

ภาคผนวก ก
ภาพการทดลองกับเครื่องยนต์ Diesel Engine



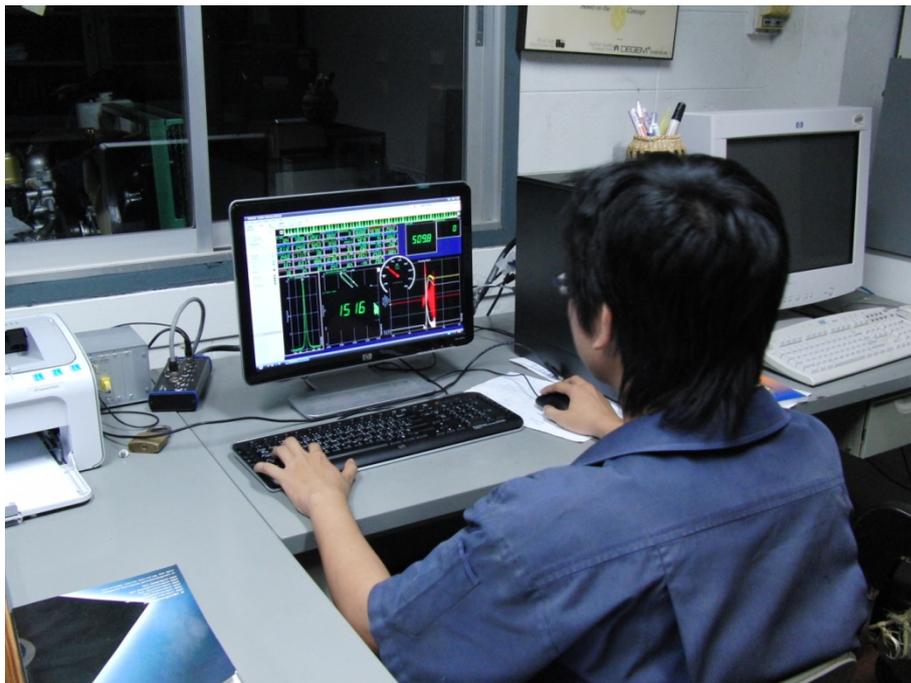
รูปที่ ก.1 การตรวจเช็คน้ำมันเครื่องก่อนการทดสอบ



รูปที่ ก.2 การใส่น้ำมันก่อนการทดสอบ



รูปที่ ก.3 การวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง



รูปที่ ก.4 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงค่าเฉลี่ยความเร็วและมุมการสเปรย์ของน้ำมันแต่ละชนิด

ตาราง ข.1 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยความเร็วและมุมสเปร์ย์ของน้ำมันแต่ละชนิด ที่ความดัน 0 bar

	ความเร็ว (m/s)					มุมสเปร์ย์ (degree)			
	time (ms)	40°C	50°C	60°C	70°C	40°C	50°C	60°C	70°C
น้ำมันดีเซล	0.0	0.0				0.0			
	0.8	17.2				8.6			
	1.7	17.8				8.6			
	2.5	18.5				8.4			
	3.3	20.9				8.6			
	4.2	22.6				10.6			
	5.0	24.4				11.3			
	5.8	24.7				11.2			
	6.7	25.2				12.0			
	7.5	24.2				12.0			
8.3	24.4				13.2				
ไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.8	39.7	20.3	18.8	27.1	11.1	11.3	7.8	9.3
	1.7	41.8	29.7	27.0	33.3	15.0	15.7	13.4	14.9
	2.5	44.9	38.9	33.8	36.1	13.9	14.6	13.6	16.7
	3.3	44.9	40.9	40.8	39.5	13.4	12.5	13.1	14.0
	4.2	41.6	39.2	41.0	40.3	13.6	12.3	12.3	12.3
	5.0	39.5	38.2	40.7	41.9	13.6	11.1	11.8	12.0
	5.8	36.7	36.1	40.8	40.1	14.1	11.1	11.8	12.0
	6.7	34.9	34.7	37.6	37.7	13.7	11.2	11.6	12.2
	7.5	33.2	32.1	33.5	34.4	12.9	11.5	11.6	11.2
8.3	30.9	30.3	30.4	31.0	13.9	11.1	11.5	11.6	
ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.8	30.0	21.9	22.0	27.3	8.8	11.2	9.1	11.1
	1.7	29.4	23.6	21.3	20.6	9.4	11.1	10.4	10.0
	2.5	30.6	22.5	19.7	21.0	11.5	12.4	11.2	10.3
	3.3	31.4	24.1	21.5	20.4	11.0	13.1	12.4	11.9
	4.2	32.7	25.8	21.9	21.2	13.4	12.8	12.4	12.0
	5.0	31.5	27.4	24.9	23.6	11.5	12.2	12.4	12.0
	5.8	29.8	26.5	24.5	24.3	13.1	12.4	11.9	13.0
	6.7	29.1	26.5	26.1	24.6	12.8	13.2	12.6	14.0
	7.5	27.7	25.7	24.8	24.4	12.5	12.8	12.4	14.1
8.3	26.6	24.4	23.6	24.2	11.5	12.9	13.1	14.9	
ไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพารา	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.8	18.0	22.5	26.1	23.4	8.4	7.5	8.2	7.0
	1.7	18.0	19.4	26.1	22.5	10.3	8.9	9.3	8.5
	2.5	23.1	20.1	30.6	25.8	13.7	9.9	12.4	11.8
	3.3	25.9	21.2	33.1	27.7	14.3	12.1	13.7	13.1
	4.2	28.3	21.8	33.8	31.1	14.7	12.4	13.6	14.0
	5.0	28.7	23.3	33.2	30.9	14.0	11.6	13.4	13.9
	5.8	29.7	23.8	32.3	30.7	13.7	12.7	13.4	14.2
	6.7	28.8	23.7	31.4	29.1	12.6	12.8	14.3	14.0
	7.5	28.0	25.3	29.5	27.7	13.8	13.1	13.9	13.8
8.3	26.6	24.0	28.0	26.6	10.3	13.9	13.6	14.0	

ตาราง ข.1 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยความเร็วและมุมสเปร์ย์ของน้ำมันแต่ละชนิด ที่ความดัน 0 bar (ต่อ)

	ความเร็ว (m/s)					มุมสเปร์ย์ (degree)			
	time (ms)	40°C	50°C	60°C	70°C	40°C	50°C	60°C	70°C
ใบโอดีเซลจากเมล็ดถั่วดำ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.8	18.0	22.5	19.8	17.1	10.7	11.2	10.4	12.4
	1.7	13.1	21.2	20.3	20.3	10.6	13.7	11.9	15.2
	2.5	13.2	24.9	22.8	24.9	12.6	15.4	12.7	17.3
	3.3	14.9	27.0	27.7	27.7	12.4	14.6	14.0	16.5
	4.2	17.6	29.2	29.9	29.5	12.8	14.3	15.1	16.0
	5.0	19.4	28.5	30.2	30.8	14.0	14.7	15.5	15.8
	5.8	20.6	28.3	29.4	30.6	15.0	14.4	14.7	14.4
	6.7	21.9	28.1	28.8	29.1	14.1	14.1	14.5	15.3
	7.5	21.7	27.1	27.1	27.9	14.3	14.2	15.4	15.2
8.3	21.8	25.7	25.3	26.6	14.1	14.7	15.1	15.3	

ตาราง ข.2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยความเร็วและมุมสเปร์ย์ของน้ำมันแต่ละชนิด ที่ความดัน 5 bar

	ความเร็ว (m/s)					มุมสเปร์ย์ (degree)			
	time (ms)	40°C	50°C	60°C	70°C	40°C	50°C	60°C	70°C
น้ำมันดีเซล	0	0				0			
	0.8	20.5				12.8			
	1.7	23.4				14.5			
	2.5	24.2				15			
	3.3	24.7				17.7			
	4.2	24.7				16.9			
	5	23.1				16.6			
	5.8	22.5				15.8			
	6.7	21.5				15.8			
	7.5	20.6				16.3			
8.3	19.6				14.8				
ใบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.8	13.1	13.7	19.2	19.7	11.4	13	12.4	10.4
	1.7	17.9	15.6	24.9	25.9	9.6	12.4	10.5	9.5
	2.5	19	22.9	27.1	27.9	9.9	11.6	10.5	10.3
	3.3	20.3	24.6	26.6	27.5	12.7	10.8	11.5	9.8
	4.2	19.9	24.1	26.2	26.6	15	11.2	11.1	10.3
	5	19.9	22.9	26.1	25.2	14.1	11.1	10.3	10.7
	5.8	18.6	21.7	23.9	23.8	14.1	11.3	10.8	10.3
	6.7	17.7	20.2	21.9	22.7	13.1	11	11.5	10.2
	7.5	17	18.8	19.9	20.6	12.5	10.6	11.8	9.8
8.3	16.3	18.1	18.6	20	12.2	10.2	11.4	9.9	

ตาราง ข.2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยความเร็วและมุมสเปร์ย์ของน้ำมันแต่ละชนิด ที่ความดัน 5 bar (ต่อ)

	ความเร็ว (m/s)					มุมสเปร์ย์ (degree)			
	time (ms)	40°C	50°C	60°C	70°C	40°C	50°C	60°C	70°C
ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.8	17.4	17.2	20.4	31.5	7	10.3	10.9	10.1
	1.7	19.5	25.2	23.4	33	7.8	12.5	10.6	10.2
	2.5	22.1	25.1	24.9	29.9	9.6	12.7	10.8	10
	3.3	24.2	22.8	24.2	29.7	12.6	11.4	10.4	10.7
	4.2	24.7	23.6	24.6	26.2	13.4	11.6	9.8	10.3
	5	23.5	22.5	24.5	25	12.9	11.2	9.7	10.4
	5.8	22.2	21.1	22.6	23.7	13	10.7	9.7	11.3
	6.7	20.3	20.2	20.5	22.1	12.7	11.2	8.9	10.7
	7.5	18.8	19.2	20.3	20.6	11.8	10.6	9.4	11.3
	8.3	18.2	18.3	19.1	19.4	10.4	10.7	9.7	10.8
ไบโอดีเซลจากเมล็ดถั่วเขียว	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.8	30.6	23.4	28.8	23.4	8.6	8	9.6	8.9
	1.7	27.9	22.5	28.8	25.7	11.2	11.3	11.4	12.4
	2.5	29.1	25.8	28.2	26.1	11.5	11.4	12.5	12.7
	3.3	28.6	26.1	27.2	26.3	12	11.3	13.2	13.4
	4.2	27.9	24.7	25	24.7	13	13.1	14.1	14.3
	5	25.5	22.8	23.4	23.4	13.8	13.7	15.3	14.1
	5.8	23.7	21.7	22.4	22.5	14.4	14.5	16.1	14.5
	6.7	22.5	20.4	20.6	20.9	15.4	14.7	16.5	14.9
	7.5	20.5	19.5	19.5	20	15.2	15.5	17.1	15
	8.3	19.8	18.5	18.4	19	15.4	15.7	16.9	15.5
ไบโอดีเซลจากเมล็ดถั่วดำ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.8	16.2	21.6	18	14.4	11.8	10	10.1	9.8
	1.7	18.5	21.6	23.4	14	13.4	11.4	12.2	10.9
	2.5	22.2	24	24.9	21	13.6	13	11.7	12.2
	3.3	25.2	24.5	23.6	22.5	13.6	13.3	13	12.2
	4.2	23.6	24.5	23.9	22.5	12.8	12.3	13.5	13.4
	5	23	23.1	23	23.3	13.2	13.2	14.1	13.3
	5.8	22.8	22	22.2	22.4	14	14	14.5	14.3
	6.7	21.7	20.8	21.3	21	15	15.2	16.1	15.6
	7.5	20.9	19.8	20.6	19.4	15.7	15.7	15.7	16.5
	8.3	20.3	19	20	19	16.5	16.3	16.7	17.2

ตาราง ข.3 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยความเร็วและมุมสเปร์ย์ของน้ำมันแต่ละชนิด ที่ความดัน 10 bar

	ความเร็ว (m/s)					มุมสเปร์ย์ (degree)			
	time (ms)	40°C	50°C	60°C	70°C	40°C	50°C	60°C	70°C
น้ำมันดีเซล	0	0				0			
	0.8	25.2				17.8			
	1.7	24.2				20			
	2.5	23.9				21.6			
	3.3	22.4				20.6			
	4.2	21.2				20.5			
	5	19.7				19			
	5.8	18.3				18.3			
	6.7	17.1				18.6			
	7.5	16.3				17.8			
	8.3	15.7				17.3			
ไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.8	23.8	16.9	26.1	22	9.9	9.3	9.9	12.3
	1.7	23.1	20.6	25.7	21.1	10.7	11.3	14.9	14.2
	2.5	21.1	20.3	22.6	21.4	15.6	14.1	17.7	16.1
	3.3	17.9	19.7	20.4	20	17.5	13.5	19.7	15.8
	4.2	17.1	19.4	19.3	18.4	17.3	14.2	17.5	15
	5	16	17.4	18.3	17.6	17.4	15	16.8	16.4
	5.8	15.4	16.7	16.8	16.4	17.8	14.5	17.3	16.3
	6.7	14.8	15.2	15.8	15.4	17.2	14.6	16.4	16.7
	7.5	14.3	14.2	15.1	14.4	17.6	13.5	16.7	15.7
	8.3	13.7	13.6	14.5	13.7	17.2	14.5	16.8	15.2
ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.8	22	23.9	24.2	32	11.7	8.3	10.1	11.8
	1.7	20.5	23.7	24.3	28.7	14.6	8.9	11.4	10.5
	2.5	20.8	23.6	22.8	25.6	17.4	11.3	15.1	12.5
	3.3	19.7	22.2	20.9	22.6	19.5	12.2	15.8	13.4
	4.2	18.7	20.4	19.6	20.7	17.9	14.9	15.8	14.9
	5	17.2	19.3	18.2	19.2	17.9	15.3	15.9	15.1
	5.8	16.3	18.1	17.3	17.9	17.3	14.9	16.3	15.8
	6.7	15.2	17	16.6	17.4	17.3	15.2	16.5	15.9
	7.5	14.5	15.9	16	16.3	16.5	16	15.6	15.7
	8.3	13.5	15	15.3	15.4	16.3	14.9	16.3	14.9

ตาราง ข.3 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยความเร็วและมุมสเปร์ย์ของน้ำมันแต่ละชนิด ที่ความดัน 10 bar (ต่อ)

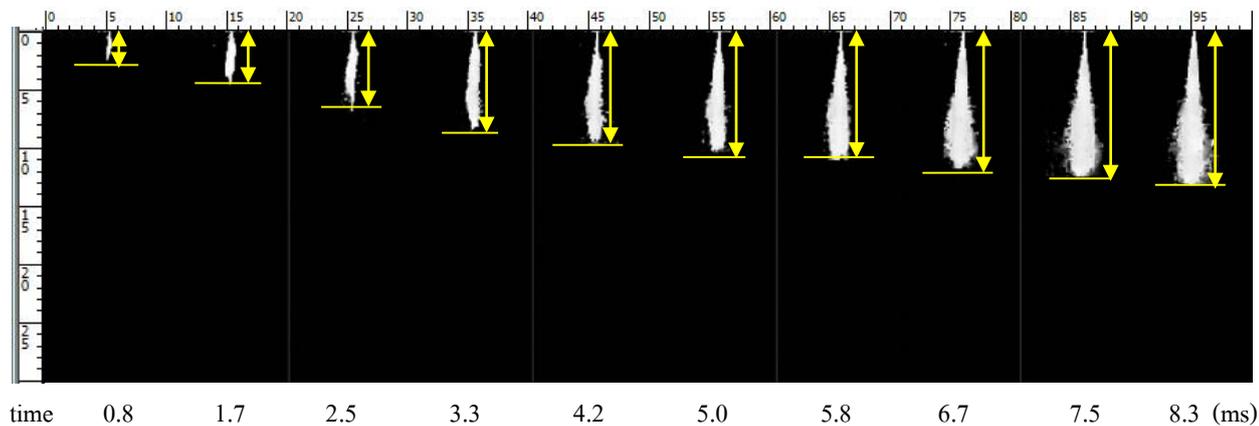
	ความเร็ว (m/s)					มุมสเปร์ย์ (degree)			
	time (ms)	40°C	50°C	60°C	70°C	40°C	50°C	60°C	70°C
ไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพารา	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.8	25.2	18	21.6	20.7	11.1	8.9	10.7	9.6
	1.7	22.5	17.6	18	22.5	15.5	12	11.5	13.4
	2.5	23.7	16.5	17.4	20.4	16.6	14.8	14.7	15.1
	3.3	22.3	15.5	17.3	19.1	16.5	16.2	16.4	17.3
	4.2	20.5	14.9	16.4	18.4	16.9	17	17.8	18.1
	5	19.2	14.4	15.6	17.4	17.5	19	19.2	17.4
	5.8	17.7	13.9	14.8	16.5	18.7	20.4	20	18.3
	6.7	16.9	13.2	14	15.4	19.1	21.9	20.6	18.7
	7.5	15.8	12.8	13.2	14.8	19	22	21.3	19.4
	8.3	14.9	12.5	12.7	14	19.7	22.2	21.7	19.4
ไบโอดีเซลจากเมล็ดสนุ่นดำ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.8	19.8	17.1	19.8	15.3	9.7	10	8.4	9.2
	1.7	19.8	18.9	19.8	16.2	11.8	11.9	10	8.2
	2.5	20.1	18.3	20.1	18.9	12.9	14.1	12.3	11.3
	3.3	18.7	18.5	19.4	19.4	15.3	15.4	13.4	12.2
	4.2	18	17.1	18.4	18.5	15.7	15.7	14.7	12.9
	5	17.4	16.7	17.1	17.7	16.1	16.4	14.7	14.3
	5.8	16.2	15.7	16.1	17.4	16.8	16.8	15.7	15.7
	6.7	15.8	14.9	15	16.3	18	17.3	17.6	17
	7.5	15	14.5	14.4	15.4	19	17.9	18.2	17.6
	8.3	14.5	13.9	14	14.9	19.4	18.4	19.7	18.5

ภาคผนวก ค

วิธีการคำนวณหาความเร็วและมุมการสเปร์ย์

วิธีการคำนวณหาความเร็ว

ตัวอย่าง การคำนวณหาความเร็วของการสเปรย์ ของน้ำมันดีเซลอุณหภูมิ 40°C ความดันในห้องเผาไหม้จำลอง 10 bar ความดันในการฉีด 150 bar



รูปที่ ค.1 ภาพระยะทางการสเปรย์ในแต่ละวินาทีของน้ำมันดีเซลอุณหภูมิ 40°C ความดันในห้องเผาไหม้จำลอง 10 bar ความดันในการฉีด 150 bar

ความเร็วของลำสเปรย์ จะหาได้จากระยะทางที่ลำสเปรย์พุ่งไปในห้องเผาไหม้จำลองที่มีขนาดความกว้าง 10 cm ยาว 30 cm และจากช่วงเวลาที่ลำของสเปรย์พุ่งไป ซึ่งช่วงเวลาที่ลำสเปรย์พุ่งไปต่อหนึ่งภาพจะมีค่า 0.83 ms. ซึ่งสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$v = \frac{s}{t} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

เมื่อ v คือ ความเร็วของลำสเปรย์ (m/s)

s คือ ระยะทางที่ลำสเปรย์พุ่งไปในห้องเผาไหม้จำลอง (m)

t คือ เวลาที่ลำสเปรย์พุ่งไปต่อหนึ่งภาพ (s)

จากรูป จะหาความเร็วในการสเปรย์ได้จาก สมการ

$$v = \frac{s}{t} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

หาความเร็วที่เวลา 0.8 ms

เมื่อ $s = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}$

$t = 0.8 \text{ ms} = 0.0008 \text{ s}$

จากข้อมูลจะได้ $v = 0.03/0.0008 = 37.5 \text{ m/s}$

หาความเร็วที่เวลา 1.7 ms

$$\text{เมื่อ } s = 4 \text{ cm} = 0.04 \text{ m}$$

$$t = 1.7 \text{ ms} = 0.0017 \text{ s}$$

$$\text{จากข้อมูลจะได้ } v = 0.04/0.0017 = 23.5 \text{ m/s}$$

หาความเร็วที่เวลา 2.5 ms

$$\text{เมื่อ } s = 7 \text{ cm} = 0.07 \text{ m}$$

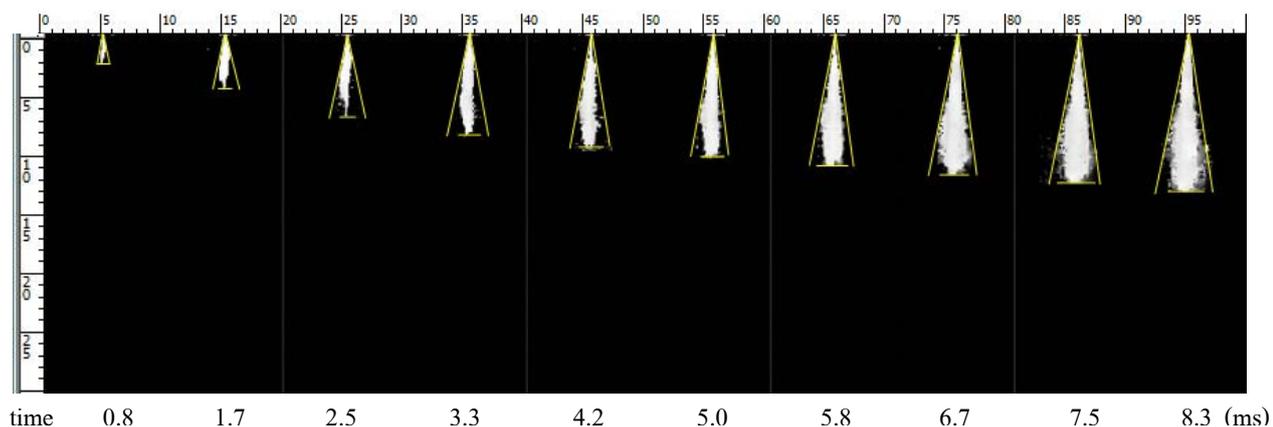
$$t = 2.5 \text{ ms} = 0.0025 \text{ s}$$

$$\text{จากข้อมูลจะได้ } v = 0.07/0.0025 = 28 \text{ m/s}$$

วิธีการคำนวณหามุมการสเปรย์

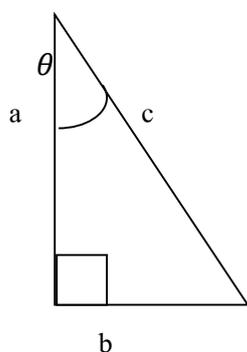
เนื่องจากลักษณะการสเปรย์ของน้ำมันไม่ค่อยสมมาตรเท่าที่ควรจึงทำให้การคำนวณหามุมการสเปรย์น้ำมันนั้นไม่ค่อยแม่นยำ จำเป็นต้องหามุมสองด้านแล้วนำมาบวกกันเพื่อให้เกิดความแม่นยำมากที่สุด

ตัวอย่าง การคำนวณหามุมของการสเปรย์ ของน้ำมันดีเซลอุณหภูมิ 40°C ความดันในห้องเผาไหม้จำลอง 10 bar ความดันในการฉีด 150 bar



รูปที่ ๒.2 ภาพมุมการสเปรย์ในแต่ละวินาทีของน้ำมันดีเซลอุณหภูมิ 40°C ความดันในห้องเผาไหม้จำลอง 10 bar ความดันในการฉีด 150 bar

การหามุมของการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถหาได้จากสมการกฏสามเหลี่ยมพีทาโกรัส



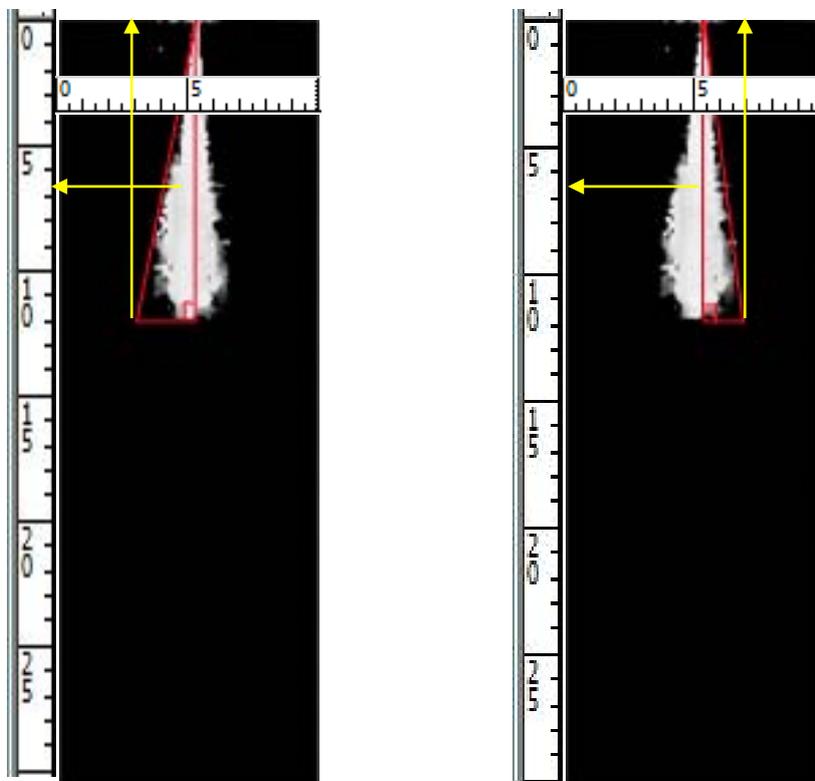
รูปที่ ค.3 รูปการหามุมสเปรย์ได้จากสามเหลี่ยมพีทาโกรัส

จากสมการ

$$\tan \theta = \frac{b}{a}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{b}{a}$$

จากสมการข้างต้นเราสามารถนำไปหามุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงได้เมื่อเราทราบค่า ด้าน a และ b



รูปที่ ค.4 ภาพแสดงการหามุมสเปรย์ทั้ง 2 ข้างของน้ำมันดีเซลอุณหภูมิ 40°C ความดันในห้องเผาไหม้จำลอง 10 bar ที่เวลา 6.7 ms

คำนวณด้านที่ 1 จากสมการ

$$\tan \theta = \frac{b}{a}$$

$$\tan \theta = \frac{5}{12}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{5}{12}$$

$$\theta = 22.61^\circ$$

คำนวณด้านที่ 2 จากสมการ

$$\tan \theta = \frac{b}{a}$$

$$\tan \theta = \frac{3}{12}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{3}{12}$$

$$\theta = 14.03^\circ$$