

จักรยานระบบเกียร์อัตโนมัติ

Bicycle Automatic Gear System

นายพิสมภ์ ศิริกุล* ดร.ไพศาล สมประกิจ* และ รศ. สมชัย นรเศรษฐโสภณ**

บทคัดย่อ

บทความเรื่อง “จักรยานระบบเกียร์อัตโนมัติ” เป็นผลงานการออกแบบชุดอุปกรณ์เปลี่ยนเกียร์จักรยานอัตโนมัติ โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ที่เกิดจากการหมุนของก้านมวล์ มาเป็นแรงดึงเส้นลวดเพื่อใช้ในการเปลี่ยนเกียร์รถจักรยาน เมื่อได้ทำการออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์เปลี่ยนเกียร์อัตโนมัติแล้ว ได้นำมาติดตั้งกับรถจักรยานเพื่อทำการทดสอบ ซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจ กล่าวคือ จักรยานสามารถเปลี่ยนเกียร์ได้อย่างอัตโนมัติ ตามความเร็วที่เหมาะสมในการเปลี่ยนเกียร์แต่ละเกียร์ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังเป็นเพียงงานในขั้นเริ่มแรกเท่านั้น จึงยังมีข้อแก้ไขปรับปรุงอีกมาก อาทิเช่น พัฒนาระบบกลไกให้ดีขึ้น และมีขนาดเล็กลงเพื่อลดพื้นที่ในการติดตั้ง

ABSTRACT

“The Bicycle Automatic Gear System” represents a design of automatic gearing system for use in a bicycle to change the gearing ratio as speeding. The design is based on the use of centrifugal forces generated by two rotating masses driven by the rear wheel. The forces are then used to pull the lever for changing gears. As the bicycle is running, the rotating speeds of masses and thus, the pulling forces change in accordance with speed. The designed device has been installed and tested on a bicycle. The results are satisfying and comply with design. Nevertheless, the device is still in on early design state, and needs to be improved in many areas, such as mechanisms and sizes.

* ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

**ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

บทนำ

จักรยานสองล้อได้กำเนิดขึ้นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2343 และได้มีการพัฒนาเรื่องมาจนในปัจจุบัน จักรยานสองล้อสามารถปรับเปลี่ยนอัตราทดกำลังได้หรือเรียกว่า จักรยานหลายเกียร์ ซึ่งมีระบบควบคุมการเปลี่ยนอัตราทดกำลังโดยอาศัยก้านมือโยก ซึ่งผู้ขับขี่จะต้องมีทักษะในการเลือกใช้อัตราทดที่ถูกต้องขณะขับขี่ จึงจะช่วยผ่อนแรงในการปั่นจักรยาน และหากผู้ขับขี่ไม่คุ้นเคยกับการเปลี่ยนเกียร์ ก็จะทำให้เกิดความสับสนและอาจได้รับอันตรายขณะขับขี่ได้ จึงได้มีการออกแบบชุดอุปกรณ์เพื่อช่วยในการเปลี่ยนอัตราทดขึ้น โดยจะทำให้การเปลี่ยนอัตราทด เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ ตามความเร็วของรถจักรยาน ซึ่งสามารถช่วยอำนวยความสะดวกต่อผู้ขับขี่และทำให้ขับขี่ได้อย่างปลอดภัย

สำหรับงานวิจัยเรื่องจักรยานเกียร์อัตโนมัติที่น่าเสนอนี้ จะเป็นงานวิจัยในขั้นต้น กล่าวคือจะมุ่งเน้นหาหลักการ ซึ่งสามารถช่วยควบคุมการเปลี่ยนอัตราทดแทนการควบคุมโดยผู้ขับขี่ โดยจะนำชุดอุปกรณ์ควบคุมนี้มาติดตั้งกับจักรยานหลายเกียร์ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อทำการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์ควบคุมขณะมีการทดสอบขับขี่ จักรยานเกียร์อัตโนมัติที่ออกแบบมานี้จะมีเกียร์เพียง 3 ระดับ ซึ่งผลการทดสอบที่ได้จะถือเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบเพื่อพัฒนาหลักการการทำงานของรถจักรยานต่อไป

ลักษณะการทำงานของรถจักรยานหลายเกียร์

รถจักรยานสองล้อชนิดที่มีเฟืองทดกำลังนั้น จะมีระบบเฟืองทดกำลัง 2 ชุด แบ่งเป็น ชุดเฟืองขับและชุดเฟืองตาม โดยชุดเฟืองขับอาจมีเฟืองอยู่ 2 ตัว (2 ขนาด) ซึ่งจะรับกำลังมาจากแรงขับที่กระทำกับบันไดจักรยาน ส่วนชุดเฟืองตามจะอยู่ที่ล้อหลังซึ่งจะติดตั้งอยู่กับชุดเฟืองขับวงล้อหมุนทางเดียว โดยอาจจะมีเฟืองตาม 5 ตัว (5 ขนาด) (ดังรูปที่ 1) ซึ่งจะทำให้ผู้ขับขี่สามารถเลือกอัตราทดกำลังต่างๆ กันถึง 10 อัตราทด หรือเรียกโดยทั่วไปว่าจักรยาน 10 เกียร์ ในทุกๆ อัตราทดที่ใช้ นั้นความตึงของโซ่ขับจะถูกรักษาไว้โดยอาศัยล้อริงดึงโซ่ด้วยแรงสปริงที่ทำงานร่วมกับล้อนำโซ่ ซึ่งจะมีหน้าที่เปลี่ยนตำแหน่งโซ่ขับ จากเฟืองตัวหนึ่งสู่อีกตัวหนึ่งได้

กลไกเลือกเปลี่ยนอัตราทดที่ล้อหลัง ซึ่งเป็นตัวควบคุม การทำงานของล้อริงดึงโซ่และล้อนำโซ่นั้นจะถูกควบคุมด้วยก้านมือโยกซึ่งติดตั้งอยู่บนโครงรถจักรยานโดยผ่านทางเส้นลวด กล่าวคือเมื่อผู้ขับขี่ดึงก้านมือโยกเพื่อเปลี่ยนอัตราทดเส้นลวดจะดึงเปิดกลไกเปลี่ยนอัตราทด กลไกดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นกระเดื่อง 4 ชิ้นต่อกัน ซึ่งเมื่อถูกดึงเป็นจะมีลักษณะ เป็นรูเหลี่ยมผืนผ้า ทำให้โซ่ขับเคลื่อนลงข้างล่างไปทางด้านซ้าย โซ่ขับก็จะเปลี่ยนตำแหน่งจากเฟืองตัวเล็กไปคล้องกับเฟืองตัวใหญ่อีกตัวหนึ่ง ทำให้อัตราทดเปลี่ยนไปดังรูปที่ 2

กลไกเลือกเปลี่ยนอัตราทดที่บันไดจากรยานนั้น จะใช้ก้านกระเดื่องนำโซ่เปลี่ยนตำแหน่งของโซ่ขับจากเฟืองตัวหนึ่งไปยังเฟืองอีกตัวหนึ่ง โดยจะถูกควบคุมด้วยชุดก้านมือโยกและเส้นลวดอีกชุดหนึ่ง เช่นเดียวกับชุดควบคุมที่ล้อหลัง

การออกแบบอุปกรณ์เปลี่ยนเกียร์จักรยานอัตโนมัติ

อุปกรณ์เกียร์รถจักรยานอัตโนมัติ ดัดแปลงมาจากกลไกควบคุมอัตราการไหลของน้ำ ซึ่งหลักการทำงานของกลไกชุดนี้ อาศัยทฤษฎีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่เกิดการหมุนของก้อนมวลรอบแกนเพลลา ทำให้กลไกมีการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงในแนวแกนหมุน ตามความเร็วรอบต่างๆ จากลักษณะการทำงานของกลไกชุดนี้ จึงได้นำหลักการมาใช้เป็นกลไกควบคุมการเปลี่ยนเกียร์ โดยอาศัยการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงในแนวแกนหมุน มาดึงเส้นลวดแทนก้านโยกด้วยมือ กล่าวคือขณะที่จักรยานมีความเร็วสูงขึ้นส่งผลให้ก้อนมวลในกลไกมีความเร็วรอบสูงขึ้นตามทำให้แขนมวลกางออกและกลไกส่วนบนเคลื่อนลงเกิดการดึงเส้นลวด ทำให้กลไกเปลี่ยนอัตราทดที่เฟืองตามทางออกตำแหน่งของโซ่ขับก็จะเคลื่อนไปทางด้านซ้าย (เข้าหาล้อ) ตามปกติของจักรยานหลายเกียร์ ณ ตำแหน่งนี้ อัตราทดจะถูกเปลี่ยนจากอัตราทดต่ำ (ความเร็วสูง) ไปหาอัตราทดสูง (ความเร็วต่ำ) ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนอัตราทดที่ไม่ถูกต้อง สำหรับจักรยานเกียร์อัตโนมัติจึงมีการเปลี่ยนชุดเฟืองตาม โดยจะสลับให้เฟืองตามตัวเล็กอยู่ทางด้านซ้ายมือ ดังนั้น ณ ตำแหน่งนี้อัตราทดจะเปลี่ยนจากอัตราทดสูง (ความเร็วต่ำ) ไปยังอัตราทดต่ำ (ความเร็วสูง) ก็จะได้อัตราทดที่ต้องการ เหมาะสำหรับการขี่ ในทางกลับกันหากความเร็วของรถจักรยานลดลงการทำงานก็จะกลับกันกับที่กล่าวมา

เนื่องจากจักรยานที่ออกแบบมีเพียง 3 เกียร์ ฉะนั้นชุดกลไกที่ออกแบบจึงใช้งานเฉพาะส่วนที่เป็นชุดเฟืองตามเท่านั้น

จากหลักการทำงานของอุปกรณ์เปลี่ยนเกียร์ ซึ่งจะนำมาใช้กับรถจักรยานหลายเกียร์ที่มีใช้ในปัจจุบัน จึงได้มีการทดสอบรถจักรยานเพื่อให้ทราบค่าต่างๆ เช่น ความเร็วที่เหมาะสมในเปลี่ยนเกียร์แต่ละระดับ แรงดึงเส้นลวดที่ใช้ในการเปลี่ยนเกียร์แต่ละระดับ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำมาใช้ในการออกแบบชุดอุปกรณ์เปลี่ยนเกียร์อัตโนมัติที่เหมาะสมกับรถจักรยานที่นำมาใช้ทดสอบและเมื่อทำการออกแบบจึงได้ชุดอุปกรณ์ดังรูปที่ 3 จากนั้นจึงได้มีการออกแบบคานกระดกเพื่อช่วยหนุนแรงในการดึงเส้นลวดให้กับระบบกลไก

การทดสอบรถจักรยานเกียร์อัตโนมัติ

หลังจากได้มีการออกแบบสร้างชุดอุปกรณ์เปลี่ยนเกียร์อัตโนมัติ ก็ได้นำชุดอุปกรณ์มาทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบในการหมุนก้อนมวลและแรงดึงที่ได้จากกลไก โดยในการทดสอบจะใช้มอเตอร์ปรับความเร็วรอบได้มาขับเคลื่อนกลไก และใช้ตาชั่งสปริงวัดแรงดึงที่

ได้จากการเคลื่อนที่ของกลไก จากการทดสอบทำให้ได้ผลเปรียบเทียบระหว่างความเร็วรอบของการหมุนของก้อนมวลกับแรงดึงที่ได้จากการเคลื่อนที่ของกลไกดัง ตารางที่ 1. และเมื่อนำค่าแรงดึงมาทำการวิเคราะห์หาค่าความเร็วรอบตามทฤษฎี จะได้ผลเปรียบเทียบค่าระหว่างการคำนวณและการทดสอบดังตารางที่ 2 ซึ่งจากตารางจะเห็นว่าค่าที่ได้จากการทดสอบมีค่าใกล้เคียงและสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการที่ได้จากการคำนวณ โดยมีค่าความผิดพลาดประมาณ $\pm 0.2 \%$

ในการทดสอบขั้นต่อไป ได้นำชุดเปลี่ยนเกียร์อัตโนมัติติดตั้งกับรถจักรยาน เพื่อทำการทดสอบลักษณะการทำงานในสภาพใช้งานจริงว่าเป็นไปตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ เกิดปัญหาหรือข้อบกพร่องอะไรขึ้นบ้าง และชุดอุปกรณ์สามารถเปลี่ยนเกียร์ได้ถูกต้องตามความเร็วที่เหมาะสมได้หรือไม่ โดยในการทดสอบจะทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร็วเข้ากับรถจักรยานเพื่อใช้บันทึกค่าความเร็วขณะมีการเปลี่ยนเกียร์แต่ละระดับในการขับที่จริง ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบ 10 ครั้ง ได้บันทึกไว้ในตารางที่ 3 จากนั้นจึงนำผลที่ได้ มาเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากการคำนวณ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าชุดอุปกรณ์เปลี่ยนเกียร์อัตโนมัติ สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบโดยสามารถเปลี่ยนเกียร์ ณ ตำแหน่งความเร็วใกล้เคียงกับตำแหน่งความเร็วที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งค่าความผิดพลาดนี้อาจเกิดจากความผิดในระบบกลไก

บทสรุป

บทความนี้ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง “จักรยานระบบเกียร์อัตโนมัติ” โดยนำหลักการของกลไกควบคุมอัตราการไหลของน้ำ มาออกแบบเป็นชุดควบคุมการเปลี่ยนเกียร์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนเกียร์ได้เหมาะสมกับความเร็วของรถจักรยาน หากแต่ชุดอุปกรณ์ควบคุมการเปลี่ยนเกียร์ยังมีขนาดใหญ่อยู่ ทำให้ใช้เนื้อที่มากในการติดตั้ง

สำหรับแนวทางต่อไป อาจจะมีการพัฒนาระบบกลไก การทำงานให้ดียิ่งขึ้น และอาจนำระบบกลไกเปลี่ยนเกียร์อัตโนมัติไปใช้กับรถจักรยานไฟฟ้า

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบแรงดึง ณ ความเร็วรอบต่างๆ

| ระดับความเร็วที่ | ความเร็วในการหมุนของก้อนมวล | | แรงดึง | |
|------------------|-----------------------------|--------|--------|-------|
| | rpm | rad/s | kg | N |
| 1 | 440.889 | 46.169 | 1.8 | 17.64 |
| 2 | 463.833 | 48.573 | 1.9 | 18.64 |
| 3 | 474.833 | 49.724 | 1.91 | 18.74 |

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าความเร็วรอบในการหมุนของก้อนมวล ที่ได้จากการทดสอบกับการคำนวณ

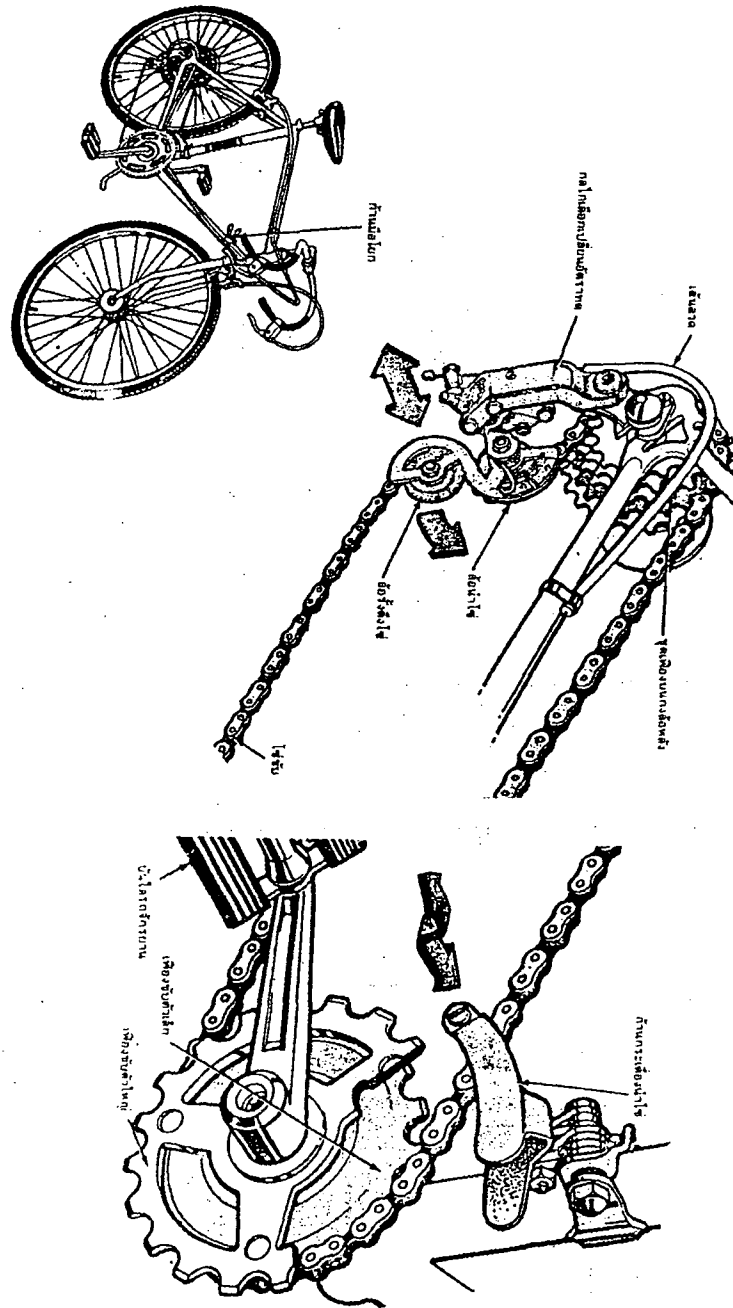
| แรงดึง (N) | ความเร็วรอบในการหมุนของก้อนมวล (rad/s) | |
|---------------|--|----------|
| | การทดสอบ | การคำนวณ |
| 17.64 | 46.169 | 46.09 |
| 18.64 | 48.573 | 49.2 |

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าความเร็วของรถจักรยานขณะเปลี่ยนเกียร์ในแต่ละระดับ

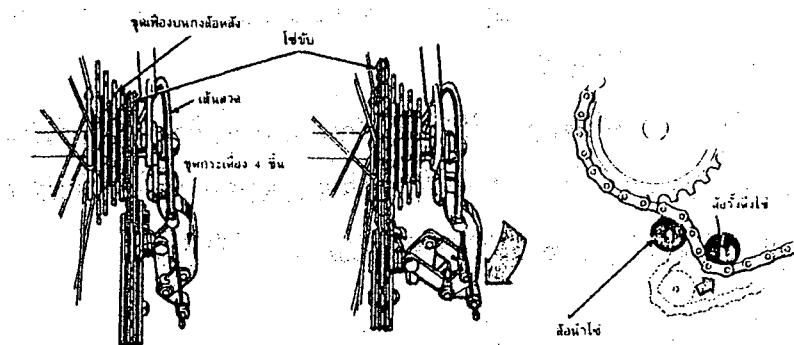
| การทดลองครั้งที่ | ความเร็วของรถจักรยาน (rad/s) | |
|------------------|------------------------------|------------------------|
| | จากเกียร์ 1 ไปเกียร์ 2 | จากเกียร์ 2 ไปเกียร์ 3 |
| 1 | 12 | 15 |
| 2 | 12 | 16 |
| 3 | 13 | 15 |
| 4 | 12 | 15 |
| 5 | 12 | 15 |
| 6 | 13 | 15 |
| 7 | 13 | 15 |
| 8 | 11 | 15 |
| 9 | 12 | 15 |
| 10 | 12 | 15 |

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าความเร็วของรถจักรยานขณะเปลี่ยนเกียร์ ที่ได้ จากการทดสอบกับการคำนวณ

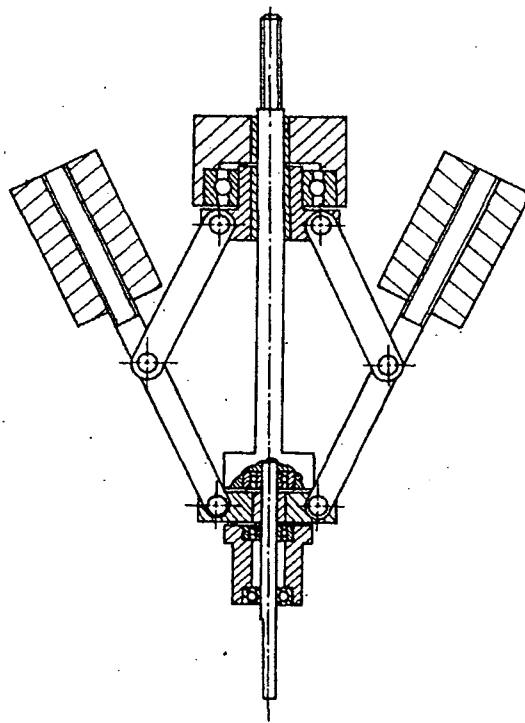
| ระดับการเปลี่ยนเกียร์ | ความเร็วของรถจักรยาน (rad/s) | |
|------------------------|------------------------------|----------|
| | การทดสอบ | การคำนวณ |
| จากเกียร์ 1 ไปเกียร์ 2 | 12.2 | 10.61 |
| จากเกียร์ 2 ไปเกียร์ 3 | 15.1 | 15 |



รูปที่ 1 ลักษณะทั่วไปของรถจักรยานและส่วนประกอบของระบบเฟือง



รูปที่ 2 กลไกการเปลี่ยนอัตราทดที่ล้อหลัง



รูปที่ 3 ชุดอุปกรณ์เปลี่ยนเกียร์อัตโนมัติ

บรรณานุกรม

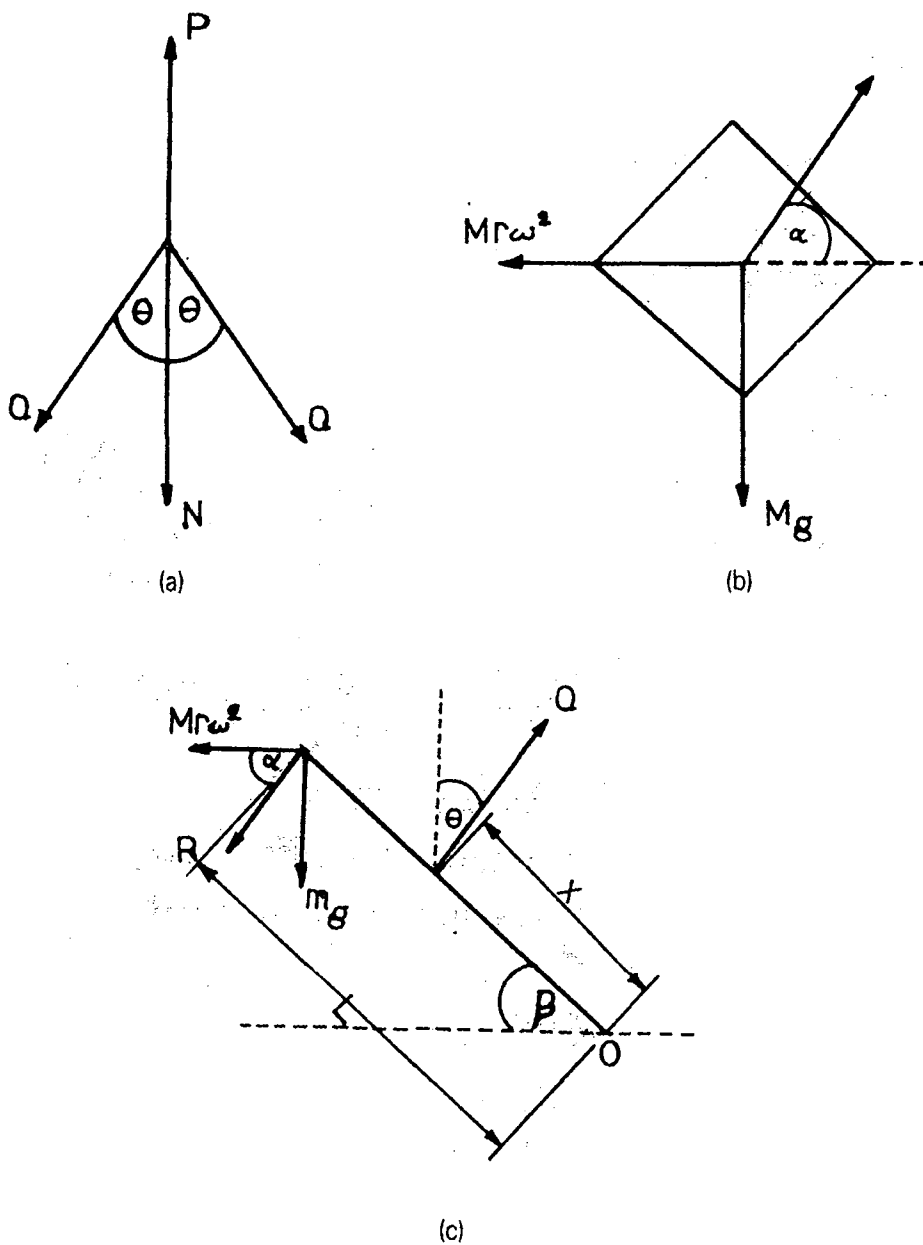
ธีระยุทธ สุวรรณประทีป. กลไกในการออกแบบวิศวกรรม เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร:
ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์

ธีระยุทธ สุวรรณประทีป. เทคนิคกลไก. กรุงเทพมหานคร: บริษัทด้านสุทธาการพิมพ์

Frederick J. Bueche. INTRODUCTION PHYSICS FOR SCIENTISTS AND ENGINEERS,
Fourth Edition. Singapore. McGraw Hill book Co., 1986

ภาคผนวก ก.

จากรูปที่ 3 สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ของแรงในระบบกลไกเปลี่ยนเกียร์อัตโนมัติ
สำหรับการใช้ในการคำนวณได้ดังนี้



- รูปที่ 1 ก.
- (a) แสดง free body diagram ของส่วนบนของอุปกรณ์เปลี่ยนเกียร์
 - (b) แสดง free body diagram ของตุ้มเหวี่ยง
 - (c) แสดง free body diagram ของแกนตุ้มเหวี่ยง

จากรูปที่ 1 ก. (a)

$$\Sigma F_y = 0$$

$$P = 2Q \cos \theta + N$$

$$Q = \frac{P - N}{2 \cos \theta}$$

จากรูปที่ 1 ก. (b)

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R \cos \alpha = Mr\omega^2$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R \sin \alpha = Mg$$

จากรูปที่ 1 ก. (c)

$$[R \cos \alpha + mr\omega^2] [L \sin \beta] + [R \sin \alpha + mg] [L \cos \beta] \\ = [Q \cos \theta] [x \cos \beta] + [Q \sin \theta] [x \sin \beta]$$

$$\text{แทนค่า } R \cos \alpha = Mr\omega^2, R \sin \alpha = Mg \text{ และ } \frac{P - N}{2 \cos \theta}$$

จะได้

$$\omega = \sqrt{\frac{0.5 x (P - N) (1 + \tan \theta \tan \beta) - gL (M + m)}{rL \tan \beta (M + m)}}$$

โดยที่ ω = ความเร็วในการหมุนของตุ้มเหวี่ยง (rad/s)

P = แรงที่ใช้ในการดึงคานกระดกดึงเส้นลวดเปลี่ยนเกียร์ (N)

N = แรงที่เกิดจากมวลของจุดเชื่อมต่อของแขนยึดแขนของตุ้มเหวี่ยง (N)

M = น้ำหนักของตุ้มเหวี่ยง (kg)

m = น้ำหนักของแขนตุ้มเหวี่ยง (kg)

L = ความยาวของแขนตุ้มเหวี่ยง (m)

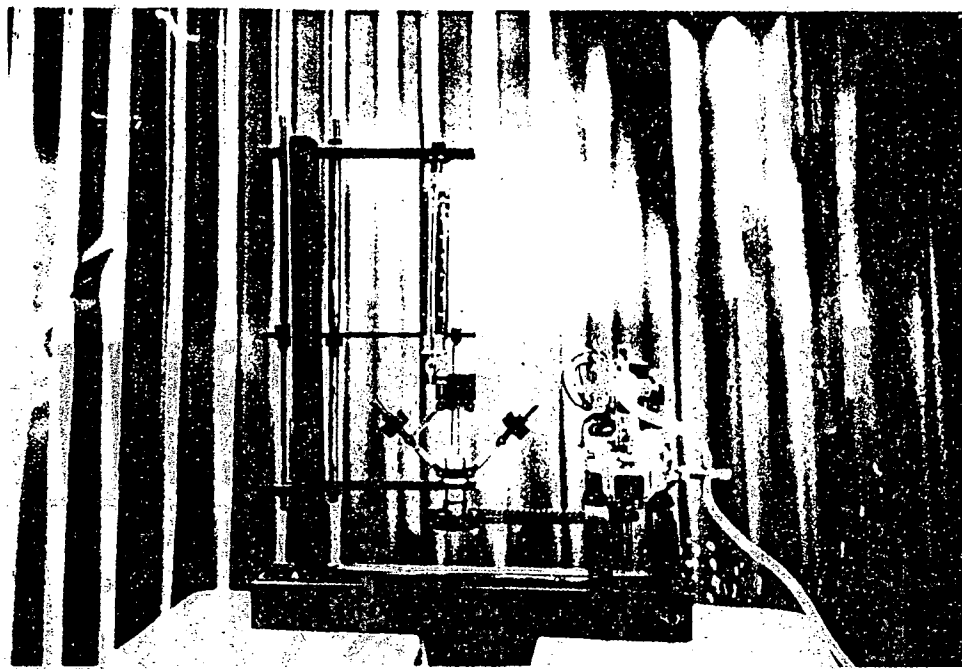
r = รัศมีในการหมุนของตุ้มเหวี่ยง (m)

x = ความยาวของระยะจากจุดหมุนของแขนตุ้มเหวี่ยงถึงจุดยึดของแขนยึดกับแขนตุ้ม (m)

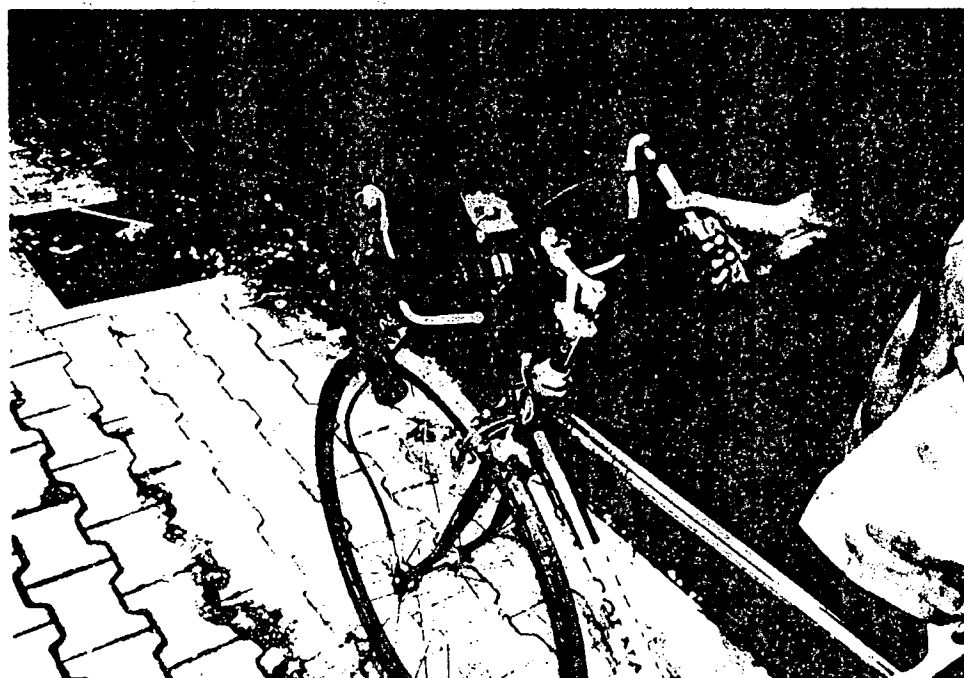
θ = มุมที่แขนยึดแขนตุ้มเหวี่ยงทำมุมกับแนวดิ่ง (degree)

β = มุมที่แขนตุ้มเหวี่ยงทำมุมกับแนวระดับ (degree)

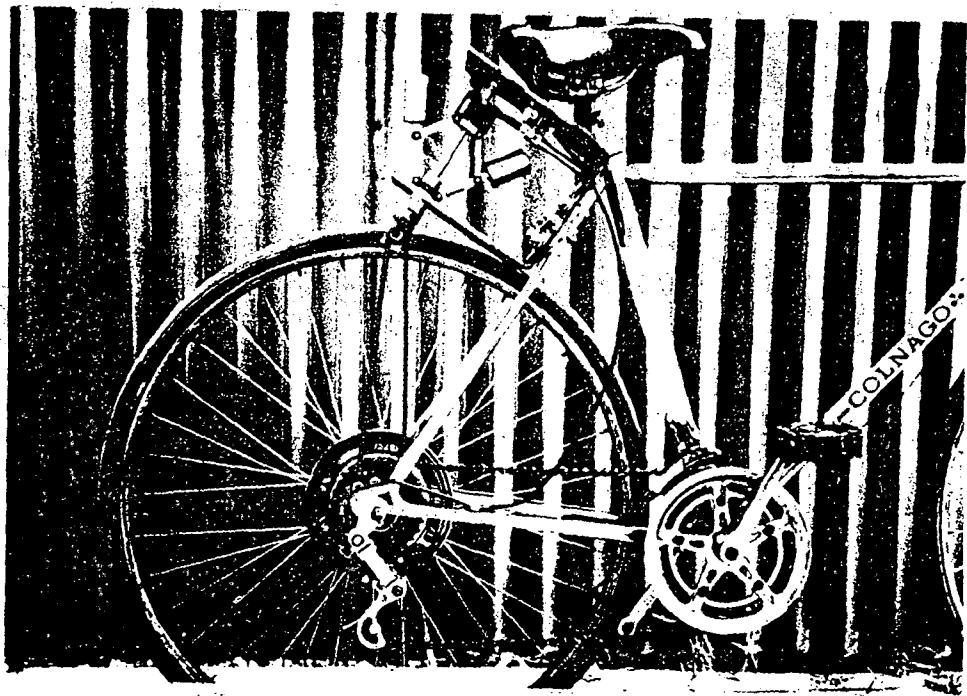
ภาคผนวก ข.



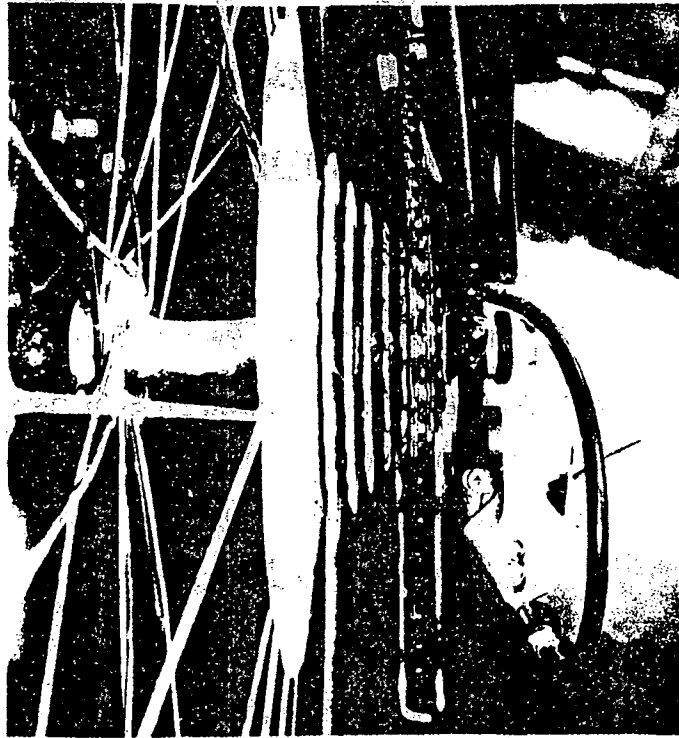
รูปที่ 1 ข: การทดสอบชุดอุปกรณ์โดยมอเตอร์ปรับความเร็วรอบ



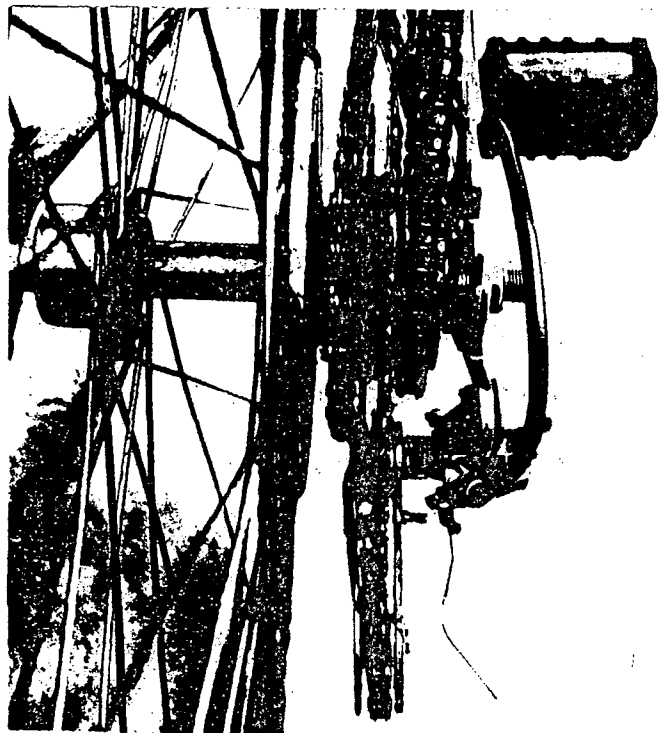
รูปที่ 2 ข: การติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร็วเข้าถังเรกัลกียวน



รูปที่ 3 ข. ลักษณะของรถจักรยานเกียร์อัตโนมัติ



รูปที่ 4 ข. ระบบเฟืองที่ล้อหลังของรถจักรยานทั่วไป



รูปที่ 5 ข. ระบบเฟืองที่ล้อหลังของรถจักรยานเกียร์อัตโนมัติ