สำหรับนักศึกษาระดับ ปวส. และผู้ที่สนใจทั่วไป

ไฮดรอลิกส์

ตรงตามหลักสูตรของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
และกรมอาชีวศึกษา

ประวิตร ลิมปะวัฒนะ

ซีเอ็ด

ไฮดรอลิกส์

ประวิตร ลิมปะวัฒนะ

SE-ED
inspiration starts here

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

ค้นหาหนังสือที่ต้องการ ได้เร็ว ทันใจ ที่ www.se-ed.com

ไฮดรอลิกส์

โดย ประวิตร ลิมปะวัฒนะ

สงวนลิขสิทธิ์ในประเทศไทยตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ © พ.ศ. 2556 โดย ประวิตร ลิมปะวัฒนะ
ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำอื่นใด โดยวิธีการใดๆ ในรูปแบบใดๆ
ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาต

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

ประวิตร ลิมปะวัฒนะ.
ไฮดรอลิกส์. --กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2556.
1. การควบคุมอัตโนมัติ. 2. เครื่องควบคุมแบบโปรแกรม
I. ชื่อเรื่อง
629.8042

ISBN(e-book) : 978-616-08-1029-1

ผลิตและจัดจำหน่ายโดย

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

อาคารทีทีไอเอฟ ทาวเวอร์ ชั้น 19 เลขที่ 1858/87-90 ถนนบางนา-ตราด แขวงบางนา
เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260 โทรศัพท์ 0-2739-8000

[หากมีคำแนะนำหรือติชม สามารถติดต่อได้ที่ comment@se-ed.com]

SE-ED
inspiration starts here

คำนำ

วิชาไฮดรอลิกส์เป็นหลักสูตรรายวิชาสาขาหนึ่ง สำหรับนักศึกษาระดับ ปวส. สาขาเครื่องกล สาขาไฟฟ้า และสาขาเทคนิคการผลิต ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล และวิทยาลัยเทคนิค กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ปัจจุบันการสอนของวิชานี้ยังมีหนังสือประกอบการเรียนจำนวนน้อย ในขณะเดียวกันวิทยาการด้านไฮดรอลิกส์ได้พัฒนาก้าวหน้าอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะด้านอุตสาหกรรมควบคุมเครื่องจักรกลอัตโนมัติ และควบคุมเครื่องจักรกลอุตสาหกรรมทุกแขนง

ดังนั้น ข้าพเจ้าจึงได้รวบรวมเอกสาร หนังสือจากต่างประเทศ และประสบการณ์ที่ได้ทำการสอนวิชาไฮดรอลิกส์ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา จัดทำเป็นหนังสือไฮดรอลิกส์เล่มนี้ ทั้งนี้เพื่อใช้ประกอบการเรียน โดยมีความสอดคล้องกับหลักสูตรของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล และวิทยาลัยเทคนิค กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ และได้พยายามศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมตลอดเวลา เพื่อให้เนื้อหาง่ายต่อการเข้าใจพื้นฐานของวิชาไฮดรอลิกส์

SE-ED
inspiration starts here

ข้าพเจ้าหวังว่า หนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่นักศึกษาอย่างยิ่ง หากมีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้ายินดีน้อมรับคำติชมเพื่อจะนำไปแก้ไขปรับปรุงในโอกาสต่อไป

ประวิตร ลิมปะวัฒนะ

สารบัญ

บทที่ 1 พื้นฐานทางฟิสิกส์เกี่ยวกับไฮดรอลิกส์ 9

1.1 ไฮดรอลิกส์ *9*
1.2 ข้อดีและข้อเสียของไฮดรอลิกส์ *11*
1.3 หน่วยมวล แรง และความดัน *11*
1.4 ความสัมพันธ์ของความดัน แรง และพื้นที่ที่รับแรง *12*
1.5 ไฮดรอลิกส์ทางกายภาพ *16*
1.6 การส่งถ่ายแรงในไฮดรอลิกส์ *18*
1.7 การเคลื่อนที่ของน้ำมันไฮดรอลิกส์ *22*
1.8 พลังงานไฮดรอลิกส์ *24*
1.9 ความฝืดและการไหล *26*
1.10 การต้านทานการไหล *27*
1.11 สูตรการคำนวณในระบบไฮดรอลิกส์ *28*
แบบฝึกหัด *38*

บทที่ 2 หน่วยจ่ายพลังงาน 41

2.1 น้ำมันและน้ำมันไฮดรอลิกส์ *41*
2.2 ถังใส่น้ำมัน *41*
2.3 ไส้กรองน้ำมัน *43*
2.4 ผังการทำงานของไฮดรอลิกส์ *45*
2.5 หน่วยจ่ายพลังงานไฮดรอลิกส์ *46*
2.6 สัญลักษณ์ของอุปกรณ์จ่ายน้ำมัน *47*
2.7 ปั๊มไฮดรอลิกส์ *48*
2.8 หลักการทำงานของปั๊มแบบเฟืองฟันนอก *57*

SE-ED
inspiration starts here

2.9 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของปั๊มใบสลัด 59
2.10 เกจวัดความดัน 66
2.11 วาล์วปิด – เปิดหรือก๊อก 68
2.12 วาล์วระบายความดัน 68
แบบฝึกหัด 73

บทที่ 3 วาล์วไฮดรอลิกส์ 75

3.1 วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของน้ำมัน 75
3.2 วาล์วควบคุมอัตราการไหล 83
3.3 วาล์วกันกลับ 89
3.4 วาล์วลดความดัน 96
3.5 วาล์วลดความดันแบบ 3 ทาง 100
3.6 วาล์วระบายความดันแบบมีวาล์วช่วยระบาย 102
3.7 วาล์วจัดลำดับความดันแบบมีวาล์วช่วยระบายน้ำมัน 104
3.8 วาล์วควบคุมอัตราการไหล 2 ทิศทาง 106
แบบฝึกหัด 113

บทที่ 4 กระบอกสูบไฮดรอลิกส์ 115

4.1 การทำงานของกระบอกสูบ 115
4.2 ความเร็วลูกสูบและแรงที่ลูกสูบ 118
4.3 ซีล 129
4.4 ซีลวงแหวนรูปตัวโอ 131
4.5 แหวนประกับ 134
4.6 แหวนนำร่องการเคลื่อนที่ลูกสูบ 135
4.7 ซีลที่ใช้กับกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ 136
4.8 หลักการเขียนภาพเส้นการเคลื่อนที่ออกและการเคลื่อนที่เข้าของลูกสูบ 141
แบบฝึกหัด 143

SE-ED
inspiration starts here

บทที่ 5 การสร้างผังวงจรไฮดรอลิกส์ 145

5.1 กฎทั่วไปของการสร้างผังวงจร *145*

5.2 ผังวงจรไฮดรอลิกส์ *146*

5.3 รายละเอียดในแบบผังวงจร *147*

แบบฝึกหัด *150*

บทที่ 6 วาล์วควบคุมทิศทาง 4/3 151

6.1 ตำแหน่งกลางของวาล์ว 4/3 *151*

6.2 วาล์ว 4/3 แบบวาล์วกระสวย *152*

6.3 วาล์ว 4/3 แบบวาล์วเลื่อน *155*

6.4 วิธีควบคุมเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งวาล์ว 4/3 *157*

แบบฝึกหัด *159*

บทที่ 7 มอเตอร์ไฮดรอลิกส์ 161

7.1 มอเตอร์ไฮดรอลิกส์ *161*

7.2 หลักการทำงานของมอเตอร์แบบลูกสูบในแนวแกน *162*

7.3 ส่วนประกอบของมอเตอร์แบบลูกสูบในแนวแกน *163*

7.4 การนำมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ไปใช้งานอุตสาหกรรมต่าง ๆ *167*

7.5 สมรรถนะของมอเตอร์แต่ละชนิด *168*

แบบฝึกหัด *169*

บทที่ 8 ถังสะสมพลังงาน 171

8.1 ถังสะสมพลังงานแบ่งออกได้ตามลักษณะการสร้าง *171*

8.2 การนำถังสะสมพลังงานไปใช้งาน *175*

แบบฝึกหัด *179*

SE-ED
inspiration starts here

บทที่ 9 น้ำมันไฮดรอลิกส์และน้ำมันหล่อลื่น 181

9.1 การหล่อลื่น *181*
9.2 สารเคมีเพิ่มคุณภาพน้ำมันหล่อลื่น *181*
9.3 หน่วยวัดความหนืดน้ำมัน *182*
9.4 ประเภทและลักษณะของน้ำมันไฮดรอลิกส์ *185*
9.5 น้ำมันไฮดรอลิกส์สำหรับเครื่องจักรกล *187*
9.6 ไฮดรอลิกส์ที่ใช้ทางด้านอุตสาหกรรม *188*
9.7 น้ำมันสังเคราะห์ *189*
9.8 การเปรียบเทียบความหนืด ดรรชนีความหนืด และจุดวาบไฟของน้ำมัน *190*
9.9 การบำรุงรักษาน้ำมันและอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์ *191*
แบบฝึกหัด *192*

บทที่ 10 วงจรไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้า 193

10.1 วงจรไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้า *193*
10.2 วงจรมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้า *198*
แบบฝึกหัด *202*

บรรณานุกรม 207

SE-ED
inspiration starts here

1 พื้นฐานทางฟิสิกส์เกี่ยวกับไฮดรอลิกส์

1.1 ไฮดรอลิกส์

1. คำจำกัดความทางเทคนิค *"ไฮดรอลิกส์คืออะไร?"*

ไฮดรอลิกส์คือการใช้น้ำมันเป็นตัวส่งกำลังโดยสามารถควบคุมแรงและทิศทางการเคลื่อนที่ได้

2. ระบบไฮดรอลิกส์ที่นำมาใช้ในหน่วยงานอุตสาหกรรม เช่น

SE-ED
inspiration starts here

ก. ไฮดรอลิกส์งานอุตสาหกรรมการผลิต ได้แก่ เครื่องมือกลการผลิต (machine tools) แท่งอัดขึ้นรูป (presses) เครื่องฉีดพลาสติก (plastic machines) และอุตสาหกรรมหนัก (heavy machinery)

ข. ไฮดรอลิกส์งานอุตสาหกรรมเหล็กกล้า, งานก่อสร้างและงานติดตั้ง ได้แก่ การปิด-เปิดประตูเขื่อนกั้นน้ำ, การปิด-เปิดสะพานข้ามแม่น้ำ, การตรวจซ่อม, ควบคุมแท่งเลื่อนหรือลูกกลิ้งของเครื่องรีดเหล็กกล้า, การติดตั้งเครื่องกังหัน, การติดตั้งโรงงานพลังงานนิวเคลียร์, งานก่อสร้างอาคารสูงๆ และงานซ่อมแซม เป็นต้น

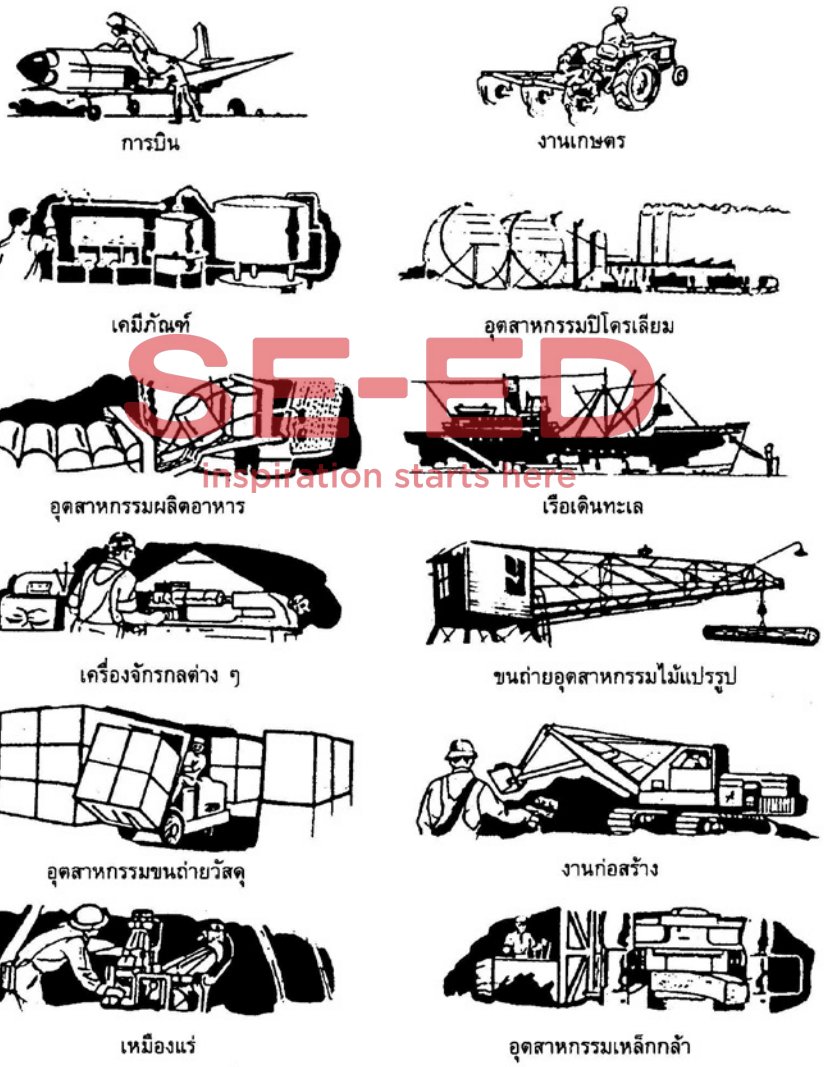
ค. ไฮดรอลิกส์งานในยานยนต์ ได้แก่ รถขุด-ตัก, รถแทร็กเตอร์, ปั้นจั่นยกของ และงานเกษตรกรรม เป็นต้น

ง. ไฮดรอลิกส์เรือเดินสมุทร ได้แก่ การปิด-เปิดประตูหัวเรือ, การควบคุมหางเสือเรือแบบธรรมดาและอัตโนมัติ, การปิด-เปิดวาล์วระบายน้ำใต้ท้องเรือ และการขนถ่ายสินค้าของท่าเรือ เป็นต้น

จ. ไฮดรอลิกส์งานขนถ่ายพัสดุภัณฑ์ ได้แก่ การขนถ่ายพัสดุภัณฑ์จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง หรือใช้สายพานขนถ่าย เช่น หีบห่อพัสดุ, สินค้าทางการเกษตร, อุตสาหกรรมการผลิต และอื่นๆ เป็นต้น

ฉ. ไฮดรอลิกส์งานสาขาพิเศษและงานเฉพาะนอกจากงานที่กล่าวมาแล้ว ได้แก่ การควบคุมกล้องส่องทางไกล, การควบคุมระบบสื่อสารวิทยุ, จานส่งสัญญาณไมโครเวฟ, การควบคุมหางเสือเครื่องบิน ควบคุมการขึ้น-ลง และควบคุมทุ่นสำรวจข้อมูล เช่น ทุ่นลอยในทะเลเหนือและทะเลบอลติกในงานสำรวจเจาะน้ำมันหรือสำรวจอากาศ เป็นต้น

สำหรับตัวอย่างงานที่ใช้ไฮดรอลิกส์เป็นต้นกำลัง ได้แสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 งานที่ใช้ไฮดรอลิกส์เป็นต้นกำลัง

SE-ED
inspiration starts here

1.2 ข้อดีและข้อเสียของไฮดรอลิกส์

สำหรับข้อดีของไฮดรอลิกส์มีดังต่อไปนี้

- สามารถส่งกำลังได้มาก อุปกรณ์มีขนาดเล็ก
- ควบคุมการทำงานได้ง่ายและแน่นอน
- อุปกรณ์วาล์วสามารถควบคุมทิศทางได้ง่ายและกะทัดรัด
- น้ำมันไฮดรอลิกส์ทำหน้าที่หล่อลื่นอุปกรณ์

สำหรับข้อเสียไฮดรอลิกส์มีดังต่อไปนี้

- ใช้น้ำมันไฮดรอลิกส์เป็นตัวกลาง ซึ่งมีอายุการใช้งาน เมื่อถึงเวลาควรต้องเปลี่ยนใหม่
- อันตรายเกิดจากไฮดรอลิกส์คือ ถ้าความดันสูงมากจะทำให้ข้อต่อต่างๆ เกิดการรั่วไหลได้ง่าย

SE-ED
inspiration starts here

1.3 หน่วยมวล แรง และความดัน

1.3.1 หน่วยพื้นฐาน

หน่วยพื้นฐานของระบบ SI units จะประกอบด้วย

1. หน่วยความยาวคือ เมตร (m)
2. หน่วยมวลคือ กิโลกรัม (kg)
3. หน่วยเวลาคือ วินาที (s)
4. หน่วยกระแสไฟคือ แอมแปร์ (A)
5. หน่วยแสงสว่างคือ แคนเดลา (cd)
6. หน่วยสสารคือ โมล (mol)
7. หน่วยอุณหภูมิคือ องศาเคลวิน (K)

1.3.2 หน่วยที่ใช้ในการคำนวณไฮดรอลิกส์

หน่วยที่ใช้ในการคำนวณไฮดรอลิกส์ประกอบไปด้วย

1. หน่วยความยาวคือ เมตร (m)
2. หน่วยมวล (น้ำหนัก) คือ กิโลกรัม (kg)
3. หน่วยเวลาคือ วินาที (s)

การคำนวณหาแรงโดยใช้กฎของนิวตันได้ดังนี้

$$\text{แรง} = \text{มวล} \times \text{อัตราเร่ง}$$

$$= kg \times m/s^2$$

$$= kgm/s^2$$

$$= 1\ kgm/s^2$$

$$= 1\ N$$

ถ้ามวลของวัสดุ 1 กิโลกรัม ใช้แทนแรงบนโลก (kgf = กิโลกรัมแรง)

$$\text{แรง} = \text{มวล} \times \text{อัตราเร่งบนโลก}$$

$$= 1\ kg \times 9.81\ m/s^2$$

$$= 9.81\ kgm/s^2$$

แต่แรง 1 N = 1 kgm/s^2

เพราะฉะนั้น 1 กิโลกรัมแรงบนโลก = 9.81 N

แต่การนำไปใช้ 1 kgf = 10 N (ค่าโดยประมาณ)

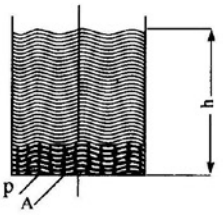
SE-ED
inspiration starts here

1.4 ความสัมพันธ์ของความดัน แรง และพื้นที่ที่รับแรง

ความดันของของเหลวเกิดจากน้ำหนักตัวมันเองและเกิดจากแรงกระทำภายนอก

1.4.1 ความดันเกิดจากน้ำหนักตัวมันเอง

ความดันเกิดจากน้ำหนักตัวมันเอง หมายถึงความดันที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลก ดังแสดงในรูปที่ 1.2 ถ้าต้องการวัดความดัน ณ จุดใด ก็คือน้ำหนักของของเหลวที่มีความสูง ณ จุดนั้น



รูปที่ 1.2 แสดงความดันที่เกิดจากน้ำหนักตัวมันเอง

จากรูปที่ 1.2 สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$p = h \times \rho \times g \qquad \text{.....(1.1)}$$

หรือ $$p = h \times \gamma$$

โดยที่ p = ความดัน

h = ลำตั้งของน้ำมัน

ρ = ความหนาแน่น

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก = 9.81 m/s^2

γ = น้ำหนักจำเพาะ

SE-ED
inspiration starts here

ตัวอย่างที่ 1.1 หาความดันเนื่องจากน้ำหนักตัวมันเอง กำหนดให้ ความสูงของน้ำ 10 m ความหนาแน่น 1 kg/dm^3 และอัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก 9.81 m/s^2

วิธีทำ

จากสมการที่ (1.1) จะได้ $p = h \times \rho \times g$

$= 10\ m \times 1\ kg/dm^3 \times 9.81\ m/s^2$

แต่ $1\ kg/dm^3 = 10^3\ kg/m^3$

ดังนั้น $p = 10\ m \times 10^3\ kg/m^3 \times 9.81\ m/s^2$

$= 10 \times 10^3 \times 9.81\ m \times kg/m^3 \times m/s^2$

$= 9.81 \times 10^4\ N/m^2$

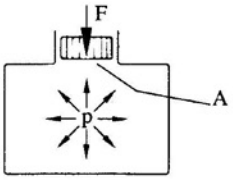
แต่ $10^5\ N/m^2 = 1$ bar

ดังนั้น $p = 0.981$ bar

เพราะฉะนั้นจะได้ประมาณ 1 bar *ตอบ*

1.4.2 ความดันเกิดจากแรงกระทำภายนอก

ความดันเกิดจากแรงกระทำภายนอก หมายถึงความดันที่เกิดจากแรงมากระทำ ถ้าแรงกระทำมากความดันจะมากตาม ในทำนองเดียวกัน ถ้าแรงกระทำน้อยความดันที่เกิดขึ้นก็น้อยตามไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 แสดงความดันที่ผิวภาชนะเนื่องจากแรงกระทำภายนอก F

จากรูปที่ 1.3 จะได้ความดันที่เกิดจากแรงกระทำภายนอกดังสมการนี้

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

SE-ED
inspiration starts here

กำหนดให้ p = ความดัน มีหน่วยเป็น N/m^2

F = แรงที่กระทำบนพื้นที่ มีหน่วยเป็น N

A = พื้นที่ที่ถูกแรงกระทำ มีหน่วยเป็น m^2

หน่วยความดันในระบบ SI units จะได้

$$p = \frac{F}{A} \quad N/m^2 \qquad .....(1.2)$$

ผู้ที่ค้นพบความดันจากแรงภายนอกคือ ปาสคาล และได้ตั้งเป็นกฎของความดันขึ้น ดังนั้นความดันจึงใช้หน่วยเป็น "ปาสคาล"

1 ปาสคาล (Pa) = นิวตัน/ตารางเมตร (1 N/m^2)

เนื่องจากหน่วยปาสคาลเป็นหน่วยเล็กมาก ทางด้านการใช้งานได้เปลี่ยนเป็นหน่วยใหญ่ขึ้นคือเป็นหน่วย bar

การกระจายหน่วยความดันให้เป็นหน่วยอื่น

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$10^5 \text{ Pa} = 10 \text{ N/cm}^2$$

$$1 \text{ bar} = 1 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ bar} = 10 \text{ N/cm}^2$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$$

ตัวอย่างที่ 1.2 การเปลี่ยนหน่วยจากการคำนวณ ถ้าแรง 30 kgf กระทำบนพื้นที่ 1 cm^2 จงหาความดันเป็นบาร์

วิธีทำ

จาก $F = 30 \text{ kgf}$

$= 300 \text{ N}$

SE-ED
inspiration starts here

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

$$= \frac{300 \text{ N}}{1 \text{ cm}^2}$$

$$= 300 \text{ N/cm}^2$$

$$= 30 \text{ bar}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.3 ความดัน 50 bar กระทำต่อพื้นที่ 1 cm^2 จงหาแรง (F)

วิธีทำ

กำหนดให้ $p = 50 \text{ bar}$

$= 500 \text{ N/cm}^2$

จาก $p = \frac{F}{A}$

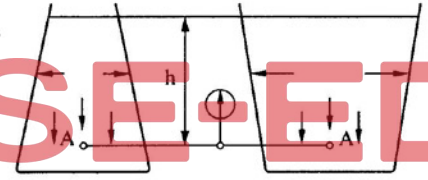
จะได้ $F = p \times A$

$= 500\ N/cm^2 \times 1\ cm^2$

$= 500\ N$ *ตอบ*

1.5 ไฮดรอลิกส์ทางกายภาพ (Physical of Hydraulics)

น้ำมันไฮดรอลิกส์บรรจุในภาชนะต่างรูปดังแสดงในรูปที่ 1.4 ความดันที่เกิดจากความดันบรรยากาศเท่ากัน ดังนั้นไฮดรอลิกส์ในสภาวะอยู่นิ่ง ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับแนวตั้งของของเหลว ถ้าของเหลวในภาชนะใดๆ ที่มีความสูงของเหลวเท่ากันความดันใต้ภาชนะจะมีขนาดเท่ากัน ซึ่งเรียกว่า *ความดันสถิต*



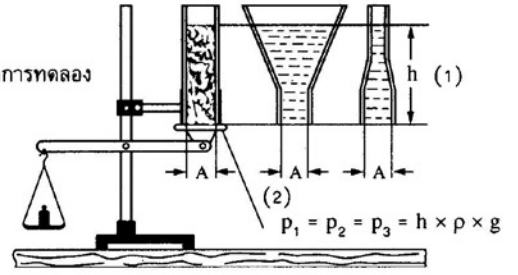
SE-ED
inspiration starts here

รูปที่ 1.4 แสดงความดัน ณ จุด A ของภาชนะทั้งสองเท่ากัน

1.5.1 การทดลองหาความดันสถิต

มีภาชนะบรรจุของเหลวลักษณะแตกต่างกัน 3 ใบ พื้นที่ด้านล่างของภาชนะเท่ากันวางอยู่บนขาตั้ง สามารถเคลื่อนที่ได้บนฐานรองวัดความดันและปรับความสูงของลำน้ำได้ ขณะที่ทำการทดลองของเหลวในภาชนะดังกล่าวมีความสูงเท่ากัน ดังนั้นความดันที่เกิดขึ้นจะเท่ากันทุกประการ

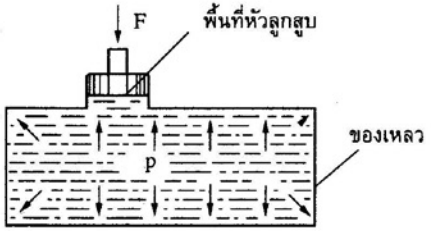
(1) ความสูงลำตั้งของน้ำที่ทำการทดลอง
(2) ฐานรองรับความดัน



รูปที่ 1.5 แสดงความดันสถิตภายในภาชนะมีรูปร่างต่างกัน

1.5.2 การทดลองหาความดันเนื่องจากแรงกระทำ

ถ้านำลูกสูบกดบนของเหลวในภาชนะบรรจุด้วยแรง F ดังแสดงในรูปที่ 1.6 พื้นที่รับแรงภายในภาชนะที่ถูกของเหลวกระทำจะเท่ากันทุกพื้นที่ สามารถทดลองได้โดยเอาของเหลวบรรจุลงในถ้วยแก้วทรงกลมและกดลูกสูบลงบนของเหลว แล้วของเหลวจะพุ่งออกจากรูที่เจาะเอาไว้รอบ ๆ ถ้วยแก้วทรงกลมเท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.6 แรงกระทำน้ำมันเนื่องจากแรงภายนอก

SE-ED
inspiration starts here

รูปที่ 1.7 แสดงการทดลองหาความดันเมื่อมีแรงกระทำภายนอก

ตัวอย่างที่ 1.4 ความดันในภาชนะสามารถคำนวณจากแรง F กับพื้นที่ลูกสูบ A

กำหนดให้ $F = 1{,}000\ N$

$A = 10\ cm^2$

วิธีทำ

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

$$= \frac{1{,}000\ N}{10\ cm^2}$$

$$= 100\ N/cm^2$$

$$= 10\ bar$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.5 จากตัวอย่างที่ 1.4 ถ้ากำหนดให้มีพื้นที่ลดลงมาครึ่งหนึ่ง จงหาความดัน

กำหนดให้ $F = 1{,}000\ N$

$A = 10\ cm^2$

$(10\ N/cm^2 = 1\ bar)$

วิธีทำ

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

$$p = \frac{1{,}000\ N}{10\ cm^2}$$

$$p = 200\ N/cm^2$$

$$= 20\ bar$$

สรุปการคำนวณ ถ้าลดพื้นที่มาครึ่งหนึ่งด้วยแรงกระทำที่เท่ากัน ความดันที่เกิดขึ้นจะเพิ่มเป็น 2 เท่า *ตอบ*

SE-ED
inspiration starts here

1.6 การส่งถ่ายแรงในไฮดรอลิกส์

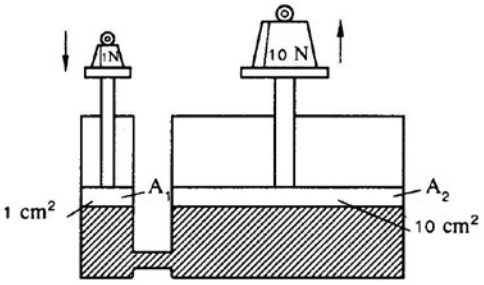
การส่งถ่ายแรงในไฮดรอลิกส์ (hydraulic transmission of force) มี 2 ลักษณะดังนี้

1. การส่งถ่ายแรงเนื่องจาก p คงที่ ถ้าส่งถ่ายแรงในไฮดรอลิกส์จากภาชนะด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง ความดันของของเหลวภายในภาชนะจะเท่ากัน ดังนั้นด้านพื้นที่ใหญ่จะรับแรงได้มากกว่าพื้นที่ด้านเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 1.8

จากสมการที่ (1.2) จะได้

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \text{.....คงที่}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad \text{.....(1.3)}$$



รูปที่ 1.8 แสดงการส่งถ่ายแรงในไฮดรอลิกส์

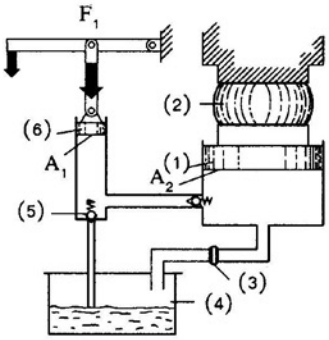
จากการกระทำของแรงซึ่งกันและกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.8 สัมพันธ์กับแรงที่กระทำต่อพื้นที่ที่ลูกสูบ ถ้าพื้นที่ A_2 เป็น 4 เท่าของพื้นที่ A_1 แรงกระทำบนพื้นที่ A_2 จะเท่ากับ 4 เท่าของแรงที่กระทำบนพื้นที่ A_1 ด้วย

หลักการของแม่แรงยกไฮดรอลิกส์ ถ้าแรง F_1 กดที่ลูกสูบมีพื้นที่ A_1 กำลังไฮดรอลิกส์ส่งไปยังลูกสูบยก มีพื้นที่ A_2 เป็นลักษณะการส่งถ่ายแรงด้วยความดันคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 1.9 ดังนั้นจะได้

SE-ED
inspiration starts here

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

(1) ลูกสูบกดชิ้นงาน
(2) ชิ้นงาน
(3) วาล์วปิด - เปิด (ก๊อก)
(4) ถังใส่น้ำมัน
(5) วาล์วกันกลับ
(6) ลูกสูบโยก



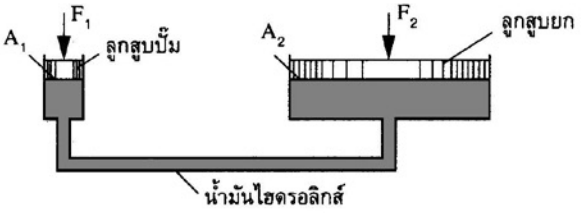
รูปที่ 1.9 แสดงหลักการทำงานของแม่แรงไฮดรอลิกส์

ตัวอย่างที่ 1.6 จากรูปที่ 1.10 จงคำนวณหาแรงยก F_2 ของลูกสูบ A_2

กำหนดให้ $F_1 = 10\ N$

$A_1 = 20\ cm^2$

$A_2 = 100\ cm^2$



รูปที่ 1.10 แสดงการคำนวณหาแรงยก F_2

วิธีทำ

SE-ED
inspiration starts here

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

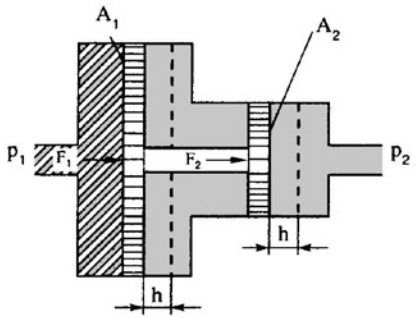
จากสมการที่ (1.3) จะได้ $F_2 = \dfrac{A_2 \times F_1}{A_1}$

$$= \frac{100\ cm^2 \times 10\ N}{20\ cm^2}$$

$$= 50\ N$$

ตอบ

๒. การส่งถ่ายแรงเนื่องจาก F คงที่ ถ้านำกระบอกสูบไฮดรอลิกส์มาใช้งานโดยมีพื้นที่ของกระบอกสูบ 2 ด้านไม่เท่ากัน ($A_1 > A_2$) แต่แรงกระทำที่กระบอกสูบทั้งสองเท่ากัน ถ้าความดัน p_1 กระทำบนพื้นที่ลูกสูบ A_1 และส่งถ่ายแรงไปยังพื้นที่ A_2 อีกด้านหนึ่ง ดังนั้นความดัน p_2 ที่ด้านพื้นที่ A_2 จะมากกว่าความดัน p_1 ความดัน p_2 ที่เพิ่มขึ้นเรียกว่า *การขยายความดัน (pressure intensifier, transmission pressure หรือ booster)* ดังรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 แสดงการขยายความดัน เมื่อแรง F คงที่

สรุปเมื่อมีแรง F_1 กระทำบนพื้นที่ A_1 เท่ากับแรง F_2 ที่กระทำบนพื้นที่ A_2 จะได้

$$F_1 = p_1 \times A_1$$

$$F_2 = p_2 \times A_2$$

แต่ $F_1 = F_2$

เพราะฉะนั้น $p_1 \times A_1 = p_2 \times A_2$

$$p_2 = \frac{P_1 \times A_1}{A_2}$$

SE-ED
inspiration starts here

เพราะฉะนั้น p_2 จะเพิ่มขึ้นเป็นกี่เท่าของ p_1 นั้นขึ้นอยู่กับอัตราระหว่างพื้นที่ A_1 ต่อพื้นที่ A_2 $(A_1 : A_2)$

ตัวอย่างที่ 1.7 จงคำนวณหาค่า p_2

กำหนดให้ $p_1 = 6$ bar

$A_1 = 100\ cm^2$

$A_2 = 10\ cm^2$

วิธีทำ

$F_1 = F_2$ .....คงที่

$p_1 = 6$ bar

$= 60\ N/cm^2$

จาก $$\frac{p_1}{p_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

จะได้ว่า $$p_2 = \frac{A_1 \times P_1}{A_2}$$

แทนค่าจากโจทย์ที่กำหนดจะได้

$$p_2 = \frac{100\ cm^2 \times 60\ N/cm^2}{10\ cm^2}$$

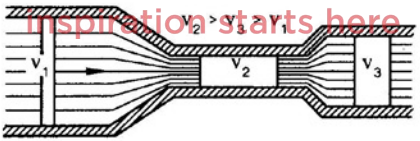
$$= 600\ N/cm^2$$

$$= 60\ bar$$ *ตอบ*

1.7 การเคลื่อนที่ของน้ำมันไฮดรอลิกส์

ถ้าของเหลวไหลผ่านท่อที่มีขนาดไม่เท่ากัน แต่ปริมาณการไหลและเวลาเท่ากัน ความเร็วของการไหลจะเพิ่มขึ้นที่ขนาดท่อเล็กกว่า

SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 1.12 แสดงการไหลของของเหลวที่ไหลผ่านท่อที่มีขนาดไม่เท่ากัน ความเร็วที่เกิดขึ้นก็ไม่เท่ากัน

ดังนั้นจากรูปที่ 1.12 จะได้ว่า

อัตราการไหลของน้ำมันที่ไหลผ่านท่อ = ความเร็วของน้ำมัน × พื้นที่หน้าตัดของท่อ

$$Q = v \times A$$

ทำการทดลองหา Q โดยกำหนดให้ พื้นที่หน้าตัดท่อ A ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อ V ความยาวท่อ s ดังนั้น

ปริมาณน้ำมันในท่อ = พื้นที่หน้าตัด × ความยาวท่อ

$$V = A \times s$$

น้ำมันไหลผ่านท่อใช้เวลาเท่ากันจะได้

$$\frac{V}{t} = A \times s \times \frac{1}{t}$$

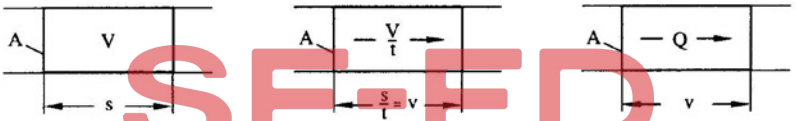
ปริมาณการไหลต่อเวลาเรียกว่า อัตราการไหล จะได้

$$\frac{V}{t} = Q$$

และระยะทางต่อเวลาเรียกว่า ความเร็ว จะได้

$$\frac{s}{t} = v$$

เพราะฉะนั้น $Q = A \times v$



(ก) ปริมาณของเหลวที่อยู่ในภาชนะบรรจุ ($V = A \times s$)

(ข) ปริมาตรของเหลวที่ไหลผ่านท่อใน 1 หน่วยเวลา ($V/t = A \times s/t$)

(ค) $Q = A \times v$

SE-ED
inspiration starts here

รูปที่ 1.13 แสดงขั้นตอนการหา Q

จากรูปที่ 1.14 ถ้าพื้นที่หน้าตัด A_1 และ A_2 มีขนาดไม่เท่ากัน แต่ปริมาตรการไหลเท่ากัน ความเร็วที่เกิดขึ้นจะไม่เท่ากัน

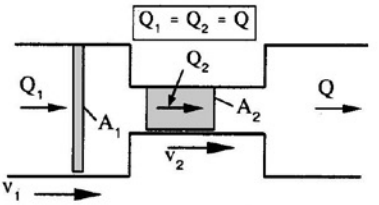
$$Q_1 = Q_2 \quad \text{.....คงที่}$$

แต่ $Q_1 = A_1 \times v_1$

และ $Q_2 = A_2 \times v_2$

เพราะฉะนั้น $A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2$

$$v_2 = \frac{v_1 \times A_1}{A_2}$$



รูปที่ 1.14 แสดงปริมาตรการที่รูเข้าและรูออกเท่ากัน

จากการทดลอง v_2 จะเพิ่มความเร็วกี่เท่าของความเร็ว v_1 ขึ้นกับอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัด A_1 ต่อ A_2 ($A_1 : A_2$)

ตัวอย่างที่ 1.8 น้ำมันไหลผ่านท่อ ดังแสดงในรูปที่ 1.14 พื้นที่ท่อ $A_1 = 20\ cm^2$ ความเร็วการไหล 20 cm/s และพื้นที่ $A_2 = 2\ cm^2$ จงหาความเร็วไหลผ่านท่อ A_2 เมื่ออัตราการไหลของน้ำมันในท่อเท่ากัน

วิธีทำ

SE-ED
inspiration starts here

$$Q_1 = Q_2 \quad \text{.....คงที่}$$

จาก $A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2$

จะได้ว่า $v_2 = \dfrac{v_1 \times A_1}{A_2}$

เพราะฉะนั้น $v_2 = \dfrac{20\ cm^2 \times 20\ N/cm^2}{2\ cm^2}$

$= 200\ cm/s$ *ตอบ*

1.8 พลังงานไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Energy)

พลังงานของของไหลมีขอบเขตเหมือนพลังงานกล ถ้าของเหลวมีการเคลื่อนที่ พลังงานทั้งหมดของของไหลมี 3 ลักษณะดังนี้

1. พลังงานศักย์หรือพลังงานจากแรงดึงดูดของโลก (gravitational energy) ขึ้นอยู่กับความสูงของลำตั้งของเหลว

2. พลังงานจากความดันหรือพลังงานสถิตของเหลว (hydrostatic energy) ขึ้นอยู่กับความดัน

3. พลังงานจลน์หรือพลังงานการเคลื่อนที่ของของเหลว (hydrodynamic energy) ขึ้นอยู่กับความเร็ว

จากหลักการข้างต้นสามารถแสดงไว้ในสมการดังนี้

$$W_s + W_{st} + W_d = \text{คงที่}$$

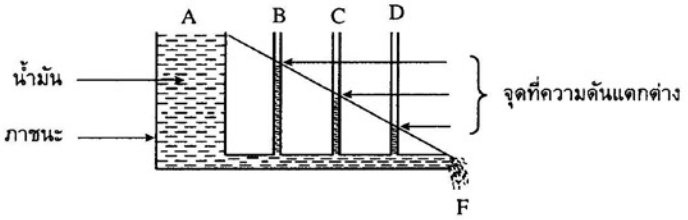
โดยที่ W_s = พลังงานศักย์

W_{st} = พลังงานความดัน

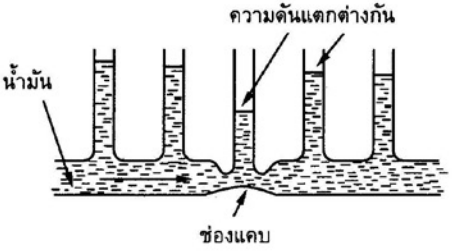
W_d = พลังงานจลน์

จากความจริงในหัวข้อที่ 1.8 สามารถอธิบายจากกฎของการไหล ซึ่งพิสูจน์จากความเร็วของการไหล พลังงานจลน์จะเพิ่มมากขึ้นในพื้นที่แคบๆ ดังนั้นพลังงานศักย์และพลังงานความดันจะลดลง พลังงานศักย์ที่บริเวณพื้นที่เล็กๆ แทบจะวัดไม่ได้ ดังนั้นในบริเวณแคบๆ พลังงานความดันจะลดลงและพลังงานจลน์จะเพิ่มมากขึ้น แต่ยังคงรักษาพลังงานให้คงที่ จากการทดลองน้ำมันที่ไหลผ่านภาชนะที่มีขนาดเท่ากัน ความดันจะลดลงตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 1.15 และความดันจะลดลงมากถ้าน้ำมันไหลผ่านช่องแคบๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.16 แต่ความเร็วในที่นี้จะเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับสร้างปั๊มสุญญากาศและอุปกรณ์ผสมน้ำมันกับอากาศ

SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 1.15 แสดงน้ำมันไหลผ่านท่อมีขนาดเท่ากัน ความดันจะลดลงตามลำดับ



รูปที่ 1.16 แสดงน้ำมันไหลผ่านช่องแคบๆ ความเร็วที่จุดนี้จะเพิ่มขึ้น แต่ความดันลดลง

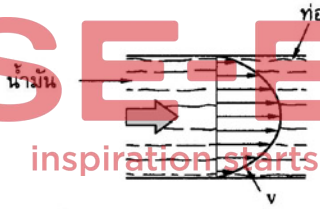
สรุป พลังงานไฮดรอลิกส์และพลังงานศักย์ไม่ต้องนำมาคิดในการคำนวณ พลังงานที่สำคัญคือ พลังงานความดันและพลังงานจลน์

1.9 ความฝืดและการไหล (Friction and Flow)

เมื่อน้ำมันไหลผ่านท่อจะสูญเสียพลังงานไฮดรอลิกส์เนื่องจากความเสียดทานผิวท่อ ความหนืดน้ำมัน ข้อต่อและอื่นๆ และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน การสูญเสียพลังงานไฮดรอลิกส์หมายถึงการสูญเสียพลังงานความดันทำให้พลังงานที่จะส่งออกไปใช้งานลดลงด้วย

การไหลของของเหลวมี 2 ลักษณะดังนี้

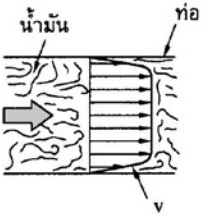
1. การไหลที่มีความเร็วสม่ำเสมอ เรียกว่า *การไหลแบบลามินาร์ (laminar flow)* น้ำมันที่ไหลผ่านท่อความเร็วเฉลี่ยจะสม่ำเสมอตลอดเวลาในการไหล แต่บริเวณศูนย์กลางท่อความเร็วจะเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับบริเวณผิวหนังท่อ ดังแสดงในรูปที่ 1.17



SE ED
inspiration starts here

รูปที่ 1.17 แสดงน้ำมันไหลขนานกับผิวท่อ

2. การไหลที่มีความเร็ววิกฤติ เป็นลักษณะ *การไหลแบบปั่นป่วน (turbulent flow)* มีการสูญเสียพลังงานไฮดรอลิกส์สูงมาก จึงควรหลีกเลี่ยงการไหลแบบนี้ นอกจากนี้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อก็มีผลต่อการสูญเสียพลังงาน ความเร็ววิกฤตของการไหลสามารถคำนวณได้และไม่ควรมีมากจนเกิดการเสียในระบบ ดังแสดงในรูปที่ 1.18



รูปที่ 1.18 แสดงน้ำมันไหลไม่เป็นระเบียบ

ความเร็วในการไหลจะมีลักษณะแบบใดนั้น มีหลักเกณฑ์ในการคิดได้โดยใช้หลักการของ *เรย์โนลด์นัมเบอร์ (reynold's number)*

สูตร $$N_R = \frac{v \times \phi di}{\gamma}$$ (ไม่มีหน่วย)

กำหนดให้ v = ความเร็วในการไหลของของเหลว มีหน่วยเป็น m/s

ϕdi = เส้นผ่าศูนย์กลางในของท่อที่ของเหลวไหล มีหน่วยเป็น m

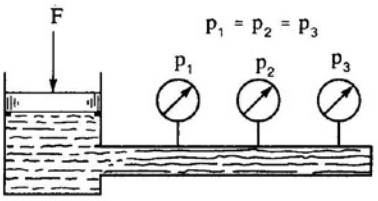
γ = ความหนืดจลน์ มีหน่วยเป็น m^2/s

จากสูตรข้างต้นถ้า N_R มีค่าตัวเลขน้อยกว่า 2,400 จะเป็นลักษณะการไหลแบบสม่ำเสมอ ถ้าค่า N_R มากกว่า 2,400 จะเป็นลักษณะการไหลแบบปั่นป่วน

1.10 การต้านทานการไหล

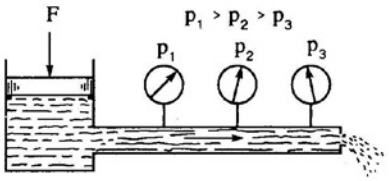
พื้นฐานทางทฤษฎีในระบบไฮดรอลิกส์นั้น ถ้าปิดไม่ให้มีการไหลความดันที่กระทำบนผิวท่อจะเท่ากันหมด ดังแสดงในรูปที่ 1.19 ถ้าให้ของเหลวมีการไหล ดังแสดงในรูปที่ 1.20 ความดันที่เกิดขึ้นจะลดลงตามลำดับตามทิศทางลูกศร นอกจากนี้ยังมีสาเหตุอื่นๆ ได้แก่ ความยาวท่อ พื้นที่หน้าตัดท่อ และข้องอแบบต่างๆ

SE-ED
Inspiration starts here



รูปที่ 1.19 ความดันที่เท่ากันในภาชนะที่บรรจุของเหลวปิด

จากรูปที่ 1.20 ภาชนะเปิดให้ของเหลวไหลออก ของเหลวไหลออกใกล้จุดปล่อยออกมากที่สุด จะมีความดันต่ำสุดเนื่องจาก ณ จุดนี้มีความเร็วของการไหลมากกว่าจุดอื่นๆ ดังนั้นความดันจึงแตกต่างกันภายในท่อ



รูปที่ 1.20 ความดันที่แตกต่างกันในภาชนะที่บรรจุของเหลวเปิด

ความดันตกคร่อม (pressure drop) ก็มาจากสาเหตุความต้านทานการไหลและส่วนประกอบอื่น ได้แก่

1. ความเร็วของการไหล
2. ลักษณะการไหล
3. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ
4. ความหนืดน้ำมัน
5. ความละเอียดผิว
6. ปริมาตรการไหล
7. ความแตกต่างขนาดพื้นที่หน้าตัดท่อ
8. ข้องอและวาล์วควบคุมทิศทาง

SE-ED
inspiration starts here

1.11 สูตรการคำนวณในระบบไฮดรอลิกส์

สำหรับสูตรที่ใช้ในการคำนวณในระบบไฮดรอลิกส์ มีดังต่อไปนี้

1. สูตรความดัน

$$p = \frac{F}{A} \quad \text{bar} \qquad \text{.....(1.4)}$$

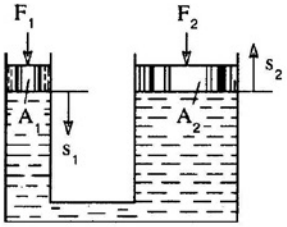
โดยที่ p = ความดัน มีหน่วยเป็น bar

F = แรงกระทำ มีหน่วยเป็น N

A = พื้นที่แรงกระทำ มีหน่วยเป็น cm^2

$$A = \frac{F}{p} \quad cm^2$$

และ $$F = p \times A \quad N$$



$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{s_2}{s_1} \text{ หรือ } \frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{s_1}{s_2}$$

รูปที่ 1.21 แสดงการทำงานของไฮดรอลิกส์ เมื่อ p คงที่จะได้สูตรสัมพันธ์ระหว่าง F, A และ s

จากรูปที่ 1.21 จะได้

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

และ $$p_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

เมื่อ p ในน้ำมันคงที่ $(p_1 = p_2)$ จะได้

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

หรือ $$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \qquad \text{.....(1.5)}$$

ถ้าแรง F_1 กดลงบนของเหลวในภาชนะและมีการเคลื่อนที่ จะได้งานที่เกิดขึ้นดังนี้

$$W_1 = F_1 \times s_1$$

และ $$W_2 = F_2 \times s_2$$

แต่ $$W_1 = W_2$$

เพราะฉะนั้น $$F_1 \times s_1 = F_2 \times s_2$$

หรือ $$\frac{F_1}{F_2} = \frac{s_2}{s_1} \qquad \text{.....(1.6)}$$

SE-ED
inspiration starts here

เมื่อ W = งานที่ได้รับ มีหน่วยเป็น Nm

F = แรงที่กระทำ มีหน่วยเป็น N

s = ระยะทางการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็น m

จากสมการที่ (1.4) และสมการที่ (1.5) จะได้ความสัมพันธ์ของ F, A และ s ดังในรูปที่ 1.21

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{s_2}{s_1}$$

หรือ $$\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{s_1}{s_2} \qquad \text{.....(1.7)}$$

๒. สูตรอัตราส่งน้ำมันของปั๊ม

สูตรทั่วไปคือ

$$Q_p = V_p \times n \times \eta_v$$

หรือสูตรสำเร็จคือ

$$Q_p = V_p \times \frac{n}{1000} \times \eta_v \quad \ell/\text{min} \qquad \text{.....(1.8)}$$

SE-ED
inspiration starts here

เมื่อ Q_p = อัตราส่งออกของปั๊ม มีหน่วยเป็น ℓ/min

V_p = ปริมาณน้ำมันที่ปั๊มส่งออกต่อรอบ มีหน่วยเป็น cm^3

n = ความเร็วรอบของปั๊ม มีหน่วยเป็น min^{-1}

η_v = ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร มีหน่วยเป็น %

๓. สูตรอัตราการป้อนน้ำมันในมอเตอร์ไฮดรอลิกส์

สูตรทั่วไป .....(1.9)

$$Q_m = V_m \times n \times \frac{1}{\eta_v} \quad \ell/\text{min}$$

สูตรสำเร็จ .....(1.10)

$$Q_m = V_m \times \frac{n}{1000} \times \frac{1}{\eta_v} \quad \ell/\text{min}$$

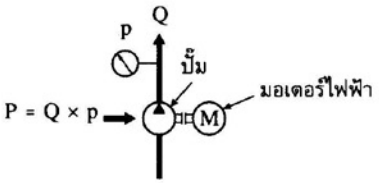
เมื่อ Q_m = อัตราการป้อนน้ำมันเข้ามอเตอร์ไฮดรอลิกส์ มีหน่วยเป็น ℓ/min

V_m = ปริมาณน้ำมันที่มอเตอร์ได้รับต่อรอบ มีหน่วยเป็น cm^3

n = ความเร็วรอบของมอเตอร์ มีหน่วยเป็น min^{-1}

η_v = ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร มีหน่วยเป็น %

4. สูตรการหากำลังงานของปั๊ม



รูปที่ 1.22 แสดงวงจรการหากำลังงานที่ปั๊มได้รับ

SE-ED
inspiration starts here

จากรูปที่ 1.22 จะได้สูตรทั่วไปดังนี้

$$P_p = p \times Q_p \times \frac{1}{\eta_t}$$

และสูตรสำเร็จดังนี้

$$P_p = \frac{p \times Q_p}{600} \times \frac{1}{\eta_t} \quad kW \qquad .....(1.11)$$

เมื่อ P_p = กำลังงานของปั๊ม มีหน่วยเป็น kW

Q_p = อัตราการส่งน้ำมันของปั๊ม มีหน่วยเป็น ℓ/min

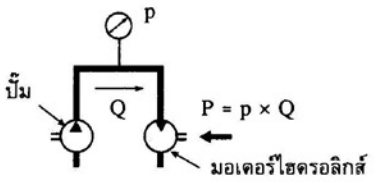
p = ความดันของน้ำมัน มีหน่วยเป็น bar

η_t = ประสิทธิภาพรวมของปั๊ม มีหน่วยเป็น %

= ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร × ประสิทธิภาพเชิงกล

= $\eta_v \times \eta_{mech}$

5. สูตรหากำลังงานของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์



รูปที่ 1.23 แสดงวงจรการหากำลังงานของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์

จากรูปที่ 1.23 จะได้สูตรทั่วไปดังนี้

$$P_m = p \times Q_m \times \eta_{tm} \text{ kW}$$

และสูตรสำเร็จดังนี้

$$P_m = \frac{p \times Q_m}{600} \times \eta_{tm} \quad \text{.....(1.12)}$$

SE-ED
inspiration starts here

เมื่อ P_m = กำลังงานที่มอเตอร์ไฮดรอลิกส์ มีหน่วยเป็น kW

p = ความดันของน้ำมัน มีหน่วยเป็น bar

Q_m = อัตราการไหลของน้ำมันที่มอเตอร์ได้รับ มีหน่วยเป็น ℓ/min

η_{tm} = ประสิทธิภาพรวมของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ มีหน่วยเป็น %

6. สูตรการหาความดันเพิ่มขึ้น (pressure intensifier)

การส่งถ่ายแรงในระบบไฮดรอลิกส์คงที่ จากรูปที่ 1.24 เมื่อส่งถ่ายแรงจากด้านลูกสูบใหญ่ A_1 ส่งต่อไปยังด้านลูกสูบเล็ก A_2 แรงที่กระทำด้านลูกสูบ A_1 เท่ากับแรงด้านด้านลูกสูบเล็ก A_2

เพราะฉะนั้น $F_1 = F_2$

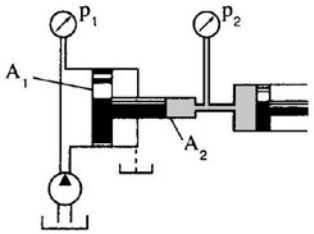
เมื่อ $F_1 = A_1 \times p_1$

และ $F_2 = A_2 \times p_2$

$$A_1 \times p_1 = A_2 \times p_2$$

$$p_2 = \frac{A_1}{A_2} \times p_1 \quad \text{.....(1.13)}$$

อัตราของความดันที่เพิ่มขึ้นของ p_2 กับ p_1 เป็นกี่เท่าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ A_1/A_2



รูปที่ 1.24 แสดงการส่งถ่ายแรงในไฮดรอลิกส์คงที่ ทำให้ความดันเพิ่มขึ้นอีกด้านหนึ่ง

7. สูตรคำนวณหาแรงบิดของปั๊ม

จากรูปที่ 1.25 จะได้สูตรทั่วไปดังนี้

$$M_{tp} = \frac{p \times V_p}{2\pi} \times \frac{1}{\eta_{mech}}$$

และสูตรสำเร็จดังนี้

$$M_{tp} = \frac{p \times V_p}{62.8} \times \frac{1}{\eta_{mech_p}} \text{ Nm} \qquad .....(1.14)$$

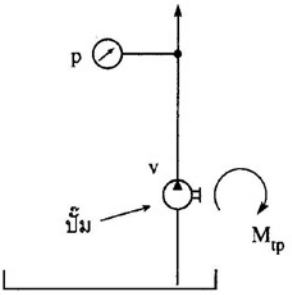
SEED
inspiration starts here

เมื่อ M_{tp} = แรงบิดที่ปั๊ม มีหน่วยเป็น Nm

V_p = ปริมาณน้ำมันของปั๊มได้รับต่อรอบ มีหน่วยเป็น cm^3

p = ความดันของน้ำมัน มีหน่วยเป็น bar

η_{mech_p} = ประสิทธิภาพเชิงกลของปั๊ม มีหน่วยเป็น %



$$M_t = \frac{p \times V}{2\pi}$$

รูปที่ 1.25 แสดงวงจรการหาแรงบิดของปั๊ม

๘. สูตรการคำนวณหาแรงบิดของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์

จากรูปที่ 1.26 จะได้สูตรทั่วไปดังนี้

$$M_{tm} = \frac{p \times V_m}{2\pi} \times \eta_{mech}$$

และสูตรสำเร็จดังนี้

$$M_{tm} = \frac{p \times V_m}{62.8} \times \eta_{mech_m} \qquad .....(1.15)$$

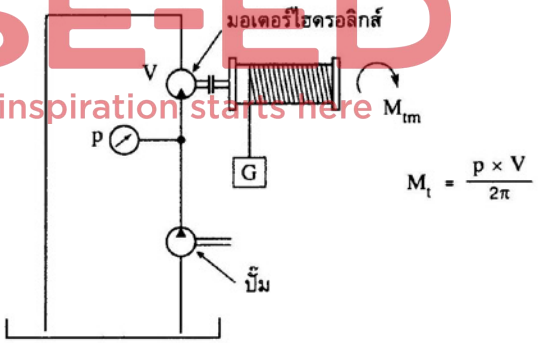
เมื่อ M_{tm} = แรงบิดของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ มีหน่วยเป็น Nm

V_m = ปริมาณน้ำมันของมอเตอร์ที่ได้รับต่อรอบ มีหน่วยเป็น cm^3

p = ความดันของน้ำมัน มีหน่วยเป็น bar

η_{mech_m} = ประสิทธิภาพเชิงกลของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ มีหน่วยเป็น %

SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 1.26 แสดงการหาแรงบิดของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์

๙. สูตรการหากำลังงานสูญเสียในระบบไฮดรอลิกส์

สำหรับสูตรการหากำลังงานสูญเสียในระบบไฮดรอลิกส์ประกอบไปด้วย 2 ส่วนดังนี้

1. *สูตรกำลังงานสูญเสียเนื่องจากความดันในระบบ* ($\Delta p = p_1 - p_2$) จากรูปที่ 1.27 จะได้สูตรทั่วไปคือ

$$P_{loss}\ (\Delta p) = \Delta p \times Q_2$$

และสูตรสำเร็จคือ

$$P_{loss}(\Delta p) = \frac{\Delta p \times Q_2}{600} \quad kW \qquad .....(1.16)$$

เมื่อ $P_{loss}(\Delta p)$ = กำลังงานสูญเสียเนื่องจากความดันในระบบ มีหน่วยเป็น kW

Δp = ความดันสูญเสียในระบบ มีหน่วยเป็น bar

Q_2 = ปริมาตรน้ำมันที่ไหลผ่านวาล์วหรี่ มีหน่วยเป็น ℓ/min

2. สูตรกำลังงานสูญเสียเนื่องจากปริมาตรน้ำมันในระบบ $(\Delta Q = Q_1 - Q_2)$

จากรูปที่ 1.27 จะได้สูตรทั่วไปดังนี้

$$P_{loss}(\Delta Q) = \Delta Q \times p_1$$

และสูตรสำเร็จดังนี้

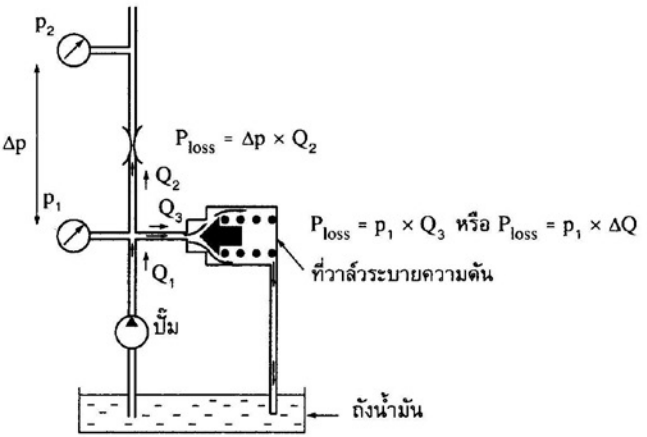
$$P_{loss}(\Delta Q) = \frac{\Delta Q \times p_1}{600} \quad kW \qquad .....(1.17)$$

SE-ED
inspiration starts here

เมื่อ $P_{loss}(\Delta Q)$ = กำลังงานสูญเสียเนื่องจากปริมาณน้ำมันในระบบ มีหน่วยเป็น kW

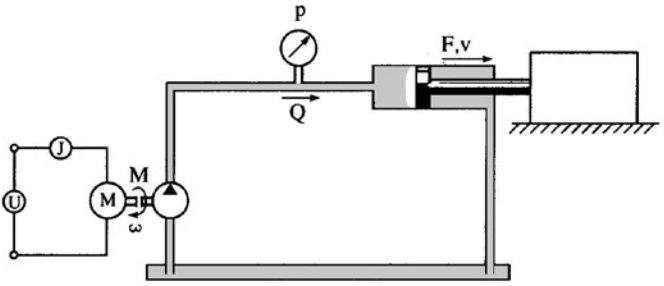
ΔQ = ปริมาตรน้ำมันสูญเสียในระบบ (ไหลผ่านวาล์วระบายความดัน) มีหน่วยเป็น ℓ/min

p_1 = ความดันในระบบ มีหน่วยเป็น bar



รูปที่ 1.27 วงจรแสดงกำลังงานสูญเสียเนื่องจากความดันและปริมาตรน้ำมัน

สรุป การหากำลังงานของการเปลี่ยนพลังงานในระบบไฮดรอลิกส์เริ่มจากต้นกำลังจนถึงส่วนให้กำลัง ดังแสดงในรูปที่ 1.28



พลังงานไฟฟ้า	*พลังงานกล*	*พลังงานไฮดรอลิกส์*	*พลังงานกล*
$P = U \times J$	$P = M_t \times \omega$	$P = p \times Q$	$P = F \times v$
$W = V \times A$	$W = Nm \times \frac{1}{s}$	$W = \frac{N}{m^2} \times \frac{m^3}{s}$	$W = N \times \frac{m}{s}$
	$W = \frac{Nm}{s}$	$= \frac{N \times m}{s}$	$W = \frac{N \times m}{s}$

SE-ED
inspiration starts here

รูปที่ 1.28 แสดงวงจรการส่งถ่ายกำลังงานจากต้นกำลังถึงส่วนให้กำลัง

หน่วยที่ใช้ในการคำนวณในระบบ SI units และหน่วยการใช้งาน แสดงได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงหน่วยการคำนวณในระบบ SI units และหน่วยการใช้งาน

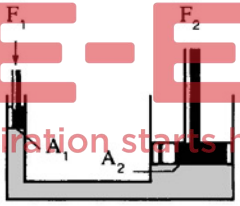
	หน่วย SI	หน่วยการใช้งาน
มวล (mass)	กิโลกรัม (kg) $1\ kg = 0.102\ \frac{kgf \times s^2}{m}$ $9.81\ kg = 1\ \frac{kgf \times s^2}{m}$	$\frac{kgf \times s^2}{m}$
แรง (force)	นิวตัน (N) $1\ N = 1\ \frac{kg \times m}{s^2}$ $1\ N = 1.02\ kgf$ $9.81\ N = 1\ kgf$	กิโลกรัมแรง (kgf)
ความดัน (pressure)	ปาสคาล (Pa) $1\ Pa = 1\ \frac{N}{m^2}$ บาร์ (bar) $1\ bar = 10^5\ Pa$ $1\ bar = 10\ N/cm^2$ $= \frac{daN}{cm^2}$ $1\ bar = 1.02\ \frac{kgf}{cm^2}$ $0.981\ bar = 1\ \frac{kgf}{cm^2}$	บรรยากาศ $1\ at = 1\ \frac{kgf}{cm^2}$

SE-ED
inspiration starts here

แบบฝึกหัด

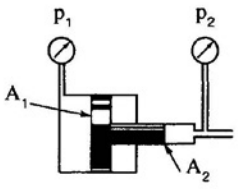
1. จงอธิบายหน่วยงานอุตสาหกรรมที่ใช้ระบบไฮดรอลิกส์มา 3 หน่วยงาน
2. จงอธิบายความหมายคำว่า "ไฮดรอลิกส์ปัจจุบัน" หมายถึงอะไร?
3. จงบอกข้อดีและข้อเสียในระบบไฮดรอลิกส์มาอย่างละ 2 ข้อ
4. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างแรงกระทำ F และความดัน p มาให้เข้าใจ
5. จงคำนวณหาแรง F_2 จากวงจรไฮดรอลิกส์เนื่องจาก p คงที่ ถ้ากำหนดให้ F_1 เท่ากับ 10 N กระทำต่อพื้นที่ A_1 = 10 cm^2 ส่งถ่ายแรงไปยังพื้นที่ A_2 = 100 cm^2 ดูรูปที่ 1.29

SE-ED
inspiration starts here



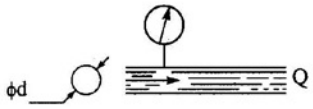
รูปที่ 1.29

6. จงคำนวณหา p_2 จากวงจรไฮดรอลิกส์เนื่องจาก F คงที่ ถ้ากำหนดให้ ความดัน 20 bar จะกระทำต่อพื้นที่ A_1 = 20 cm^2 ส่งถ่ายแรงไปยังพื้นที่ A_2 มีพื้นที่ 5 cm^2 ดูรูปที่ 1.30



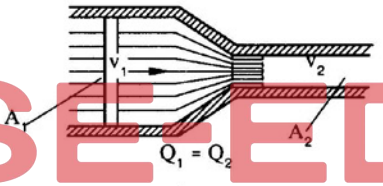
รูปที่ 1.30

7. จงคำนวณหาอัตราการไหล Q ที่ไหลผ่านท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางในท่อ 150 mm ด้วยความเร็ว 1.5 m/min ดูรูปที่ 1.31



รูปที่ 1.31

8. จงคำนวณหา v_2 ที่ไหลผ่านท่อขนาดไม่เท่ากัน ถ้าอัตราการไหลทางเข้ากับทางออกเท่ากัน กำหนดให้ พื้นที่ไหลเข้า A_1 = 100 cm^2 ด้วยความเร็ว v_1 = 1.2 m/min ไหลผ่านพื้นที่ A_2 = 20 cm^2 ดูรูปที่ 1.32



รูปที่ 1.32

SEED
inspiration starts here

9. จงคำนวณหาลักษณะการไหลของไฮดรอลิกส์ที่ไหลผ่านท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 50 mm ด้วยความเร็ว 2 m/s ความหนืดจลน์ของน้ำมัน 35 cSt จงบอกลักษณะการไหลแบบสม่ำเสมอหรือปั่นป่วน (ใช้กฎของ Reynold's Number)

10. จงบอกสาเหตุความดันตกคร่อมขณะที่น้ำมันไฮดรอลิกส์ไหลผ่านท่อมา 4 ข้อ

2 หน่วยจ่ายพลังงาน

2.1 น้ำมันและน้ำมันไฮดรอลิกส์

น้ำมันไฮดรอลิกส์ในระบบทำหน้าที่หลักเป็นตัวส่งกำลัง และยังทำหน้าที่อื่น ๆ ดังต่อไปนี้

1. เป็นตัวหล่อลื่นและป้องกันสนิม
2. เป็นตัวแยกสิ่งสกปรกเอาไว้ในน้ำมัน
3. ลดความร้อนให้กับอุปกรณ์

SE-ED
inspiration starts here

2.2 ถังใส่น้ำมัน

ปริมาณน้ำมันที่บรรจุอยู่ในถังใส่น้ำมันควรมี 3 ถึง 5 เท่าของอัตราไหล (flow rate) ของปั๊มไฮดรอลิกส์ และถังน้ำมันที่ใช้กับไฮดรอลิกส์ในยานยนต์ควรมีน้ำมันบรรจุในถังอย่างน้อยปริมาณเท่าตัวของอัตราไหลของปั๊มไฮดรอลิกส์ ในระบบไฮดรอลิกส์ถังใส่น้ำมันยังเป็นที่ติดตั้งของอุปกรณ์ต่อไปนี้ (ดูรูปที่ 2.1 ประกอบ)

1. ชุดกรองอากาศ (air filter)
2. ข้อต่อน้ำมันไหลกลับ (return line connection)
3. ฝาครอบ (removable cover)
4. ก้านวัดระดับน้ำมันและไส้กรองน้ำมันทางด้านดูด (filter with dipstick and suction filter)
5. ท่อดูดน้ำมัน (suction line)

ไฮดรอลิกส์

หนังสือ *ไฮดรอลิกส์* เล่มนี้ เรียบเรียงจากประสบการณ์ในการสอนของผู้เขียน และหนังสืออ้างอิงจากต่างประเทศ เพื่อให้นักศึกษาในระดับ ปวส. สาขาเครื่องกล สาขาไฟฟ้า และสาขาเทคนิคการผลิต ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล และวิทยาลัยเทคนิค กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ สามารถนำไปใช้ในการประกอบการเรียนได้ ซึ่งมีเนื้อหาทั้งสิ้น 10 บท พร้อมทั้งตัวอย่างการคำนวณและรูปประกอบคำอธิบาย เพื่อเพิ่มความเข้าใจในวิชาไฮดรอลิกส์มากยิ่งขึ้น

หนังสือเล่มนี้สามารถใช้อ้างอิงได้ตามหลักสูตรของเทคโนโลยีราชมงคล และวิทยาลัยเทคนิค กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ที่ได้จัดการเรียนการสอนในวิชาไฮดรอลิกส์นี้ อย่างไรก็ตาม ผู้ที่สนใจในวิชาไฮดรอลิกส์ทั่วไปก็สามารถจะค้นคว้าด้วยตนเองจากหนังสือเล่มนี้ได้

SE-ED
inspiration starts here

ประวิตร ลิมปะวัฒนะ

ประวัติผู้เขียน

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ 3 ระดับ 8 ประจำสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น

การศึกษา

- ครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- Cert.in Voc. Teacher Training Berlin
- ได้รับการฝึกอบรมทางด้านนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์ ทั้งจากประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน และในประเทศไทย

www.se-ed.com
ISBN 978-974-512-928-3
9 789745 129283
135 บาท
วิทยาการและเทคโนโลยี-อุตสาหกรรม, อุตสาหการ