

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14  
2-3 พฤศจิกายน 2543 โรงแรม โนวาเทล เชียงใหม่

## ผลกระทบของกลไกเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาเปิดปิดวาล์วแบบต่อเนื่องในเครื่องยนต์สี่จังหวะ The Effect of Continuously Variable Valve Duration Mechanism in Four-Stroke Engine

รศ.สมชัย นรเศรษฐ์โสภณ ผศ.วัชรชัย นาคพิพัฒน์ และ ธิติพล อนนต์พันธ์  
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กรุงเทพ 10520  
โทร 02-3269987, e-mail:s1062024@kmitl.ac.th

Assoc.Prof.Somchai Norasethasophon Asst.Prof.Tawatchai Nakpipat and Thitiphol Anontaphan  
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Bangkok 10520, THAILAND  
Tel. 02-3269987, e-mail:s1062024@kmitl.ac.th

### บทคัดย่อ

ในการออกแบบเครื่องยนต์โดยทั่วไปจะคำนึงถึงย่านกำลังที่เหมาะสมกับการใช้งานเช่น เครื่องยนต์รอบต่ำ รอบปานกลางและรอบสูงซึ่งจะนำไปใช้ในรถแทรกเตอร์ รถครอปครัวร์และรถแข่งขึ้นตามลำดับเป็นต้น แต่ถึงแม้จะออกแบบให้เครื่องยนต์มีย่านกำลังที่เหมาะสมแล้วก็ตาม ประสิทธิภาพในช่วงของย่านกำลังดังกล่าวจะมีค่าประมาณ 60 - <100% ในเครื่องยนต์พื้นฐาน ดังนั้นในบทความนี้จะได้ทำการทดสอบความเป็นไปได้ในการควบคุมอัตราการไหลของอากาศทั้งในทางเข้าและทางออกด้วยกลไกการเพิ่มและลดระยะเวลาการเปิดปิดวาล์วไอดีและวาล์วไอเสียแบบต่อเนื่องตามลำดับเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

### Abstract

Designing of engine is normally concerned on the power band to be suitable for usage such as idle, middle and high speed. The above mentioned speed will be used in tractors, passenger cars and racing cars respectively. Even though the engine is well and suitably designed, the effectiveness of power band

should be approximately 60 -<100 percent. This essay will be therefore prepared for testing the fundamental possibility in controlling the air flow rate by increasing and decreasing the duration of intake and exhaust valve with variable valve duration mechanism (VVD) in order to increase the effectiveness of engine.

### 1. บทนำ

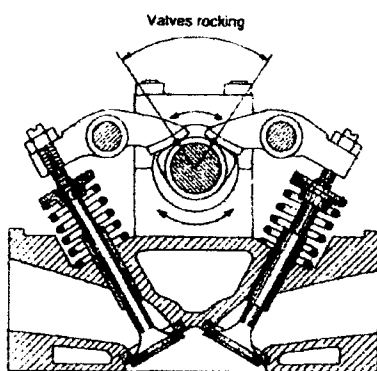
การออกแบบเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับการใช้งานในประเภทต่างๆเกิดจากความสมดุลของขนาดความจุ (c.c.) ย่านกำลัง ภาระที่ใช้ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ความทนทาน มลภาวะ ต้นทุน ฯลฯ จากข้อมูลในรายละเอียดเหล่านี้รวมถึงประสบการณ์ของผู้ผลิตต่างๆได้พัฒนาขึ้นเป็นลำดับเกิดเป็นสัดส่วนที่ลงตัวในการใช้งานแต่ละประเภทโดยเฉพาะเช่น ความสัมพันธ์ระหว่างกระบอกสูบกับช่วงชักหรือเรียกโดยทั่วไปว่าช่วงชักสั้นหรือช่วงชักยาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของท่อไอดีและท่อไอเสีย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวาล์วไอดีและวาล์วไอเสีย มุมระหว่างวาล์วไอดีและวาล์วไอเสีย ตำแหน่งการวางหัวเทียน รูปทรงห้องเผาไหม้ ไท้มิ่งการจุดระเบิด ระบบระบายความร้อน ระบบหล่อลื่น

กำลังอัด การจ่ายเชื้อเพลิง รูปทรงของเพลาลูกเบี้ยว และอื่น ๆ อีกมาก

จากความสัมพันธ์ของสัดส่วนต่างๆ ที่เหมาะสมดังกล่าวกับขนาดความจุ ย่านกำลัง และการที่กำหนดอย่างสมดุลสามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้นได้ก็ตาม แต่ย่านกำลังที่ได้มีช่วงการใช้งานที่แคบเกินไปสำหรับการใช้งานทั่วไป จึงเกิดแนวความคิดมากมายที่จะสร้างกลไกการปรับสัดส่วนต่างๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดตามเงื่อนไขเฉพาะนั้นๆ เช่น วิศวกรเปิดลิ้นปีกผีเสื้อภาระที่ใช้ ความเร็วรอบ ซึ่งสัดส่วนบางอย่างไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือเปลี่ยนแปลงได้ยากหรือไม่คุ้มกับการลงทุนเช่น ความจุกระบอกสูบ กำลังอัด การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิห้องเผาไหม้ฉับพลัน สัดส่วนบางอย่างสามารถเปลี่ยนแปลงได้แต่ไม่ต่อเนื่องเช่นความยาวท่อนไอดี ปริมาตรท่อนร่วมไอดี วิศวกรเปิดปิดวาล์วไอดีและวาล์วไอเสีย และสัดส่วนบางอย่างสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างต่อเนื่องเช่น ระบบเลื่อนช่วงเวลาการเปิดปิดวาล์วไอดีและวาล์วไอเสีย

จะเห็นได้ว่ากลไกปรับสัดส่วนที่กล่าวมาเป็นความพยายามที่จะทำให้เครื่องยนต์มีความสามารถในการดูดอากาศเข้ากระบอกสูบได้มากขึ้น ซึ่งในบทความนี้จะได้เสนอแนวความคิดในการปรับช่วงเวลาของการเปิดปิดวาล์ว

## 2. การเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาเปิดปิดวาล์วแบบไม่ต่อเนื่อง



รูปที่ 1 แสดงกลไกการทำงานของชุดขับเคลื่อนวาล์ว

กลไกการทำงานพื้นฐานประกอบด้วย 1. เพลาลูกเบี้ยว 2. กระเดื่อง 3. วาล์ว ดังนั้นรายละเอียดและการทำงานที่สัมพันธ์กันในรูปที่ 1 ซึ่งมีการออกแบบระบบขับเคลื่อนวาล์วแบบเพลาลูกเบี้ยว (SOHC) มีข้อดีคือ

ประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตแต่ก็มีข้อเสียคือ การควบคุมการเปิดปิดวาล์วในรอบที่สูงขึ้นจะเริ่มไม่แม่นยำ มีเสียงดังแต่สามารถแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มระบบตัววาล์วไฮดรอลิค เมื่อใช้งานได้ระยะหนึ่งจะเกิดระยะห่างระหว่างกระเดื่องและก้านวาล์วมากขึ้นจึงต้องปรับตั้งสกรูที่กระเดื่องวาล์วทุกๆ 20,000 กม. ระยะห่างนี้เองเป็นผลให้ duration ลดลงซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องยนต์ตลอดช่วงการทำงานลดลงด้วย ดังนั้นค่า duration จึงเป็นค่าสำคัญค่าหนึ่งในการคงประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องยนต์เอาไว้จากเงื่อนไขต่างๆ ในการใช้งาน

ดังนั้นการตั้งระยะสกรูดังกล่าวจึงมีผลถึงค่า duration ด้วยโดยที่ระยะห่างมาตรฐาน 0.05 มม. วาล์วไอดีจะเปิดที่ 2 องศาก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 25 องศาหลังศูนย์ตายล่าง และวาล์วไอเสียเปิดที่ 33 องศาหลังศูนย์ตายล่างและปิดที่ศูนย์ตายบน ซึ่งรอบการหมุนของสกรูปรับ 1 รอบจะเท่ากับระยะ 0.5 มม. ดังนั้นการตั้งวาล์วมาตรฐานจะกระทำโดยขันสกรูด้วยมือจนรู้สึกวาล์วหมุนสกรูทางซ้าย 1/10 รอบ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องด้วยไดอัลเกจและฟิลเลอร์เกจ จากนั้นเมื่อหมุนสกรูด้วยรอบต่างๆ จะสามารถกำหนดค่า duration ได้และตรวจสอบด้วยไดอัลเกจอีกครั้งก่อนทดสอบและบันทึก

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ

| เครื่องยนต์   | แบบ                  | เครื่อง 4 จังหวะระบบ OHC                                            |
|---------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------|
|               | การจัดวางเสื้อสูบ    | เอียง 80 องศาจากแนวดิ่ง จำนวน 1 สูบ                                 |
|               | กระบอกสูบ * ระยะชัก  | 50 x 49.5 มม.                                                       |
|               | ปริมาตร              | 97.2 ซี.ซี.                                                         |
|               | อัตราส่วนการอัด      | 8.8 : 1                                                             |
|               | ความจุน้ำมันหล่อลื่น | 0.9 ลิตร    ภายหลังประกอบเครื่อง<br>0.75 ลิตร    ภายหลังการถ่ายปฏิก |
|               | วาล์วไอดี            | เปิด    2 องศาก่อนศูนย์ตายบน<br>ปิด    25 องศาหลังศูนย์ตายล่าง      |
|               | วาล์วไอเสีย          | เปิด    33 องศาหลังศูนย์ตายล่าง<br>ปิด    ศูนย์ตายบน                |
|               | ระยะห่างวาล์ว        | ไอดี    0.05 มม.<br>ไอเสีย    0.06 มม.                              |
|               | รอบเครื่องเดินเบา    | 1400 รอบ/นาที                                                       |
| คาร์บูเรเตอร์ | แบบ                  | PB                                                                  |
|               | นมหนูหลัก            | เบอร์ 75                                                            |
|               | นมหนูเดินเบา         | เบอร์ 45                                                            |
|               | สกรูปรับอากาศ        | 1+5/8 รอบจากปิดสุด                                                  |
|               | ระยะลูกลอย           | 10.7 มม.                                                            |
| ระบบไฟฟ้า     | จังหวะจุดระเบิด      | 15 องศาหลังศูนย์ตายบนที่ 1400 รอบ/นาที                              |
|               | หัวเทียน             | NGK: C5HSA, C6HSA, C7HSA                                            |
|               | ระยะห่างเช็ทหัวเทียน | 0.6 - 0.7 มม.                                                       |

## 3. ผลการทดสอบ

มาตรฐานแล้วบันทึกการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงในเวลา 2 นาที

ในขั้นตอนแรกจะปรับสกรูควบคุมปริมาณอากาศใน ที่ 1400 รอบ/นาที  
คาร์บูเรเตอร์และระยะห่างระหว่างกระเดื่องกับก้านวาล์วตาม

ตารางที่ 2 แสดงผลการปรับตั้งเบื้องต้น

| ครั้งที่ | รอบสกรู<br>คาร์บูเรเตอร์ | รอบสกรู<br>วาล์วไอดี | รอบสกรู<br>วาล์วไอเสีย | เชื้อเพลิงที่ใช้<br>(ml.) |
|----------|--------------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|
| 1        | +2 จากปิดสุด             | +1/4 จากปิดสุด       | +1/4 จากปิดสุด         | 5.8                       |
| 2        | +1/4                     | +0                   | +0                     | 5.9                       |
| 3        | -1/8                     | +0                   | +0                     | 5.8                       |

| ครั้งที่ | รอบสกรู<br>คาร์บูเรเตอร์ | รอบสกรู<br>วาล์วไอดี | รอบสกรู<br>วาล์วไอเสีย | เชื้อเพลิงที่ใช้<br>(ml.) |
|----------|--------------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|
| 4        | +2 จากปิดสุด             | +1/8                 | +1/8                   | 5.4                       |
| 5        | +1/4                     | +0                   | +0                     | 6.5                       |
| 6        | -1/8                     | +0                   | +0                     | 6.2                       |

จากการทดลองจะเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงเชื้อ  
เพลิงน้อยที่สุดในครั้งที่ 4 ดังนั้นจะใช้รอบสกรูปรับอากาศ  
+2 รอบตลอดการทดลอง

ในขั้นตอนที่สองจะใช้วิธีการปรับสกรูออกทีละ  
+1/8 รอบ ทั้งวาล์วไอดีและวาล์วไอเสียเพื่อหาความ  
สัมพันธ์ของช่วงเวลากการเปิดปิดวาล์วทั้งสอง

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดลอง

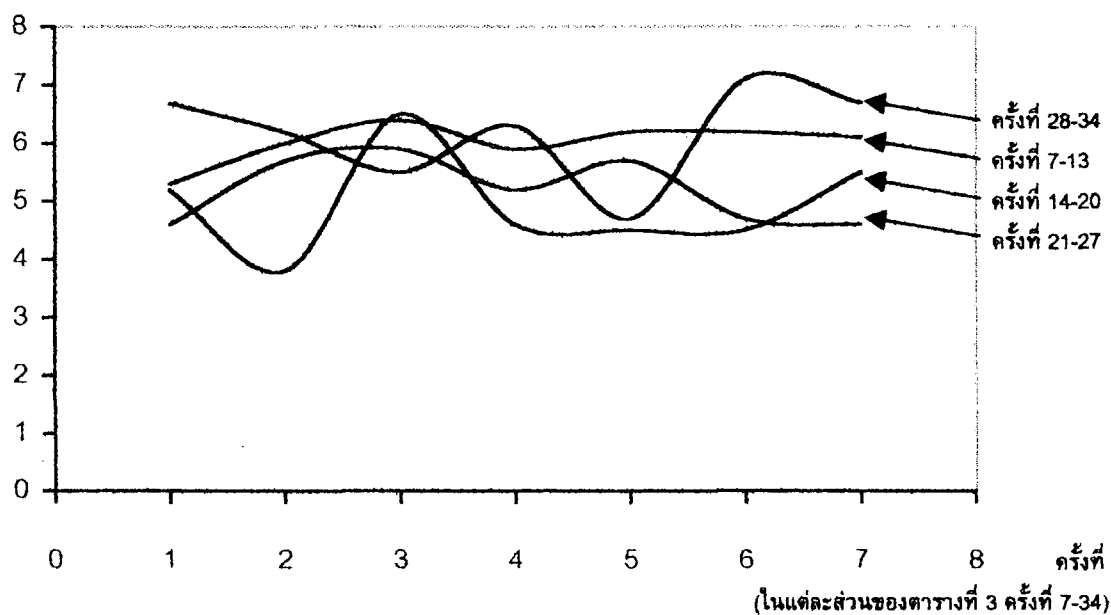
| ครั้งที่ | วาล์วไอดี        |                   |      |       | วาล์วไอเสีย      |                   |       |       | เชื้อเพลิงที่<br>ใช้ (ml.) |
|----------|------------------|-------------------|------|-------|------------------|-------------------|-------|-------|----------------------------|
|          | รอบสกรู<br>(รอบ) | ระยะห่าง<br>(mm.) | เปิด | ปิด   | รอบสกรู<br>(รอบ) | ระยะห่าง<br>(mm.) | เปิด  | ปิด   |                            |
| 7        | +0               | 0.1875            | 2ATC | 21ABC | +0               | 0.1875            | 29BBC | 4BTC  | 5.3                        |
| 8        | +0               | 0.1875            | 2ATC | 21ABC | +1/8             | 0.25              | 25BBC | 8BTC  | 6                          |
| 9        | +0               | 0.1875            | 2ATC | 21ABC | +1/8             | 0.3125            | 22BBC | 11BTC | 6.4                        |
| 10       | +0               | 0.1875            | 2ATC | 21ABC | +1/8             | 0.375             | 19BBC | 14BTC | 5.9                        |
| 11       | +0               | 0.1875            | 2ATC | 21ABC | +1/8             | 0.4375            | 16BBC | 17BTC | 6.2                        |
| 12       | +0               | 0.1875            | 2ATC | 21ABC | +1/8             | 0.5               | 14BBC | 19BTC | 6.2                        |
| 13       | +0               | 0.1875            | 2ATC | 21ABC | +1/8             | 0.5625            | 13BBC | 20BTC | 6.1                        |
|          |                  |                   |      |       |                  |                   |       |       |                            |
| ครั้งที่ | วาล์วไอดี        |                   |      |       | วาล์วไอเสีย      |                   |       |       | เชื้อเพลิงที่<br>ใช้ (ml.) |
|          | รอบสกรู<br>(รอบ) | ระยะห่าง<br>(mm.) | เปิด | ปิด   | รอบสกรู<br>(รอบ) | ระยะห่าง<br>(mm.) | เปิด  | ปิด   |                            |
| 14       | +1/8             | 0.25              | 6ATC | 17ABC | -0               | 0.5625            | 13BBC | 20BTC | 5.5                        |
| 15       | +0               | 0.25              | 6ATC | 17ABC | -1/8             | 0.5               | 14BBC | 19BTC | 4.5                        |
| 16       | +0               | 0.25              | 6ATC | 17ABC | -1/8             | 0.4375            | 16BBC | 17BTC | 4.5                        |
| 17       | +0               | 0.25              | 6ATC | 17ABC | -1/8             | 0.375             | 18BBC | 14BTC | 4.6                        |
| 18       | +0               | 0.25              | 6ATC | 17ABC | -1/8             | 0.3125            | 22BBC | 11BTC | 6.5                        |
| 19       | +0               | 0.25              | 6ATC | 17ABC | -1/8             | 0.25              | 25BBC | 8BTC  | 3.8                        |
| 20       | +0               | 0.25              | 6ATC | 17ABC | -1/8             | 0.1875            | 29BBC | 4BTC  | 5.2                        |

| ครั้งที่ | วาล์วไอดี     |                |      |       | วาล์วไอเสีย   |                |       |       | เชื้อเพลิงที่ใช้ (ml.) |
|----------|---------------|----------------|------|-------|---------------|----------------|-------|-------|------------------------|
|          | รอบสกรู (รอบ) | ระยะห่าง (mm.) | เปิด | ปิด   | รอบสกรู (รอบ) | ระยะห่าง (mm.) | เปิด  | ปิด   |                        |
| 21       | +1/8          | 0.3125         | 9ATC | 14ABC | +0            | 0.1875         | 29BBC | 48TC  | 4.6                    |
| 22       | +0            | 0.3125         | 9ATC | 14ABC | +1/8          | 0.25           | 25BBC | 88TC  | 5.7                    |
| 23       | +0            | 0.3125         | 9ATC | 14ABC | +1/8          | 0.3125         | 22BBC | 11BTC | 5.9                    |
| 24       | +0            | 0.3125         | 9ATC | 14ABC | +1/8          | 0.375          | 19BBC | 14BTC | 5.2                    |
| 25       | +0            | 0.3125         | 9ATC | 14ABC | +1/8          | 0.4375         | 16BBC | 17BTC | 5.7                    |
| 26       | +0            | 0.3125         | 9ATC | 14ABC | +1/8          | 0.5            | 14BBC | 19BTC | 4.7                    |
| 27       | +0            | 0.3125         | 9ATC | 14ABC | +1/8          | 0.5625         | 13BBC | 20BTC | 4.6                    |

| ครั้งที่ | วาล์วไอดี     |                |       |       | วาล์วไอเสีย   |                |       |       | เชื้อเพลิงที่ใช้ (ml.) |
|----------|---------------|----------------|-------|-------|---------------|----------------|-------|-------|------------------------|
|          | รอบสกรู (รอบ) | ระยะห่าง (mm.) | เปิด  | ปิด   | รอบสกรู (รอบ) | ระยะห่าง (mm.) | เปิด  | ปิด   |                        |
| 28       | +1/8          | 0.375          | 12ATC | 11ABC | -0            | 0.5625         | 13BBC | 20BTC | 6.7                    |
| 29       | +0            | 0.375          | 12ATC | 11ABC | -1/8          | 0.5            | 14BBC | 19BTC | 7.1                    |
| 30       | +0            | 0.375          | 12ATC | 11ABC | -1/8          | 0.4375         | 16BBC | 17BTC | 4.7                    |
| 31       | +0            | 0.375          | 12ATC | 11ABC | -1/8          | 0.375          | 19BBC | 14BTC | 6.3                    |
| 32       | +0            | 0.375          | 12ATC | 11ABC | -1/8          | 0.3125         | 22BBC | 11BTC | 5.5                    |
| 33       | +0            | 0.375          | 12ATC | 11ABC | -1/8          | 0.25           | 25BBC | 88TC  | 6.2                    |
| 34       | +0            | 0.375          | 12ATC | 11ABC | -1/8          | 0.1875         | 29BBC | 48TC  | 6.7                    |

หมายเหตุ เครื่องหมาย +,- หมายถึงการเปลี่ยนแปลงจากการทดลองครั้งก่อนหน้าหมุนซ้ายและหมุนขวาตามลำดับ

มัลติลิคัล 2 นาที



รูปที่ 2 แสดงผลการทดลองการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสัมพันธ์กับช่วงเวลาการเปิดปิดวาล์วที่ 1400 รอบ/นาที

#### 4. วิเคราะห์

ในช่วงเตรียมเครื่องยนต์มีหลายอย่างที่นาสนใจดังนี้

1. เมื่อขึ้นสกรูออก +1/4 ทั้งวาล์วไอดีและวาล์วไอเสียซึ่งมากกว่าค่ามาตรฐานปรากฏว่าเมื่อเร่งเครื่องจะมีควันดำออกมาเยอะและมีน้ำมันสาล์กออกมาบริเวณปากทางเข้าท่ออากาศสำหรับผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงของคาร์บูเรเตอร์ซึ่งอาจจะเกิดจากสาเหตุต่อไปนี้

1.1 จากจำนวนรอบของสกรูจะเห็นได้ว่าระยะ duration ของไอดีและไอเสียน้อยกว่ามาตรฐานซึ่งจะทำให้มีค่า over lab น้อยกว่าด้วย อย่างไรก็ตามการมี over lab ในรอบต่ำจะให้ผลไม่ดีนักเนื่องจากแรงดันไอเสียที่วิ่งเข้าสู่ท่อไอเสียมีความเร็วต่ำทำให้ไอเสียส่วนหนึ่งไหลย้อนกลับทางท่อไอดีในช่วง over lab หรือบริเวณช่วงศูนย์ตายบนก่อนที่จะถูกสูบจะเริ่มดูดอากาศเข้าเครื่องยนต์ จึงมีน้ำมันเชื้อเพลิงเคลือบบริเวณท่อไอดีและปากทางเข้าท่ออากาศดังกล่าว อย่างไรก็ตามผลของ over lab จะให้ผลดีที่รอบสูงขึ้นเนื่องจากความเร็วของแรงดันไอเสียที่วิ่งออกจากห้องเผาไหม้จะเกิดแรงดูดในท่อไอดีทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงขึ้น

1.2 เนื่องจากเครื่องยนต์นี้มีแรงม้าสูงสุดที่ 8000 รอบ/นาที และใช้คาร์บูเรเตอร์เวนทูลี่เดี่ยวจึงไม่สามารถตอบสนองการผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศให้มีประสิทธิภาพสูงสุดได้ในทุกช่วงความเร็วซึ่งจะสังเกตได้ว่าในเครื่องยนต์สำหรับรถทั่วไปจะมีแรงม้าสูงสุดประมาณ 6000 รอบ/นาที ซึ่งมีพิสัยการทำงานที่แคบกว่าแต่ใช้คาร์บูเรเตอร์แบบสองเวนทูลี่จึงมีประสิทธิภาพครอบคลุมมากขึ้นและจะเห็นได้ว่าการใช้เวนทูลี่เดี่ยวและพิสัยกว้างทำให้รอบเดินเบาอยู่ที่ 1400 รอบ/นาที

1.3 หัวเทียนที่โรงงานกำหนดให้ใช้มีสามเบอร์คือ C5HSA C6HSA และ C7HSA ซึ่งเป็นหัวเทียนร้อนและเย็นขึ้นตามลำดับ ในการใช้งานทั่วไปจะใช้เบอร์ C6HSA ซึ่งเหมาะกับการใช้งานในรอบปานกลางแต่ในการทดสอบความเป็นไปได้เบื้องต้นนี้จะใช้รอบเดินเบาทั้งหมดทำให้หัวเทียนเกิดสภาพเย็นเกินไป มีเขม่าเกาะมากและเมื่อใช้ทดสอบนานขึ้นอาจให้ผลคลาดเคลื่อนได้จึงเปลี่ยนเป็นเบอร์ C5HSA ซึ่งมีผลให้เขม่าลดลง

การลดเขม่าอีกวิธีหนึ่งจะได้จากการปรับสกรูอากาศที่คาร์บูเรเตอร์แต่ปรากฏว่าสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลจากเวนทูลี่เดี่ยวดังกล่าวและสิ่งรอบ

ข้างต่าง ๆ เช่น หัวเทียนที่ใช้ยังร้อนไม่พอทั้งนี้จะไม่มีการเปลี่ยนองค์การจุดระเบิดเข้าช่วยเนื่องจากต้องการเทียบมาตรฐานกับผลของการเปลี่ยน duration ให้มากที่สุด

2. เมื่อปรับระยะห่างด้วยการหมุนสกรูออกอีก +1/8 รอบ ทั้งวาล์วไอดีและวาล์วไอเสียปรากฏว่าอาการสำคัญของคาร์บูเรเตอร์หายไป เครื่องยนต์เดินเรียบขึ้นและเมื่อเร่งเครื่องมีควันดำน้อยลงมากแต่ยังคงมีเขม่าเกาะที่บริเวณเขี้ยวหัวเทียนซึ่งน่าจะเกิดจากเวนทูลี่เดี่ยวและหัวเทียนร้อนไม่พอดังกล่าว

ผลการทดสอบความเป็นไปได้เบื้องต้นมีสิ่งที่น่าสนใจดังนี้

1. ในการตั้งระยะห่างระหว่างกระเดื่องกลวาล์วกับก้านวาล์วในตอนแรกมีระยะห่างมากกว่ามาตรฐานที่กำหนดคือ 0.125 มม. กับ 0.05 มม. ซึ่งหมายความว่ามีความ duration และ overlap น้อยกว่ามาตรฐานแต่จากการทดสอบในรอบเดินเบาปรากฏว่ามีควันดำเกิดขึ้นทั้งขณะเร่งและไม่เร่งซึ่งในความเป็นจริงการใช้งานในรูปแบบทั่วไปจะอยู่ในรอบปานกลางซึ่งจะเหมาะกับสัดส่วนต่างๆ มากที่สุดทำให้หัวเทียนสะอาดไม่มีเขม่าและมีการสะสมความร้อนสูงกว่าในรอบเดินเบาอย่างเดียว ดังนั้นในการใช้งานทั่วไปน่าจะไม่มีเกิดควันดำมากดังที่ทดสอบเนื่องจากความร้อนสะสมดังกล่าว ซึ่งอาจเทียบได้กับการใช้หัวเทียนเบอร์ต่ำกว่า C5HSA (ร้อนกว่า) สำหรับการทดสอบนี้

2. จากผลการทดสอบโดยรวมจะกำหนดการปรับ duration ของวาล์วไอดีเป็นลักษณะ major tuning ในขณะที่การปรับ duration ของวาล์วไอเสียเป็นลักษณะ minor tuning ซึ่งจากผลการทดลองแสดงว่าที่รอบเดินเบาการเปิดวาล์วไอดีควรเปิดหลังศูนย์ตายบนเล็กน้อยและควรปิดหลังจากศูนย์ตายล่างเล็กน้อยเช่นกัน ส่วนการเปิดวาล์วไอเสียควรเปิดก่อนศูนย์ตายล่างเล็กน้อยและควรปิดที่ก่อนศูนย์ตายบนเล็กน้อยเช่นกัน

การเปิดวาล์วไอดีหลังศูนย์ตายบนเล็กน้อยจะให้ผลไม่กระทบจากแรงดันไอเสียที่ออกไปซึ่งมีแนวโน้มจะไหลเข้ามาในรอบต่ำเกิดเป็นแรงดันย้อนกลับก่อนที่จะถูกดูดกลับเข้ามาอีกครั้งหนึ่ง และจากการเปิดหลังศูนย์ตายบนดังกล่าวจะทำให้เกิดแรงดูดสูญญากาศซึ่งจะช่วยเร่งอัตราการไหลของอากาศในจังหวะแรกได้อย่างดี ส่วน

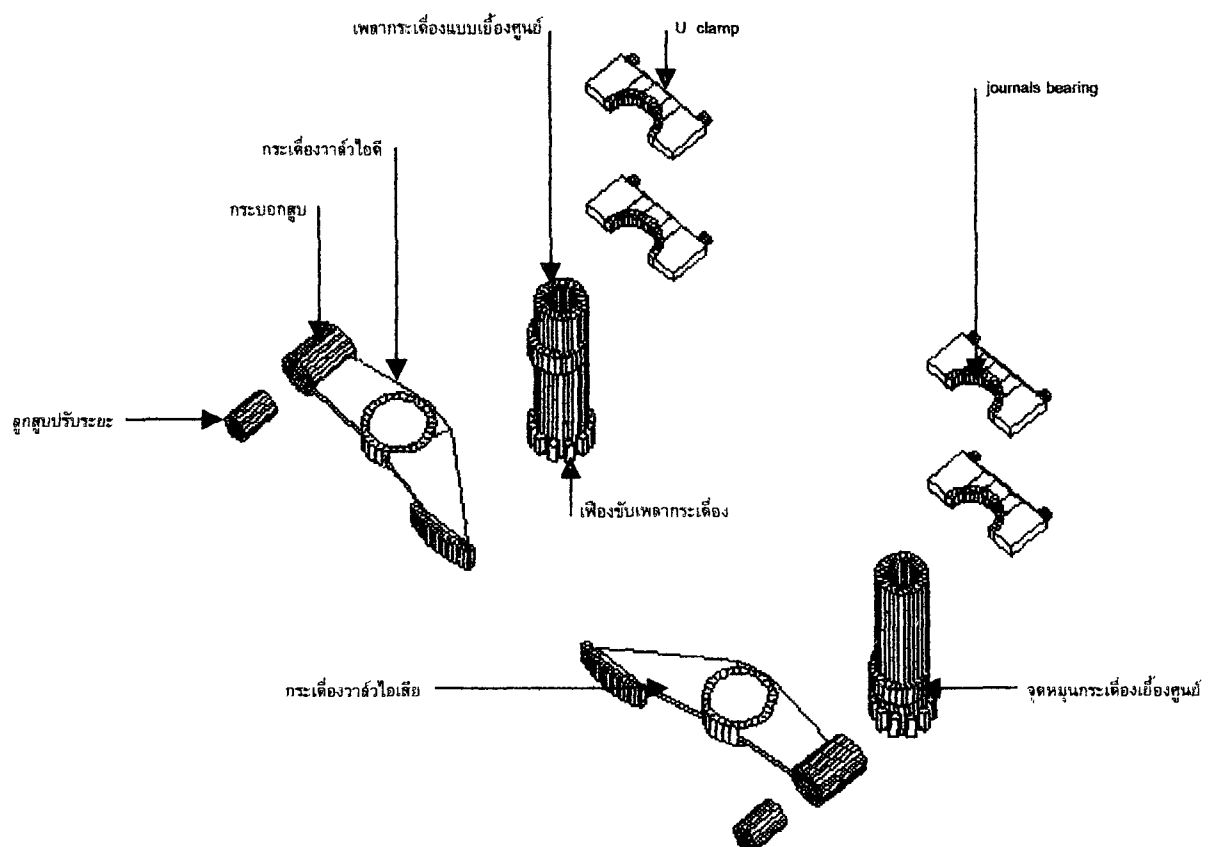
การปิดวาล์วหลังจากศูนย์ตายล่างเล็กน้อยจะมีผลให้อากาศที่อยู่ในกระบอกสูบไม่ไหลออกเนื่องจากมวลอากาศมีแรงเฉื่อยต่ำในรอบต่ำซึ่งในทางตรงกันข้ามเมื่อรอบสูงขึ้น มวลอากาศจะมีแรงเฉื่อยมากขึ้นทำให้มีช่วงเวลาอัดตัวก่อนที่จะไหลออกทางเดิมจึงสามารถยืดเวลาการปิดวาล์วออกไปเพื่อให้มวลอากาศไหลเข้ามาอัดตัวได้มากอย่างเต็มที่

การเปิดวาล์วไอเสียควรเปิดใกล้กับศูนย์ตายล่างเนื่องจากมีแรงดันไม่สูงมากนักในรอบต่ำทำให้แรงดันสามารถไหลออกได้หมดก่อนวาล์วจะปิดและยังหมายถึงการกักเก็บแรงดันให้นานที่สุดอีกด้วย ส่วนการปิดวาล์วควรปิดใกล้ศูนย์ตายบนเนื่องจากแรงดันต่ำดังกล่าวจึงควรให้ลูกสูบไล่ไอเสียออกจนใกล้ศูนย์ตายบน

ทั้งนี้เวลาในการเปิดปิดวาล์วไอดีและวาล์วไอเสียไม่มีกฎตายตัวเนื่องจากมีปัจจัยอื่นๆอีกเช่นจุดศูนย์กลางในการเปิดปิดวาล์วไอดีและวาล์วไอเสีย ( lobe center ) ซึ่งเลื่อนจากตำแหน่งเดิมไม่ได้ในกรณีนี้และยังมีเส้นผ่าศูนย์กลางและระยะยของวาล์วไอดีและวาล์วไอเสียและรวมถึงกำลังอัดเดิมของเครื่องยนต์อีกด้วย

3. จากรูปที่ 2 จะเห็นว่าเส้นกราฟที่ได้จากการทดลองมีลักษณะไม่ราบเรียบซึ่งคาดว่าน่าจะเกิดจากการกำหนดภายในท่อไอดีและไอเสียโดยจะสังเกตเห็นว่าเส้นกราฟครั้งที่ 7-13 และ 21-27 จะมีลักษณะคล้ายคลึงกันทำนองเดียวกันกับครั้งที่ 14-20 และ 28-34 ก็จะมีลักษณะโดยรวมคล้ายคลึงกันด้วยซึ่งคุณลักษณะการกำหนดนี้สามารถดูได้จากการออกแบบท่อไอเสียที่ใช้หลักการของคลื่นแรงดันภายในท่อซึ่งคลื่นแรงดันนี้ถ้าอยู่ในจังหวะที่วิ่งออกจากวาล์วไอเสียก็จะสามารถช่วยดูดไอเสียในจังหวะต่อไปได้ ในทางตรงข้ามถ้าอยู่ในจังหวะที่คลื่นแรงดันวิ่งเข้าหาวาล์วไอเสีย คลื่นแรงดันดังกล่าวก็จะต้านแรงดันไอเสียในจังหวะต่อไปทำให้ไหลยากขึ้นซึ่งอาจทำให้มีไอเสียตกค้างรวมถึงความสามารถในการดูดไอดีต่ำลงด้วยเนื่องจากความเป็นสุญญากาศจะมีส่วนช่วยดูดไอดีในจังหวะเริ่มต้นได้ดังกล่าว

อย่างไรก็ตามในเครื่องยนต์รอบต่ำสมัยใหม่หลายเครื่องไม่ได้ใช้หลักการสุญญากาศช่วยดูดไอดีแต่จะใช้แรงดันไอเสียในช่วง overlap ช่วยดูดไอดีแทนแต่ต้องลดระยะยวาล์วและขนาดของวาล์วให้สัมพันธ์กันด้วย



รูปที่ 3 แสดงชิ้นส่วนหลักของกลไกเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาเปิดปิดวาล์วแบบต่อเนื่อง

## 5. แนวความคิดกลไกเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาเปิดปิดวาล์วแบบต่อเนื่อง

จากรูปที่ 3 แสดงกลไกหลักซึ่งจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงจากระบบเพลาลูกเบี้ยวเดี่ยวพร้อมกับชุดกระเดื่องแบบมาตรฐานเพียงเล็กน้อย โดยมีชิ้นส่วนที่เปลี่ยนแปลงคือ

1. เฟลากระเดื่องพร้อมจุดหมุนเยื้องศูนย์ จะทำงานด้วยการหมุนจากเฟืองขับเฟลากระเดื่องซึ่งสามารถหมุนได้หลายวิธีซึ่งผลจากการหมุนนี้จะเลื่อนระดับความสูงของกระเดื่องด้วยจุดหมุนเยื้องศูนย์บนเฟลากระเดื่อง โดยภายในเฟลากระเดื่องนี้จะบรรจุแรงดันน้ำมันเครื่องเพื่อส่งแรงดันไปยังลูกสูบโดยผ่านทางกระเดื่อง

2. U clamp ใช้ยึดเฟลากระเดื่องแบบ journal bearing สามารถบังคับให้เฟลากระเดื่องหมุนรอบตัวได้

3. ลูกสูบปรับระยะ มีหน้าที่ลดช่องว่างระหว่างกระเดื่องกับก้านวาล์วเหมือนกับระบบเดิมแต่มีการทำงานที่แตกต่างกันกล่าวคือ ขณะที่กระเดื่องไม่ได้กดวาล์ว ลูกสูบปรับระยะจะเลื่อนออกด้วยแรงสปริงและแรงดันน้ำมันเครื่องเพื่อให้ชิดกับก้านวาล์วแบบเดียวกันแต่เมื่อกระเดื่องเริ่มกด ลูกสูบปรับระยะจะยอมเลื่อนตัวกลับจนถึงระดับที่ช่องทางน้ำมันเข้าสู่ลูกสูบปิดที่ตำแหน่งเดิม ซึ่งหมายความว่าถ้าใช้ระบบเดิมจะไม่ให้ผลในการลด duration เนื่องจากน้ำมันเครื่องจะเข้าไปเติมเต็มในกระบอกสูบ

โดยวิธีการหมุนเพลาลูกเบี้ยวนี้แบ่งได้สองวิธีคือ

1. แบบ 90 องศา 2. แบบ 180 องศา โดยเริ่มต้นที่แนวระดับซึ่งเป็นระยะที่ทำให้กระเดื่องอยู่ใกล้ก้านวาล์วและเพลาลูกเบี้ยวมากที่สุดซึ่งหมายความว่าจะมี duration มากที่สุด ดังนั้นเมื่อหมุนเพลาลูกเบี้ยวไป 90 หรือ 180 องศาจะทำให้มี duration น้อยที่สุด ทั้งนี้เพลาลูกเบี้ยวแบบ 90 องศาจะต้องเยื้องศูนย์มากกว่าเพลาลูกเบี้ยวแบบ 180 องศา สองเท่า ถ้าให้มีระยะยกเท่ากันแต่จะแตกต่างกันที่รอบหมุนของเฟลากระเดื่องและการเลื่อน lobe center

เนื่องจากเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบมีลักษณะของลูกเบี้ยวเป็นทรงสูงและ duration แคบจึงอาจทำให้ผลของการปรับเลื่อน duration มีประสิทธิภาพน้อยกว่าลักษณะของลูกเบี้ยวที่มี duration กว้างกว่าแต่ระยะยกวาล์วต่ำกว่าทำให้แรงม้าเท่าๆกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องออกแบบรูป

ทรงของเพลาลูกเบี้ยวใหม่เพื่อให้เข้ากันได้กับระบบที่เปลี่ยนไปให้มากที่สุดซึ่งจะได้เสนอต่อไป

## 6. สรุป

จากการทดสอบความเป็นไปได้เบื้องต้นจะเห็นได้ว่าการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยลง 28.3% ในครั้งที่ 19 ด้วยเงื่อนไขช่วงเวลาการเปิดปิดวาล์วไอดีและวาล์วไอเสียที่กำหนดแบบไม่ต่อเนื่องซึ่งปริมาณการใช้เชื้อเพลิงจะเป็นมิลลิเมตรต่อโหลตที่เท่ากันคือเพลาลูกเบี้ยวและชุดกำเนิดไฟฟ้าต่อเวลาซึ่งหมายถึงการเทียบวิธีวัดค่า consumption แบบมาตรฐาน ดังนั้นจากความเป็นไปได้ดังกล่าว จะนำไปสู่ระบบกลไกเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาเปิดปิดวาล์วแบบต่อเนื่องเต็มรูปแบบซึ่งจะวัดแรงม้า แรงบิด อัตราการไหลของอากาศในท่อไอดี อุณหภูมิที่จุดต่างๆ การวัดออกซิเจนในท่อไอเสียและมลพิษต่างๆทุกๆ 500 รอบในช่วง 1400 – 8500 รอบ/นาทีและทุกๆ 25 เปอร์เซ็นต์ของลิ้นปีกผีเสื้อ ซึ่งจะกระทำบนแท่นทดสอบในครั้งเดียวในแต่ละเงื่อนไขเพื่อความถูกต้องโดยมีการทดสอบเครื่องยนต์ในสเปคพื้นฐานด้วยวิธีเดียวกันเป็นข้อมูลเปรียบเทียบ

อนึ่ง สำหรับกลไกเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาเปิดปิดวาล์วแบบต่อเนื่องดังกล่าวจะไม่รวมถึงชุดควบคุมกลไกเนื่องจากระบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบันสามารถควบคุมกลไกในลักษณะนี้ได้เป็นอย่างดี

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ทิพรัตน์ วงษ์เจริญ หัวหน้าภาควิชาไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ในการเอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบความเป็นไปได้เบื้องต้นในครั้งนี้

## 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Heinz Heisler, "Advanced engine technology", Edward Arnold, 1995
- [2] รศ.วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร, "เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน ทฤษฎีและการคำนวณ", วิทยพัฒน์, 2543
- [3] หลาบ รัชสิริ, "เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน", ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์