ 3

การคำนวณและการออกแบบ

3.1 ทฤษฎีการคำนวณ

3.1.1 แรง

แรง หมายถึง การกระทำของวัตถุกับวัตถุอื่น หรือสาเหตุใดๆ ก็ตามที่กระทำกับวัตถุแล้วพยายามผลักดันให้วัตถุนั้นเกิดการเคลื่อนที่ สำหรับแรงที่ใช้ในวิชากำลังงานของไหลนั้น เกิดจากความดันของไหลที่กระทำกับพื้นที่หน้าตัด

ความสัมพันธ์ของแรง ความดันและพื้นที่หน้าตัดเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$F = PA$$

3.1.2 ความดัน

ความดัน คือ ค่าของแรงที่กระทำกับของไหล หารด้วยพื้นที่ที่ถูกกระทำ หาได้จากสมการ

$$P = \frac{F}{A}$$

3.1.3 อัตราการไหลและความเร็วของของเหลวในท่อ

ปริมาตรของของเหลวที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่กำหนดในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่าอัตราการไหลจึงเป็นหน่วยของปริมาตรต่อหน่วยเวลา นิยมใช้ในลักษณะงานต่างกัน เช่น ลูกบาศก์นิ้วต่อวินาที แกลลอนต่อนาที ลิตรต่อนาที สำหรับงานไฮดรอลิก และลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับงานนิวแมติก และใช้สัญลักษณะแทนอัตราการไหลว่า Q

จากสมการการไหลอย่างต่อเนื่องในกรณีที่เป็นของไหลที่ยุบตัวไม่ได้(Incompressible Fluid) ซึ่งหมายถึง ของเหลวนั้นมีอัตราการไหลในท่อเท่ากับความเร็วของเหลวของเหลวในท่อคูณกับพื้นที่หน้าตัดและลำของเหลวที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหล ซึ่งก็คือพื้นที่หน้าตัดของท่อ ตามสมการ

$$Q = AV$$

3.1.4 ความเร็วของอุปกรณ์การทำงาน

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกสูบในกระบอกสูบและความเร็วหมุนของเพลามอเตอร์ไฮดรอลิก ขึ้นอยู่กับขนาดหรือปริมาตรความจุภายในตัวของมันและอัตราการไหลของน้ำมัน ซึ่งหมายถึงปริมาตรของน้ำมันที่จะป้อนให้แก่อุปกรณ์ทั้งสอง โดยความเร็วของอุปกรณ์ทั้งสองจะมีลักษณะต่างกัน คือ ความเร็วของลูกสูบเป็นความเร็วในแนวเส้นตรง ส่วนความเร็วของมอเตอร์ไฮดรอลิกเป็นความเร็วในแนวหมุน

ดังนั้นจึงสรุปความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆได้ดังนี้

$$Vc = \frac{Qc}{Ac}$$

3.1.5 อัตราจ่ายน้ำมันของปั๊มไฮดรอลิก

อัตราจ่ายน้ำมันของปั๊มไฮดรอลิกในทางทฤษฎีนั้นคำนวณได้จากขนาดความจุของปั๊มต่อรอบคูณกับความเร็วรอบที่ปั๊มหมุน ดังสมการ

$$Qp = \frac{VpNp\eta_{VP}}{Const.}$$

3.1.6 อัตราป้อนน้ำมันแก่กระบอกสูบ

อัตราป้อนน้ำมันให้แก่กระบอกสูบเพื่อให้ได้ความเร็วตาม จะขึ้นกับพื้นที่หน้าตัดของลูกสูบและความเร็วที่ต้องการ ประสิทธิภาพของกระบอกสูบอันเนื่องมาจากความฝืดของลูกสูบกับกระบอกสูบนั้นไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับอัตราป้อนแต่จะมีผลกับความดันที่ต้องการในกระบอกสูบ ดังนั้นได้สมการเป็น

$$Qc = \frac{AcVc}{Const.}$$

3.1.7 กำลังงานไฮดรอลิก

หมายถึง ความดันใช้งานในระบบที่เกิดขึ้นตามภาระของงานกล แล้วกระทำต่อพื้นที่ภายในห้องปริมาตรของอุปกรณ์การทำงานจนได้แรงผลักดันให้ภาระของงานกลนั้นเคลื่อนที่ไป

$$\text{กำลังงานไฮดรอลิก} = \frac{PVc}{t}$$

3.1.8 กำลังงานกลที่ใช้ขับปั๊มไฮดรอลิก

ขณะที่ปั๊มจ่ายอัตราการไหลให้ระบบนั้น บริเวณท่อทางออกของปั๊มจะมีความดันเกิดขึ้นด้วย ดังนั้นกำลังงานกลที่ใช้ขับปั๊มจึงต้องมีมากกว่ากำลังงานไฮดรอลิกที่ระบบต้องการโดยการนำค่าประสิทธิภาพรวมที่ตัวปั๊ม(η_{tp}) ไปหารกำลังงานไฮดรอลิกที่ระบบต้องการ ก็จะเป็นค่าของกำลังขับที่มีค่ามากกว่า เพื่อว่าเวลาทำงานต้องเกิดการสูญเสียจากประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (η_{vp}) และประสิทธิภาพเชิงกลที่ตัวปั๊ม (η_{mp}) จะได้มีกำลังพอที่จะขับปั๊มให้ทำงานส่งน้ำมันให้แก่ระบบได้

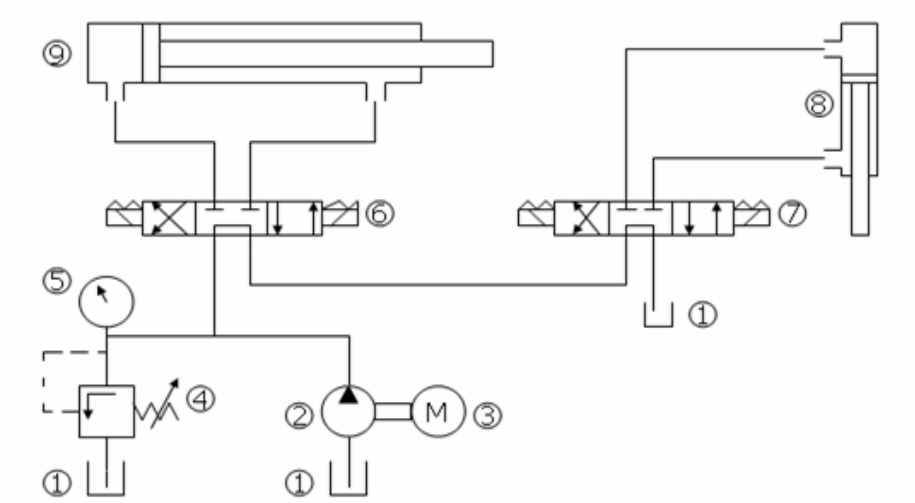
$$\text{กำลังงานกลที่ใช้ขับปั๊มไฮดรอลิก} = \frac{PQp}{Const.}$$

ถ้าต้องการหาทอร์คที่ใช้ขับปั๊มไฮดรอลิก สามารถหาได้โดย

$$Tp = \frac{PVp}{2\pi\eta_{mp}}$$

3.2 การคำนวณ และการออกแบบ

ก่อนติดตั้งระบบไฮดรอลิกจำเป็นต้องมีการออกแบบวงจรและคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์แต่ละตัวที่จะใช้เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงสุด การออกแบบวงจรสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การออกแบบวงจรเครื่องหีบน้ำมันสบู่ดำ

รายละเอียดของอุปกรณ์ในวงจร จาก รูปที่ 3.1 มีดังนี้

(1) ถังพักน้ำมัน

(2) ปั๊มไฮดรอลิกส่งอัตราการไหลคงที่มีทิศทางไหลทางเดียว

(3) มอเตอร์ไฟฟ้า

(4) วาล์วควบคุมความดับแบบปรับค่าได้

(5) เกจวัดความดัน

(6) วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4 ทิศทาง 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งกลางแบบแทนเดม ควบคุมด้วยโซลินอยด์ใช้ควบคุมการทำงานของกระบอกสูบอัด

(7) วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4 ทิศทาง 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งกลางแบบแทนเดม ควบคุมด้วยโซลินอยด์ใช้ควบคุมการทำงานของกระบอกสูบเปิดฝาเพื่อคายกาก

(8) กระบอกสูบเปิดฝาเพื่อคายกาก

(9) กระบอกสูบอัด

รายละเอียดของกระบอกสูบอัด

-กระบอกสูบอัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 14 cm.

-ระยะชักของก้านสูบ 46 cm.

-ความเร็วของก้านสูบขณะอัดเมล็ดสบู่ดำ 30.5 cm/min

3.2.1 การคำนวณ หาขนาดของปั๊มไฮดรอลิก

จากสมการ

$$\text{Flow rate (LPM)} = \frac{AV}{1000}$$

$$= \frac{\pi(14)^2(30)}{(1000)(4)}$$

Flow rate (LPM) = 4.62 LPM

โดยทั่วไปปั๊มจะมีขนาด 1 , 2, 3 LPM …

ดังนั้น เลือกขนาดปั๊ม 6 LPM

ประสิทธิภาพของปั๊ม (90%)

จะได้อัตราการไหล = (6) (0.9)

ดังนั้น Flow rate (LPM) = 5.4 LPM

3.2.2 การคำนวณ หาขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับปั๊มไฮดรอลิก

จากสมการ

ขนาดมอเตอร์ไฟฟ้า (kW) $= \frac{PQ}{600}$

$= \frac{(100)(5.4)}{(600)}$

ขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้า = 0.9 kW

3.2.3 การคำนวณ หาขนาดของถังพักน้ำมันไฮดรอลิก

โดยขนาดของถังพักที่มีขนาดเล็กที่สุดควรมีความจุน้ำมันเป็นแกลลอนได้อย่างน้อย 3 เท่าของอัตราที่ปั๊มจ่ายออกมาเป็นแกลลอนนาที

ขนาดของถังพัก = (3) (LPM)

= (3) (5.4)

ดังนั้นขนาดของถังพัก = 16.2 Lite.

3.2.4 การคำนวณหาขนาดสายไฮดรอลิก

จาก

อัตราการไหลของปั๊ม(LPM) = 5.4 LPM

เลือกความเร็วในท่อ = 4.57 cm/s

จากสมการ

$A(cm)^2 = \frac{LPM}{6V}$

$= \frac{(5.4)}{6(4.57)}$

$= 0.19\ cm^2$

ID = 0.50 cm.

สรุปอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในระบบมีดังนี้

1. ปั๊มไฮดรอลิก ขนาด 5.4 LPM
2. มอเตอร์ไฟฟ้า 0.9 kW
3. ถังพักน้ำมันไฮดรอลิก 16.2 Lite.
4. สายน้ำมันไฮดรอลิกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.50 cm.

5. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4 ทิศทาง 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งกลางแบบแทนเดม ควบคุมด้วยโซลินอยด์ใช้ควบคุมการทำงานของกระบอกสูบเปิดฝาเพื่อคายกาก ขนาดรูวาล์ว 0.5 cm.
6. วาล์วควบคุมความดัน ควบคุมความดันได้ตั้งแต่ 0 – 200 bar ขนาดรูวาล์ว 0.5 cm
7. เกจวัดความดันน้ำมันไฮดรอลิกส์ วัดความดันได้ตั้งแต่ 0 – 200 bar