การศึกษาการออกแบบและพัฒนาระบบไฮดรอลิกส์แท่นยกเทอ้อย

A Study on Design and Development Hydraulics System of Sugarcane Pedestal Lift

ดร.โชติวัธน์ ศุภิรัตนกุล

สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบหาตำแหน่งการติดตั้งชิ้นส่วน และคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์สำหรับแท่นยกเทอ้อย โดยน้ำหนักที่จะต้องยกเทประกอบไปด้วย น้ำหนักรถที่บรรทุกอ้อยจากจำนวนทั้งหมด 194 เที่ยว มีค่าต่ำสุดและสูงสุดอยู่ที่ 41.80 และ 49.51 ตัน ตามลำดับ กำหนดเพิ่มอีก 3% ของน้ำหนักสูงสุดเพื่อความปลอดภัย มีค่าเท่ากับ 51 ตัน ส่วนน้ำหนักแท่นยกเท 11.25 ตัน เมื่อพิจารณาเป็นแรงแผ่กระจาย 1.278 ตันต่อเมตร โดยทำการยกเททำมุม 45^0 ตำแหน่งที่มีแรงกระทำสูงสุดจะมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดที่กระทำกับแท่นยกเท และจะเกิดขึ้นที่แรงเฉือนเท่ากับ 0 โดยมีค่าเท่ากับ123.5 ตัน-เมตร มีระยะห่างจากด้านหน้าแท่นยกเท y = 4.8 เมตร และระยะห่างจากด้านข้างของแท่นยกเท x = 1.6 เมตร ซึ่งต้องใช้กระบอกสูบ ไฮดรอลิกส์ขนาด 6.5 นิ้ว ก้านสูบ 4 นิ้ว และควรใช้ปั๊มแบบดับเบิ้ลปั๊มขนาด 16 แกลลอนต่อนาที และ 8.62 แกลลอนต่อนาที ที่ความเร็วรอบปั๊ม 3,000 รอบต่อนาที และใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาด 15 แรงม้า ขนาดของถังพักรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าความจุ 50 แกลลอน

คำสืบค้น

แท่นยกเท, ระบบไฮดรอลิกส์, อ้อย

บทนำ

แท่นยกเทอ้อยเป็นเครื่องจักรกลอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญในโรงงานผลิตน้ำตาล ซึ่งทำหน้าที่ในการยกรถบรรทุกอ้อยให้มีมุมเอียง 45^0 มุมนี้เป็นมุมที่มีค่ามาก ว่ามุมกองของวัสดุ(อ้อย) และทำให้อ้อยไหลออกจากกระบะลงสู่พื้นสะพานลำเลียงเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายต่อไป ในฤดูที่มีการเก็บเกี่ยวอ้อยมาก ปริมาณของอ้อยที่เข้าสู่โรงงานในแต่ละวันก็มีมาก ส่งผลให้มีการรอที่จะส่งมอบอ้อย เข้าสู่กระบวนการผลิตในโรงงาน หากรอนานจะก่อให้เกิดการสูญเสียเวลาและความสดใหม่ของอ้อย ด้วยปัญหาดังกล่าวข้างต้นจึงได้มีการพัฒนา ระบบการยกเทอ้อยขึ้นโดยใช้แท่นยกเทแบบใช้กระบอก ไฮดรอลิกส์แบบเอียงแทนแบบเดิมที่เป็นกระบอกตรงแนวดิ่ง ในการออกแบบระบบแท่นยกเทอ้อย ได้นำหลักการเคลื่อนที่ของกระบอกไฮดรอลิกส์ในแนวนอน และเอียงตามการเคลื่อนที่ขึ้นลงของแท่นยกเท โดยทั้งหมดเป็นการวิจัยและพัฒนาแท่นยกเทอ้อยตลอดจนออกแบบและคำนวณหาค่าแรงที่กระทำกับแท่นยกเทอ้อยแบบ Static load และออกแบบระบบไฮดรอลิกส์

รูปที่ 1 รถบรรทุกที่ขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน

รูปที่ 2 อ้อยจากรถสู่สายพาน

รูปที่ 3 อ้อยจากสายพานสู่โรงหีบ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

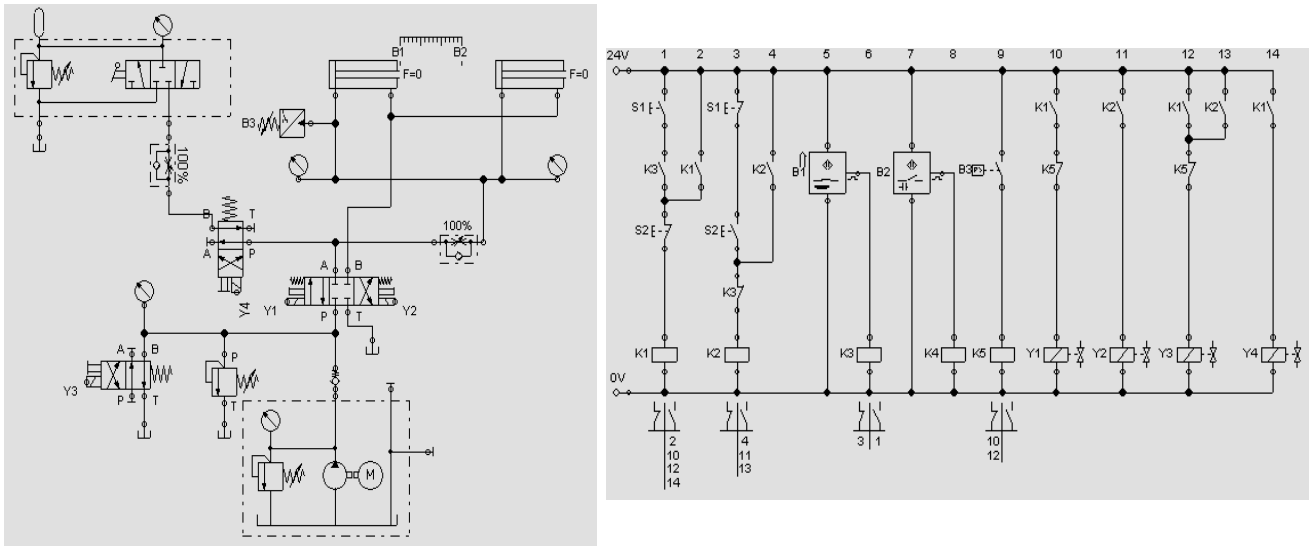
ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและหาตำแหน่งการติดตั้งชิ้นส่วนที่เหมาะสม ในการยกแท่นอ้อย โดยได้นำหลักการเคลื่อนที่ของกระบอกไฮดรอลิกส์ในแนวนอนและเอียงตามการเคลื่อนที่ขึ้นลงของแท่นยกเทตลอดจนคำนวณหาค่าแรงที่กระทำกับแท่นยกเทอ้อยแบบ Static load และออกแบบระบบไฮดรอลิกส์

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบเพื่อหาตำแหน่ง การติดตั้งชิ้นส่วน และคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์ ที่เหมาะสมที่ต้องใช้สำหรับแท่นยกเทอ้อย ระบบไฮดรอลิกส์แท่นยกเทอ้อยมีโครงสร้างเป็นเหล็ก ขนาดที่ใช้ในการออกแบบมีขนาด 3.2 x 8.8 เมตร และใช้ระบบไฟฟ้าในการควบคุมการทำงาน ของอุปกรณ์ในระบบไฮดรอลิกส์ ดังรูปที่ 4 แสดงวงจรของ ระบบไฮดรอลิกส์แท่นยกเทอ้อย เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานในรูปแบบที่ต้องการ ซึ่งจะทำให้กระบอกสูบยืด และหดตัวตามการออกแบบและคำนวณไว้ ระบบไฮดรอลิกส์ แท่นยกเทอ้อยหนึ่งชุดจะมีแท่นยกเท 2 แท่น ซึ่งจะทำงานสลับกัน การทำงานของปั้ม ไฮดรอลิกส์จะได้รับกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า หมุนขับสร้างแรงดันให้แก่ระบบ และการทำงานจะใช้ระบบไฟฟ้าควบคุมอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์ให้ เปิด-ปิด ในทิศทางที่ต้องการได้ สำหรับกระบวนการผลิตน้ำตาลนั้นจะผลิตตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งจะต้องมีการยกเทอ้อยตลอด 24 ชั่วโมงเช่นกัน ทำให้ชุด

ต้นกำลังทำงานตลอดเวลา ดังนั้น ในระบบไฮดรอลิกส์ยกเทอ้อยจึงจำเป็นต้องมีชุดต้นกำลังสำรองอีกชุดหนึ่ง เพื่อสับเปลี่ยนการทำงานช่วงละ 12 ชั่วโมง เพื่อป้องกันไม่ให้ปั้ม และมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานหนักเกินไป[4] การทำงานของแท่นยกเทอ้อยจะทำงานเหมือนกันทุกแท่น จึงจะอธิบายการทำงานเฉพาะแท่นยกเทอ้อยเพียงหนึ่งแท่น ซึ่งการทำงานมี หลักการดังนี้

การยกแท่นยกเทขึ้นเมื่อปั้มพร้อมทำงาน เมื่อลูกสูบอยู่ในตำแหน่ง ดังรูปที่ 4 จะกดสวิทช์ B1 ทำให้ไฟฟ้าครบวงจรที่ จุด 5 และไฟฟ้าครบวงจรที่ จุด 6 รีเลย์ k3 ทำงานทำให้เลื่อนตำแหน่งสวิทช์ k3 ที่ จุด 1 เมื่อกดสวิทช์ดั้มพ์ S1 ไฟฟ้าจะผ่าน S2 มาครบวงจรที่รีเลย์ k1 และทำให้เลื่อนตำแหน่งสวิทช์ ที่ จุด 2 จะมีไฟฟ้ามาเลี้ยง จุด 1 อยู่ตลอดเวลา ที่ จุด 10 ไฟฟ้าครบวงจรทำให้ โซลีนอยด์ Y1 ทำงานน้ำมันจากปั้มไหลผ่านวาล์ว 4/3 ทำให้ลูกสูบเลื่อนออก ที่ จุด12 ไฟฟ้าครบวงจรทำให้โซลีนอยด์ Y3 ทำงาน วาล์ว 4/2 เลื่อนตำแหน่ง น้ำมันจากปั้มอีกตัวไหลไปสมทบ ช่วยทำให้แรงดันภายในระบบเพิ่มขึ้น ที่ จุด14 ไฟฟ้าครบวงจรทำให้โซลีนอยด์ Y4 ทำงาน วาล์ว 4/2 เลื่อนตำแหน่ง น้ำมันไหลไปยังชุดชุดชดเชยแรงดัน ไว้ใช้ในกรณีฉุกเฉินเมื่อชุดยกเทไม่สามารถยกดั้มพ์ขึ้นได้[4] เมื่อลูกสูบเลื่อนออกจนจนถึงจุดที่กำหนดจะไปกดสวิทช์ B2 ทำให้ไฟฟ้าใน จุด 7 ครบวงจร และส่งผลให้ไฟฟ้าครบวงจรที่ จุด 8 ทำให้รีเลย์ k4 ทำงานและจะแสดงผลเป็นหลอดไฟ แสดงถึงได้มีการยกเทจนถึงตำแหน่งที่ต้องการ เมื่อลูกสูบเลื่อนออกจนถึงจุดที่กำหนด แรงดันน้ำมันด้านลูกสูบถึงความดันที่กำหนดโดยมีสวิทช์ B3 เป็นตัวควบคุม เมื่อสวิทช์ B3 ทำงาน ไฟฟ้าที่ จุด 9 จะครบวงจรและมีไฟฟ้าไปเลี้ยงที่รีเลย์ k5 ทำให้สวิทช์ k5 เลื่อนตำแหน่งไปจากเดิมไปเป็นตำแหน่งเปิด ทำให้ตัดไฟฟ้าที่ จุด 10 และ จุด 12 โซลีนอยด์วาล์ว Y1 และ Y3 เลื่อนกลับมายังตำแหน่ง 0 โดยสปริง(ไม่มีการส่งจ่ายน้ำมัน) เป็นการบล็อควงจรเพื่อไม่ให้ลูกสูบเคลื่อนที่จากตำแหน่งสุดท้าย[7] และให้น้ำมันที่ไหลออกมาจากปั้ม จะไม่เกิดแรงดันเพิ่มมากขึ้น โดยให้น้ำมันไหลกลับคืนถังที่โซลีนอยด์วาล์ว Y3 ในขณะที่ปั้มและมอเตอร์ทำงานตลอดเวลา



รูปที่ 4 แสดงวงจรระบบไฮดรอลิกส์ของแท่นยกเทอ้อยและชุดควบคุมด้วยไฟฟ้า

การดึงแท่นเทกลับยังตำแหน่งเริ่มต้น เมื่อกดสวิทช์ S2 ไฟฟ้าจะครบวงจรที่ จุด 3 ทำให้รีเลย์ k2 ทำงาน เลื่อนตำแหน่งสวิทช์ k2 ที่ จุด 4 จะมีไฟฟ้ามาเลี้ยง จุด 3 อยู่ตลอดเวลา ที่ จุด 11 ไฟฟ้าจะครบวงจรทำให้ โซลีนอยด์วาล์ว Y2 ทำงานน้ำมันจะไหลไปยังด้านหลังของกระบอกสูบและน้ำมันด้านหัวลูกสูบจะถูกระบายลงถัง ที่ จุด 13 ไฟฟ้าจะครบวงจร ทำให้ โซลีนอยด์วาล์ว Y3 ทำงานน้ำมันจากปั้มจะไหลไปเพิ่มความดันในการการดึงแท่นเทกลับยังตำแหน่งเริ่มต้น ก็จะเป็นการครบหนึ่งรอบการทำงาน

ผลการวิเคราะห์คำนวณและออกแบบ

แท่นยกเทอ้อยขนาด 3.2 x 8.8 เมตร แต่ละแท่นจะมีกระบอกสูบจำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่ยกแท่นเทอ้อยและรถบรรทุกอ้อย ความดันที่เกิดขึ้นในระบบ ไฮดรอลิกส์เกิดจากน้ำหนักของรถบรรทุกอ้อยและน้ำหนักของแท่นยกเทอ้อย[8] ซึ่งจะคำนวณแรงที่เกิดขึ้น แรงดันน้ำมัน และความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกสูบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

น้ำหนักของแท่นยกและรถบรรทุกอ้อย

ก. แรงเนื่องจากน้ำหนักรถบรรทุกอ้อย

จากการสำรวจรถบรรทุกจำนวน 194 เที่ยว พบว่าการบรรทุกในแต่ละเที่ยว มีน้ำหนักบรรทุกเกินกว่าที่กฎหมายกำหนด โดยรถ 10 ล้อ มีน้ำหนักบรรทุกเฉลี่ยเท่ากับ 46.77 ตัน น้ำหนักต่ำสุดและสูงสุดที่บรรทุกอยู่ที่ 41.80 และ 49.51 ตัน ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักบรรทุกมาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนดไว้สำหรับรถ 10 ล้อ จะต้องไม่เกิน 26 ตัน แต่ในที่นี้จะกำหนดเพิ่มอีก 3% ของน้ำหนักสูงสุดเพื่อความปลอดภัย[5] โดยจะมีค่าเท่ากับ 51 ตัน

ข. แรงเนื่องจากน้ำหนัก ของแท่นยกเท

อ้อยซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 4 ประกอบด้วยชิ้นส่วนดังนี้

- เหล็ก H ที่วางแนวตรง น้ำหนัก 49.6 kg/m

  = 49.6 kg/m x 22.4 m = 1111.04 kg

- เหล็กตัว C ที่วางเรียงด้านบน น้ำหนัก 24.6 kg/m

  = 24.6 kg/m x 8.8 m x 9 ท่อน = 1948.32 kg

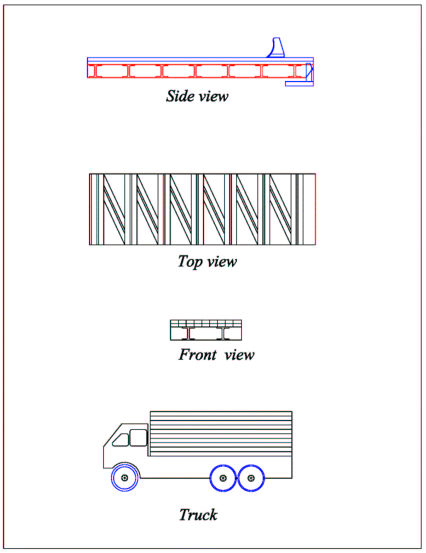
- เหล็ก H ที่วางแนวทแยง น้ำหนัก 106 kg/m

  = 106 kg/m x 21 m = 2226 kg

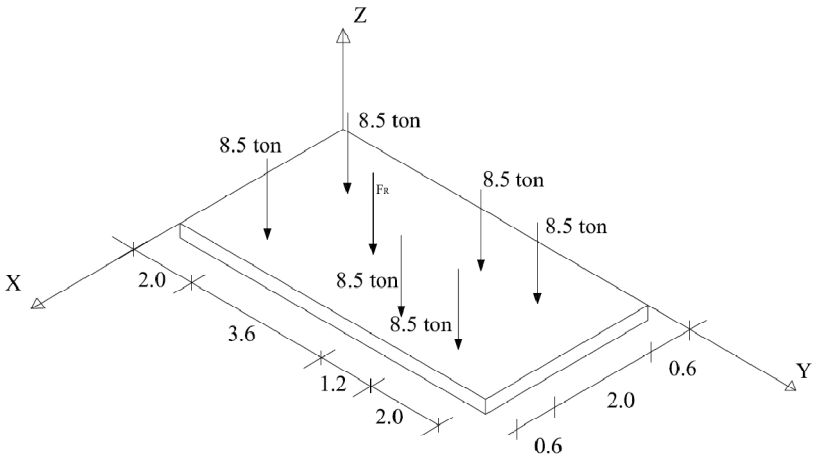
- เหล็กแผ่น หนา 10 mm น้ำหนัก 70.58 kg/m^2

  = 70.58 kg/m^2 x 3.2 m x 8.8 m x 3 แผ่น = 5962.6 kg

ดังนั้น รวมน้ำหนักโครงสร้างทั้งหมด = 11,247.96 kg เมื่อพิจารณาเป็นแรงแผ่กระจาย = 1,278.17 kg/m



รูปที่ 5 โครงสร้างของแท่นยกเทอ้อย



รูปที่ 6 แรงที่กระทำกับแท่นยกเทในแนวดิ่ง

- **การวิเคราะห์แรงที่กระทำกับแท่นยกเทและหาตำแหน่งของแรงลัพธ์**

น้ำหนักรถบรรทุก 51 ตัน แรงลงที่ล้อหน้า1/3 = 17 ตัน พิจารณาต่อล้อ = 8.5 ตัน แรงลงที่ล้อหลังคิดเป็น 2/3 = 34 ตัน

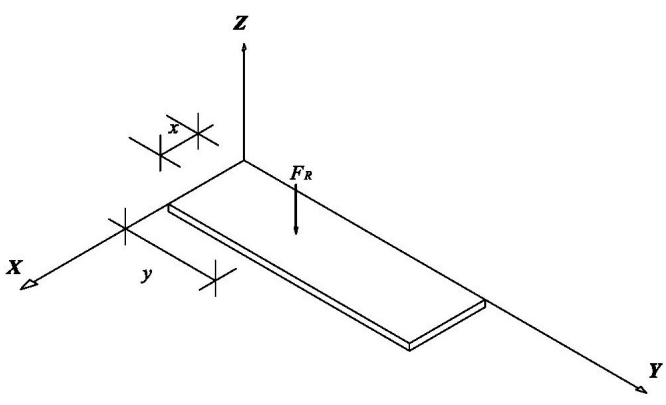
พิจารณาต่อล้อ = 8.5 ตัน(เนื่องจากล้อหลังเป็นคู่จึงพิจารณาแรงลงที่จุดเดียว)

หาค่าผลรวมของแรง $\sum F_R = \sum F; F_R = -8.5-8.5-8.5-8.5-8.5-8.5$ (1)

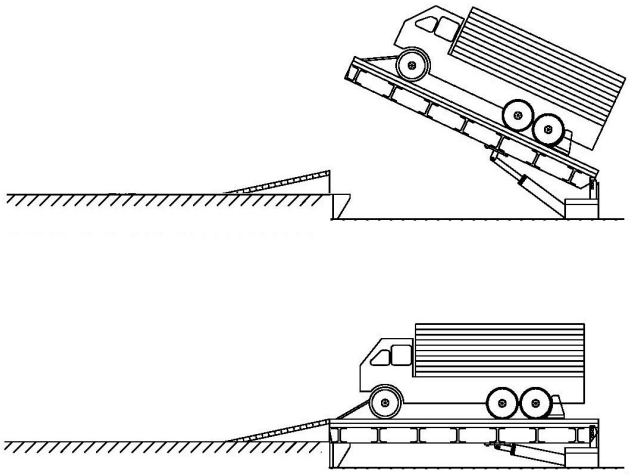
$$F_R = -51 \quad ton$$

พิจารณาโมเมนต์รอบแกน X โดยที่ $\sum M_{RX} = \sum M_X;\ y = 4.8 \ \ m$ (2)

พิจารณาโมเมนต์รอบแกน Y โดยที่ $\sum M_{RY} = \sum M_Y;\ x = 1.6 \ \ m$ (3)



รูปที่ 7 ตำแหน่งที่แรงลัพธ์กระทำกับแท่นยกเทใน



รูปที่ 8 ลักษณะการทำงานของแท่นยกเทอ้อยที่พัฒนาขึ้น

$$\sum F_Y = 0; \quad R_1 + R_2 = 51,000 + 1,278.17(8.8) \tag{4}$$

$$\sum M_{R1} = 0; \quad R_2(8.8) = 51,000(4.8) + 1,278.17(8.8) \times 8.8/2 \tag{5}$$

$$R_1 = 28805.76 \quad kg$$

$$R_2 = 33442.13 \quad kg$$

จากรูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์โมเมนต์ดัดและแรงเฉือน

พิจารณาที่ $0 \le x \le 4.8$

$$V = 28805.76 - 1278.17x$$

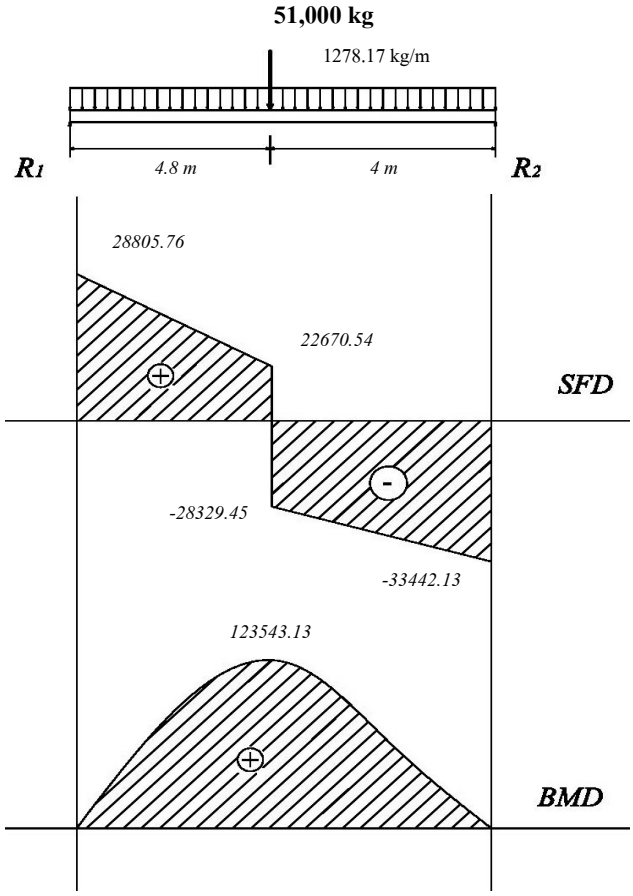
$$M = 28805.76x - 1278.17x^2/2$$

พิจารณาที่ $4.8 \le x \le 8.8$

$$V = 28805.76 - 51000 - 1278.17x$$

$$M = 28805.76x - 51000(x - 4.8) - 1278.17x^2/2$$

ผลการวิเคราะห์จะมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดที่แรงเฉือน = 0 โดยมีค่าเท่ากับ 123,543.13 kg-m ที่ระยะห่างจากจุดของ R_1ไปทางขวา 4.8 m



รูปที่ 9 แผนภาพโมเมนต์ดัดและแรงเฉือน

- **การคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์ กำหนดให้**

F = แรงที่ต้องการ 51+11.25 = 62.25 ton = 137,000 lb

V_1 = ความเร็วลูกสูบขณะเลื่อนออกเพื่อความปลอดภัยในการยกเท 2.5 cm/sec = 1.0 in/sec

V_2 = ความเร็วลูกสูบขณะถอยกลับเพื่อความรวดเร็วในทำงาน 7.6 cm/sec = 3.0 in/sec

P = ความดันที่ปั้ม (เป็นอุปกรณ์ที่โรงงานกำหนด) P_{high}= 2,200 lb/in , P_{low}= 500 lb/in

ขนาดกระบอกสูบซึ่งใช้กระบอกสูบ 2 ตัว/แท่นยกเทรับแรงเท่ากับ F/2 = 68,500 lb $A = F/P = 31.14 \text{ in}^2$

$D = 6.29$ in ไม่มีจำหน่ายในท้องตลาด[3] เลือก D กระบอกสูบ = 6.5 in, d ก้านสูบ = 4 in , A_1 = 33.18 in^2 , A_2 = 20.61 in^2

คำนวณหาขนาดปั้มในจังหวะลูกสูบเลื่อนออกเพื่อยกเท $Q_1 = V_1 A_1 = 33.18 \text{ in}^3/\text{sec} = 8.62 \text{ GPM}$

ในจังหวะลูกสูบถอยกลับเข้าเก็บ $Q_2 = V_2 A_2 = 61.83 \text{ in}^3/\text{sec} = 16.07 \text{ GPM}$

เพราะฉะนั้นใช้ปั้มแบบดับเบิลปั้ม ขนาด 16 GPM และ 8.62 GPM ที่ 3,000 rpm ขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้า

HP_1 = $Q_1 \times P_{High} / 1,714 + Safety\ Factor\ 20\%$

= $8.62 \times 2200 / 1,714 + Safety\ Factor\ 20\%$

= 13.27 แรงม้า ขณะลูกสูบเลื่อนออก

HP_2 = $Q_{total} \times P_{Low} / 1,714 + Safety\ Factor\ 20\%$

= $(16 + 8.62) \times 500 / 1,714 + Safety\ Factor\ 20\%$

= 10.31 แรงม้า ขณะลูกสูบถอยกลับ

อภิปรายผล

จากการสำรวจรถบรรทุกจำนวน 194 เที่ยว พบว่าการบรรทุกในแต่ละเที่ยวมีน้ำหนักบรรทุกเกินกว่าที่กฎหมายกำหนด โดยรถ 10 ล้อ มีน้ำหนักบรรทุกเฉลี่ยเท่ากับ 46.77 ตัน น้ำหนักต่ำสุดและสูงสุดที่บรรทุกอยู่ที่ 41.80 และ 49.51 ตัน ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักบรรทุกมาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนดไว้สำหรับรถ 10 ล้อ จะต้องไม่เกิน 26 ตัน แต่ในที่นี้จะกำหนดให้มีค่า 51 ตัน ซึ่งเป็นผลดีสำหรับอุปกรณ์สามารถทำงานได้โดยไม่เกินภาระการทำงาน ส่วนการพิจารณาเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในการขับปั้มที่จังหวะการทำงานของลูกสูบทั้งหมดขนาด 15 แรงม้า ต่อชุดแท่นยกเท เนื่องจากอาจใช้ความดันเกินกว่า ความดันที่ระบุไว้ในการยกเทได้ ข้อกำหนดในการออกแบบถังพัก [1] กำหนดให้ใช้ถังพักที่มีขนาดเล็กที่สุดควรมีความจุน้ำมันได้ไม่ต่ำกว่า 3 เท่า ของอัตราการไหล ดังนั้น ขนาดถังพัก 3×16 เท่ากับ 48 แกลลอน เลือกใช้ถังพักเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดความจุ 50 แกลลอน

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์แรงและคำนวณหาขนาดที่เหมาะสมของอุปกรณ์ไฮโดรลิกส์พบว่า ต้องใช้กระบอกสูบชนิดทำงานสองทาง 2 ตัว/แท่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ 6.5 นิ้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ 4 นิ้ว ระยะชัก 3 เมตร วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/3 จำนวน 1 ตัว บังคับทิศทางโดยใช้โซลินอยด์วาล์ว ควบคุมทิศทางแบบ 4/2 จำนวน 2 ตัว บังคับทิศทางโดยใช้โซลินอยด์ วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/3 จำนวน 1 ตัว บังคับทิศทางโดยใช้คันโยก วาล์วกันกลับ จำนวน 1 ตัว วาล์วหรี่แบบปรับค่าได้มีเช็ควาล์วในตัว จำนวน 1 ตัว เกจวัดความดันใช้ขนาดที่อ่านความดันได้ตั้งแต่ 0-3,500 Psia จำนวน 3 ตัว วาล์วปลดความดัน จำนวน 2 ตัว ชุดชดเชยแรงดันหรือสะสมแรงดัน 1 ชุด ปั้มแบบเฟืองฟันนอก 2 ตัว/แท่น ถังพักขนาดความจุ 50 แกลลอน เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า กรองหยาบแบบลวดแสตนเลส ขนาด 10 เมช มอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 15 แรงม้า 2 ตัว

ข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่พบมากของแท่นยกเท คือ มีการรั่วซึมที่ซีลยางระหว่างกระบอกสูบและก้านสูบ พบว่าเนื่องจากก้านสูบยาวเกินไป และตำแหน่งจุดติดตั้งกระบอก ไฮดรอลิกส์ ไม่อยู่ในตำแหน่งของแนวแรงลัพท์ส่งผลให้เกิดแรงดึง และเฉือนที่ชุดกระบอกสูบไฮดรอลิกส์เพิ่มมากขึ้นในขณะระบบใช้งาน และได้แก้ไขปัญหาโดยพัฒนาเป็นกระบอกสูบเอียง ตลอดจนหาจุดของแนวแรงลัพท์ก่อนการติดตั้งชุดไฮดรอลิกส์ การวิเคราะห์หาอุปกรณ์ชิ้นส่วนไฮดรอลิกส์ ทำให้ได้ขนาดของอุปกรณ์ แต่ในความเป็นจริง ไม่ได้มีการผลิตขายทุกขนาดเพราะ ฉะนั้นควรตรวจเช็คอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายควบคู่กันไปด้วย[3] แล้วจึงทำการคำนวณย้อนกลับจากอุปกรณ์ที่มี จะทำให้ได้ขนาดอุปกรณ์ที่มีความถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งาน

บรรณานุกรม

[1] ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร. (2537). ไฮดรอลิกส์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[2] ณรงค์ ตันชีวะวงค์. (2540). ระบบไฮดรอลิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[3] ปราโมช ใจกล้า. (2544). เอกสารรายละเอียดสินค้าอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์. กรุงเทพฯ : ยูเธนิค จำกัด.

[4] วินิต ชินสุวรรณ. (2525). ระบบไฮดรอลิกส์อุตสาหกรรม. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[5] Esposito, A. (1994). Fluid Power with Applications. 3rd ed. New Jersey. Prentice Hall.

[6] Sullivan, J.A. (1989). Fluid Power Theory and Applications. 3rd ed. New Jersey.Prentice Hall.

[7] Stewart, H.C. and Philbin, T. (1987). Pneumatics and Hydraulics. New York. Macmillan.

[8] Barnaby J. Watten and L. Todd Beck (1987). Comparative hydraulics of a rectangular cross-flow rearing unit, Aquacultural Engineering, Volume 6, Issue 2, , Pages 127-140