

การศึกษาอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์แก๊สolineด้วยการควบคุมตำแหน่ง ของลิ้นควบคุมอัตราเร็วเดินเบา

เอกณรงค์ ใจยงค์^{1*}
akenarong@rsu.ac.th^{1*}

^{1*} ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

Received	: 1-Nov-2018
Revised	: 25-Jan-2019
Accepted	: 25-Feb-2019

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการออกแบบระบบควบคุมอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์แก๊สolineโดยใช้ลิ้นควบคุมอัตราเร็วเดินเบา เครื่องยนต์ที่ทดลองเป็น YAMAHA แบบลูกสูบเดี่ยว ความจุกระบอกสูบ 115 cc. ระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ เครื่องยนต์ถูกจำลองเป็นระบบอันดับหนึ่งอย่างง่ายและอาศัยโปรแกรม MATLAB R2011a ในการวิเคราะห์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011 ถูกโปรแกรมด้วยภาษา C เป็นตัวควบคุม เมื่อป้อนสัญญาณอ้างอิงแบบขั้นบันไดวิธีออกแบบตัวควบคุมทางภาพของเซนฮอนเรสวิก (Chien-Hrones-Reswick : CHR) ถูกใช้เพื่อหาค่าเกนตัวควบคุมพีไอดี การออกแบบตัวควบคุมของ CHR ข้างต้น 2 วิธี ถูกทดลอง คือ วิธี 20% overshoot และ วิธี Least overshoot ผลการทดลองพบว่าวิธี Least overshoot ให้ผลการพุ่งเกินและมีสมรรถนะที่ดี สมรรถนะของระบบถูกทดสอบ 3 กรณีคือ การควบคุมอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ การเปลี่ยนอัตราเร็วรอบอ้างอิงแบบฉับพลัน และการรบกวนด้วยภาระจากการเบรก ผลการทดสอบพบผลตอบสนองตัวควบคุมที่ออกแบบสามารถติดตามอัตราเร็วรอบอ้างอิงในเวลา 1.9 วินาที โดยไม่พบค่าพุ่งเกิน ระบบสามารถกำจัดการรบกวนจากการเบรกภายในเวลา 6 วินาที

คำสำคัญ: เครื่องยนต์แก๊สoline เซนฮอนเรสวิก dsPIC30F4011

Study of Gasoline Engine Speed by Controlling Position of Idle Speed Control Valve

Akenarong Jaiyong^{1*}
akenarong@rsu.ac.th^{1*}

^{1*} Department of Mechanical Engineering, College of Engineering, Rangsit University

Received	: 1-Nov-2018
Revised	: 25-Jan-2019
Accepted	: 25-Feb-2019

Abstract

The objective of this research was to design a gasoline engine speed control system by using Idle Speed Control Valve (ISCV). The engine of interest was a 115 cc. single-cylinder YAMAHA engine with a carburetor. It was modeled as a first-order linear system for simplicity, and was verified by using MATLAB R2011a. Using the C programming language, a dsPIC30F4011 microcontroller was programmed as the controller. The Chien-Hrones-Reswick (CHR) graphical techniques were used to obtain the PID controller gains when unit step reference inputs were applied to the control system. For this, two possibilities associated with the CHR technique were examined, namely PID 20% overshoot and PID least overshoot. It was found that the PID least overshoot method yielded satisfactory overshoot and performance. Performance of the control system was examined in three experiments. These included constant engine speed control, increasing speed control, and breaking disturbance rejection. It appeared from these experiments that, the output of the system could reach a constant speed reference input within 1.9 seconds, with no overshoot. The breaking disturbance was rejected within 6 seconds.

Keywords: Gasoline engine, Chien-Hrones-Reswick, dsPIC30F4011.

1. บทนำ

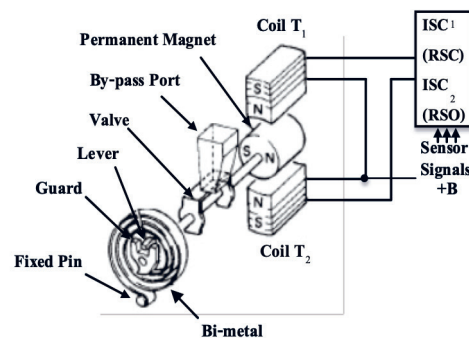
งานวิจัยการศึกษาอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยการควบคุมตำแหน่งของลิ้นควบคุมอัตราเร็วเดินเบา มีแนวคิดจากการควบคุมอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ให้คงที่ เพื่อลดเชื้อเพลิงในขณะเปลี่ยนอัตราเร็วอ้างอิงจากการกดคันเร่ง การควบคุมดังกล่าวถูกนำเสนอหลายวิธี ในปี ค.ศ. 1769 [1], [2] เจมส์ วัตต์ ได้ประดิษฐ์เครื่องจักรไอน้ำสามารถควบคุมอัตราเร็วรอบเครื่องจากระบบทางกล โดยออกแบบมวลเฉื่อยทรงกลมหมุนรอบเพลตามอัตราเร็วรอบเครื่อง กรณีอัตราเร็วรอบสูง มวลเฉื่อยจะเคลื่อนที่กดแหวนสปริงที่สวมในเพล และส่งกำลังกลลิ้นลดอัตราการไหลของไอน้ำ ทำให้อัตราเร็วรอบเครื่องจักรไอน้ำลดลง ในปัจจุบันเครื่องยนต์แก๊สโซลีนถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เครื่องยนต์ถูกติดตั้งลิ้นควบคุมอัตราเร็วเดินเบา (Idle Speed Control Valve : ISCV) ขนานกับลิ้นปีกผีเสื้อ[3] การออกแบบตัวควบคุมถูกนำเสนอหลายวิธี เช่น วิธี Fuzzy Adaptive PID [4] วิธี Fuzzy Self-tuning PID [5] งานวิจัยทั้งสองมีจุดประสงค์ออกแบบตัวควบคุมที่สามารถรักษ้อัตราเร็วรอบเดินเบาในขณะรถรับแรงบิดรบกวนจากการทำงานของเครื่องยนต์ แนวคิดดังกล่าวถูกพัฒนาเป็นระบบรักษ้อัตราเร็วของตัวรถคันที่ ในปี ค.ศ. 2016 Rout MK และคณะ[6] ได้ออกแบบตัวควบคุมพีไอดี (Proportion – Integral – Derivative Controller: PID) สำหรับระบบ Cruise Control ด้วยวิธีวางโพล

ระบบ Cruise Control ถูกจดสิทธิบัตร เช่น [7]-[8] ในปี ค.ศ. 1990 [9] ระบบถูกผลิตเพื่อการค้าสำหรับรถยนต์ Honda CIVIC โดยระบบจะป้อนกลับอัตราเร็วตัวรถมาที่ตัวควบคุม

ส่งผลให้สามารถรักษ้อัตราเร็วรถที่ต้องการ ระบบสามารถทนต่อการรบกวนจากภายนอกได้ด้วยแนวคิดลดพลังงานเชื้อเพลิงขณะขับ ระบบ Cruise Control และการควบคุมอัตราเร็วรอบเดินเบาด้วย ISCV ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดศึกษ้อัตราเร็วรอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยการควบคุมตำแหน่งของลิ้นควบคุมอัตราเร็วเดินเบา

2. การควบคุมอัตราการไหลของอากาศด้วย ISCV

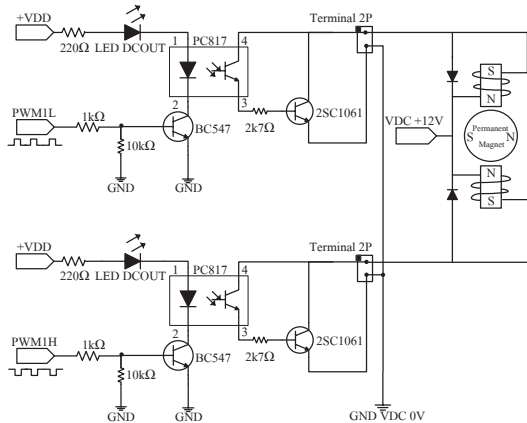
ลิ้นควบคุมอัตราเร็วเดินเบา (ISCV) ทำหน้าที่เปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านลิ้น โดยการเพิ่มหรือลดอัตราการไหลซึ่งแปรผันกับสัญญาณจากชุดควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit : ECU) งานวิจัยนี้เลือก ISCV ชนิดโรตารี โซเลนอยด์ (Rotary Solenoid) โครงสร้างประกอบด้วยชุดลวดสองชุดแม่เหล็กถาวร ตัวลิ้นและแกนเพลลา ปลายแกนเพลลาติดตั้งสปริงกันหอย ดังแสดงในรูปที่ 1



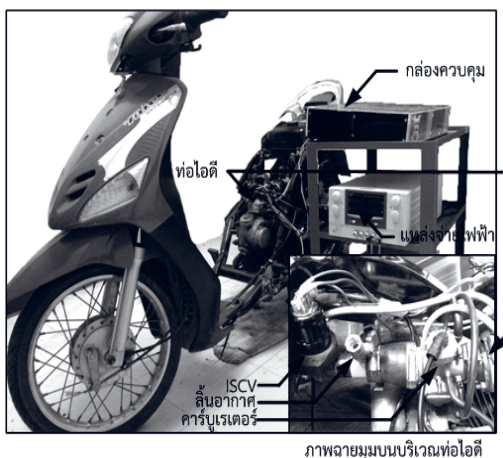
รูปที่ 1 โครงสร้าง ISCV แบบโรตารี โซเลนอยด์[10]

การควบคุมตำแหน่งของลิ้น ISCV ถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011 ขา PWM1L และ PWM1H วงจรขับ ISCV แสดงได้ดังรูปที่ 2 เมื่อ +VDD

คือ แหล่งจ่าย 5 โวลต์ GND คือ สายดินจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ VDC+12V คือ แหล่งจ่าย จากแบตเตอรี่ GND VDC 0V คือ สายดินจาก แบตเตอรี่



รูปที่ 2 วงจรขับ ISCV



ภาพฉายมุมมองบริเวณท้อไอดี

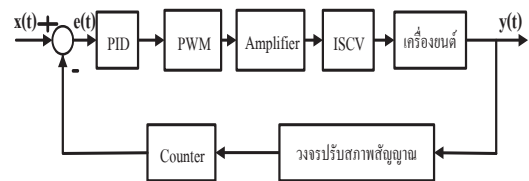
รูปที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3. การออกแบบระบบควบคุม

การควบคุมอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ถูก ทดลองกับรถจักรยานยนต์ YAMAHA Mio (เลข เครื่องยนต์ 5WR-046433) ความจุกระบอกสูบ 115 cc. ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบ คาร์บูเรเตอร์ ผู้วิจัยติดตั้ง ISCV และลิ้นอากาศ

ระหว่างคาร์บูเรเตอร์กับกรองอากาศ โดยเปิด ลิ้นคาร์บูเรเตอร์ในตำแหน่งเปิดสุด อุปกรณ์ใน การทดลองแสดงดังรูปที่ 3

การควบคุมอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ อธิบายดังรูปที่ 4 มอดูลตัวนับในไมโคร คอนโทรลเลอร์นับสัญญาณที่ผ่านวงจรปรับ สภาพสัญญาณในหนึ่งช่วงเวลาการชักตัวอย่าง จากนั้นคำนวณอัตราเร็วรอบปัจจุบันของ เครื่องยนต์ สัญญาณผลต่างถูกคำนวณจาก อัตราเร็วรอบอ้างอิงลบอัตราเร็วรอบปัจจุบัน ตัวควบคุมพีไอดีจะคำนวณสัญญาณผลต่างและ สร้างสัญญาณควบคุมแบบพีดับเบิลยูเอ็ม (Pulse-Width Modulation: PWM) สัญญาณ นี้จะถูกขยายเพื่อขับ ISCV



รูปที่ 4 การควบคุมอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์

4. การออกแบบตัวควบคุมพีไอดี

ตัวควบคุมพีไอดีนิยมใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากความเรียบง่ายของโครงสร้างตัว ควบคุม และความสามารถในการลดค่าความ ผิดพลาดได้หลายชนิดในตัวควบคุมเดียว [11] ตลอดจนความยืดหยุ่นในการปรับเกนตัวควบคุม โดยไม่จำเป็นต้องทราบแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ของระบบ ตัวควบคุมพีไอดีแสดงดัง สมการที่ 1 [12]

$$y(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

เมื่อ $e(t)$ คือ สัญญาณผลต่าง ($x(t) - y(t)$)
 $y(t)$ คือ สัญญาณเอาต์พุต
 $x(t)$ คือ สัญญาณอินพุต
 K_P, K_I, K_D คือ เกนตัวควบคุม พี ไอ ดี ตามลำดับ

การโปรแกรมสมการพีไอดีข้างต้นลงไมโครคอนโทรลเลอร์ ถูกโปรแกรมเป็นสมการผลต่างดังสมการที่ 2 [12]

$$y(kT) = K_P e(kT) + K_I S_{kT} + K_D [e(kT) - e_{(k-1)T}] \quad (2)$$

โดยที่ $K_I T = K_I$ และ $S_{kT} = S_{(k-1)T} + e_{(kT)}$

เมื่อ T คือ คาบเวลาซิกตัวอย่าง

k คือ จุดซิกตัวอย่างสัญญาณ

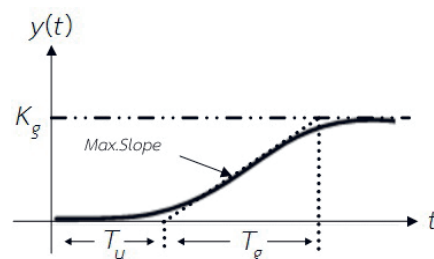
S_{kT} คือ ผลรวมผลต่างอดีตและปัจจุบัน

5. วิธีปรับค่าเกนตัวควบคุมพีไอดี

ปัญหาการปรับค่าเกนตัวควบคุมพีไอดีคือ ค่าเกนของตัวควบคุมควรมีค่าใดจึงเหมาะสมกับระบบนั้น ๆ ในทางทฤษฎีค่าเกนสามารถคำนวณได้อย่างถูกต้องถ้าทราบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ ในทางปฏิบัติการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบที่ซับซ้อนเป็นเรื่องยาก เนื่องจากมีจำนวนตัวแปรพลวัตที่มาก จากปัญหาดังกล่าว การปรับเกนตัวควบคุมจึงอาศัยวิธีสุ่มค่าและวิธีเปิดตาราง ในปี ค. ศ. 1942 [13] ซีเกลอร์ นิโคลส์ (Ziegler-Nichols) พัฒนาวิธีปรับค่าเกนตัวควบคุมพีไอดีโดยอาศัยการทดลองระบบวงปิดโดยป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณขั้นบันได จากนั้นบันทึกผลตอบสนองช่วงไม่มีการหน่วง (Undamped oscillation) สำหรับระบบควบคุมอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ การปรับค่า

เกนด้วยวิธีซีเกลอร์นิโคลส์ดังกล่าวเป็นเรื่องยากและอาจส่งผลให้เครื่องยนต์ได้รับความเสียหายด้วยข้อจำกัดนี้ผู้วิจัยจึงศึกษาวิธีปรับค่าเกนพีไอดีจากผลตอบสนองวงเปิด และเลือกวิธีปรับค่าเกนตัวควบคุมพีไอดีด้วยวิธีเซนฮรอนเรสวิก (Chien-Hrones-Reswick: CHR) [12]-[14] โดยป้อนสัญญาณอินพุตแบบขั้นบันได การคำนวณค่าเกนตัวควบคุมอาศัยวิธีทางภาพ การปรับค่าเกนพีไอดีวิธี CHR มีขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1. ต่อยังจรวจควบคุมเป็นแบบวงเปิดและป้อนสัญญาณควบคุมเป็นสัญญาณแบบขั้นบันได
- ขั้นตอนที่ 2. บันทึกผลตอบสนอง $y(t)$ และอ่านค่า K_g ในสภาวะคงตัว ดังรูปที่ 5
- ขั้นตอนที่ 3. จากผลตอบสนองที่ได้ลากเส้นตรงที่มีความชันสูงสุดตัดกับเส้นผลตอบสนองในสภาวะคงตัวและแกนเวลา อ่านคาบเวลา T_u และ T_g
- ขั้นตอนที่ 4. แทนค่า K_g คาบเวลา T_g และ T_u ในตารางที่ 1 เพื่อทราบค่าเกนสำหรับตัวควบคุมแต่ละแบบ
- ขั้นตอนที่ 5. คำนวณค่า $R = T_g / T_u$ และเลือกตัวควบคุมดังตารางที่ 2



รูปที่ 5 ผลตอบสนองวงเปิดวิธี CHR

ผลลัพธ์เมื่อแทนค่า K_g คาบเวลา T_u และ T_g ในตารางที่ 1 ให้ผลตอบสนองสองแบบ คือ ผลตอบสนองมีค่าพุ่งเกิน 20% (20% overshoot) และผลตอบสนองมีการพุ่งเกินน้อยที่สุด (Least overshoot)

ตารางที่ 1 ค่าเกณฑ์ควบคุมวิธี CHR

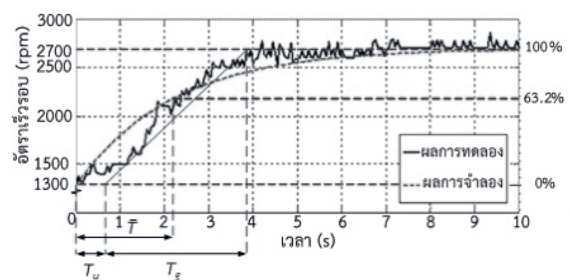
ตัวควบคุม	20% overshoot	Least overshoot
P	$K_p = 0.7R / K_g$	$K_p = 0.3R / K_g$
PI	$K_p = 0.6R / K_g$ $K_i = K_p / T_g$	$K_p = 0.35R / K_g$ $K_i = K_p / 1.2T_g$
PID	$K_p = 0.95R / K_g$ $K_i = K_p / 1.35T_g$ $K_d = K_p \times 0.47T_u$	$K_p = 0.6R / K_g$ $K_i = K_p / T_g$ $K_d = K_p \times 0.5T_u$

ตารางที่ 2 การเลือกตัวควบคุมวิธี CHR

ตัวควบคุม	R
P	$R > 10$
PI	$7.5 < R < 10$
PID	$3 < R < 7.5$
Higher-Order	$R < 3$

6. การทดลองผลตอบสนองวงเปิด

ขั้นตอนการทดลองผลตอบสนองวงเปิด เริ่มจากไม่โครคอนโทรลเลอร์สร้างสัญญาณพัลส์เปิดยูเอ็มปิดลิ้น ISCV ในตำแหน่งปิดสุด (0 %) จากนั้นติดเครื่องยนต์และปรับลิ้นอากาศในรูปที่ 3 ควบคุมให้อัตราเร็วรอบเครื่องยนต์อยู่ในสภาพเดินเบา อากาศจะถูกดูดผ่านลิ้นอากาศผ่านคาร์บูเรเตอร์เข้าสู่ท่อไอดี เมื่อเปิดลิ้น ISCV ในตำแหน่งเปิดสุด (100 %) อย่างฉับพลัน ผลตอบสนองวงเปิดแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ผลตอบสนองวงเปิด

จากผลตอบสนองวงเปิดรูปที่ 6 อัตราเร็วรอบเดินเบาคือ 1,300 rpm อัตราเร็วรอบในสภาวะคงตัวคือ 2,700 rpm อาศัยโปรแกรม MATLAB Simulink รุ่น R2011a ประมาณผลการทดลองวงเปิดเป็นระบบอันดับหนึ่ง พบว่าแบบจำลองเครื่องยนต์มีคาบเวลาคงตัว $\bar{T}$ คือ 2.2 วินาที และเกณฑ์แบบจำลองมีค่าเป็น 1,400

โดยอาศัยผลตอบสนองวงเปิดและวิธีทางภาพดังรูปที่ 6 พบว่า T_u คือ 0.7 วินาที T_g คือ 3.3 วินาที K_g คือ 1,400 และ R คือ 4.714 ดังนั้นตัวควบคุมวิธี CHR จึงเป็นตัวควบคุมแบบพีไอดีดังตารางที่ 3

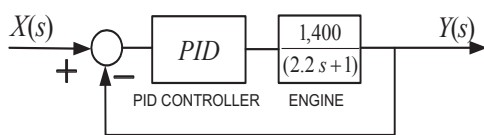
ตารางที่ 3 ค่าเกณฑ์ควบคุมพีไอดีวิธี CHR

20% overshoot	Least overshoot
$K_p = 0.003199$	$K_p = 0.002020$
$K_i = 0.000718$	$K_i = 0.000612$
$K_d = 0.001052$	$K_d = 0.000707$

7. การทดลองและผลการทดลอง

เนื้อหาในส่วนนี้กล่าวถึงผลการจำลองและผลการทดลองควบคุมอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ การจำลองอาศัยโปรแกรม MATLAB Simulink สร้างแบบจำลองดังรูปที่ 7 การจำลองและการทดลองมีเวลา 15 วินาที

แบ่งเป็นสามส่วน ส่วนแรกกล่าวถึงการควบคุมระบบวงปิดเมื่อกำหนดให้อัตราเร็วรอบอ้างอิงเป็นสัญญาณขั้นบันได ส่วนที่สองทดสอบสมรรถนะของตัวควบคุมเมื่อมีการเพิ่มอัตราเร็วรอบอ้างอิงอย่างฉับพลัน ส่วนที่สามกล่าวถึงการทดสอบความสามารถของตัวควบคุม ในการกำจัดสัญญาณรบกวนจากภาระการเบรก ในขณะที่รถขับเคลื่อนด้วยล้อหลังอย่างอิสระ

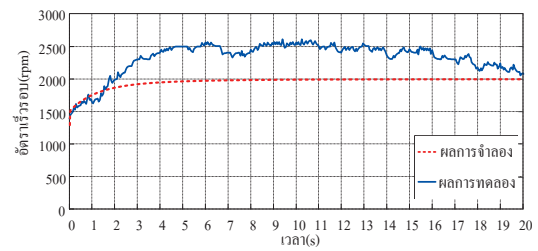


รูปที่ 7 แบบจำลองโดยโปรแกรม MATLAB Simulink

สำหรับการทดลองในส่วนแรกเป็นการโปรแกรมตัวควบคุมพีไอดีแบบ 20% overshoot และ Least overshoot เริ่มการทดลองจากติดเครื่องยนต์ในอัตราเร็วรอบเดินเบา จากนั้นเพิ่มอัตราเร็วรอบอ้างอิงอย่างฉับพลันเป็น 2,000 rpm ตัวควบคุมที่ให้ผลตอบสนองที่มีค่าพุ่งเกินน้อยกว่าจะถูกเลือกทดลองความสามารถในการติดตามอัตราเร็วรอบอ้างอิง และความสามารถในการกำจัดสัญญาณรบกวนในการทดลองส่วนที่สองและสามตามลำดับ

ผลตอบสนองวงปิดเมื่อกำหนดให้อัตราเร็วรอบอ้างอิงเป็นสัญญาณแบบขั้นบันได

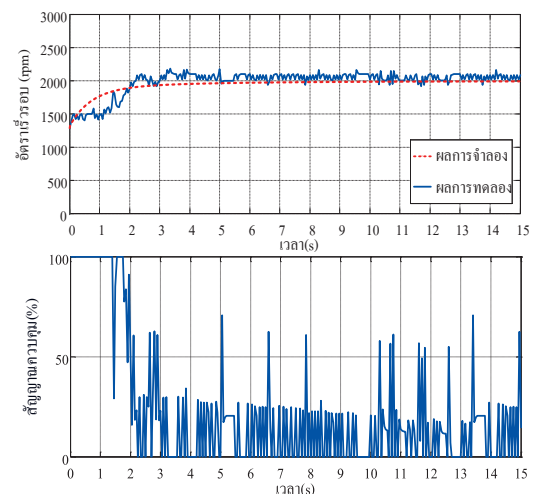
ผลการจำลองและผลการทดลองตัวควบคุมพีไอดีแบบ Least overshoot แสดงดังรูปที่ 8 ผลการจำลองพบว่าอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มจาก 1,300 rpm เป็น 1,500 rpm ภายในเวลา 0.1 วินาที ผลการจำลองใช้เวลา 5 วินาทีเข้าสู่อัตราเร็วรอบอ้างอิงที่ 2,000 rpm



รูปที่ 8 วิธี Least overshoot เมื่อ

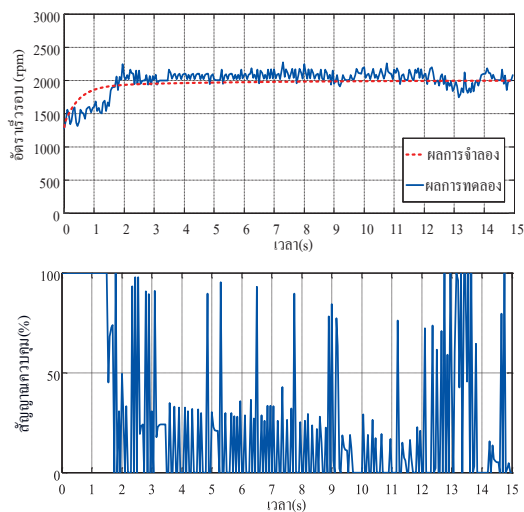
$$K_p=0.002020, K_i=0.000612, K_D=0.000707$$

ผลตอบสนองจากการทดลองมีอัตราเร็วรอบสูงสุดที่ 2,500 rpm และไม่สามารถติดตามอัตราเร็วรอบอ้างอิงที่กำหนด ผลตอบสนองมีการสั่นรอบสัญญาณอ้างอิงตั้งแต่เวลา 20 วินาที ด้วยเหตุผลนี้ผู้วิจัยจึงลดเกน K_D เพื่อลดผลการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณผลต่าง เมื่อทดลองปรับแต่งตัวควบคุมโดยลดเกน K_D จากตารางที่ 3 ลง 10 เท่า พบว่าผลตอบสนองจากการทดลองสามารถเข้าสู่อัตราเร็วรอบอ้างอิงโดยไม่พบค่าความคลาดเคลื่อนที่ สภาวะคงตัว ผลตอบสนองวงปิดกรณีปรับแต่งเกน K_D วิธี Least overshoot และ 20% overshoot แสดงดังรูปที่ 9 และ 10 ตามลำดับ



รูปที่ 9 วิธี Least overshoot เมื่อ

$$K_p=0.002020, K_i=0.000612, K_D=0.000070$$



รูปที่ 10 วิธี 20% overshoot เมื่อ $K_p = 0.003199$, $K_I = 0.000718$, $K_D = 0.000105$

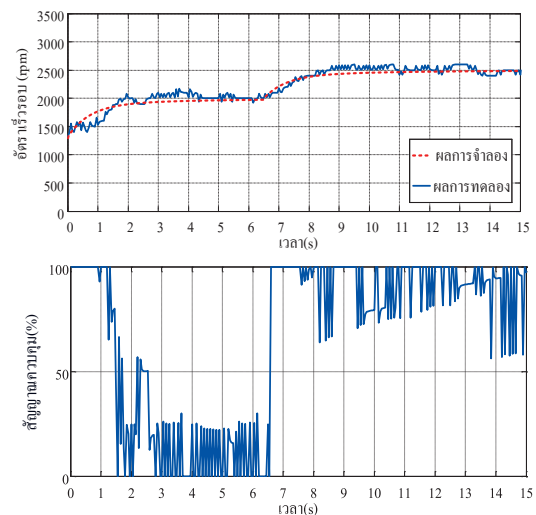
เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองวิธี Least overshoot รูปที่ 9 และวิธี 20% overshoot รูปที่ 10 พบว่า ผลตอบสนองวิธี Least overshoot เข้าสู่อัตราเร็วอ้างอิงช้ากว่าวิธี 20% overshoot 0.1 วินาที และสามารถเข้าสู่อัตราเร็วรอบอ้างอิงโดยไม่พบค่าพุ่งเกินใน ขณะที่ผลตอบสนองวิธี 20% overshoot มีค่าพุ่งเกินสูงสุดที่ 2,250 rpm ที่เวลา 2 วินาที

เมื่อเปรียบเทียบสัญญาณควบคุม พบว่า ตัวควบคุมพีไอดีวิธี Least overshoot สร้างสัญญาณควบคุมในช่วง 0 - 25% เมื่ออัตราเร็วรอบต่ำกว่าอัตราเร็วรอบอ้างอิง สัญญาณควบคุมจะพุ่งขึ้นที่ 60% การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณควบคุมที่ไม่สูงมากทำให้อัตราเร็วรอบเครื่องยนต์มีค่าที่สม่ำเสมอ ในขณะที่ตัวควบคุมพีไอดีวิธี 20% overshoot สร้างสัญญาณควบคุมในช่วง 0 - 30% เมื่ออัตราเร็วรอบต่ำกว่าอัตราเร็วรอบอ้างอิง สัญญาณควบคุมจะพุ่งขึ้นที่ 90% การเปลี่ยนแปลงแบบฉับพลันทำให้อัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ไม่สม่ำเสมอ และมีค่าพุ่งเกินสูงสุดในวินาทีที่ 2

ผู้วิจัยเลือกตัวควบคุมพีไอดีวิธี Least overshoot เกณฑ์ตัวควบคุมคือ $K_p = 0.00202$, $K_I = 0.000612$, $K_D = 0.000070$ เนื่องจากผลตอบสนองสามารถเข้าสู่อัตราเร็วรอบอ้างอิงโดยไม่พบค่าพุ่งเกินและอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ที่สม่ำเสมอ

ผลตอบสนองเมื่อเปลี่ยนอัตราเร็วรอบอ้างอิงอย่างฉับพลัน

การทดลองเมื่อเปลี่ยนอัตราเร็วรอบอ้างอิงอย่างฉับพลัน มีวัตถุประสงค์ทดสอบความสามารถติดตามอัตราเร็วรอบอ้างอิง โดยเปลี่ยนอัตราเร็วรอบ 2,000 rpm เป็น 2,500 rpm ที่เวลา 6.5 วินาที ผลการจำลองและการทดลองดังรูปที่ 11 สามารถติดตามอัตราเร็วรอบอ้างอิงภายในเวลา 1.9 วินาที โดยไม่พบค่าพุ่งเกิน



รูปที่ 11 ผลตอบสนองเมื่อเปลี่ยนอัตราเร็วรอบอ้างอิงอย่างฉับพลัน

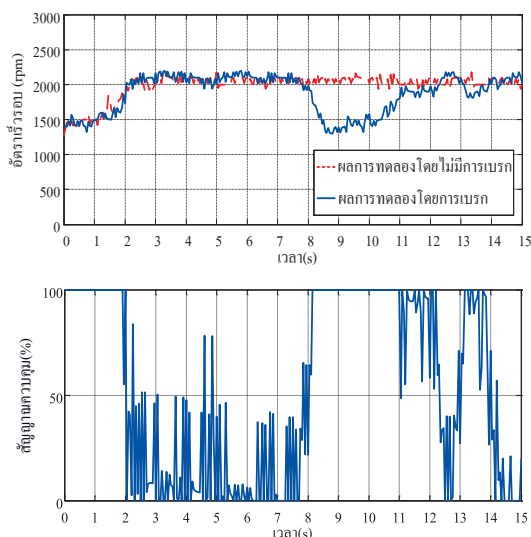
ผลตอบสนองเมื่อมีการรบกวนระบบ

การทดลองหัวข้อนี้กล่าวถึงการทดสอบสมรรถนะการกำจัดสัญญาณรบกวนเนื่องจากการเบรคคกที่ ในขณะที่รถขับเคลื่อนด้วยล้อ

หลังอย่างอิสระ ขั้นตอนการทดลองเริ่มจากผูกเชือกยึดล้อหน้ากับต้นเสา ยกขาตั้งค้ำล้อหลังให้ล้อลอยอย่างอิสระ ผูกปลายเชือกด้านหนึ่งกับก้านเบรก และผูกปลายเชือกอีกด้านกับมวลน้ำหนัก 4 กิโลกรัม คล้องเชือกผ่านปลอกโลหะด้านซ้ายที่ขั้วโลมด้วยน้ำมันหล่อลื่นดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 การทดลองการรบกวนเนื่องจากการเบรกคงที่



รูปที่ 13 ผลตอบสนองเมื่อมีการรบกวนเนื่องจากการเบรกคงที่

การทดลองเริ่มจากควบคุมอัตราเร็วรอบคงที่ที่ 2,000 rpm ในช่วงวินาทีที่ 8 ปลอมวลอย่างฉับพลัน ผลการทดลองปรากฏดังรูปที่ 13 พบว่าเมื่อระบบถูกรบกวน อัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ลดลงต่ำสุดที่ 1,400 rpm จากนั้นระบบพยายามติดตามอัตราเร็วรอบอ้างอิงอีกครั้ง โดยใช้เวลากำจัดการรบกวน 6 วินาที

8. สรุป

การศึกษาอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์แก๊โซลีนด้วยการควบคุมตำแหน่งของลิ้นควบคุมอัตราเร็วเดินเบา มีจุดประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบระบบควบคุมอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์แก๊โซลีนด้วย ISCV ระบบนี้เป็นระบบอัตโนมัติอาศัยสัญญาณจากตัววัดอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์เป็นสัญญาณป้อนกลับ ระบบถูกพัฒนาด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวควบคุมเป็นแบบพีไอดีถูกออกแบบด้วยวิธี CHR งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมสองวิธีคือ Least overshoot และ 20% overshoot

การทดสอบสมรรถนะของระบบถูกยืนยันจากผลการทดลองและจำลอง งานวิจัยนี้ออกแบบตัวควบคุมด้วยวิธี Least overshoot เพราะสมรรถนะในการลดค่าพุงเกิน เมื่อทดลองเปลี่ยนอัตราเร็วรอบอ้างอิง พบว่าตัวควบคุมสามารถติดตามอัตราเร็วรอบอ้างอิงใหม่โดยไม่พบค่าพุงเกิน นอกจากนั้นพบว่าตัวควบคุมยังสามารถกำจัดภาระรบกวนจากการเบรกได้

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] Spear B. James Watt: the steam engine and the commercialization of patents. World Patent Information. 2008 Mar; 30(1):53-8.

- [2] Ogata KS. Modern control engineering. 4th ed. New Jersey: Aeeizh; 2002.
- [3] DENSO. Engine management systems catalogue 2014/2015; 2014.
- [4] Hu L, Wang Y. Design and simulate the idle speed control system based on fuzzy adaptive. IEEE Advanced Information Technology Electronic and Automation Control Conference [Internet]. 2016 [cited 2019 Feb 6]:714–7. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7428648/>
- [5] Mu H, Li X, Tang J. Study with fuzzy self-turning PID controller on idle speed controlling of automobile. Chinese Automation Congress Conference [Internet]. 2017 [cited 2019 Feb 25]:5755–9. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8243811/>
- [6] Rout MK, Sain D, Swain SK, Mishra SK. PID controller design for cruise control system using genetic algorithm. IEEE International Electrical Electronics and Optimization Techniques Conference [Internet]. 2016 [cited 2019 Feb 25]:4170–4. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7755502/>
- [7] Shima T, inventor; Nissan Motor Co Ltd., assignee. Vehicle cruise control system. United States patent US7440835B2. 2008 Oct 21.
- [8] Sekine H, Sugimoto Y, inventor; Honda Motor Co Ltd., assignee. Adaptive cruise control apparatus. United States patent US9162677B2. 2015 Oct 20.
- [9] Honda Motor. 1991 CIVICS 3/4 DR servie manual. Printed in USA; 1991.
- [10] Toyota Motor Sales. Engine controls part3 idle speed control [internet]. 2018 [cited 2018 Dec 10]:1-14. Available from: <https://www.lovehorsepower.com/ToyotaPDFs/26.PDF>.
- [11] Arisariyawong S. How to adjust the gain of the PID controller In case of not knowing mathematical model (chapter 1). Industrial Technology Review Magazine. 2005 Sep;11:142-6. (in thai)
- [12] Janjornmanit S. Linear systems control. RMUTL: The Book centre of Electrical Engineering RMUTL; 2012. (in Thai)
- [13] Xue D, Chen Y, Atherton DP. Linear feedback control analysis and design with MATLAB. Philadelphia USA.: The Society for Industrial and Applied Mathematics; 2007.
- [14] Sinha RK, Bhakta S, Pal P. Design of a PID controller for unstable system: a pole-placement based firefly approach. IEEE International Computation of Power Energy

Information and Communication
Conference [Internet]. 2018 [cited
2019 Feb 25]:356–62. Available
from:[https://ieeexplore.ieee.org/
document/8525203/](https://ieeexplore.ieee.org/document/8525203/)