CST-35

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เลือกโซ่ลูกกลิ้งด้วยการออกแบบเชิงออฟติมั่ม
Development of Roller Chain Selection Computer Program using Optimum Design

มนต์ศักดิ์ พิมสาร[1], และ ชลิศร ภูมิประสิทธิ์[2]*

[1,2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
*ติดต่อ: E-mail : emotipotion@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 080-910-6652

บทคัดย่อ

โซ่ลูกกลิ้งเป็นชิ้นส่วนทางกลที่ใช้ในการส่งผ่านกำลังที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย การเลือกใช้งานโซ่ลูกกลิ้งโดยปกตินั้นจะทำการเลือกใช้โซ่ตามที่ได้กำหนดไว้ตามแคตตาล็อก โดยขั้นตอนในการเลือกต้องใช้ข้อมูลกราฟและมีขั้นตอนการคำนวณซึ่งมีความซับซ้อน[1,6] ผลการออกแบบจะได้โซ่ลูกกลิ้งที่ถือว่าใช้งานได้ตามข้อกำหนดของการออกแบบ ดังนั้นบทความนี้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการ ออกแบบเลือกโซ่ลูกกลิ้งที่ใช้ในการส่งกำลัง เพื่อทดแทนวิธีการดั้งเดิมที่ต้องใช้การอ่านข้อมูลจากกราฟและการคำนวณด้วยมือ นอกจากนั้นโปรแกรมที่พัฒนายังสามารถให้ทางเลือกการออกแบบได้ว่าจะออกแบบให้ได้มวลรวมของระบบโซ่น้อยที่สุดหรือให้ระบบโซ่มีขนาดเล็กที่สุด ซึ่งในบทความนี้ได้ใช้หลักการออกแบบเชิงออฟติมั่มเพื่อนำมาใช้ในการเลือกโซ่ลูกกลิ้งตามเป้าหมายของการออกแบบ นอกจากนั้นโปรแกรมนี้ยังสามารถกำหนดเลือกโซ่ส่งกำลังตามมาตรฐาน ANSI (American National Standard Institute[1])หรือมาตราฐาน BS (British Standard[6])และสามารถเรียกใช้งานผ่าน Web browser ได้เพราะโปรแกรมถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยภาษา Javascript ในการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมนั้นได้นำกรณีศึกษาจากตัวอย่างในแคตตาล็อก [1,6]มาออกแบบเปรียบเทียบ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้โปรแกรมนี้สามารถที่จะทดแทนวิธีการเลือกแบบเดิมได้เป็นอย่างดี จากนั้นได้นำเสนอตัวอย่างการออกแบบเชิงออฟติมั่มขึ้นมาเพื่อแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาสามารถออกแบบได้ตามเป้าหมายการออกแบบ

Abstract

Roller chain is a mechanical part widely used in transmission. Normally, the selection of roller chains is made based on the specification available in the catalogue. In the process of such selection, graphical data and complicated computation are involved [1,6]. The obtained result is considered as usable design, since all the required specifications are met. Therefore, this article is to demonstrate the development of a computer program that assists in the design of the selection of roller chains used in transmission to replace the traditional method which involves obtaining data from graphs and manual computation. The developed program is also capable of providing designing choices as to whether minimum total mass of chain drive system or smallest chain drive system is needed. In this article, the Optimum design is used to select the roller chains in order to be in accordance with the design goal. In addition, the program is capable of defining the choice of roller chains in compliance with ANSI (American

National Standard Institute [1]) Standard or BS (British Standard [6]) and being opened via web browsers as it is developed using Javascript. In verifying the accuracy of the program, cases from examples in the catalogues [1,6] are used to compare the design. The result is that this program can impeccably replace the traditional selecting method. Furthermore, the illustration of examples of the optimum design is made to demonstrate that the developed program is capable of designing in accordance with the design goal.

1. บทนำ

ระบบการส่งกำลังของเครื่องจักรกลในงานอุตสาหกรรม เป็นระบบสำคัญที่เป็นตัวช่วยในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกล เพื่อทำให้เกิดการผลิตหรือกระบวนการในอุตสาหกรรม โดยทั่วไประบบส่งกำลังในงานอุตสาหกรรม มักจะแยกออกเป็นหลายประเภทตามความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานในส่วนต่างๆ ของงานอุตสาหกรรม ในบทความนี้จะขอกล่าวถึงระบบส่งกำลังด้วยโซ่แบบลูกกลิ้ง (Roller Chain Drives) ที่เป็นไปตามมาตรฐาน ANSI (American National Standard Institute) และมาตรฐาน BS (British standard)ซึ่งเป็นการส่งกำลังที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง ข้อดีของโซ่คือมีความแข็งแรงสูงและสามารถใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิที่สูงได้

การเลือกใช้โซ่แบบลูกกลิ้งจะเลือกจากแคตตาล็อกที่มีอยู่ โดยวิธีการแบบเดิมซึ่งจะใช้ตารางและการคำนวณมือในการเลือก นอกจากนี้ผู้ออกแบบยังต้องมีความรู้เกี่ยวกับหลักการออกแบบและคุ้นเคยกับการตรวจสอบการเลือกโซ่อย่างละเอียด วิธีแบบเดิมจะยุ่งยากและเสียเวลาในการคำนวณ

จากงานวิจัยของ K.H.Low [1] ได้นำเสนอวิธีการเลือกโซ่ส่งกำลังโดยหาจำนวนฟันเฟืองที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมที่สุดในการส่งกำลังและได้สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมาช่วยในการเลือกโซ่ โดยอาศัยกระบวนการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถทดแทนวิธีการเลือกแบบใช้กราฟและตารางได้ดี

บริษัท Renold [5]ซึ่งเป็นบริษัทขนาดใหญ่ที่ผลิตอุปกรณ์ส่งกำลังที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ได้เขียนโปรแกรมชื่อว่า Renold Chain Selector ขึ้นบนบนเว็ปไซด์ของบริษัทซึ่งเปิดให้บุคคลทั่วไปสามารถเข้าไปใช้งานได้ เป็นโปรแกรมที่ช่วยเลือกโซ่ลูกกลิ้งส่งกำลัง โดยโปรแกรมนี้จะต้องใส่ค่าอย่างละเอียดเพื่อทำการเลือกโดยจะแสดงข้อมูลทั้งหมดของชุดโซ่ส่งกำลังเพียงชุดเดียวเท่านั้น

และงานวิจัยของ มนต์ศักดิ์ พิมสาร [2] ได้นำเสนอวิธีการออกแบบชุดเฟืองฟันตรงและฟันเฉียงด้วยวิธีการทางออพติมัม โดยมีแนวทางเป้าหมาย 2 แนวทางคือให้ได้ชุดเฟืองที่มีระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของเฟืองที่สั้นที่สุดหรือให้ได้ชุดเฟืองที่มีปริมาตรน้อยที่สุด

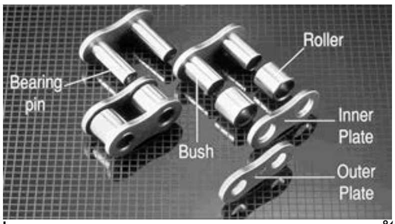
ด้วยเหตุนี้จุดมุ่งหมายของงานครั้งนี้จะนำเสนอโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาเป็นทางเลือกหนึ่งในการเลือกใช้โซ่ส่งกำลัง โดยเขียนโปรแกรม ขึ้นมา ให้สามารถทำงานบน Web Browser ได้ซึ่งสะดวกแก่การเรียกใช้งาน โดยมีแนวทางเป้าหมาย 2 แนวทางคือให้ได้น้ำหนักมวลรวมทั้งระบบที่น้อยที่สุดหรือเป้าหมายที่ให้ได้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเฟืองโซ่ทั้งสองที่น้อยที่สุด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบส่งกำลังด้วยโซ่

ในการออกแบบเลือกระบบส่งกำลังด้วยโซ่ลูกกลิ้งความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการคำนึงถึงมีดังต่อไปนี้

2.1.1 ส่วนประกอบของโซ่ลูกกลิ้ง

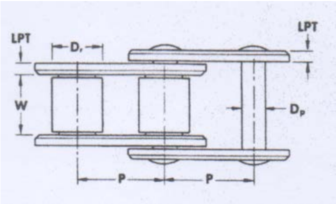


รูปที่ 1. แสดงส่วนประกอบของโซ่ลูกกลิ้ง[5]

สลัก (Bearing Pin),ปลอกสลัก (Bush),ลูกกลิ้ง (Roller),แผ่นประกบด้านนอก (Outer Plate),แผ่นประกบด้านใน(Plate)

2.1.2 ค่ามาตรฐานในการออกแบบโซ่ลูกกลิ้ง

ในการออกแบบโซ่ลูกก ลิ้งมีค่ามาตรฐานของการออกแบบตามมาตรฐานของ ANSI และ BS ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2. การออกแบบโซ่ลูกกลิ้ง[3]

ANSI	Pitch	Dr	Width	Dp	LTP
25	0.250	0.130	0.125	0.090	0.030
35	0.375	0.200	0.187	0.141	0.050
40	0.500	0.312	0.312	0.156	0.060
50	0.625	0.400	0.375	0.200	0.080

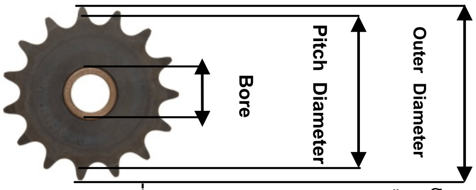
ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานโซ่ลูกกลิ้ง(ANSI) [3]

BS	Pitch	Dr	Width	Dp	LTP
06B	0.375	0.250	0.225	0.129	0.050
08B	0.500	0.335	0.305	0.175	0.060
10B	0.625	0.400	0.380	0.200	0.070
12B	0.750	0.475	0.460	0.225	0.072

ตารางที่ 2 ค่ามาตรฐานโซ่ลูกกลิ้ง (BS) [6]

2.1.3 เฟืองโซ่ (Sprocket)

เฟือง ขับที่นิยมใช้กับระบบส่งกำลังด้วยโซ่ลูกกลิ้งแบ่งได้ 3 แบบ โดยเรียกแต่ละแบบ ดังนี้ Type A คือเฟืองราบธรรมดาโดยไม่มีดุม, Type B คือเฟืองที่มีดุมแค่ข้างเดียว, Type C คือเฟืองที่มีดุมทั้งสองข้าง ในบทความนี้จะกำหนดเลือกใช้เฟืองขับ Type B เพราะเป็นที่นิยมใช้และมีจำนวนฟันเฟืองให้เลือกหลากหลายในแคตตาล๊อก [6]และการออกแบบ เฟืองขับของระบบส่งกำลังโดยการใช้โซ่นี้ ต้องคำนึงถึง 2 สิ่งคือ อัตราการทด (n) และระยะพิทช์ (P) ของโซ่กับเฟืองขับโซ่ต้องเท่ากันจึงจะทำให้การส่งกำลังเป็นไปได้ดี ซึ่งสามารถคำนวณได้ต่อไปนี้



รูปที่ 3. ส่วนประกอบของเฟืองโซ่[3]

$$OD = P/\sin\left(\frac{180}{N}\right) \qquad (1)$$

$$Dp = P\left(\cot\frac{180}{N} + 0.08\right) \qquad (2)$$

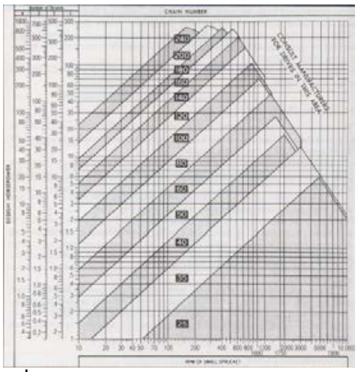
$$Max\ Bore = \frac{2}{3}\left(\cot\frac{180}{N} \times P\right) - (H + 0.05) \qquad (3)$$

2.2 การเลือกโซ่ส่งกำลังโดยวิธีทั่วไป

ในการ เลือกโซ่ลูกกลิ้งในระบบ ส่งกำลัง ชนิดของตัวต้นกำลังและประเภทของการทำงานมีส่วนในการใช้คำนวณ โดยใช้ค่า service factor [3] มาคำนวณหาค่าการออกแบบของกำลังส่ง (Design horsepower) การใช้กราฟอันดับแรกคือคำนวณหา Design horsepower จากสมการ

Design HP = กำลังส่ง x ค่า service factor

จากรูปที่ 3 เส้นในแนวตั้งคือค่าของ Design HP เส้นในแนวนอนคือความเร็วรอบของจานขับ พื้นที่ที่อยู่ในกราฟระหว่างเส้นทั้งสองคือเบอร์โซ่ที่เหมาะสมสำหรับ Design HP และความเร็วรอบที่ใช้


รูปที่ 4. กราฟแสดงอัตราการส่งกำลัง [3]

2.3 การเลือกโซ่จากสมการที่เกี่ยวข้อง[1]

อัตราการส่งกำลังของระบบส่งกำลังด้วยโซ่แบบลูกกลิ้งที่ดีจะสมมติฐานว่าระบบเป็นดังต่อไปนี้ (1) โซ่มีการหล่อลื่นที่ดี (2) โซ่ทำงานอยู่ภายใต้ภาวะที่เหมาะสม (3) โซ่มีอายุการใช้งานไม่เกิน 15000 ชั่วโมง (4) มีการจัดตำแหน่งของทั้งสองฟันเฟืองในตำแหน่งขนานกันในแนวนอน ซึ่งอัตราการส่งกำลังสูงสุดสามารถหาได้จากการเกิดความล้าและการเกิดการครูดที่ส่วนต่อไปนี้

1. ความเสียหายที่เกิดจากความล้าตรงแผ่นประกบ

$$HP_s = K_s n^{1.08} \omega^{0.9} p^{3.0-0.07p} \qquad (4)$$

2. อายุการใช้งานของลูกกลิ้งและสลัก (15,000 ชั่วโมง)

$$HP_r = \frac{K_r n^{1.5} p^{0.8}}{(\frac{\omega}{100})^{1.5}} \qquad (5)$$

3. ความเร็วสูงสุดที่จะทำให้เกิดการครูด

$$\left(\frac{\omega}{1000}\right)^{1.59\log p + 1.873} = \frac{82.5}{7.95^{p}\, 1.0278^{n}\, 1.323^{F/1000}} \qquad (6)$$

$$F = \frac{39600 HP \sin\left(\frac{\pi}{n}\right)}{\pi p \omega} \qquad (7)$$

ความยาวโซ่และระยะ ห่างระหว่าง ศูนย์กลาง ของเฟือง โซ่(Chain Length and Center Distance) สามารถหาได้จาก

$$L_p = \frac{N+n}{2} + C_p + \frac{(N+n)^2}{4\pi C_p} \qquad (8)$$

$$C = \frac{1}{4}\left\{\left[Lp - \frac{N+n}{2}\right] + \sqrt{\left[Lp - \frac{N+n}{2}\right]^2 - \frac{8(N-n)^2}{4\pi^2}}\right\} \qquad (9)$$

3. การพัฒนาขั้นตอนการเลือกโซ่ด้วยการออกแบบเชิงออพติมัม

ในการออกแบบเลือกชุดโซ่ส่งกำลังที่เหมาะสม โดยชุดโซ่ที่ได้ต้องเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ในบทความนี้เลือกใช้วิธีการเชิงตัวเลข ดังนั้นหัวข้อนี้จะนำเสนอสมการที่สำคัญใช้ในการออกแบบชุดโซ่ ประกอบไปด้วย สมการเป้าหมาย ตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบและสมการบังคับ

3.1 สมการเป้าหมาย (Objective function)

3.1.1 การออกแบบเพื่อให้ได้มวลรวมของระบบน้อยที่สุด

เพื่อให้ได้มวลรวมของชุดโซ่ส่งกำลังน้อยที่สุด ดังนั้นจะกำหนดสมการเป้าหมายดังนี้

$$Minimize\ M_{รวม} = M_{link} + M_s \qquad (10)$$

3.1.2 การออกแบบเพื่อให้ได้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเฟืองน้อยที่สุด

เพื่อหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเฟืองที่น้อยที่สุด ดังนั้นจะกำหนดสมการเป้าหมายดังนี้

$$Minimize\ C_{min} = \frac{(2N+2)}{6} \qquad (11)$$

3.2 ตัวแปรการออกแบบ

ในการออกแบบเลือกชุดโซ่ส่งกำลังทั้งสองเป้าหมายที่กล่าวมามีตัวแปรการออกแบบที่เหมือนกันคือ (1)เบอร์โซ่ (Chain Number) ,(2)จำนวนฟันเฟืองของเฟืองโซ่ขับ(n)และ(3)จำนวนฟันเฟืองของเฟืองโซ่ตาม(N)

3.3 สมการบังคับ (Constraint Equations)

3.3.1. จำนวนฟันเฟือง

ในการออกแบบจำนวนฟันเฟืองเพื่อให้ได้มวลรวมของชุดโซ่ทั้งระบบที่น้อยที่สุดและเพื่อให้ได้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางที่น้อยที่มีมีสมการบังคับจำนวนฟันเฟืองที่เหมือนกันดังต่อไปนี้

1.จำนวนฟันเฟืองของเฟืองโซ่ขับ

$$n = \sqrt[1.08]{HP_s \div (K_s \omega^{0.9} p^{0.3-0.07p})} \quad (12)$$

$$n = \sqrt[1.5]{HP_r\left(\frac{\omega}{100}\right)^{1.5} \div K_r p^{0.8}} \quad (13)$$

2.จำนวนฟันเฟืองของเฟืองโซ่ตาม

$$N = n \times \frac{\omega}{\Omega} \quad (14)$$

3.3.2 ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเฟืองโซ่ทั้งสอง

เพื่อให้ได้มวลรวมทั้งระบบน้อยที่สุด ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเฟืองโซ่ทั้งสองหาได้จากสมการดังนี้โดยอ้างอิงจาก[1]

$$C = \frac{p}{4}\left\{\left[Lp - \frac{N+n}{2}\right] + \sqrt{\left[Lp - \frac{N+n}{2}\right]^2 - \frac{8(N-n)^2}{4\pi^2}}\right\} \quad (15)$$

โดยที่

$$C \geq \frac{(D_p + d_p)}{2} \quad (16)$$

เพื่อให้ได้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางที่น้อยที่สุด ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางที่น้อยที่สุดโดยที่

$$C_{min} \geq \frac{(D_p + d_p)}{2} \quad (17)$$

3.3.3 ขีดจำกัดขนาดของระบบโซ่ (Space limitation)

พื้นที่ในการจัดตั้งระบบต้องไม่เกินพื้นที่ที่กำหนดไว้ กรณีเพื่อได้มวลรวมน้อยที่สุด

$$S_l \geq C + \frac{(OD + Od)}{2} \quad (18)$$

กรณีเพื่อได้ระยะห่างศูนย์กลางน้อยที่สุด

$$S_l \geq C_{min} + \frac{OD + Od}{2} \quad (19)$$

3.3.4 ความเร็วสูงสุดที่จะทำให้เกิดการครูด

ในการออกแบบชุดโซ่ส่งกำลังเพื่อให้มีมวลรวมที่น้อยที่สุดและให้มีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางที่น้อยที่สุด ความเร็วสูงสุดที่จะทำให้เกิดการครูดดังสมการ(6)อ้างอิง[1]

$$\left(\frac{\omega}{1000}\right)^{1.59 \log p + 1.873} = \frac{82.5}{7.95^p \, 1.0278^n \, 1.323^{F/1000}}$$

โดยที่ค่าความเร็วรอบต้องไม่เกินความเร็วรอบสูงสุดที่ทำให้เกิดการครูด

4.การพัฒนาโปรแกรมและการพิสูจน์ความถูกต้องของโปรแกรม

ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เลือกใช้โซ่ลูกกลิ้งส่งกำลังนั้นใช้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Javascript โดยใช้โปรแกรม Netbeans ในการช่วยเขียน และนำมาทำงานร่วมกับ HTML เป็น Web Browser ซึ่งสะดวกแก่การเรียกใช้งาน โปรแกรมประกอบไปด้วยส่วนหลักๆสามส่วนได้แก่ ส่วนรับข้อมูล ส่วนของฟังก์ชันการคำนวณ และส่วนการแสดงผล

4.1 การออกแบบเพื่อให้ได้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเฟืองน้อยที่สุด

4.1.1 ส่วนรับข้อมูล

CST-03

รูปที่ 5. ส่วนรับข้อมูลของโปรแกรม

โดยส่วนรับข้อมูลของโปรแกรมประกอบไปด้วยการรับค่าหลักๆดังต่อไปนี้ (1)ความเร็วรอบของเฟืองขับและเฟืองตาม(ω,Ω), (2)กำลังส่งแรงม้าของตัวขับ (HP_t) , (3)ค่า Service factor , S_f ขึ้นอยู่กับประเภทของตัวส่งกำลังและลักษณะของการทำงาน , (4)ระยะ ห่างระหว่าง ศูนย์กลางที่ต้องการ C_d (Desired Center Distance), (5)ขีดจำกัดขนาดของระบบโซ่ S_l (Space limitation), (6)เป้าหมายที่ต้องการ เช่น Minimize Mass , Minimize center distance และ Minimize Mass and Minimize center distance.

4.1.2 ส่วนของฟังก์ชันการคำนวณ

โปรแกรมประกอบไปด้วยส่วนประกอบของฟังก์ชันหลักๆเช่น ฟังก์ชัน Hpd คำนวณหากำลังส่งแรงม้าที่ใช้คำนวณอัตราการส่งกำลัง ฟังก์ชัน Intialize เก็บค่าพารามิเตอร์ของโซ่ไว้เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณ ฟังก์ชัน Calc_n เป็นการคำนวณหาค่าจำนวนฟันเฟือง เป็นต้น ซึ่งฟังก์ชันส่วนใหญ่ก็มาจากสมการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับระบบส่งกำลัง [3]

4.1.3 ส่วนการแสดงผล

ในส่วนของการแสดงผลในการเลือกโซ่ลูกกลิ้งส่งกำลังจะแสดงค่าดังต่อไปนี้ จำนวนฟันเฟืองของเฟืองขับ n เส้นผ่านศูนย์กลางของ เฟืองขับ Od เส้นผ่านศูนย์กลางระยะรูของ เฟือง ขับทั้งสอง Max Boreจำนวนฟันเฟืองของ เฟือง ขับ N เส้นผ่านศูนย์กลางของ เฟือง ตาม OD ความยาวโซ่ Chain length (L_p) ระยะศูนย์กลาง (Center distance) ความเร็วรอบสูงสุด (Galling speed) มวลรวมของระบบส่งกำลังด้วยโซ่ลูกกลิ้งทั้งระบบ

4.2 การพิสูจน์ความถูกต้องของโปรแกรม

ตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ ได้นำตัวอย่างและผลลัทธ์ โดยอ้างอิงข้อมูลจาก [1] และ [6] มาเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม ซึ่งแสดงดังต่อไปนี้

<u>ตัวอย่างที่ 1.</u> Select an electric-motor-driven roller chain to transmit 10 Hp. from a countershaft to the main shaft of a wire drawing machine. The countershaft and main shaft are operating at 1200 and 378 rpm, respectively. Shaft center by initial calculation must be approximate 22.5 in. Heavy-shock-load is expected (extracted from Ref[1])

ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นได้นำค่าจาก [1] ไปเปรียบเทียบความถูกต้องกับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังนี้

ผลการคำนวณ	n	N	Chain length	Center dis.
อ้างอิง[1]	20	63	74	22.5 in
โปรแกม	20	64	70	22.7 in

ตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบผลลัพธ์จากตัวอย่างที่ 1

ขั้นตอนต่อไปเมื่อได้ค่าจากการคำนวณแล้ว จะนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ถึงมวลรวมทั้งระบบจากแคตตาล็อกที่มีอยู่จริง ซึ่งเมื่อนำค่าไปวิเคราะห์ถึงมวลรวมทั้งระบบจะพบว่าค่าของจำนวนฟันเฟืองของเฟืองตาม 63 ฟันที่ได้จากข้อมูลอ้างอิง [1] และ64 ฟันจากไม่มีอยู่จริงในแคตตาล็อก โดยค่าที่มีอยู่จริงคือ จำนวน 65 ฟัน ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงที่สุด จึงส่งผลให้ค่ามวลรวมทั้งระบบ

จากผลที่อ้างอิง [1] และจากโปรแกรมมีค่าเท่ากันคือ 10.015 กิโลกรัม

ตัวอย่างที่ 2. Select an electric-motor-driven roller chain to transmit 40 Hp. from a Centrifugal Blower Driving shaft 600 rpm and Driven shaft 200 rpm. Center distance 19 in and Space limit Max 24 in.[6]

ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นได้นำค่าจาก [6] ไปเปรียบเทียบความถูกต้องกับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังนี้

ผลการคำนวณ	n	N	Chain length	Center dis.
อ้างอิง[6]	17	51	74	488.67mm
โปรแกรม	15	45	70	493.01mm

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบผลลัพธ์จากตัวอย่างที่2

จากผลลัพธ์เปรียบเทียบ จะเห็นได้ว่าค่าจากข้อมูลอ้างอิง[6] และค่าจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นได้เลือกโซ่เบอร์เดียวกันคือ 16B-2 เป็นโซ่คู่ ตามมาตรฐาน BS แต่ผลรวมของมวลรวมทั้งระบบมีความแตกต่างกันซึ่งผลรวมของข้อมูลอ้างอิง [6] คือ 62 กิโลกรัม และจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นคือ 51.3 ซึ่งให้มวลที่น้อยกว่า สาเหตุเนื่องจากค่าที่ได้จากการโปรแกรมคือค่าที่ได้จากกาสมการคำนวณซึ่งจะให้ความถูกต้องและแม่นยำมากกว่าข้อมูลอ้างอิง [6] ซึ่งเป็นวิธีการแบบเดิมโดยการใช้กราฟและตาราง

5.การทดลองการเลือกโซ่จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา

โปรแกรมช่วยวิเคราะห์การเลือกโซ่ลูกกลิ้ง ได้ถูกทดสอบความถูกต้องจากหัวข้อที่แล้วสรุปได้ว่าโปรแกรมสามารถนำไปใช้เพื่อช่วยในการเลือกชุดโซ่ตามเป้าหมายที่ผู้ใช้ต้องการ นอกจากนี้ โปรแกรม ยังสามารถแสดงชุดโซ่มากกว่าหนึ่งชุดเพื่อให้ผู้ใช้งานได้เลือกตามความพอใจของผู้ใช้งาน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 3. Select a transmission chain for the conditions shown in figure (extracted from Ref[7])

Type of application : Drive of Belt Conveyor

Source of Power : electric motor 7.5 kW

Driver Shaft : Diameter 66 mm. 50 rpm

Driven Shaft : Diameter 94 mm. 20 rpm

Center Distance of Shaft : 1500 mm

Minimize Mass	n	N	Chain length	Center dis.	Total mass
ชุดโซ่เบอร์120	18	45	112	60.03in.	82.80kg.
ชุดโซ่เบอร์140	12	30	90	60.17in.	*73.16kg.*

ตารางที่ 5 ผลลัพธ์ของเป้าหมายที่ต้องการให้ได้มวลรวมน้อยที่สุด

และผลลัพธ์ของเป้าหมายที่ต้องการให้ได้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อยที่สุดคือ ชุดโซ่เบอร์ 140 โดยมีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเท่ากับ 24.50 นิ้วจำนวนฟันเฟืองขับ 12 ฟันจำนวนฟันเฟืองตาม 30 ฟันและความยาวโซ่ 72 พิทช์

ตัวอย่างที่ 4. A conveyor belt driven by a roller chain from a geared motor 0.96 kW. Driving speed 20 rpm. Speed of driven shaft 10 rpm. Center distance approx 1900 mm. (British standard) [8]

Minimize Center	n	N	Chain length	Center dis.	Total mass
ชุดโซ่16B	16	32	174	1903mm.	22.35kg

ตารางที่ 6 ผลลัพธ์ของเป้าหมายที่ต้องการให้ได้มวลรวมน้อยที่สุด

และผลลัพธ์ของเป้าหมายที่ต้องการให้ได้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อยที่สุดคือชุดโซ่ 16Bโดยมีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเท่ากับ 406.4 มิลลิเมตร จำนวนฟันเฟืองขับ 16 ฟันจำนวนฟันเฟืองตาม 32 ฟันและความยาวโซ่ 58 พิทช์

6. สรุปผล

โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นสามารถนำไปใช้เพื่อเลือกชุดโซ่ลูกกลิ้งส่งกำลังที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ ทั้งยังสามารถแสดงค่าชุดโซ่ลูกกลิ้งที่ให้มวลรวมทั้งระบบน้อยที่สุดหรือชุดโซ่ที่มีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางที่น้อยที่สุดได้จามเป้าหมายแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานั้นสามารถใช้ทดแทนการเลือกชุดโซ่ลูกกลิ้งแบบใช้ตารางและกราฟได้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] K.H.Low. Computer-aided selection of roller chain drive, Computers & Structures, Vol.55, September 1993, pp.925-936.

[2] มนต์ศักดิ์ พิมสาร, การออกแบบชุดเฟืองฟันตรงและเฟืองฟันเฉียงส่งกำลังด้วยวิธีการทางออพติมัม, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 19 , 19-21ตุลาคม 2548 จังหวัดภูเก็ต.

[3] Marcel Dekker, New York (1982). American Chain Association, Design and Applications Handbook : Chain for power Transmission and Material Handing.

[4] David W.South, Jon R.Mancuso, New York (1994). American . Mechanical Power Transmission Components.

[5] Renold Chain Selector, The Renold plc Group. www.renold.com

[6] U.S. Tsubaki Power Transmission, LLC USA URL: http://www.ustsubaki.com

[7] The Complete Guide to Chain Copyright 1995-2006 by the Tsubakimoto Chain Co. http://chain-guide.com/toc.html

[8] IWIS Chain engineering, Design and construction, Examples of calculation

คำอธิบายสัญลักษณ์

n , N = จำนวนฟันเฟืองของเฟืองขับและตาม
w = ความเร็วรอบของเฟืองขับ (rpm)
Lp = chain length ความยาวโซ่หน่วยพิทช์
p = ระยะพิทช์ของโซ่
OD = เส้นผ่านศูนย์กลางเฟือง
Dp = เส้นผ่านศูนย์กลางเฟืองระยะพิทช์
Sp = Spce limitation
K_S = 0.004 สำหรับโซ่ทุกเบอร์ ยกเว้นเบอร์ 41
K_S = 0.0022สำหรับโซ่เบอร์ 41
K_r = 24 สำหรับโซ่เบอร์ 25 และ 35

CST-03

K_r = 3.4 สำหรับโซ่เบอร์ 41

K_r = 17 สำหรับโซ่เบอร์ 40 ถึง 240

M_{link} = มวลของข้อโซ่ต่อความยาวโซ่โดยอ้างอิง[6]

Ms = มวลของเฟืองโซ่ทั้งสอง

$M_{รวม}$ = มวลรวมความยาวโซ่