



หน่วยที่ 12

อัตราทดระบบส่งกำลังด้วยเฟือง

สาระสำคัญ

การส่งกำลังด้วยเฟืองมีข้อดี เช่น ไม่มีการลื่นไถล และมีอัตราทดที่แน่นอน แต่มีข้อเสีย คือ ขาดการยืดหยุ่นทำให้เกิดเสียงดัง และระยะห่างในการส่งกำลังระหว่างจุดศูนย์กลางของเพลาทั้งสองจะน้อยกว่าการส่งกำลังด้วยสายพาน

สาระการเรียนรู้

1. การคำนวณหาอัตราทดระบบส่งกำลังด้วยเฟือง
2. การคำนวณหาอัตราทดระบบส่งกำลังด้วยเฟืองหนอนและเกลียวหนอน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

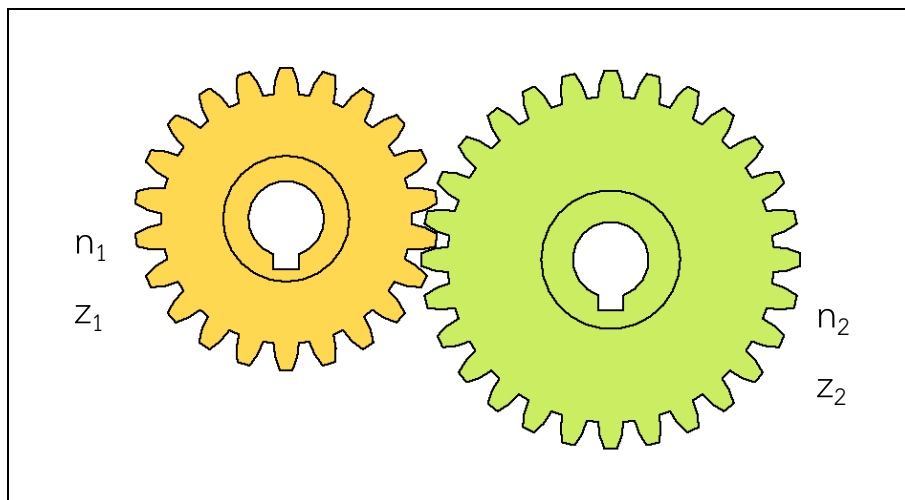
1. คำนวณหาอัตราทดระบบส่งกำลังด้วยเฟืองได้ถูกต้อง
2. คำนวณหาอัตราทดระบบส่งกำลังด้วยเฟืองหนอนและเกลียวหนอนได้ถูกต้อง

1. การคำนวณหาอัตราทดระบบส่งกำลังด้วยเฟือง

การส่งกำลังด้วยเฟืองเป็นการส่งกำลังที่อาศัยการขบกันของฟันเฟือง โดยส่งกำลังจากเฟืองขับไปหมุนเฟืองตาม เฟืองส่งกำลังมีหลายชนิด เช่น เฟืองตรง เฟืองเฉียง เฟืองดอกจอก เฟืองสะพาน เฟืองหนอน การเลือกใช้เฟืองส่งกำลังต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการใช้งาน รวมถึงเฟืองเป็นการส่งกำลังที่มีอัตราทดแน่นอนมากกว่าการส่งกำลังด้วยสายพาน แต่ระยะห่างระหว่างเพลาคับกับเพลาดำขึ้นอยู่กัขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเฟือง เช่น การส่งกำลังของกระปุกเกียร์รถยนต์ ชุดกล่องเฟืองของเครื่องกลึง

1.1 ระบบส่งกำลังด้วยเฟืองอัตราทดชั้นเดียว

การส่งกำลังด้วยเฟืองจะต้องประกอบด้วยเฟืองขับและเฟืองตาม เป็นการส่งกำลังขับฟันต่อฟัน คือ เฟืองขับเคลื่อนที่ 1 ฟัน เฟืองตามจะเคลื่อนที่ 1 ฟันด้วย เพราะความเร็วรอบของเฟืองขับและเฟืองตามเท่ากัน



รูปที่ 12.1 ลักษณะการส่งกำลังด้วยเฟืองอัตราทดชั้นเดียว

ที่มา : อ้อมใจ เธอจันทิก, 2557.

กำหนดให้

i	=	อัตราทด
n_1	=	ความเร็วรอบของเฟืองขับ (รอบ/นาที)
n_2	=	ความเร็วรอบของเฟืองตาม (รอบ/นาที)
Z_1	=	จำนวนฟันของเฟืองขับ (ฟัน)
Z_2	=	จำนวนฟันของเฟืองตาม (ฟัน)

เมื่อความเร็วรอบของเฟืองขับและเฟืองตามเท่ากัน

สูตร

$$z_1 n_1 = z_2 n_2$$

อัตราทด (i)

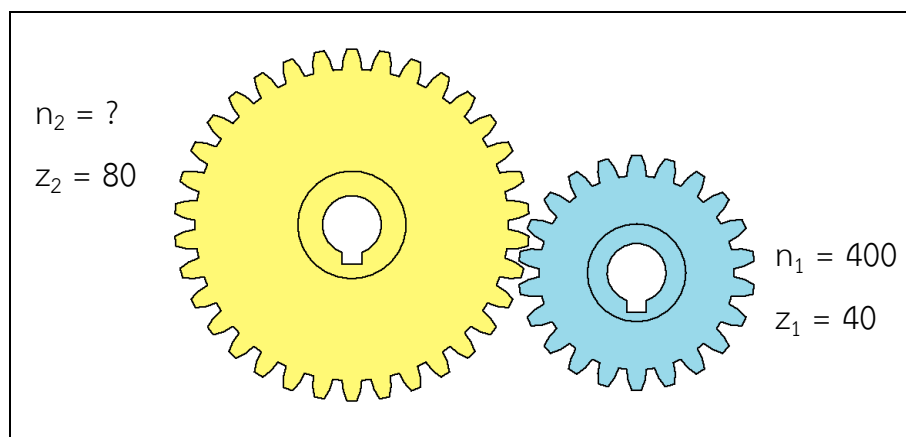
สูตร

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

ที่มา : คณิตศาสตร์เครื่องกล, ชลอ การทวิ, 2557, หน้า 152.

ตัวอย่างที่ 12.1 จากรูปที่ 12.2 เฟืองขับมีจำนวน 40 ฟัน หมุนด้วยความเร็วรอบ 400 รอบ/นาที ถ้าเฟืองตามมี 80 ฟัน จงคำนวณหา

1. อัตราทด
2. ความเร็วรอบของเฟืองตาม



รูปที่ 12.2

วิธีทำ กำหนดให้

i	=	อัตราทด
n_1	=	400 รอบ/นาที
n_2	=	ความเร็วรอบของเฟืองตาม (รอบ/นาที)
z_1	=	40 ฟัน
z_2	=	80 ฟัน

1. หาอัตราทด

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร} \quad i &= \frac{z_2}{z_1} \\
 &= \frac{80}{40} \\
 &= \frac{2}{1} \\
 &= 2 : 1
 \end{aligned}$$

ตอบ อัตราทด = 2 : 1

2. หาความเร็วรอบของเฟืองตาม

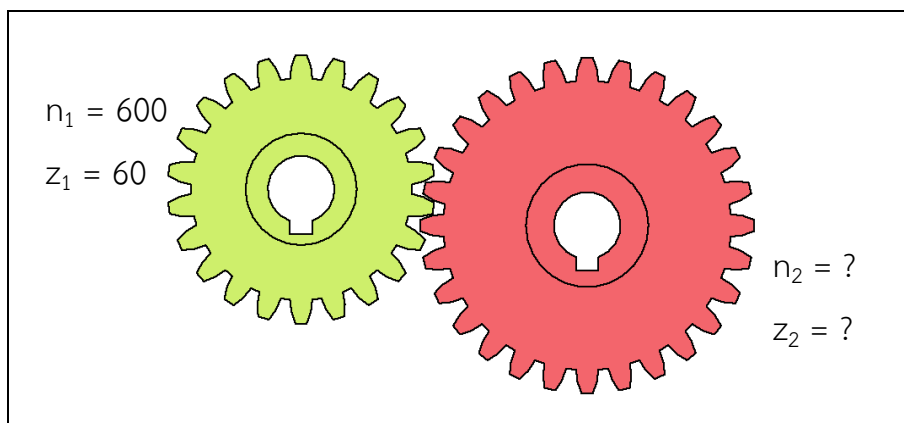
$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร} \quad i &= \frac{n_1}{n_2} \\
 \frac{2}{1} &= \frac{400}{n_2} \\
 2 \times n_2 &= 400 \times 1 \\
 n_2 &= \frac{400 \times 1}{2} \\
 &= 200 \text{ รอบ/นาที}
 \end{aligned}$$

ตอบ ความเร็วรอบของเฟืองตาม = 200 รอบ/นาที

$$\begin{aligned}
 \text{หรือ} \\
 \text{จากสูตร} \quad \frac{n_1}{n_2} &= \frac{z_2}{z_1} \\
 n_2 &= \frac{z_1 \times n_1}{z_2} \\
 &= \frac{40 \times 400}{80} \\
 &= 200 \text{ รอบ/นาที}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 12.2 จากรูปที่ 12.3 เฟืองส่งกำลังคู่หนึ่งขับเคลื่อนอยู่ ส่งกำลังด้วยอัตราทด 3 : 1 เฟืองขับมีจำนวน 60 ฟัน หมุนด้วยความเร็วรอบ 600 รอบ/นาที จงคำนวณหา

1. จำนวนฟันของเฟืองตาม
2. ความเร็วรอบของเฟืองตาม



รูปที่ 12.3

วิธีทำ กำหนดให้

$$\begin{aligned}
 i &= 3 : 1 \\
 n_1 &= 600 \text{ รอบ/นาที} \\
 n_2 &= \text{ความเร็วรอบของเฟืองตาม (รอบ/นาที)} \\
 z_1 &= 60 \text{ ฟัน} \\
 z_2 &= \text{จำนวนฟันของเฟืองตาม (ฟัน)}
 \end{aligned}$$

1. หาจำนวนฟันของเฟืองตาม

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร} \quad i &= \frac{z_2}{z_1} \\
 \frac{3}{1} &= \frac{z_2}{60} \\
 3 \times 60 &= z_2 \times 1 \\
 z_2 &= \frac{3 \times 60}{1} \\
 &= 180 \text{ ฟัน}
 \end{aligned}$$

ตอบ จำนวนฟันของเฟืองตาม = 180 ฟัน

2. หาความเร็วรอบของเฟืองตาม

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร} \quad i &= \frac{n_1}{n_2} \\
 \frac{3}{1} &= \frac{600}{n_2} \\
 3 \times n_2 &= 600 \times 1 \\
 n_2 &= \frac{600 \times 1}{3} \\
 &= 200 \text{ รอบ/นาที}
 \end{aligned}$$

ตอบ ความเร็วรอบของเฟืองตาม = 200 รอบ/นาที

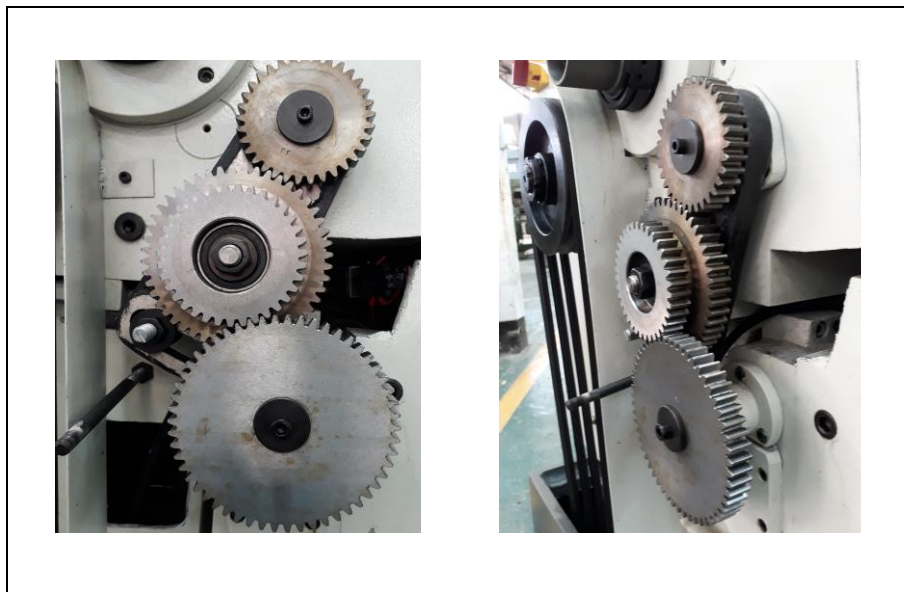
$$\begin{aligned}
 \text{หรือ} \\
 \text{จากสูตร} \quad \frac{n_1}{n_2} &= \frac{z_2}{z_1} \\
 n_2 &= \frac{z_1 \times n_1}{z_2} \\
 &= \frac{60 \times 600}{180} \\
 &= 200 \text{ รอบ/นาที}
 \end{aligned}$$

1.2 ระบบส่งกำลังด้วยเฟืองอัตราทดสองชั้น

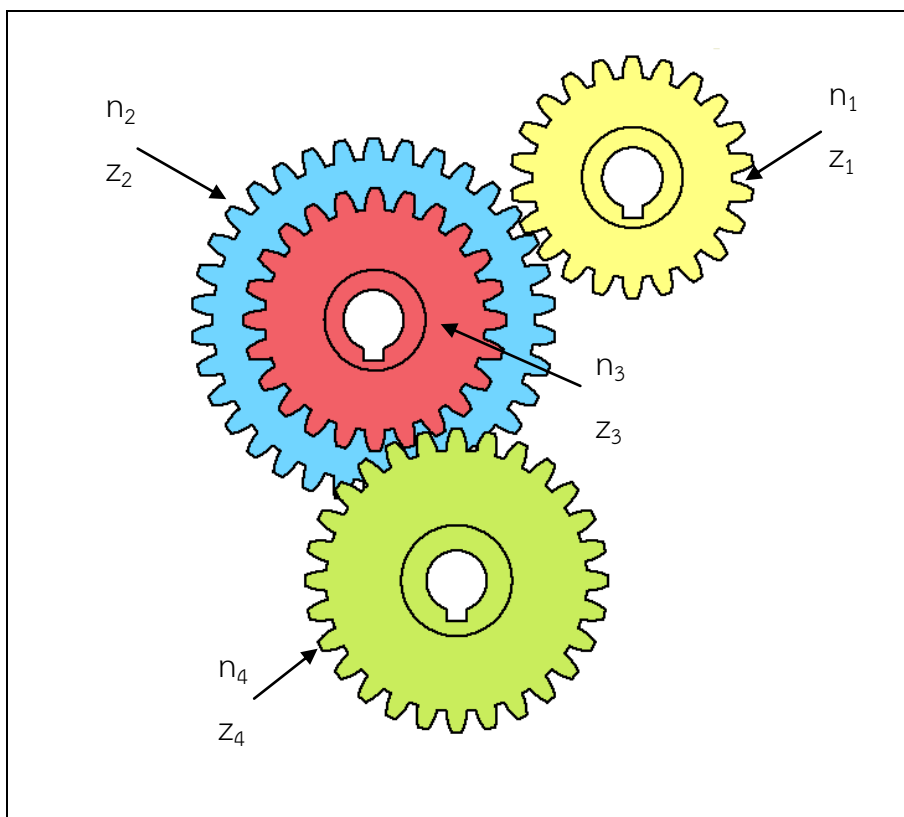
การส่งกำลังของเครื่องจักรกลส่วนมากมีการส่งกำลังแบบหลายทอด เครื่องจักรกลหนึ่งเครื่อง อาจจะมีการส่งกำลังหลายๆ แบบ เช่น เครื่องกลึง มีการส่งกำลังด้วยสายพานลิ้ม การส่งกำลังด้วยเฟืองตรง เฟืองเฉียง เฟืองดอกจอก เกลิยว เป็นต้น การออกแบบการส่งกำลังของเครื่องจักรกลที่มีชั้นความเร็วรอบหลายๆ ชั้น ต้องคำนวณความเร็วรอบในแต่ละชั้นรวมทั้งอัตราทดชั้นเดียวและอัตราทบรวม จึงมีความจำเป็นสำหรับช่างผู้ออกแบบ ช่างซ่อมบำรุง ช่างผลิตชิ้นส่วน การคำนวณเหมือนกับการคำนวณการส่งกำลังแบบทอดชั้นเดียว เพียงแต่จับคู่การส่งกำลังเป็นคู่ๆ แต่ละคู่มีเฟืองขับและเฟืองตาม

ข้อควรจำ เฟืองที่อยู่บนแกนเพลลาเดียวกันความเร็วรอบจะเท่ากันเสมอ

$$* n_2 = n_3 \text{ อยู่บนแกนเพลลาเดียวกัน ความเร็วรอบจะเท่ากัน}$$



รูปที่ 12.4 ลักษณะการส่งกำลังด้วยเฟืองอัตราทดสองชั้นของเครื่องกลึง
ที่มา : อ๋อมใจ เรอจันติก, 2557.



รูปที่ 12.5 ลักษณะการส่งกำลังด้วยเฟืองอัตราทดสองชั้น
ที่มา : อ๋อมใจ เรอจันติก, 2557.

กำหนดให้

$I_{รวม}$	=	อัตราทดรวม
i_1	=	อัตราทดคู่ที่ 1
n_1	=	ความเร็วรอบของเฟืองตัวที่ 1 (รอบ/นาที)
n_2	=	ความเร็วรอบของเฟืองตัวที่ 2 (รอบ/นาที)
z_1	=	จำนวนฟันของเฟืองตัวที่ 1 (ฟัน)
z_2	=	จำนวนฟันของเฟืองตัวที่ 2 (ฟัน)
i_2	=	อัตราทดคู่ที่ 2
n_3	=	ความเร็วรอบของเฟืองตัวที่ 3 (รอบ/นาที)
n_4	=	ความเร็วรอบของเฟืองตัวที่ 4 (รอบ/นาที)
z_3	=	จำนวนฟันของเฟืองตัวที่ 3 (ฟัน)
z_4	=	จำนวนฟันของเฟืองตัวที่ 4 (ฟัน)

อัตราทดคู่ที่ 1

สูตร

$$i_1 = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{หรือ} \quad = \frac{z_2}{z_1}$$

อัตราทดคู่ที่ 2

สูตร

$$i_2 = \frac{n_3}{n_4} \quad \text{หรือ} \quad = \frac{z_4}{z_3}$$

อัตราทดรวม ($I_{รวม}$) หมายถึง การทดรอบตั้งแต่เฟืองแรกจนถึงเฟืองสุดท้าย ซึ่งการหาอัตราทดรวม

สูตร

$$I_{รวม} = i_1 \times i_2$$

ถ้าอัตราทดแทนด้วยความเร็วรอบจะได้อัตราทดรวม

สูตร

$$I_{\text{รวม}} = \frac{n_1}{n_2} \times \frac{n_3}{n_4}$$

เมื่อ n_2 เท่ากับ n_3 มีความเร็วเท่ากัน เพราะอยู่เพลาเดียวกัน ดังนั้น

$$\text{อัตราทดรวม} = \frac{\text{ความเร็วรอบของเฟืองตัวแรก}}{\text{ความเร็วรอบของเฟืองตัวสุดท้าย}}$$

สูตร

$$I_{\text{รวม}} = \frac{n_1}{n_4}$$

ถ้าอัตราทดแทนด้วยจำนวนฟันเฟืองจะได้อัตราทดรวม ดังนั้น

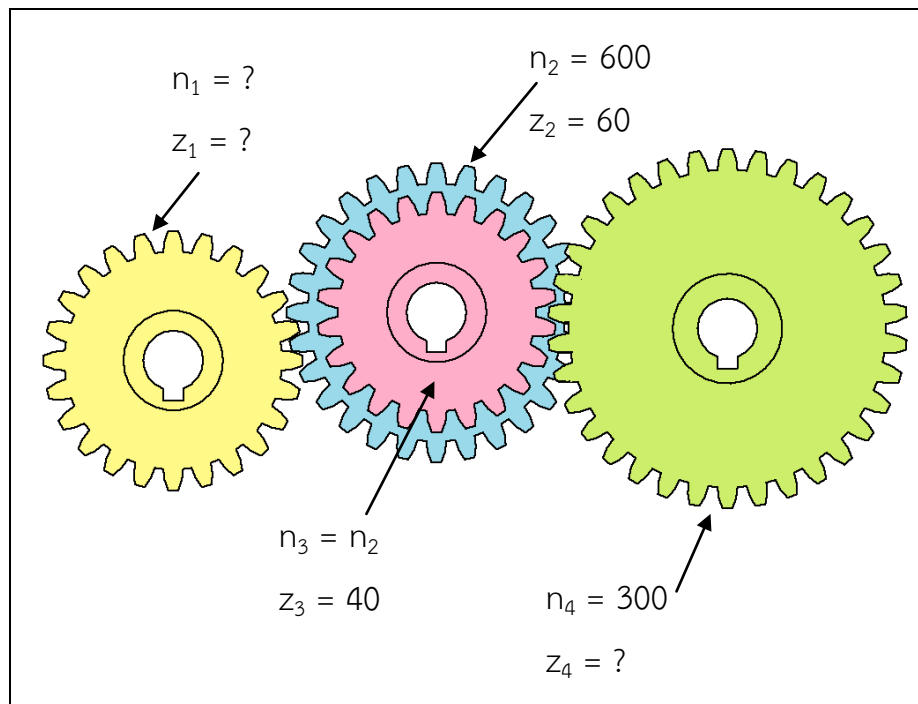
$$\text{อัตราทดรวม} = \frac{\text{ผลคูณของจำนวนฟันของเฟืองตาม}}{\text{ผลคูณของจำนวนฟันของเฟืองขับ}}$$

สูตร

$$I_{\text{รวม}} = \frac{z_2}{z_1} \times \frac{z_4}{z_3}$$

ที่มา : คณิตศาสตร์เครื่องกล, ชลอ การทวิ, 2557, หน้า 154.

ตัวอย่างที่ 12.3 เฟืองทดมีอัตราทดสองชั้น กำหนดให้อัตราทดคู่ที่ $i_1 = 2 : 1$, $z_2 = 60$ ฟัน , $z_3 = 40$ ฟัน , $n_2 = 600$ รอบ/นาที , $n_4 = 300$ รอบ/นาที จงคำนวณหา z_1 , n_1 , i_2 , z_4 และ $I_{รวม}$



รูปที่ 12.6

วิธีทำ กำหนดให้

$I_{รวม}$	=	อัตราทดรวม
i_1	=	$2 : 1$
n_1	=	ความเร็วรอบของเฟืองตัวที่ 1 (รอบ/นาที)
n_2	=	600 รอบ/นาที
z_1	=	จำนวนฟันของเฟืองตัวที่ 1 (ฟัน)
z_2	=	60 ฟัน
i_2	=	อัตราทดคู่ที่ 2
n_3	=	n_2 รอบ/นาที
n_4	=	300 รอบ/นาที
z_3	=	40 ฟัน
z_4	=	จำนวนฟันของเฟืองตัวที่ 4 (ฟัน)

1. หาจำนวนฟันของเฟืองตัวที่ 1

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad i_1 &= \frac{z_2}{z_1} \\ \frac{2}{1} &= \frac{60}{z_1} \\ 2 \times z_1 &= 60 \times 1 \\ z_1 &= \frac{60 \times 1}{2} \\ &= 30 \text{ ฟัน} \end{aligned}$$

ตอบ จำนวนฟันของเฟืองตัวที่ 1 = 30 ฟัน

2. หาความเร็วรอบของเฟืองตัวที่ 1

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad i_1 &= \frac{n_1}{n_2} \\ \frac{2}{1} &= \frac{n_1}{600} \\ 2 \times 600 &= n_1 \times 1 \\ n_1 &= \frac{2 \times 600}{1} \\ &= 1,200 \text{ รอบ/นาที} \end{aligned}$$

ตอบ ความเร็วรอบของเฟืองตัวที่ 1 = 1,200 รอบ/นาที

3. หาอัตราทดคู่ที่ 2

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad i_2 &= \frac{n_3}{n_4} \\ &= \frac{600}{300} \\ &= \frac{2}{1} \\ &= 2 : 1 \end{aligned}$$

ตอบ อัตราทดคู่ที่ 2 = 2 : 1

4. หาจำนวนฟันของเฟืองตัวที่ 4

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร } i_2 &= \frac{z_4}{z_3} \\
 \frac{2}{1} &= \frac{z_4}{40} \\
 2 \times 40 &= z_4 \times 1 \\
 z_4 &= \frac{2 \times 40}{1} \\
 &= 80 \text{ ฟัน}
 \end{aligned}$$

ตอบ จำนวนฟันของเฟืองตัวที่ 4 = 80 ฟัน

5. อัตราทดรวม

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร } I_{\text{รวม}} &= \frac{n_1}{n_4} \\
 &= \frac{1,200}{300} \\
 &= \frac{4}{1} \\
 &= 4 : 1
 \end{aligned}$$

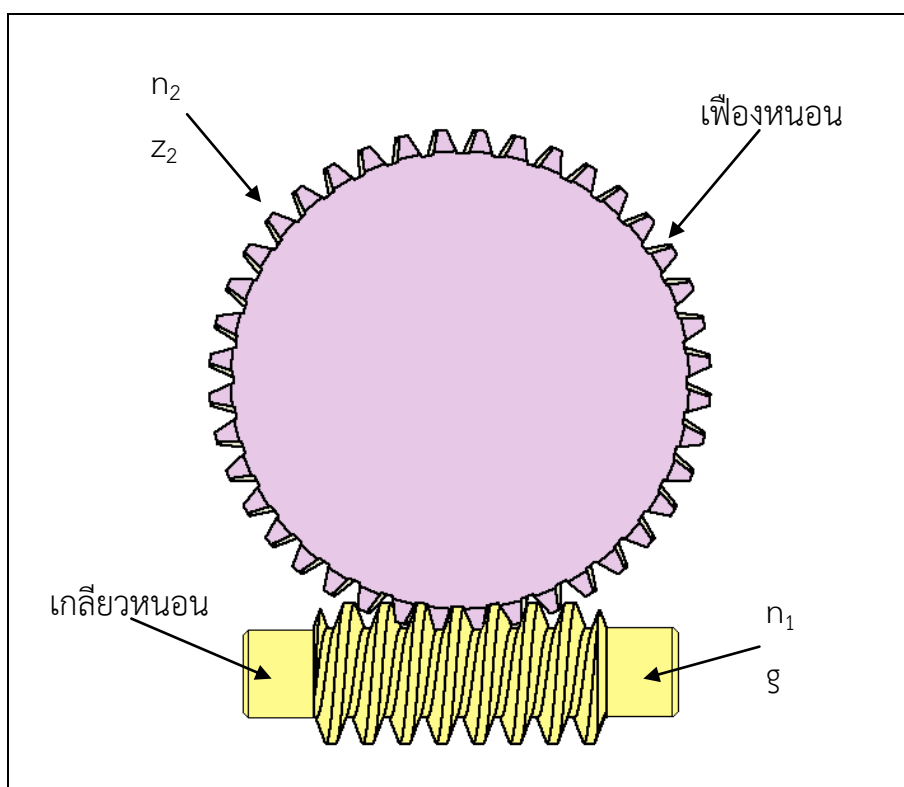
ตอบ อัตราทดรวม = 4 : 1

หรือ

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร } I_{\text{รวม}} &= i_1 \times i_2 \\
 &= \frac{2}{1} \times \frac{2}{1} \\
 &= \frac{4}{1} \\
 &= 4 : 1
 \end{aligned}$$

2. การคำนวณหาอัตราทดระบบส่งกำลังด้วยเฟืองหนอนและเกลียวหนอน

การส่งกำลังด้วยเฟืองหนอนและเกลียวหนอน โดยเกลียวหนอนจะเป็นตัวขับและมีเฟืองหนอนเป็นตัวตาม ซึ่งการส่งกำลังจะให้อัตราทดสูงกว่าเฟืองชนิดอื่นๆ ลักษณะของเกลียวหนอนอาจเป็นเกลียวปากเดียวหรือหลายปากก็ได้ เช่น การนำเกลียวหนอนและเฟืองหนอนไปใช้งานในชุดหัวแบ่งหรือชุดเฟืองทด เป็นต้น



รูปที่ 12.7 ลักษณะการส่งกำลังด้วยเฟืองหนอนและเกลียวหนอน

ที่มา : อ้อมใจ เธอจันทิก, 2557.

กำหนดให้

i	=	อัตราทด
n_1	=	ความเร็วรอบของเกลียวหนอน (รอบ/นาที)
n_2	=	ความเร็วรอบของเฟืองหนอน (รอบ/นาที)
g	=	จำนวนปากของเกลียวหนอน (ปาก)
z_2	=	จำนวนฟันของเฟืองหนอน (ฟัน)

ในขณะที่เกลิยวหนอนหมุนจะขับเฟืองหนอนในลักษณะเกลิยวต่อเกลิยว เมื่อเกลิยวหนอนหมุนไปเกลิยวหนึ่ง เฟืองหนอนจะขับไป 1 ฟัน ตามกัน ดังนั้น

จำนวนเกลิยวที่เกลิยวหนอนหมุนไป = จำนวนฟันเฟืองหนอนที่เคลื่อนตามไป

สูตร

$$n_1 g = n_2 z_2$$

อัตราทด (i)

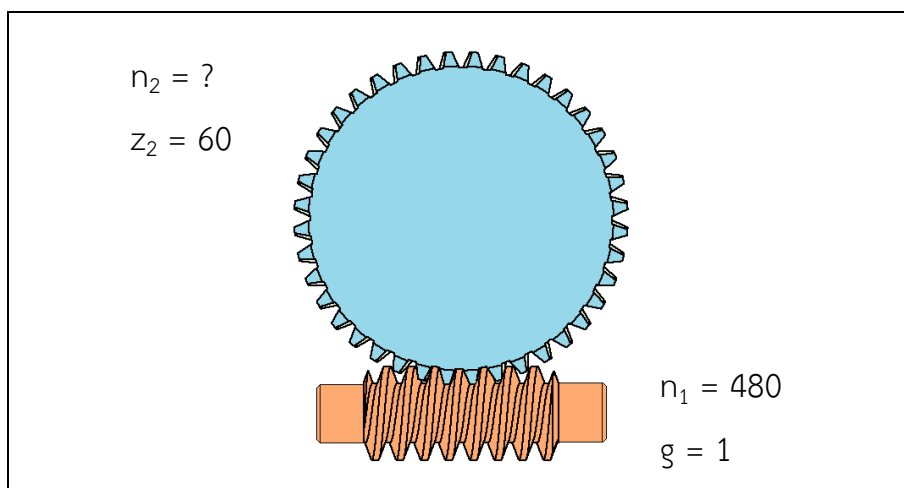
สูตร

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{g}$$

ที่มา : คณิตศาสตร์เครื่องกล, ชลอ การทวิ, 2557, หน้า 157.

ตัวอย่างที่ 12.4 ชุดส่งกำลังด้วยเฟืองหนอนและเกลิยวหนอนชุดหนึ่ง เกลิยวหนอนเป็นเกลิยว 1 ปาก หมุนด้วยความเร็วรอบ 480 รอบ/นาที เฟืองหนอนมี 60 ฟัน จงคำนวณหา

1. ความเร็วรอบของเฟืองหนอน
2. อัตราทด



รูปที่ 12.8

วิธีทำ กำหนดให้

$$\begin{aligned}
 i &= \text{อัตราทด} \\
 n_1 &= 480 \text{ รอบ/นาที} \\
 n_2 &= \text{ความเร็วรอบของเฟืองหนอน (รอบ/นาที)} \\
 g &= 1 \text{ ปาก} \\
 z_2 &= 60 \text{ ฟัน}
 \end{aligned}$$

1. หาความเร็วรอบของเฟืองหนอน

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร} \quad n_1 g &= n_2 z_2 \\
 n_2 &= \frac{n_1 \times g}{z_2} \\
 &= \frac{480 \times 1}{60} \\
 &= 8 \text{ รอบ/นาที}
 \end{aligned}$$

ตอบ ความเร็วรอบของเฟืองหนอน = 8 รอบ/นาที

2. หาอัตราทด

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร} \quad i &= \frac{n_1}{n_2} \\
 &= \frac{480}{8} \\
 &= \frac{60}{1} \\
 &= 60 : 1
 \end{aligned}$$

ตอบ อัตราทด = 60 : 1

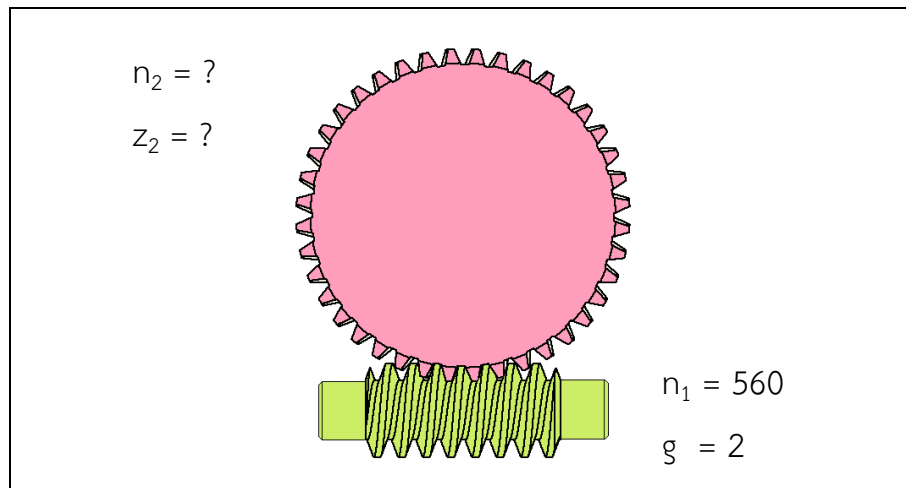
หรือ

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร} \quad i &= \frac{z_2}{g} \\
 &= \frac{60}{1} \\
 &= 60 : 1
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 12.5 เฟืองหนอนและเกลิยวหนอนชุดหนึ่ง เกลิยวหนอนเป็นเกลิยวสองปาก หมุนด้วย

ความเร็วรอบ 560 รอบ/นาที มีอัตราทด 20 : 1 จงคำนวณหา

1. ความเร็วรอบของเฟืองหนอน
2. จำนวนฟันของเฟืองหนอน



รูปที่ 12.9

วิธีทำ กำหนดให้

i	=	20 : 1
n_1	=	560 รอบ/นาที
n_2	=	ความเร็วรอบของเฟืองหนอน (รอบ/นาที)
g	=	2 ปาก
z_2	=	จำนวนฟันของเฟืองหนอน (ฟัน)

1. หาความเร็วรอบของเฟืองหนอน

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad i &= \frac{n_1}{n_2} \\ \frac{20}{1} &= \frac{560}{n_2} \\ n_2 &= \frac{560 \times 1}{20} \\ &= 28 \text{ รอบ/นาที} \end{aligned}$$

ตอบ ความเร็วรอบของเฟืองหนอน = 28 รอบ/นาที

2. หาจำนวนฟันของเฟืองหนอน

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad i &= \frac{Z_2}{g} \\ \frac{20}{1} &= \frac{Z_2}{2} \\ Z_2 &= \frac{20 \times 2}{1} \\ &= 40 \text{ ฟัน} \end{aligned}$$

ตอบ จำนวนฟันของเฟืองหนอน = 40 ฟัน

สรุปสาระการเรียนรู้

1. การคำนวณหาอัตราทดระบบส่งกำลังด้วยเฟือง

การส่งกำลังด้วยเฟืองเป็นการส่งกำลังที่อาศัยการขบกันของฟันเฟือง โดยส่งกำลังจากเฟืองขับไปหมุนเฟืองตาม มีอัตราทดแน่นอนมากกว่าการส่งกำลังด้วยสายพาน

1.1 ระบบส่งกำลังด้วยเฟืองอัตราทดชั้นเดียว

เมื่อความเร็วรอบของเฟืองขับและเฟืองตามเท่ากัน

สูตร

$$Z_1 n_1 = Z_2 n_2$$

อัตราทด (i)

สูตร

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

1.2 ระบบส่งกำลังด้วยเฟืองอัตราทดสองชั้น

อัตราทดคู่ที่ 1

สูตร

$$i_1 = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{หรือ} \quad = \frac{Z_2}{Z_1}$$

อัตราทดคู่ที่ 2

$$\text{สูตร} \quad i_2 = \frac{n_3}{n_4} \quad \text{หรือ} \quad = \frac{z_4}{z_3}$$

อัตราทดรวม ($I_{\text{รวม}}$) หมายถึง การทดรอบตั้งแต่เฟืองแรกจนถึงเฟืองสุดท้าย ซึ่งการหาอัตราทดรวม

$$\text{สูตร} \quad I_{\text{รวม}} = i_1 \times i_2$$

ถ้าอัตราทดแทนด้วยความเร็วรอบจะได้อัตราทดรวม

$$\text{สูตร} \quad I_{\text{รวม}} = \frac{n_1}{n_2} \times \frac{n_3}{n_4}$$

เมื่อ n_2 เท่ากับ n_3 มีความเร็วเท่ากัน เพราะอยู่เพลาดียวกัน ดังนั้น

$$\text{สูตร} \quad I_{\text{รวม}} = \frac{n_1}{n_4}$$

ถ้าอัตราทดแทนด้วยจำนวนฟันเฟืองจะได้อัตราทดรวม ดังนั้น

$$\text{สูตร} \quad I_{\text{รวม}} = \frac{z_2}{z_1} \times \frac{z_4}{z_3}$$

2. การคำนวณหาอัตราทดระบบส่งกำลังด้วยเฟืองหนอนและเกสียหนอน

สูตร

$$n_1 g = n_2 z_2$$

อัตราทด (i)

สูตร

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{g}$$