บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

การสำรวจและรวบรวมข้อมูลการทำโครงงานเรื่อง การออกแบบระบบจำลองการควบคุมการทรงตัวของจักรยานล้อเดียว(Design Simulation of balance Control System of Single wheel bicycle) ได้ศึกษาข้อมูลทั่วไปและเก็บข้อมูลสำหรับใช้เลือกหัวข้อทำโครงงานขั้นแรก ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน โดยอ้างอิงเนื้อหาที่ได้ศึกษามาใช้ในการเลือกหัวข้อทำโครงงาน ได้แก่ การวิเคราะห์คาน ระบบควบคุม การเคลื่อนที่ของวัตถุแนวแกนต่างๆ กลศาสตร์ของไหล

ศึกษา Math lab เพื่อใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองการควบคุมการทรงตัวของจักรยานล้อเดียว

ศึกษา VB.6 เพื่อให้ทราบถึงโครงสร้างของโปรแกรม การใช้โปรแกรม การเขียนโปรแกรมและการนำเสนอข้อมูล เพื่อนำมาใช้เป็นตัว simulation ของแบบจำลองการควบคุมการทรงตัวของจักรยานล้อเดียว

ทางกลุ่มได้ทำการศึกษาข้อมูลมาจากแหล่งความรู้ต่างๆ ดังนี้

3.1.1 ได้ทำการศึกษาจากหนังสือ 5 เล่ม คือ

3.1.1.1 หนังสือเรื่อง การควบคุมระบบพลศาสตร์(Control of Dynamic Systems) ผู้แต่ง วิบูลย์ แสงวีระพันธ์ศิริ

3.1.1.2 หนังสือเรื่อง FEEDBACK CONTROL OF Dynamic System ผู้แต่ง Gene F. FRANKLIN และ คณะ

3.1.1.3 หนังสือเรื่อง AUTOMATICCONTROL ENGINEERING ผู้แต่ง Francis H. Raven

3.1.1.4 หนังสือเรื่อง เริ่มต้นเขียนโปรแกรม (VISUAL BASIC.NET) ผู้แต่ง บัญชา ปะสีละเตสัง

3.1.1.5 หนังสือเรื่อง คู่มือการใช้งาน MATLAB ผู้แต่ง มนัส สังวรศิลป และ วรรัตน์ ภัทรอมรกุล

3.2 การจำลองสถานการณ์ทำงานของระบบ จะมีสมมุติฐานดังนี้

การศึกษาและเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของจักรยานล้อเดียวกำหนดให้

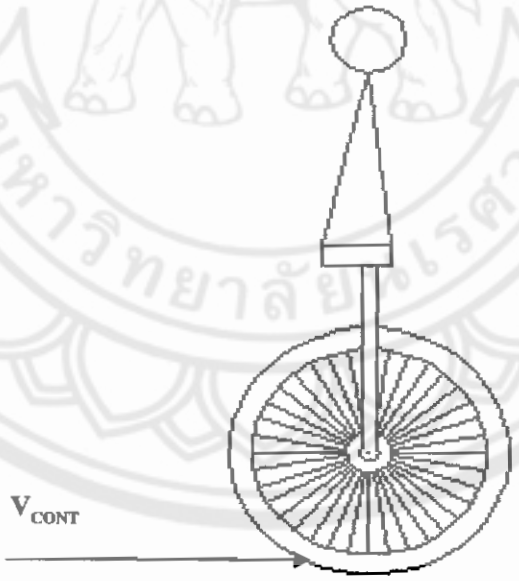
มวลของจักรยาน+ คน	=	60	กิโลกรัม
รัศมีล้อจักรยาน	=	30	เซนติเมตร
ความสูงของคนขณะนั่งปั่นจักรยาน	=	100	เซนติเมตร
ความกว้างของหน้ายาง	=	5	เซนติเมตร

ไม่คิดแรงลมและแรงเสียดทาน และความร้อนที่เกิดจากการปั่นจักรยาน

สิ่งที่ต้องการควบคุม ความเร็ว และมุมที่จักรยานถูกกระทำจากสิ่งรบกวน

3.3 การพิจารณาระบบทางจลน์ศาสตร์

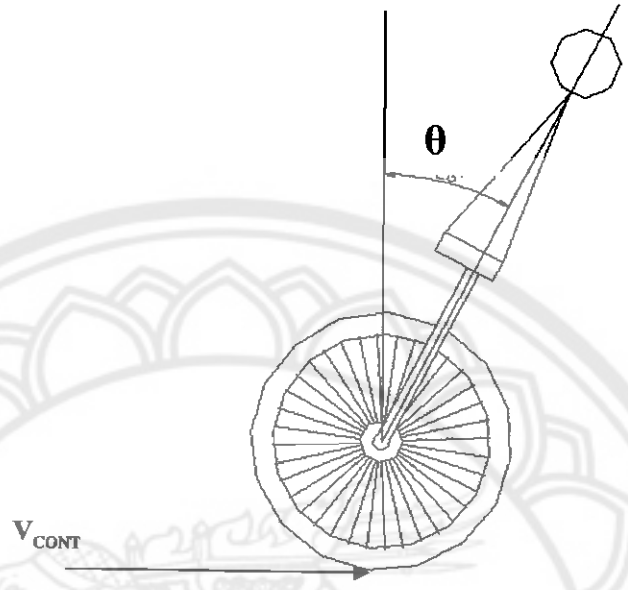
3.3.1 สภาวะที่ 1



รูปที่ 3.1 รูปแบบของระบบที่ต้องการควบคุมสภาวะเริ่มต้น

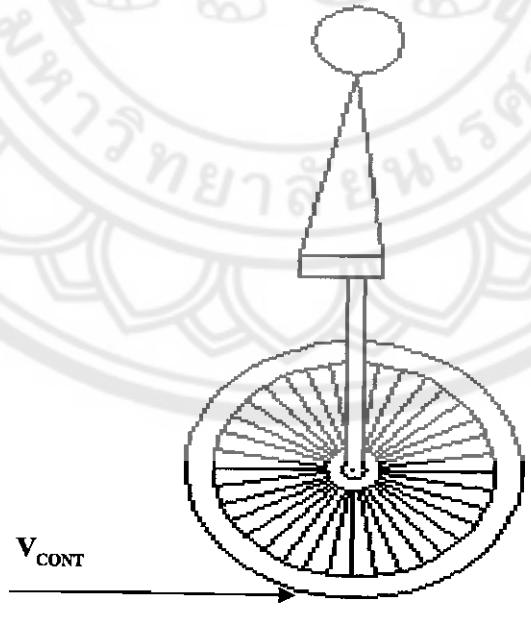
จ
TL
152.8
ก944ก
2548
i.3868844
สำนักหอสมุด
17 มี.ค. 2551

3.3.2 สภาวะที่ 2



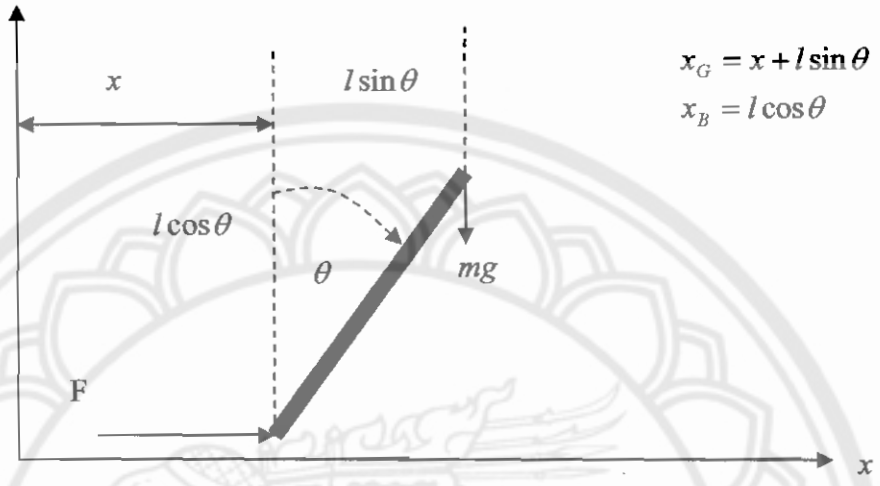
รูปที่ 3.2 รูปแบบของระบบที่ต้องการควบคุมสภาวะที่ 2

3.3.3 สภาวะที่ 3



รูปที่ 3.3 รูปแบบของระบบที่ต้องการควบคุมสภาวะสุดท้าย

3.4 ระบบที่พิจารณา และสมการพื้นฐานที่ใช้



รูปที่ 3.4 รูปแบบของระบบจำลองที่ต้องการควบคุม

ระบบที่พิจารณาจะใช้เป็นขั้นตอนในการแปลงลาปลาซการจำลองสถานการณ์ทำงานของระบบ จะมีสมมุติฐานให้ระบบไม่คิดแรงลมและแรงเสียดทาน และความร้อนที่เกิดจากการปั่นจักรยานสิ่งที่ต้องการควบคุม คือ ความเร็ว และมุมที่จักรยานถูกกระทำจากสิ่งรบกวนตั้งแต่สภาวะเริ่มต้นจนถึงสภาวะสุดท้ายโดยพิจารณาจากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน คือ

$$\sum F = ma \tag{3.1}$$

จากระบบจะได้สมการการเคลื่อนที่ดังนี้

$$m\frac{d^2x}{dt} + m\frac{d^2(x + l\sin\theta)}{dt} = F$$

$$m\ddot{x} + ml(\cos\theta)\ddot{\theta} - ml(\sin\theta)\dot{\theta}^2 = F$$

และจากระบบจะได้สมการการสมดุลโมเมนต์ที่ดังนี้

$$\sum M = 0 \tag{3.2}$$

จะได้สมการการ

$$m\frac{d^2(x+l\sin\theta)l\cos\theta - ml^2(l\cos\theta)l\sin\theta = mgl\sin\theta}{dt}$$

$$\therefore m[(\ddot{x}-l(\sin\theta)\theta^2+l(\cos\theta)\ddot{\theta})]-m[(-l(\cos\theta)\dot{\theta}^2-l(\sin\theta)\ddot{\theta})]l\sin\theta = mgl\sin\theta$$

ถ้ากำหนด $\theta(t),\theta(t)$ มีค่าน้อย $\rightarrow m\ddot{x}+ml\ddot{\theta} = F \qquad (3.3)\rightarrow \therefore \ddot{x} = \frac{F-ml\ddot{\theta}}{m}$

$$m\ddot{x}+ml\ddot{\theta} = mg\theta \qquad (3.4)\rightarrow \ddot{x}+l\ddot{\theta} = g\theta$$

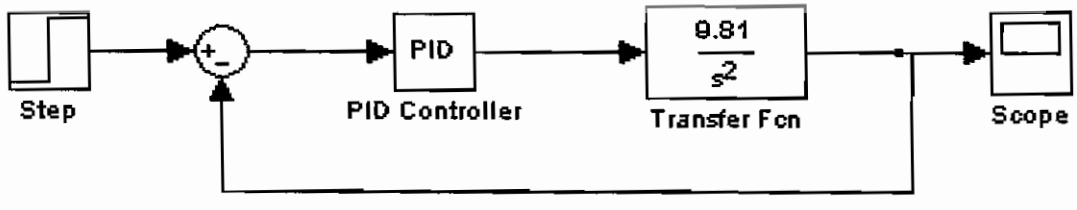
นำ $\therefore \ddot{x} = \frac{F-ml\ddot{\theta}}{m}$ แทนค่าในสมการ3.4 จะได้ $\frac{F-ml\ddot{\theta}}{m}+l\ddot{\theta} = g\theta$

$\rightarrow \frac{F}{m} = g\theta$

ทำการจัดรูปสมการ $g\theta = \frac{m\ddot{x}}{m} = \ddot{x}$ จะได้ $g\theta = \ddot{x}$

ทำการแปลงลาปลาซจะได้ $\frac{X(s)}{\theta(s)} = \frac{g}{s^2}$ (3.3)

จากระบบการเคลื่อนที่ของจักรยานล้อเดียวโดยใช้กฎข้อที่ 2 ของนิวตันและกฎสมดุลโมเมนต์สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ด้วยการทำการแปลงลาปลาซ จะได้ Transfer function คือ $\frac{X(s)}{\theta(s)} = \frac{g}{s^2}$ เพื่อใช้เป็นตัวควบคุมระบบให้คงที่โดยใช้ PID เป็นตัวควบคุมตามรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมของระบบการควบคุมการเคลื่อนที่ของจักรยานล้อเดียว [5]

3.5 เงื่อนไขและขอบเขตโปรแกรม

โปรแกรมแบบจำลองการควบคุมการทรงตัวของจักรยานล้อเดียว

3.5.1 การป้อนค่าความเร็วของการเคลื่อนจักรยานล้อเดียวสามารถป้อนค่าได้อยู่ในช่วงประมาณ 0-100 m/s

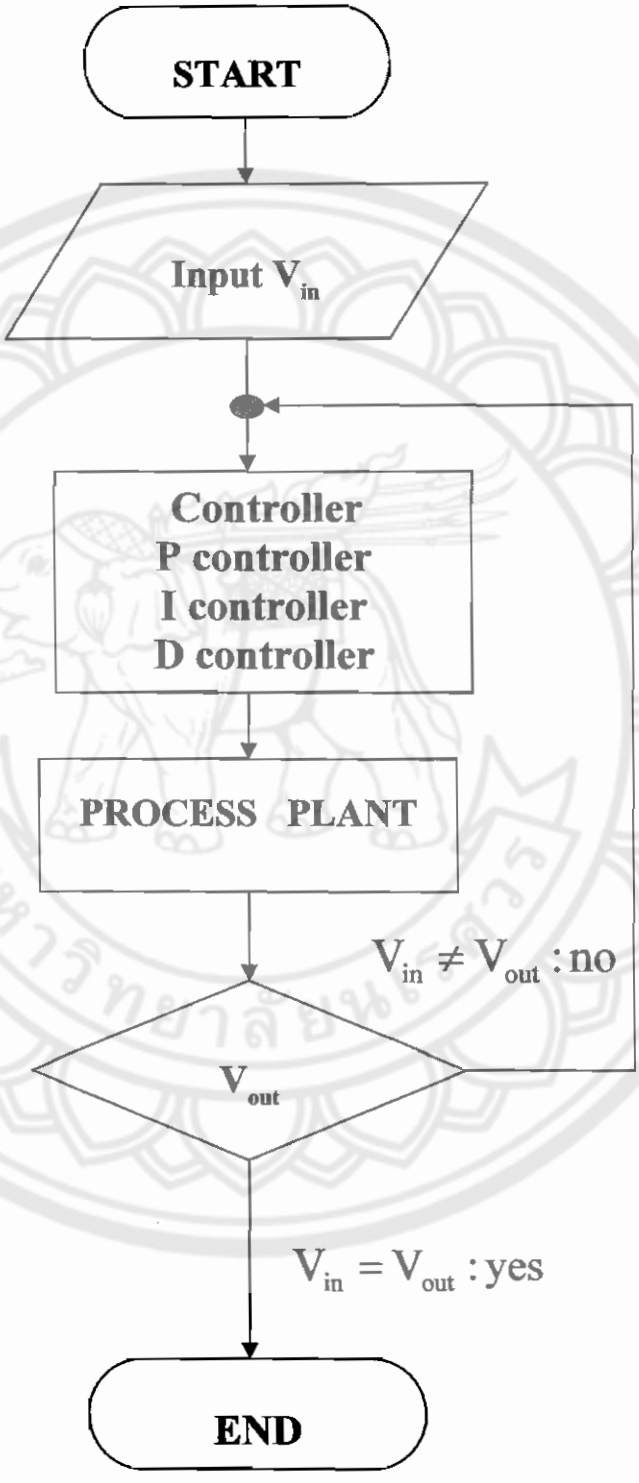
3.5.2 การแสดงผลการตอบสนองของแบบจำลองอยู่ในรูปแบบของกราฟแสดงการควบคุมการเคลื่อนที่ของจักรยาน

3.5.3 เวลาที่ต้องการควบคุมที่แสดงออกมาอยู่ในช่วง 0-1 5 วินาที

3.5.4 กราฟแสดงผลการตอบสนองโดยแสดงผลให้แกน Y เป็นความเร็วมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที ที่ถูกป้อนค่า แกน X เป็นเวลาที่ใช้ในการควบคุม มีหน่วยเป็นวินาที

3.5.5 ทำการทดสอบโปรแกรมVB.6 และ Math lab โดยกำหนดค่าความเร็วเท่ากับ 0, 1, 10, 100

3.6 Flow Chart แสดงการควบคุมของระบบ



รูปที่ 3.6 Flow Chart แสดงการควบคุมของระบบ

3.7 วิธีการวิเคราะห์

จากระบบจะให้สมมุติฐานให้ระบบไม่คิดแรงลมและแรงเสียดทาน และความร้อนที่เกิดจากการปั่นจักรยาน วิเคราะห์โดยใช้กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน และสมดุลโมเมนต์จะได้สมการการเคลื่อนที่เพื่อใช้หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยการทำการแปลงลาปลาซ จะได้ Transfer function คือ $\frac{X(s)}{\theta(s)} = \frac{g}{s^2}$ เพื่อใช้เป็นแผนในการควบคุมแบบ PID ซึ่งการควบคุมแบบ PID จะมีค่าที่เป็นตัวกำหนดในการควบคุมคือค่า K_P, K_I, K_D สามารถวิเคราะห์ค่า K ของแต่ละตัวได้ดังนี้

3.7.1 ถ้า K_D = K_I น้อยกว่า K_P ระบบจะส่งผลการตอบสนองโดยจะไม่เกิดคาบของการแกว่งซึ่งจะทำให้ใช้เวลาในการควบคุมเป็นเวลานาน

3.7.2 ถ้า K_D = K_P น้อยกว่า K_I คาบการแกว่งจะมีค่ามากทำให้ใช้เวลาในการควบคุมเป็นเวลานาน

3.7.3 ถ้า K_D มีค่ามากกว่า K_I และ K_P ระบบจะส่งผลการตอบสนองคาบของการแกว่งจะมีช่วงกว้างการควบคุมใช้เวลาเวลานานกว่าทั้งสองข้อข้างต้น

3.7.4 ถ้าหากการควบคุมมีค่า $K_P = 0$ ระบบจะส่งผลการตอบสนองโดยแสดงออกมาในรูปของกราฟ sin(x) ระบบจะไม่สามารถควบคุมได้

3.7.5 ถ้า K_D = $K_I = K_P$ ระบบจะส่งผลการตอบสนองโดยการควบคุมจะใช้เวลาในการควบคุมระยะสั้นเกิดคาบของการแกว่งเพียง 2 คาบ ก่อนการควบคุมเสร็จสิ้น

3.7.5 ถ้า $K_D < K_I < K_P$ ระบบจะส่งผลการตอบสนองโดยการควบคุมจะใช้เวลาในการควบคุมระยะสั้น ก่อนการควบคุมเสร็จสิ้น

3.7.6 ค่าของ $K_D < K_I < K_P$ ระบบกำหนดอยู่ใน 2 ช่วงคือ

3.5.5.1 $K_D < K_I < K_P$ เท่ากับ 5, 10, 11

3.5.5.2 $K_D < K_I < K_P$ เท่ากับ 20, 49, 50

จากระบบการควบคุมนี้จะใช้ค่า K ทุกตัว โดยกำหนดค่าให้เท่ากับ $K_D < K_I < K_P$ โดยการทดลองสุ่มค่าจากโปรแกรม Math lab ซึ่งจะทำให้ระบบนี้มีการควบคุมที่ง่ายและระบบจะเข้าเสถียรภาพในเวลาที่สั้นลง