บทที่ 6

ผลจากการทดสอบสมรรถนะและปรากฏการณ์การเผาไหม้

ผลการทดสอบที่นำเสนอในบทนี้แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นผลการทดสอบสมรรถนะที่สภาวะภาระสูงสุดและที่สภาวะภาระบางส่วนเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC) การทดสอบที่สภาวะภาระบางส่วนนั้นจะกระทำที่สภาวะคงตัวโดยที่ความเร็วรอบและภาระคงที่ในแต่ละจุดทดสอบ ซึ่งจุดทดสอบที่ใช้ในการทดสอบนี้ได้แสดงไว้แล้วในบทที่ 5 โดยทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์รุ่นที่ใช้ในงานวิจัยเมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลัก จากข้อมูลผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับเปรียบเทียบในส่วนของผลสมรรถนะที่ได้จากเครื่องยนต์เมื่อทำการเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบและเปรียบเทียบผลของสมรรถนะของเครื่องยนต์ประกอบไปด้วย น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล (PME 100%) และน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME จากนั้นนำผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระสูงสุดและที่สภาวะภาระบางส่วนมาทำเปรียบเทียบกับข้อมูลสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ได้จากการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล ส่วนที่สองเป็นผลการศึกษาอิทธิพลของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงที่มีต่อสมรรถนะเมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DMEเป็นเชื้อเพลิง โดยกระทำการทดสอบสมรรถนะที่สภาวะภาระสูงสุดและที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่างๆอาทิ ADV2, ADV4 และ RTD2 โดยส่วนสุดท้ายเป็นผลการทดสอบและวิเคราะห์การเผาไหม้จากข้อมูลความดันกระบอกสูบของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เพื่อศึกษาอิทธิพลของค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่อปรากฏการณ์การเผาไหม้ เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC) และที่ใช้เพลาลูกเบี้ยวปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV2 และ ADV4 ซึ่งการทดสอบนั้นจะกระทำเช่นเดียวกันกับการทดสอบสมรรถนะที่สภาวะภาระสูงสุดและที่สภาวะภาระบางส่วน

6.1 ผลการทดสอบสมรรถนะ

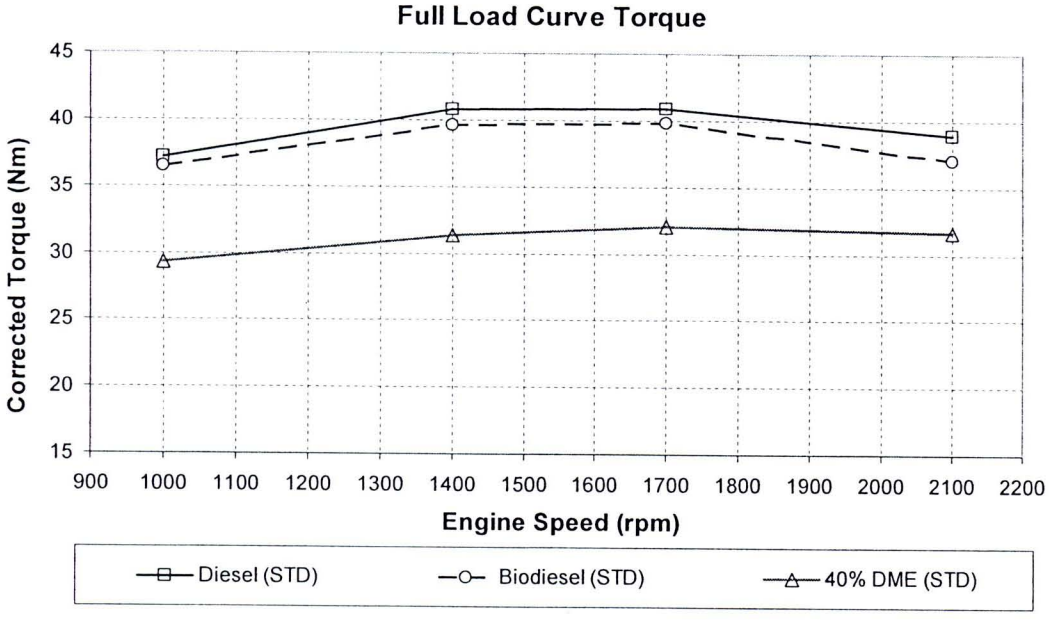
ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC) ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด อาทิ น้ำมันดีเซล, น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล (PME 100%) และน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระสูงสุดจากการเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบในแต่ละชนิดนำผลสมรรถนะมาเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล โดยส่วนที่สองแสดงผลสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME เพื่อศึกษาอิทธิพลของการปรับเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ ต่อสมรรถนะเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล และส่วนที่สามแสดงผลการทดสอบสมรรถนะที่สภาวะภาระบางส่วน

6.1.1 ผลทดสอบสมรรถนะที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน

สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) ของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล, เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มไบโอดีเซล (PME 100%) และเชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระสูงสุดจากการเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบในแต่ละชนิดนำผลสมรรถนะมาเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล โดยจะแสดงค่า ของแรงบิดเบรกสูงสุด, อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ, ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงและอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ระหว่างการทำงาน ดังนี้

6.1.1.1 แรงบิดเบรก (Brake Torque)

ผลของแรงบิดเบรก (Brake Torque) ที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC) ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด อาทิ น้ำมันดีเซล, น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล (PME 100%) และน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6-1



รูปที่ 6-1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดเบรกสูงสุดกับความเร็วรอบที่สภาวะภาระสูงสุดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

จากรูปที่ 6-1 พบว่าค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่สภาวะภาระสูงสุดที่ความเร็วรอบ 1700 rpm เป็นตำแหน่งที่ได้ค่าแรงบิดเบรกสูงสุดมีค่าสูงที่สุดและลดลงเมื่อปรับความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นเป็น 2100 rpm ซึ่งมีแนวโน้มลักษณะเดียวกันในการทดสอบของทุกเชื้อเพลิง โดยผลของการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล จะได้ค่าแรงบิดเบรกสูงสุดมีค่ามากที่สุดในทุกความเร็วรอบ โดยที่ความเร็บรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm, 1400 rpm, 1700 rpm และ 2100 rpm คือ 37.11 Nm, 40.72 Nm, 40.87 Nm และ 38.94 Nm ตามลำดับ ส่วนเมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME จะมีแรงบิดแบรกสูงสุดมีค่าน้อยที่สุดในทุกความเร็วรอบ โดยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm, 1400 rpm, 1700 rpm และ 2100 rpm คือ 29.22 Nm, 31.35 Nm, 32.06 Nm และ 31.64 Nm ตามลำดับ

จากรูปที่ 6-1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดเบรกสูงสุดกับความเร็วรอบที่สภาวะภาระสูงสุดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC) สามารถสรุปเป็นตารางที่ 6-1

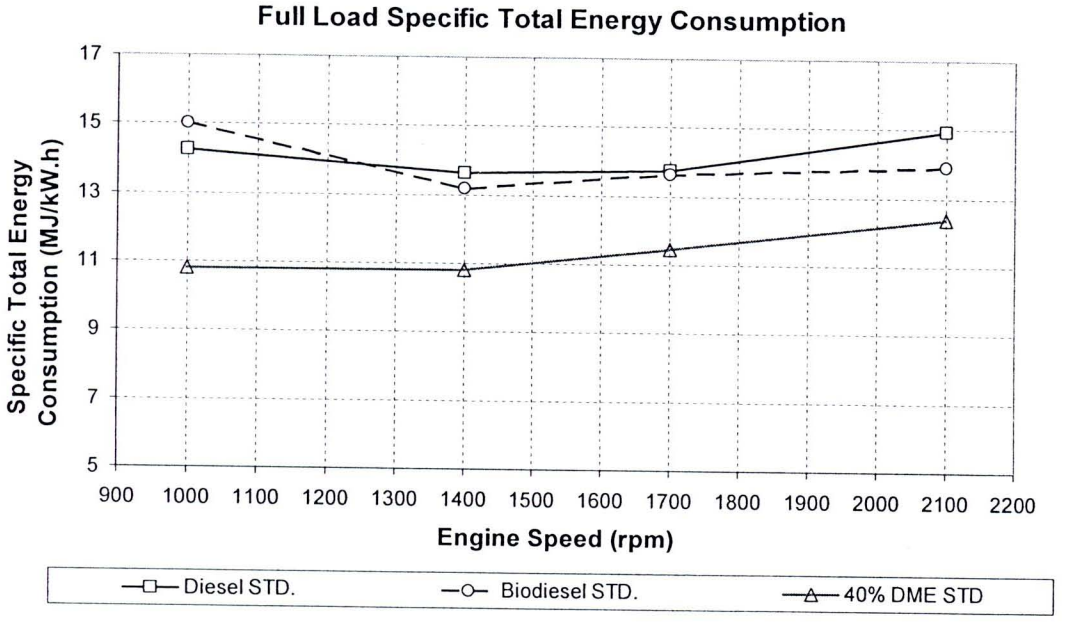
ตารางที่ 6-1 เปรียบเทียบผลของแรงบิดเบรกสูงสุดที่สภาวะภาระสูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆ จากการทดสอบเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

Speed	Full Load Corrected Torque (Nm)		
rpm	DIESEL	BIODIESEL	40% DME
1000	37.11	36.45	29.22
1400	40.72	39.56	31.35
1700	40.87	39.74	32.06
2100	38.94	37.04	31.64

จากตารางที่ 6-1 สรุปได้ว่าที่สภาวะภาระสูงสุด ค่าแรงบิดเบรกสูงสุดของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลมีค่าสูงที่สุดในทุกความเร็วรอบและเมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME จะมีแรงบิดแบรกสูงสุดมีค่าน้อยที่สุดในทุกความเร็วรอบ หากพิจารณาค่าแรงบิดเบรกสูงสุดกับความสอดคล้องของค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงพบว่าแนวโน้มของค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้มีค่าลดต่ำลงไปตามปริมาณสัดส่วนค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง (Heating Value) ที่ลดค่าต่ำลง

6.1.1.2 **อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ** (Specific Total Energy Consumption, STEC)

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC) ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด อาทิ น้ำมันดีเซล, น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล (PME 100%) และน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6-2



รูปที่ 6-2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะกับความเร็วรอบที่สภาวะภาระสูงสุดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

จากรูปที่ 6-2 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาระสูงสุดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC) พบว่าการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME จะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำที่สุดในทุกความเร็วรอบ กล่าวคือ โดยที่ความเร็วรอบ 1000 rpm จะมีค่าต่ำที่สุดคือ 10.79 MJ/kW-hr และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มสูงขึ้นคือ 10.82 MJ/kW-hr, 11.44 MJ/kW-hr และ 12.39 MJ/kW-hr ที่ความเร็วรอบ 1400 rpm, 1700 rpm และ 2100 rpm ตามลำดับ ส่วนการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล จะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะสูงที่สุดในทุกความเร็วรอบ ยกเว้นกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลที่ความเร็วรอบ 1000 rpm มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมพบว่าที่ความเร็วรอบสูงขึ้นพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะเพิ่มสูงขึ้น โดยที่ความเร็วรอบ 2100 rpm จะมีค่าสูงที่สุดและที่ความเร็วรอบ 1000 rpm พบว่า มีค่าต่ำที่สุด เนื่องมาจากที่ความเร็วรอบสูงนั้นจะมีผลของแรงเสียดทานที่สูงขึ้นในทุกองศาการฉีดเชื้อเพลิง

จากรูปที่ 6-2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะกับความเร็วรอบที่สภาวะภาระสูงสุดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC) สามารถสรุปเป็นตารางที่ 6-2

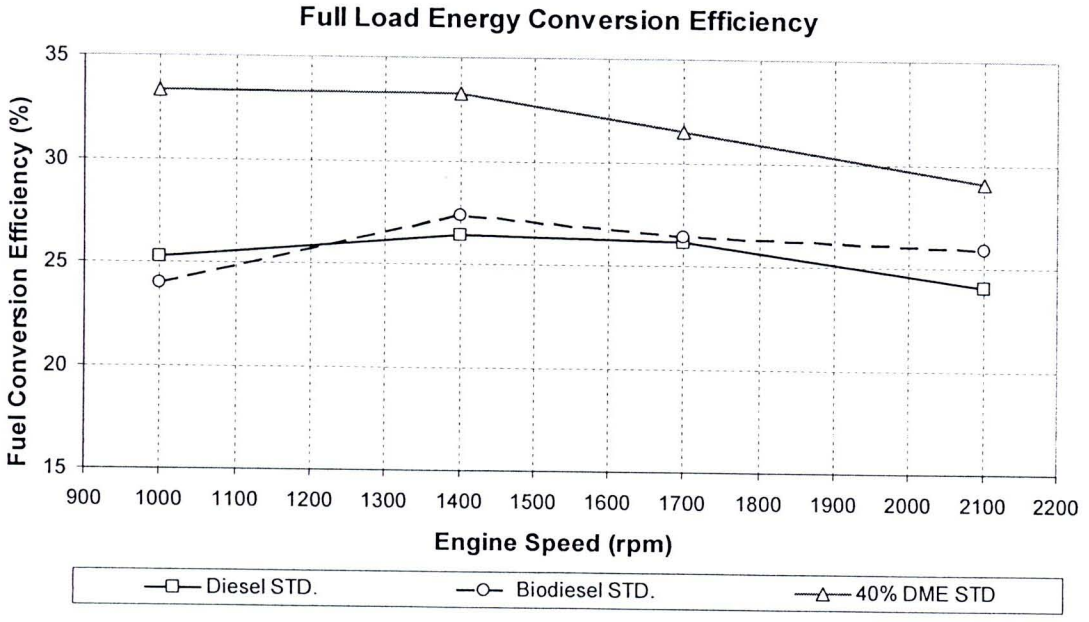
ตารางที่ 6-2 เปรียบเทียบค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาระสูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆ จากการทดสอบเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

Speed	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ (MJ/kW-h)		
rpm	DIESEL	BIODIESEL	40% DME
1000	14.26	15.00	10.79
1400	13.62	13.17	10.82
1700	13.77	13.65	11.44
2100	14.95	13.90	12.39

จากตารางที่ 6-2 พบว่า อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาระสูงสุดจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความเร็วรอบมีค่าสูงขึ้น

6.1.1.3 **ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง** (Energy Conversion Efficiency, %)

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเป็นประสิทธิภาพของการเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานที่อยู่ภายในตัวเชื้อเพลิงไปเป็นพลังงานที่ได้ออกมา ซึ่งการเปรียบเทียบดังกล่าวที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC) ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด อาทิ น้ำมันดีเซล, น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล (PME 100%) และน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME ดังแสดงไว้รูปที่ 6-3



รูปที่ 6-3 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบที่สภาวะภาระสูงสุดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

จากรูปที่ 6-3 พบว่า ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจะมีค่าลดลงเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น โดยการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME จะมีค่าสูงที่สุดในทุกความเร็วรอบ คือ 33.36%, 33.26%, 31.47% และ 29.06% ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm, 1400 rpm, 1700 rpm และ 2100 rpm ตามลำดับ ส่วนการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล จะมีค่าต่ำที่สุดในทุกความเร็วรอบ คือ 25.24%, 26.42%, 26.14% และ 24.08% ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm, 1400 rpm, 1700 rpm และ 1400 rpm ตามลำดับ

จากรูปที่ 6-3 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบที่สภาวะภาระสูงสุดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC) สามารถสรุปเป็นตารางที่ 6-3

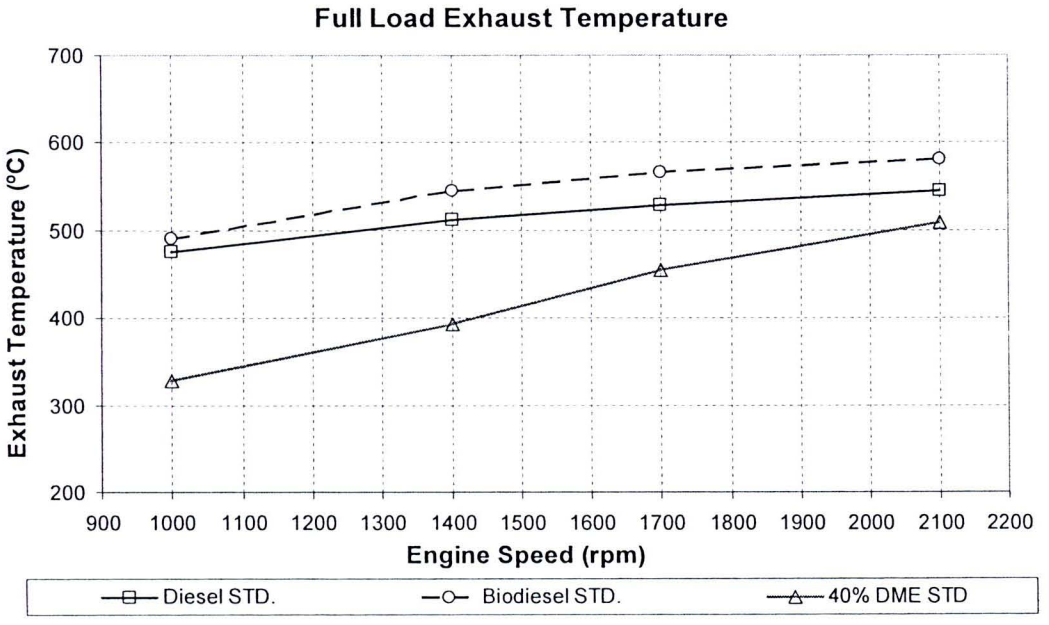
ตารางที่ 6-3 เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระสูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆจากการทดสอบเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

Speed	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง (%)		
rpm	DIESEL	BIODIESEL	40% DME
1000	25.24	24.00	33.36
1400	26.42	27.34	33.26
1700	26.14	26.37	31.47
2100	24.08	25.91	29.06

จากตารางที่ 6-3 พบว่า ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุดจะมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ที่สัดส่วนโดยมวล 40% DME เป็นเชื้อเพลิง และจะมีค่าลดลงต่ำสุดเมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1000 rpm การใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะให้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมีค่าต่ำที่สุด และพบว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมีความสัมพันธ์กับการเลือกใช้ชนิดเชื้อเพลิงที่ทดสอบ ซึ่งเชื้อเพลิงปาล์มไบโอดีเซลและไดเมทิลอีเทอร์ ล้วนมีของออกซิเจนเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างทางเคมีจึงเป็นเหตุผลทำให้กระบวนการเผาไหม้นั้นเพิ่มอัตราการทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของเชื้อเพลิงที่มีส่วนช่วยในกระบวนการเผาไหม้สามารถปลดปล่อยพลังงานความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงได้ดียิ่งขึ้น

6.1.1.4 **อุณหภูมิไอเสีย** (Exhaust Temperature, ^{o}C)

อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC) ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด อาทิ น้ำมันดีเซล, น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล (PME 100%) และน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME ดังแสดงไว้รูปที่ 6-4



รูปที่ 6-4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียกับความเร็วรอบที่สภาวะภาระสูงสุดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

จากรูปที่ 6-4 พบว่า ค่าอุณหภูมิไอเสียจากการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงมีค่าสูงที่สุดในทุกความเร็วรอบคือ 491.0 °C, 544.7 °C, 565.5 °C และ 581.4 °C ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm, 1400 rpm, 1700 rpm และ 2100 rpm ตามลำดับ และเมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME มีค่าต่ำสุดในทุกความเร็วรอบคือ 328.0 °C, 393.2 °C, 454.4 °C และ 508.9 °C ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm, 1400 rpm, 1700 rpm และ 2100 rpm ตามลำดับ

จากรูปที่ 6-4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียกับความเร็วรอบที่สภาวะภาระสูงสุดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC) สามารถสรุปเป็นตารางที่ 6-4

ตารางที่ 6-4 เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆจากการทดสอบเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

Speed	อุณหภูมิไอเสีย (°C)		
rpm	DIESEL	BIODIESEL	40% DME
1000	475.4	491.0	328.0
1400	511.3	544.7	393.2
1700	528.3	565.5	454.4
2100	545.4	581.4	508.9

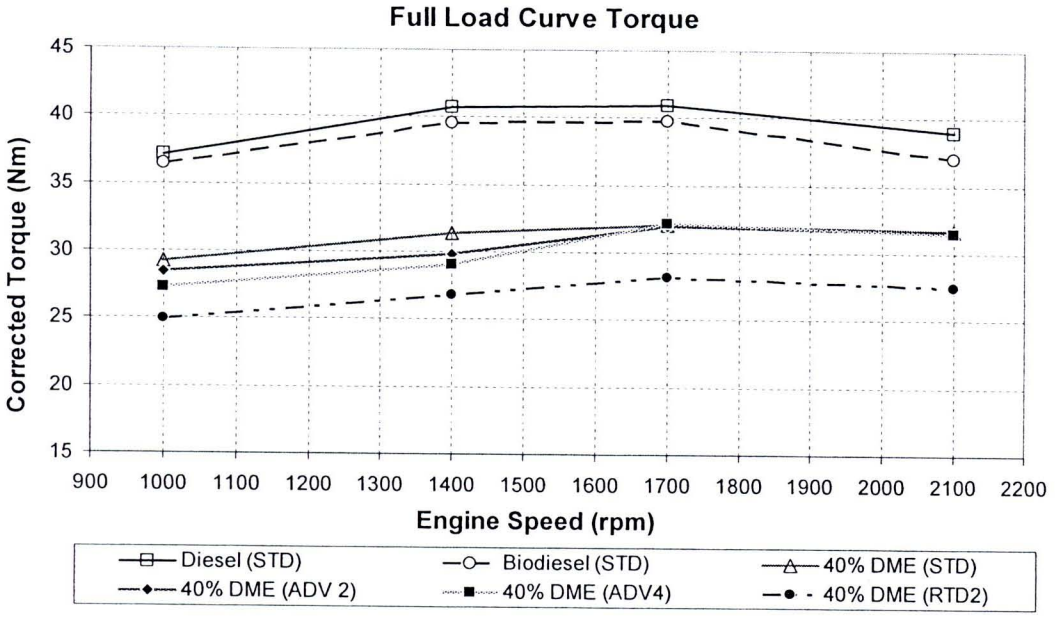
จากตารางที่ 6-4 พบว่า อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุดจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความเร็วรอบมีค่าสูงขึ้นในทุกเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ และเมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ที่อัตราส่วนโดยมวล 40% DME จะทำให้อุณหภูมิไอเสียมีค่าลดลงในทุกความเร็วรอบ

6.1.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระสูงสุด

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลของอิทธิพลค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้ DME-PME (ที่สัดส่วน 40%DME) เป็นเชื้อเพลิง โดยเปรียบเทียบผลจากการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ เพื่อหาองศาการฉีดเชื้อเพลิงที่เหมาะสม ซึ่งจะเปรียบเทียบผลสมรรถนะในส่วนของ แรงบิดเบรกสูงสุด อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงและอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ระหว่างการทำงาน ดังนี้

6.1.2.1 แรงบิดเบรก (Brake Torque)

ผลของค่าแรงบิดเบรกสูงสุด (Brake Torque) ที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้ DME-PME (ที่สัดส่วน 40%DME) เป็นเชื้อเพลิง เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6-5



รูปที่ 6-5 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดเบรกสูงสุดกับความเร็วรอบที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ

จากรูปที่ 6-5 พบว่า การใช้ DME-PME (ที่สัดส่วน 40%DME) เป็นเชื้อเพลิง ผลการเปรียบเทียบค่าแรงบิดเบรกสูงสุดจากการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (STD) จะได้ค่าแรงบิดเบรกสูงที่สุดในทุกความเร็วรอบคือ 29.22 Nm, 31.35 Nm, 32.06 Nm และ 31.64 Nm ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm, 1400 rpm, 1700 rpm และ 2100 rpm ตามลำดับ โดยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm นั้นพบว่าอิทธิพลของการปรับเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่วงหน้าค่ามากขึ้นนั้นพบว่าค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้มีค่าลดลงและมีช่วงความแตกต่างของค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้มีค่าลดลงอย่างชัดเจนเมื่อปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่วงหน้ามากยิ่งขึ้นแต่ยังคงสูงกว่าการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่าช้า เมื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ไปจนถึง 1400 rpm พบว่าการปรับใช้ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่วงหน้าค่ามากขึ้นยังให้ผลในลักษณะเดียวกันแต่ช่วงความแตกต่างของค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้ใกล้เคียงกันยิ่งขึ้นและแนวโน้มของค่าความแตกต่างกันของค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้ลดต่ำลงอย่างชัดเจนจนไม่สามารถสังเกตได้เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์ตั้งแต่ 1700 rpm จนถึง 2100 rpm ซึ่งที่ความเร็วรอบช่วงนี้เป็นช่วงที่ไม่พบผลจากการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่วงหน้าค่ามากขึ้นที่มีต่อค่าแรงบิดเบรกสูงสุดของเครื่องยนต์ โดยการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้ามากขึ้นนั้นไม่ส่งผลต่อช่วงความแตกต่างและมีแนวโน้มของค่าแรงบิดเบรกสูงสุดใกล้เคียงกันกับการใช้เพลาลูก

เบี้ยวมาตรฐาน (STD) แต่ในกรณีของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่าช้า พบว่าค่าแรงบิดเบรกสูงสุดของเครื่องยนต์มีค่าลดลงในทุกความเร็วรอบ

จากรูปที่ 6-5 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดเบรกสูงสุดกับความเร็วรอบที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ สามารถสรุปดังตารางที่ 6-5

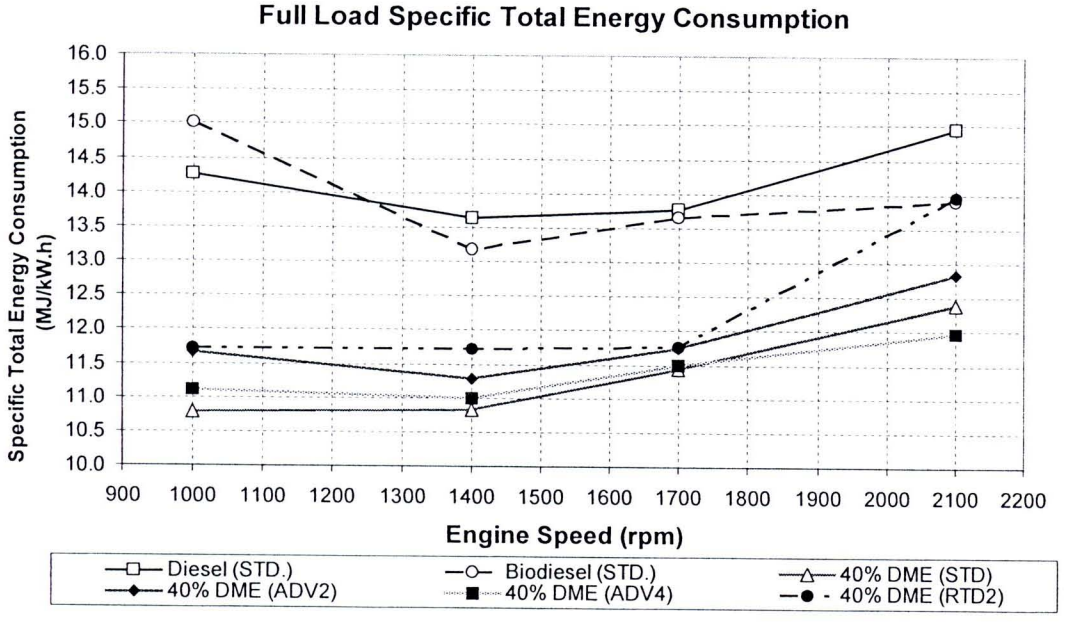
ตารางที่ 6-5 เปรียบเทียบแรงบิดเบรกที่สภาวะภาระสูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆ ระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ

Speed	Full Load Corrected Torque (Nm)			
rpm	40 % DME (RTD2)	40 % DME (STD)	40 % DME (ADV2)	40 % DME (ADV4)
1000	24.98	29.22	28.43	27.26
1400	26.75	31.35	29.84	29.05
1700	28.17	32.06	31.94	32.19
2100	27.44	31.64	31.54	31.45

จากตารางที่ 6-5 สรุปได้ว่าการใช้ DME-PME (ที่สัดส่วน 40%DME) เป็นเชื้อเพลิง ผลการเปรียบเทียบค่าแรงบิดเบรกสูงสุดจากการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (STD) จะได้ค่าแรงบิดเบรกสูงที่สุดในทุกความเร็วรอบ อย่างไรก็ตามเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ให้มีค่ามากกว่า 1400 rpm การปรับเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า จะทำให้ค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้ใกล้เคียงกันกับที่เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (STD) มากขึ้น

6.1.2.2 **อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ** (Specific Total Energy Consumption, STEC)

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ ที่ใช้ DME-PME (ที่สัดส่วน 40%DME) เป็นเชื้อเพลิง เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6-6



รูปที่ 6-6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะกับความเร็วรอบที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ

จากรูปที่ 6-6 พบว่า การใช้ DME-PME (ที่สัดส่วน 40%DME) เป็นเชื้อเพลิง ผลการเปรียบเทียบค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะจากการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่างๆ ซึ่งการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (STD) ที่ความเร็วรอบ 1000, 1400 และ 1700 rpm มีแนวโน้มค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำที่สุดแต่ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 2100 rpm ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm การปรับเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้ามีค่ามากขึ้นมีผลต่อค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่เพิ่มขึ้นและมีช่วงความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm พบว่าค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะมีค่าต่ำที่สุดและที่ความเร็วรอบมากขึ้นจะสังเกตเห็นช่วงความแตกต่างเริ่มลดลงและยังให้ผลในลักษณะเดียวกันเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ไปจนถึง 1700 rpm โดยที่ความเร็วรอบนี้จะมีแนวโน้มของค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะใกล้เคียงกันในทุกค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิง แต่ในกรณีของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่าช้า พบว่ามีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะสูงที่สุดในทุกความเร็วรอบของเครื่องยนต์

จากรูปที่ 6-6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาระสูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆ เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD

(20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ สามารถสรุปเป็นตารางที่ 6-6

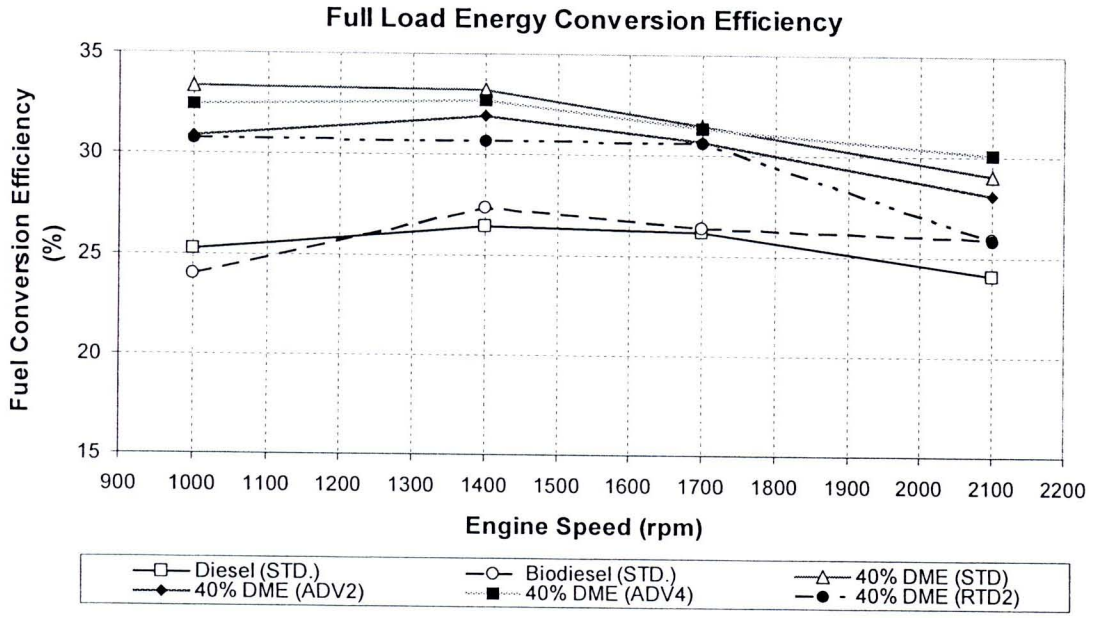
ตารางที่ 6-6 เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาระสูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆ ระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ

Speed	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ (MJ/kW-h)			
rpm	40 % DME (RTD2)	40 % DME (STD)	40 % DME (ADV2)	40 % DME (ADV4)
1000	11.71	10.79	11.67	11.10
1400	11.72	10.82	11.28	11.00
1700	11.76	11.44	11.74	11.48
2100	13.96	12.39	12.83	11.96

จากตารางที่ 6-6 พบว่า อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาระสูงสุดเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD) ที่ความเร็วรอบ 1000, 1400 และ 1700 rpm มีแนวโน้มค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำที่สุด แต่ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 2100 rpm การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะทำให้อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะมีค่าต่ำที่สุด และที่ ADV4 จะให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำกว่า ADV2 ทุกช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์

6.1.2.3 **ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง** (Energy Conversion Efficiency, %)

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเป็นประสิทธิภาพของการเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานที่อยู่ภายในตัวเชื้อเพลิงไปเป็นพลังงานที่ได้ออกมา ซึ่งการเปรียบเทียบดังกล่าวที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ ที่ใช้ DME-PME (ที่สัดส่วน 40%DME) เป็นเชื้อเพลิง เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6-7



รูปที่ 6-7 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ

จากรูปที่ 6-7 พบว่า การใช้ DME-PME (ที่สัดส่วน 40%DME) เป็นเชื้อเพลิง ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจากการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่างๆ ซึ่งการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (STD) ที่ความเร็วรอบ 1000, 1400 และ 1700 rpm มีแนวโน้มค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงที่สุด แต่ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 2100 rpm ผลของประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่ได้จากการทดสอบพบว่าจะเป็นภาพ mirror กับค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ

จากรูปที่ 6-7 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบที่สภาวะภาระสูงสุดเปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ สามารถสรุปเป็นตารางที่ 6-7

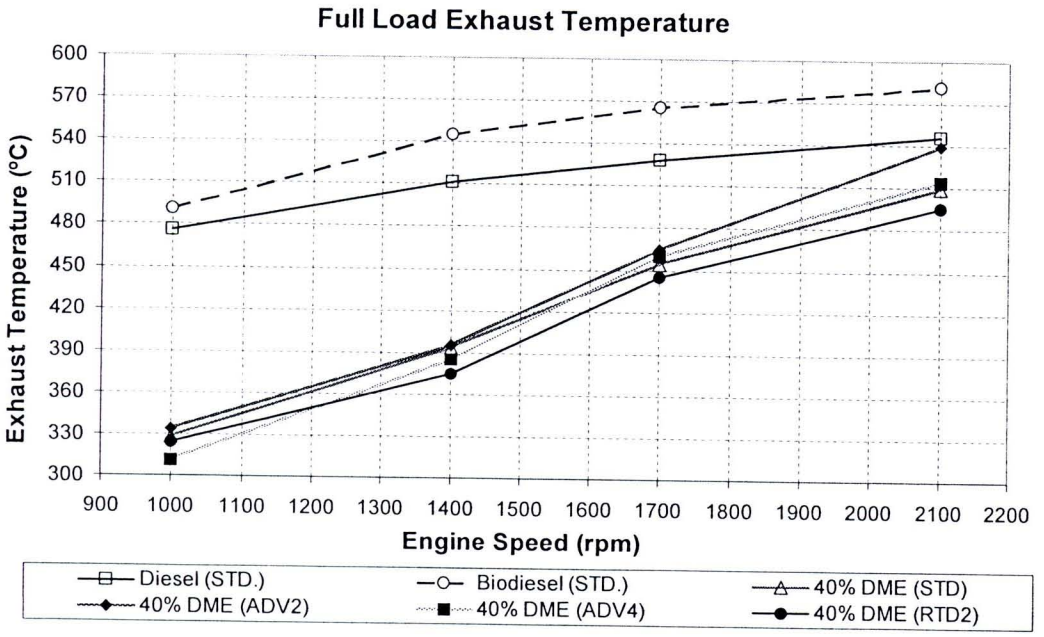
ตารางที่ 6-7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระสูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆ ระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ

Speed	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง (%)			
rpm	40 % DME (RTD2)	40 % DME (STD)	40 % DME (ADV2)	40 % DME (ADV4)
1000	30.74	33.36	30.86	32.43
1400	30.70	33.26	31.91	32.72
1700	30.62	31.47	30.68	31.35
2100	25.79	29.06	28.07	30.10

จากตารางที่ 6-7 พบว่า การใช้ DME-PME (ที่สัดส่วน 40%DME) เป็นเชื้อเพลิง ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจากการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่างๆ ซึ่งการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (STD) ที่ความเร็วรอบ 1000, 1400 และ 1700 rpm มีแนวโน้มค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงที่สุด แต่ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 2100 rpm การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมีค่าสูงที่สุด และที่ ADV4 จะให้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงกว่า ADV2 ทุกช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์

6.1.2.4 **อุณหภูมิไอเสีย** (Exhaust Temperature, °C)

อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ ที่ใช้ DME-PME (ที่สัดส่วน 40%DME) เป็นเชื้อเพลิง เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6-8



รูปที่ 6-8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียกับความเร็วรอบที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ

จากรูปที่ 6-8 พบว่า ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิไอเสียจากการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆเปรียบเทียบกับผลจากการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน พบว่าที่ความเร็วรอบ 1000 rpm นั้นพบว่าอิทธิพลของการปรับเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่วงหน้าค่ามากขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิไอเสียมีค่าลดต่ำลงและมีช่วงของความแตกต่างของค่าอุณหภูมิไอเสียที่ลดลงอย่างชัดเจน เมื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ไปจนถึง 1400 rpm พบว่าการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่วงหน้ามากขึ้นยังให้ผลในลักษณะเดียวกัน แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ไปตั้งแต่ 1700 จนถึง 2100 rpm นั้นเมื่อทำการปรับเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าค่ามากขึ้นอุณหภูมิไอเสียจะมีค่าเพิ่มขึ้นกว่าค่าจากการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (STD) ส่วนในกรณีของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่าช้า พบว่าผลของค่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์มีค่าลดลงในทุกความเร็วรอบ

จากรูปที่ 6-8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียกับความเร็วรอบที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ สามารถสรุปเป็นตารางที่ 6-8

ตารางที่ 6-8 เปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆ ระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ

Speed	อุณหภูมิไอเสีย (°C)			
rpm	40 % DME (RTD2)	40 % DME (STD)	40 % DME (ADV2)	40 % DME (ADV4)
1000	324.20	328.00	333.30	311.30
1400	375.00	393.20	395.70	384.90
1700	445.00	454.40	464.10	460.20
2100	495.50	508.90	539.20	513.90

จากตารางที่ 6-8 พบว่า เมื่อทำการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่าช้า RTD2 ผลของค่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระสูงสุดมีค่าลดลงในทุกความเร็วรอบ และเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มสูงขึ้น จากการปรับใช้ ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV2 ส่งผลให้อุณหภูมิไอเสียมีค่าสูงกว่าการใช้ ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน STD และการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 ส่งผลให้อุณหภูมิไอเสียมีค่าต่ำกว่าการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV2

6.1.3 ผลการทดสอบสมรรถนะที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน

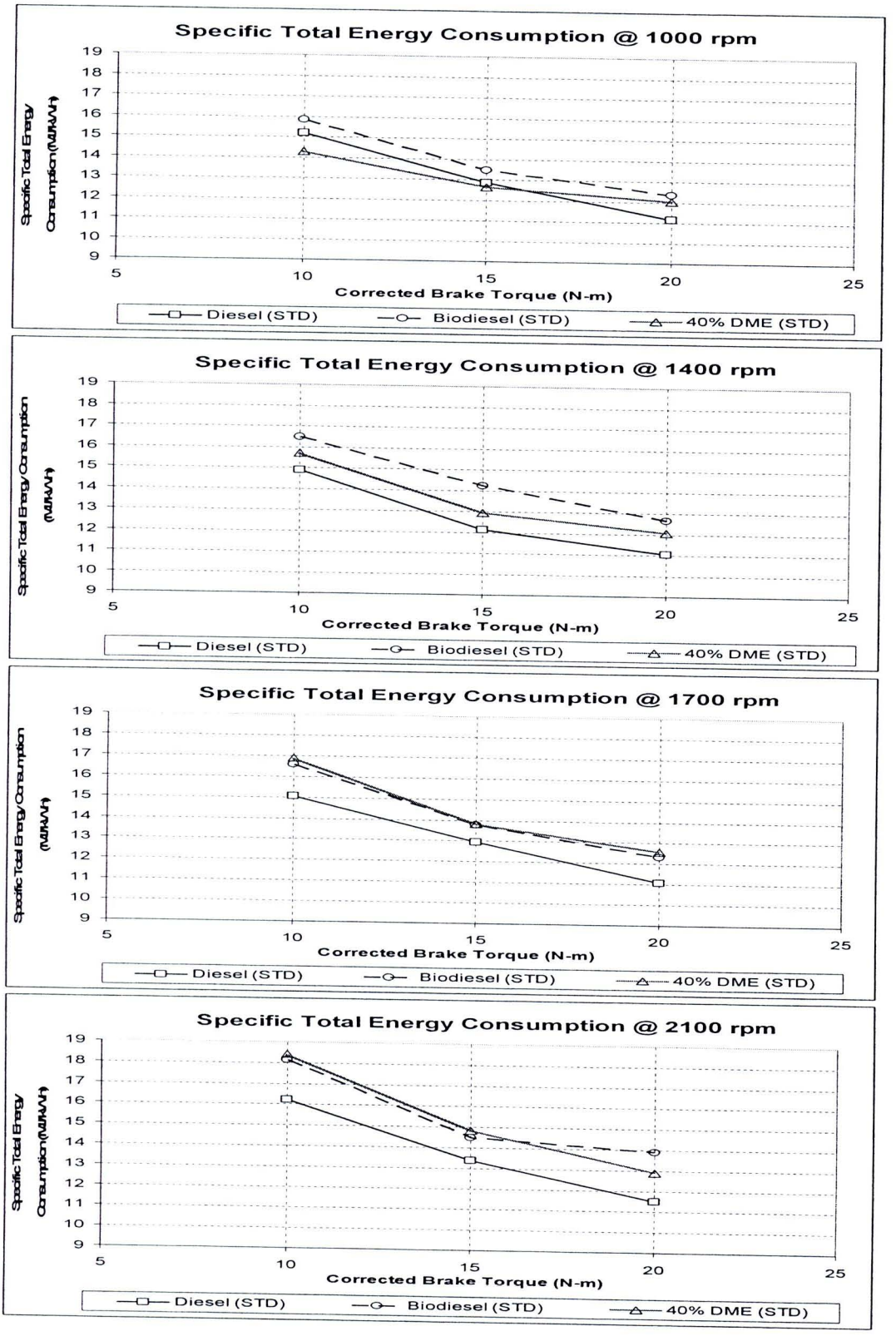
สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) ของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล, เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มไบโอดีเซล (PME 100%) และเชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระบางส่วนจากการเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบในแต่ละชนิดนำผลสมรรถนะมาเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล โดยทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการที่สภาวะคงตัว ที่ภาระและความเร็วรอบคงที่ ซึ่งจุดทดสอบที่ใช้ดัดแปลงมา

5 (หัวข้อ 5.2.6.3) โดยจะแสดงค่า ของอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ, ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงและอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ระหว่างการทำงานที่แต่ละจุดทดสอบ ดังนี้

6.1.3.1 **อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ** (Specific Total Energy Consumption, STEC)

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่จุดทดสอบและวิเคราะห์การเผาไหม้เปรียบเทียบเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐานของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ อาทิ น้ำมันดีเซล, น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล และ น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในสัดส่วนโดยมวล 40% DME โดยความสัมพันธ์ที่แสดงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะเปรียบเทียบกับภาระในแต่ละความเร็วรอบคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 6-9 และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะเปรียบเทียบกับความเร็วรอบในแต่ละภาระคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 6-10

รูปที่ 6-9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะกับภาระที่ความเร็วรอบคงที่ตั้งแต่ 1000 rpm, 1400 rpm, 1700 rpm และ 2100 rpm ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน



รูปที่ 6-9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับภาระที่ความเร็วรอบคงที่ค่าต่างๆ ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

จากรูปที่ 6-9 แสดงผลเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ (STEC (MJ/kW-hr)) กับ ภาระ (Nm) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ค่าต่างๆ ของเครื่องยนต์ เมื่อใช้เชื้อเพลิงในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC) พบว่า ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm เมื่อพิจารณาที่ภาระ 10 Nm, 15 Nm เมื่อใช้ DME-PME ที่สัดส่วนโดยมวล 40% DME เป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 14.29 MJ/kW-hr และ 12.64 MJ/kW-hr แต่ยกเว้นที่ภาระ 20 Nm โดยที่การใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะมีค่าสูงสุดในทุกช่วงภาระ คือมีค่าเท่ากับ 15.84 MJ/kW-hr, 13.49 MJ/kW-hr และ 12.33 MJ/kW-hr ที่ภาระ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm ตามลำดับ

ที่ความเร็วรอบ 1400 rpm เมื่อพิจารณาที่ภาระ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 14.90 MJ/kW-hr, 12.12 MJ/kW-hr และ 11.02 MJ/kW-hr ตามลำดับ ขณะที่เมื่อใช้ DME-PME ที่สัดส่วนโดยมวล 40% DME เป็นเชื้อเพลิง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 15.71 MJ/kW-hr, 12.94 MJ/kW-hr และ 12.04 MJ/kW-hr ตามลำดับ

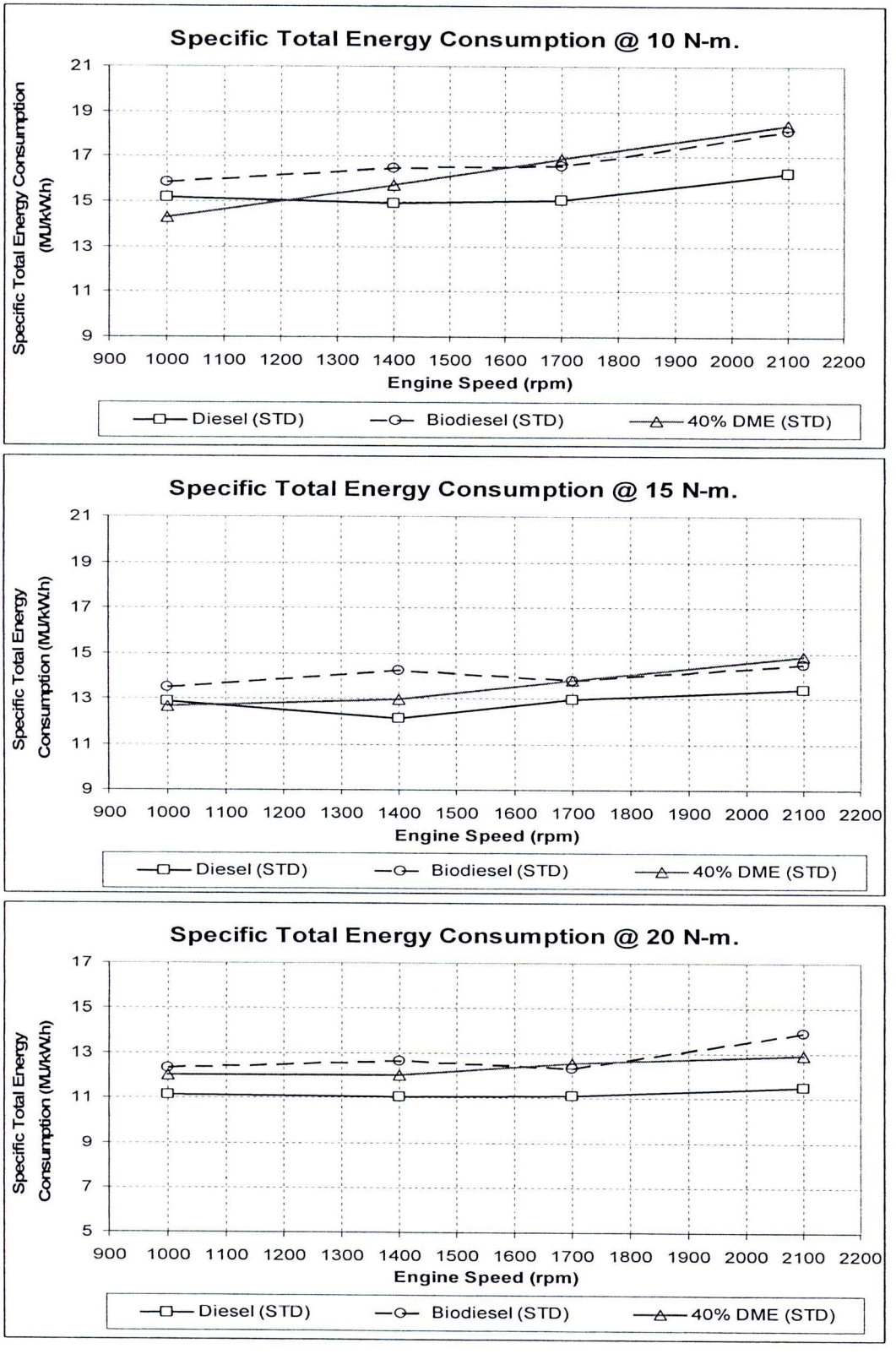
ที่ความเร็วรอบ 1700 rpm เมื่อพิจารณาที่ภาระ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 15.06 MJ/kW-hr, 12.94 MJ/kW-hr และ 11.08 MJ/kW-hr ตามลำดับ ขณะที่เมื่อใช้ DME-PME ที่สัดส่วนโดยมวล 40% DME เป็นเชื้อเพลิง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 16.87 MJ/kW-hr, 13.81 MJ/kW-hr และ 12.56 MJ/kW-hr ตามลำดับ

ที่ความเร็วรอบ 2100 rpm เมื่อพิจารณาที่ภาระ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 16.23 MJ/kW-hr, 13.38 MJ/kW-hr และ 11.49 MJ/kW-hr ตามลำดับ ขณะที่เมื่อใช้ DME-PME ที่สัดส่วนโดยมวล 40% DME เป็นเชื้อเพลิง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 18.41 MJ/kW-hr, 14.84 MJ/kW-hr และ 12.90 MJ/kW-hr ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมในการใช้เชื้อเพลิงทุกชนิด พบว่าที่ความเร็วรอบคงที่ พบว่า ถ้าภาระเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำลง เนื่องจากที่ความเร็วรอบคงที่แรงเสียดทานภายในเครื่องยนต์มีค่าคงที่ และที่ภาระต่ำแรงเสียดทานในเครื่องยนต์จะมีผลกระทบค่อนข้างมาก ส่งผลให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น

เปรียบเทียบที่สภาวะภาระบางส่วนระหว่าง น้ำมันดีเซล น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล และน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME (DME-PME) ในสัดส่วน 40% DME พบว่าการทดสอบใช้เชื้อเพลิงทั้งสามชนิดดังกล่าวที่เพลาลูกเบี้ยวองศามาตรฐาน น้ำมันดีเซลจะให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำที่สุดในเกือบทุกจุดทำงาน ยกเว้นที่ 1000 rpm เมื่อภาระ 10 และ 15 Nm การใช้ DME-PME เป็นเชื้อเพลิงจะให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำสุด

โดยรูปที่ 6-10 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะกับความเร็วรอบที่ค่าภาระคงที่ ตั้งแต่ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน



รูปที่ 6-10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับความเร็วรอบที่ภาระคงที่ค่าต่างๆ ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

จากรูปที่ 6-10 เมื่อพิจารณาที่การใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ที่สัดส่วน 40%DME แสดงผลเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะเบรกกับความเร็วรอบที่ภาระคงที่ค่าต่างๆ ของเครื่องยนต์ พบว่าที่สภาวะภาระคงที่ พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบ กล่าวคือ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะจะสูงขึ้นตามความเร็วรอบที่สูงขึ้น เนื่องจากความเร็วรอบที่สูงขึ้นจะมีแรงเสียดทานในเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการฉีดเชื้อเพลิงในอัตราส่วนที่มากขึ้นเพื่อเอาชนะแรงเสียดทานนั้น ทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะสูงขึ้น ส่วนกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลและกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงนั้นไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะในลักษณะการเปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้น

จากรูปที่ 6-9 และรูปที่ 6-10 สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-9

ตารางที่ 6-9 เปรียบเทียบค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะจากการทดสอบเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

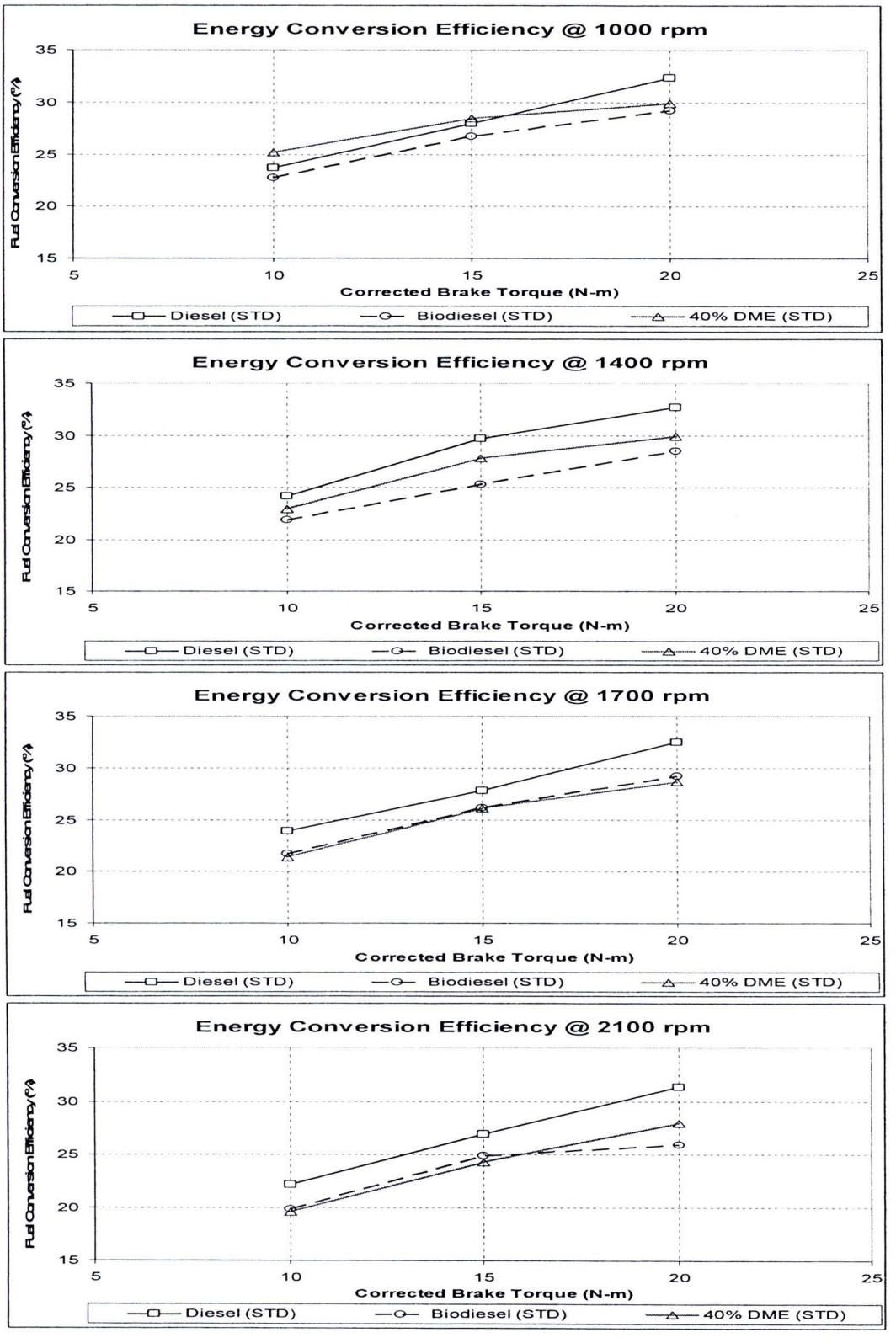
Speed	Torque	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ (MJ/kW-hr)		
Rpm	Nm	DIESEL	BIODIESEL	40% DME
1000	10	15.17	15.84	14.29
1000	15	12.87	13.49	12.64
1000	20	11.14	12.33	12.03
1400	10	14.90	16.48	15.71
1400	15	12.12	14.24	12.94
1400	20	11.02	12.64	12.04
1700	10	15.06	16.58	16.87
1700	15	12.94	13.78	13.81
1700	20	11.08	12.32	12.56
2100	10	16.23	18.13	18.41
2100	15	13.38	14.49	14.84
2100	20	11.49	13.89	12.90

จากตารางที่ 6-9 สรุปได้ว่า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm ที่ภาระ 10 Nm และ 15 Nm การเลือกใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำที่สุด และเมื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1400 rpm จนถึง 2100 rpm การเลือกใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำที่สุด

6.1.3.2 **ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง** (Energy Conversion Efficiency, %)

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่จุดทดสอบและวิเคราะห์การเผาไหม้เปรียบเทียบเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐานของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ อาทิ น้ำมันดีเซล, น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล และ น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในสัดส่วนโดยมวล 40% DME โดยความสัมพันธ์ที่แสดงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับภาระ ในแต่ละความเร็วรอบคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 6-11 และความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับความเร็วรอบในแต่ละภาระคงที่ดังแสดงในรูปที่ 6-12

รูปที่ 6-11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงกับภาระ ที่ความเร็วรอบคงที่ตั้งแต่ 1000 rpm, 1400 rpm, 1700 rpm และ 2100 rpm ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน



รูปที่ 6-11 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงกับภาระ ที่ความเร็วรอบคงที่ค่าต่างๆ ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

จากรูปที่ 6-11 แสดงผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงกับภาระ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ค่าต่างๆ ของเครื่องยนต์ เมื่อใช้เชื้อเพลิงในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC) พบว่า

ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm เมื่อพิจารณาที่ภาระ 10 Nm และ 15 Nm จากการทดสอบใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงจะได้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 25.19% และ 28.47% ตามลำดับ แต่ยกเว้นที่ภาระ 20 Nm และจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง พบว่าจะได้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงตลอดทุกช่วงภาระ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 22.72%, 26.69% และ 29.19% ตามลำดับ

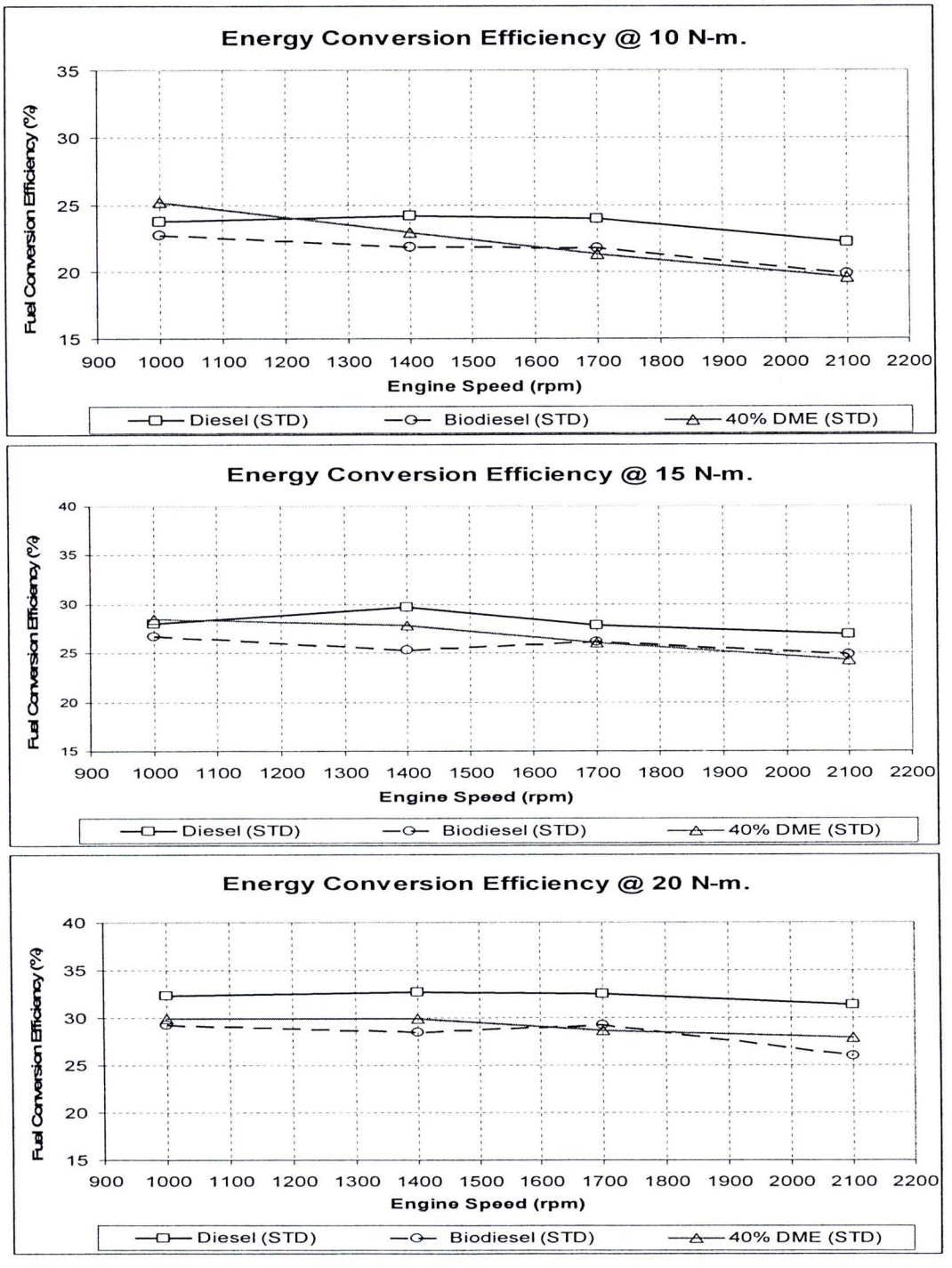
ที่ความเร็วรอบ 1400 rpm เมื่อพิจารณาที่ภาระ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm จากการทดสอบใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะได้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 24.16%, 29.71% และ 32.66% ตามลำดับ โดยที่การทดสอบใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 21.84%, 25.29%, 19.43% และ 28.49% ตามลำดับ

ที่ความเร็วรอบ 1700 rpm เมื่อพิจารณาที่ภาระ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm จากการทดสอบใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะได้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 23.90%, 27.83% และ 32.50% ตามลำดับ โดยที่การทดสอบใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 21.33%, 26.07% และ 28.65% ตามลำดับ

ที่ความเร็วรอบ 2100 rpm เมื่อพิจารณาที่ภาระ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมีค่าสูงสุดเท่ากับ22.18%, 26.90% และ 31.32% ตามลำดับ ขณะที่เมื่อใช้ DME-PME ที่สัดส่วนโดยมวล 40% DME เป็นเชื้อเพลิง มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 19.56% และ 24.26% แต่ยกเว้นที่ภาระ 20 Nm

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมที่ความเร็วรอบคงที่พบว่า ถ้าภาระเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงขึ้น เนื่องจากที่ความเร็วรอบคงที่แรงเสียดทานภายในเครื่องยนต์จะมีค่าคงที่ แต่ที่ภาระต่ำแรงเสียดทานในเครื่องยนต์จะมีผลกระทบค่อนข้างมาก ดังนั้นเมื่อภาระเพิ่มขึ้นผลกระทบจากแรงเสียดทานในเครื่องยนต์จะมีค่าลดลงและประสิทธิภาพเชิงกลจะแปรผันไปกันกับค่ากำลังเบรกของเครื่องยนต์ ดังนั้นเมื่อภาระเพิ่มขึ้นผลกระทบจากแรงเสียดทานในเครื่องยนต์จะมีค่าลดลงและมีประสิทธิภาพเชิงกลที่เพิ่มสูงขึ้น เป็นผลให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงขึ้น

รูปที่ 6-12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบ ที่สภาวะภาระคงที่ ตั้งแต่ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน



รูปที่ 6-12 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบที่ภาระคงที่ค่าต่างๆ ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

จากรูปที่ 6-12 แสดงผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบ ที่ภาระคงที่ค่าต่างๆ ของเครื่องยนต์ เมื่อพิจารณาที่ภาระคงที่ การเลือกใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง พบว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบ กล่าวคือ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจะต่ำลงตามความเร็วรอบที่สูงขึ้น ส่วนกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลและกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงนั้นไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงในลักษณะการเปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้น ซึ่งกล่าวได้ว่า ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงในทุกจุดการทดสอบมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ

จากรูปที่ 6-11 และรูปที่ 6-12 สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-10

ตารางที่ 6-10 เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง จากการทดสอบเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

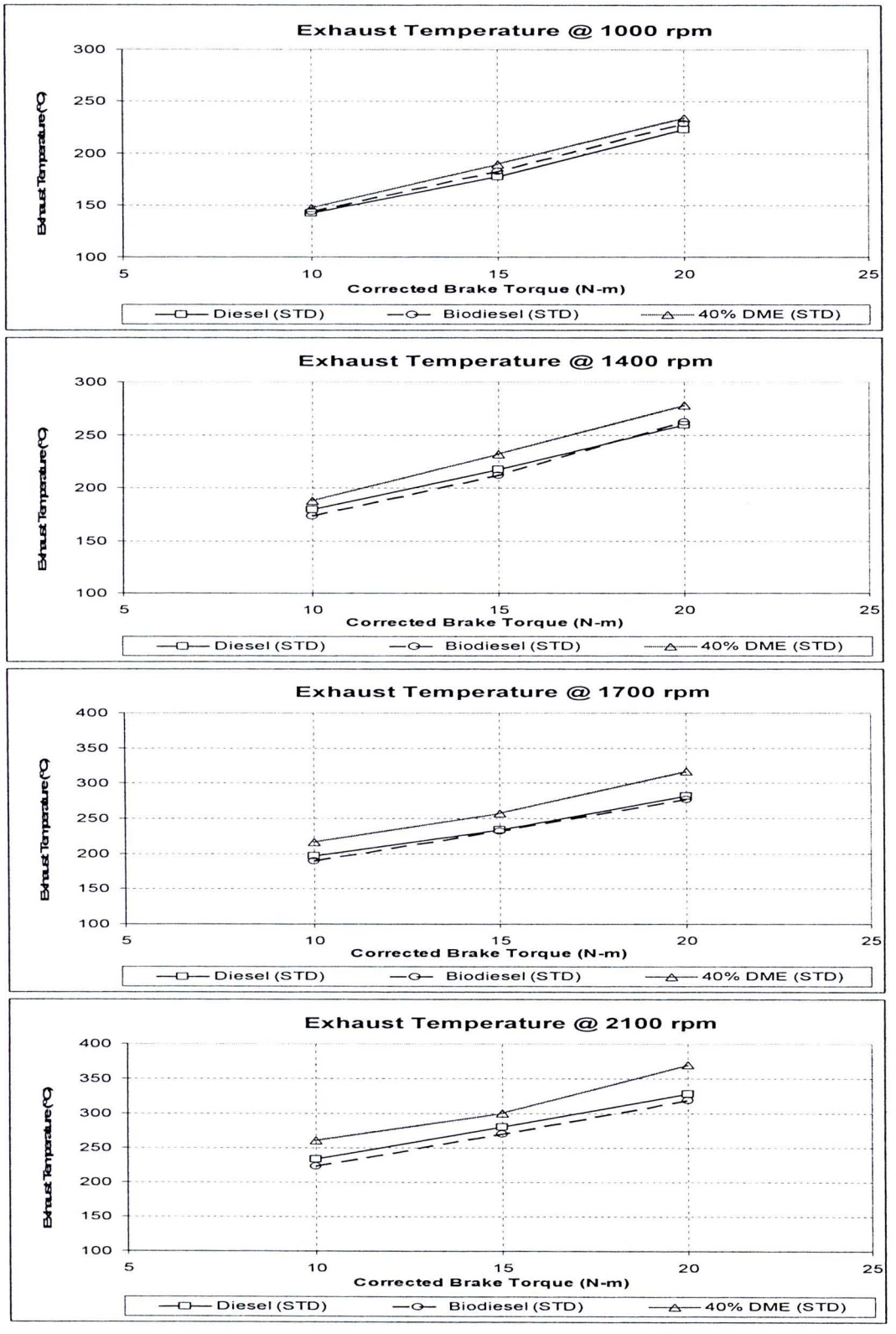
Speed	Torque	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง (%)		
Rpm	Nm	DIESEL	BIODIESEL	40% DME
1000	10	23.74	22.72	25.19
1000	15	27.98	26.69	28.47
1000	20	32.33	29.19	29.93
1400	10	24.16	21.84	22.92
1400	15	29.71	25.29	27.83
1400	20	32.66	28.49	29.91
1700	10	23.90	21.72	21.33
1700	15	27.83	26.13	26.07
1700	20	32.50	29.23	28.65
2100	10	22.18	19.86	19.56
2100	15	26.90	24.84	24.26
2100	20	31.32	25.92	27.90

จากตารางที่ 6-10 สรุปได้ว่า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm ที่ภาระ 10 Nm และ 15 Nm การเลือกใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงที่สุด และเมื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1400 rpm จนถึง 2100 rpm การเลือกใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงที่สุด อาจกล่าวได้ว่าค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมีแนวโน้มสอดคล้องกันกับค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ ในทุกจุดทดสอบ

6.1.3.3 **อุณหภูมิไอเสีย** (Exhaust Temperature, ^{o}C)

อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระบางส่วนเปรียบเทียบเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐานของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ อาทิ น้ำมันดีเซล, น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล และ น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในสัดส่วนโดยมวล 40% DME โดยความสัมพันธ์ที่แสดงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิไอเสียเปรียบเทียบกับภาระในแต่ละความเร็วรอบคงที่ดังแสดงในรูปที่ 6-13 และความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียเปรียบเทียบกับความเร็วรอบ ในแต่ละภาระคงที่รูปที่ 6-14

รูปที่ 6-13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียกับ ภาระที่ค่าความเร็วรอบคงที่ 1000 rpm, 1400 rpm, 1700 rpm และ 2100 rpm ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน



รูปที่ 6-13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิไอเสียกับภาระ ที่ความเร็วรอบคงที่ค่าต่างๆ ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

จากรูปที่ 6-13 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิไอเสียกับภาระ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ค่าต่างๆ ของเครื่องยนต์ เมื่อใช้เชื้อเพลิงในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC) พบว่า

ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm เมื่อพิจารณาที่ภาระ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm เมื่อทดสอบด้วยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ค่าอุณหภูมิไอเสียจะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 142.2 °C, 177.3 °C และ 222.8 °C ตามลำดับ โดยที่การทดสอบใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง ค่าอุณหภูมิไอเสียจะมีสูงสุดเท่ากับ 146.8 °C, 189.4 °C และ 233.8 °C ตามลำดับ

ที่ความเร็วรอบ 1400 rpm เมื่อพิจารณาที่ภาระ 10 Nm และ 15 Nm เมื่อทดสอบด้วยการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าอุณหภูมิไอเสียจะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 173.4 °C และ 211.2 °C ตามลำดับ โดยที่การทดสอบใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง ค่าอุณหภูมิไอเสียจะมีสูงสุดเท่ากับ 187.8 °C, 231.7 °C และ 277.6 °C ตลอดทุกช่วงภาระ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm ตามลำดับ

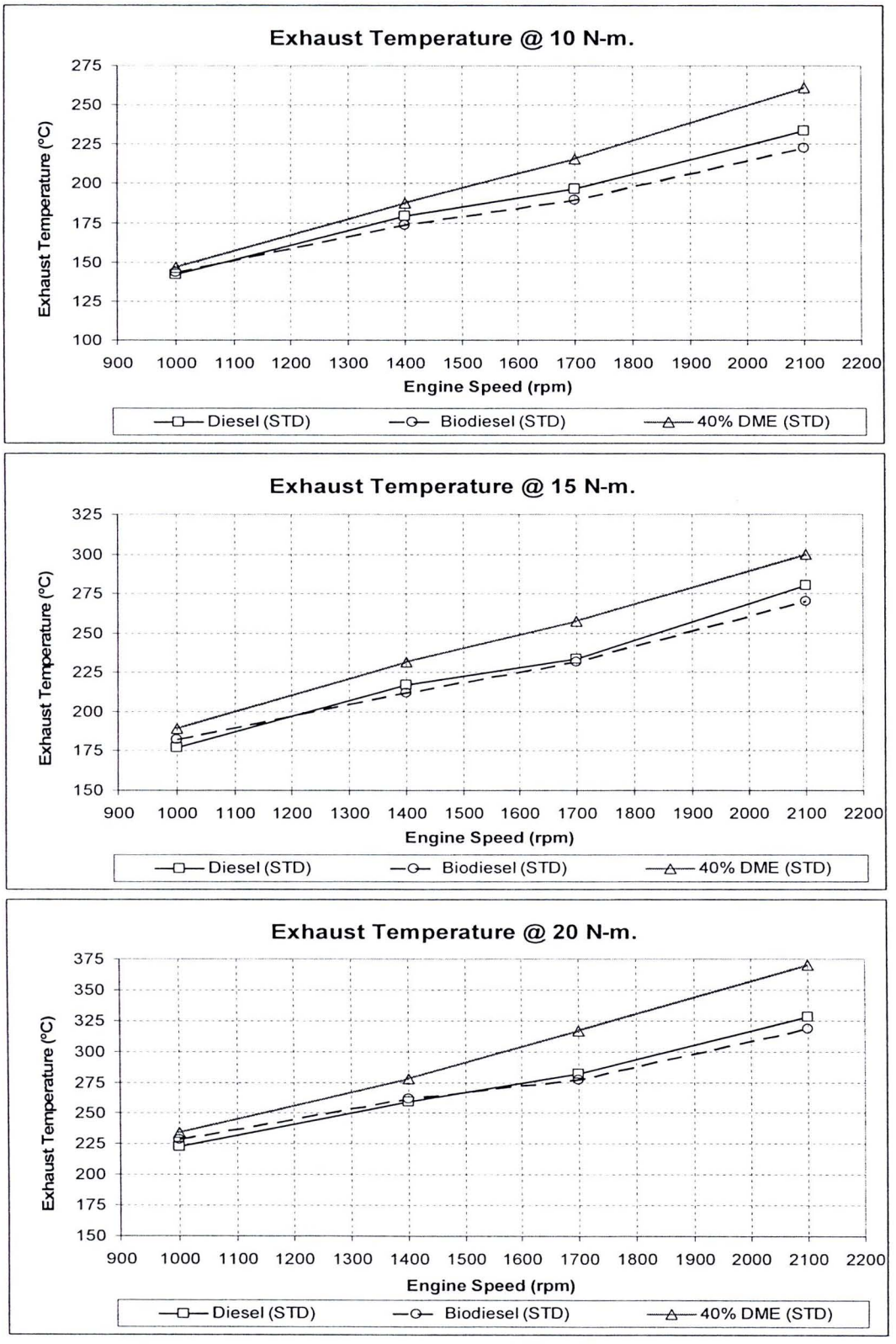
ที่ความเร็วรอบ 1700 rpm เมื่อพิจารณาที่ภาระ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm เมื่อทดสอบด้วยการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ค่าอุณหภูมิไอเสียจะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 189.2 °C, 231.5 °C และ 276.8 °C ตามลำดับ โดยที่การทดสอบใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง ค่าอุณหภูมิไอเสียจะมีสูงสุดเท่ากับ 215.7 °C, 257.3 °C และ 317.0 °C ตามลำดับ

ที่ความเร็วรอบ 2100 rpm เมื่อพิจารณาที่ภาระ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm เมื่อทดสอบด้วยการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ค่าอุณหภูมิไอเสียจะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 222.6 °C, 270.1 °C และ 318.7 °C ตามลำดับ โดยที่การทดสอบใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง ค่าอุณหภูมิไอเสียจะมีสูงสุดเท่ากับ 260.8 °C, 299.8 °C และ 370.3 °C ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมที่ความเร็วรอบคงที่พบว่า ถ้าภาระเพิ่มขึ้นจะมีอุณหภูมิไอเสียสูงขึ้น เนื่องมาจากที่ ภาระเพิ่มสูงขึ้นจึงทำให้มีการฉีดปริมาณเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่มากขึ้น และหากพิจารณาผลจากการเลือกใช้เชื้อเพลิงในการทดสอบพบว่า โดยภาพรวมน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลจะมีค่าอุณหภูมิไอเสียต่ำที่สุด เนื่องมาจากพฤติกรรมของค่าสภาพการอัดตัวได้ (Compressibility effect) ที่มีค่าต่ำเป็นผลให้ปั๊มเชื้อเพลิงสามารถสร้างแรงดันในการยกเข็มหัวฉีดได้ง่ายและจึงทำให้มีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่วงหน้ามากขึ้นประกอบกับการมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบส่งผลให้กระบวนการเริ่มต้นการเผาไหม้ทำได้รวดเร็วขึ้น ซึ่งต่างจากกรณีของการใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่าง DME-PME เนื่องจาก DME มีคุณสมบัติการอัดตัวได้ที่สูง ส่งผลให้

กระบวนการสร้างแรงดันเอาชนะสปริงเพื่อยกเข็มหัวฉีดทำได้ลำบากขึ้นและจึงทำให้จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้าออกไป ส่งผลให้กระบวนการปลดปล่อยความร้อนของสารผสมส่วนใหญ่เกิดขึ้นในช่วง expansion stroke จึงเป็นสาเหตุทำให้มีค่าอุณหภูมิไอเสียที่เพิ่มสูงขึ้น

รูปที่ 6-14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิไอเสียกับความเร็วรอบ ที่สภาวะภาระคงที่ ตั้งแต่ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน



รูปที่ 6-14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิไอเสียกับความเร็วรอบที่ภาระคงที่ค่าต่างๆ ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

จากรูปที่ 6-14 แสดงผลเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียกับความเร็วรอบที่ภาระคงที่ค่าต่างๆ ของเครื่องยนต์ เมื่อพิจารณาที่ภาระคงที่ จากการทดสอบเชื้อเพลิงทุกชนิด พบว่าค่าอุณหภูมิไอเสียมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบ กล่าวคือ อุณหภูมิไอเสียจะสูงขึ้นตามความเร็วรอบที่สูงขึ้น เนื่องจากความเร็วรอบที่สูงขึ้นจะมีการฉีดเชื้อเพลิงในปริมาณที่สูงขึ้นและมีช่วงการเผาไหม้ที่เพิ่มยาวขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิไอเสียจึงสูงขึ้น

จากรูปที่ 6-13 และรูปที่ 6-14 สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-11

ตารางที่ 6-11 เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิไอเสีย จากการทดสอบเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC)

Speed	Torque	อุณหภูมิไอเสีย (°C)		
Rpm	Nm	DIESEL	BIODIESEL	40% DME
1000	10	142.2	143.4	146.8
1000	15	177.3	182.1	189.4
1000	20	222.8	228.3	233.8
1400	10	179.2	173.4	187.8
1400	15	217.1	211.72	231.7
1400	20	259.3	261.9	277.6
1700	10	196.7	189.2	215.7
1700	15	233.4	231.5	257.3
1700	20	281.8	276.8	317
2100	10	233.8	222.6	260.8
2100	15	280.4	270.1	299.8
2100	20	327.8	318.7	370.3

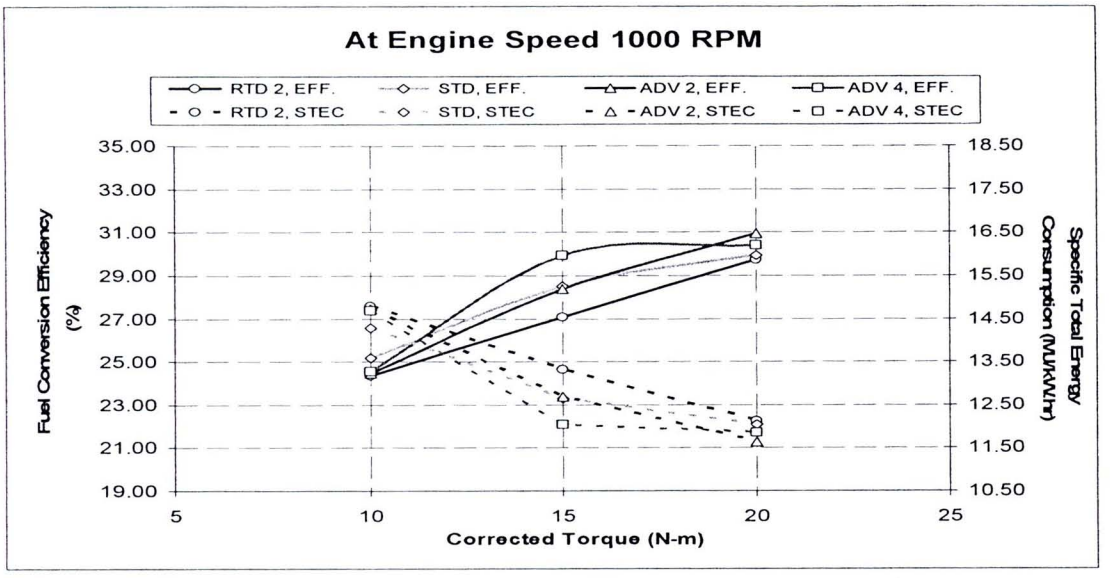
จากตารางที่ 6-11 สรุปได้ว่าที่ความเร็วรอบ 1000 rpm เมื่อใช้น้ำมันดีเซลจะมีค่าอุณหภูมิไอเสียต่ำที่สุด ในช่วงความเร็วรอบตั้งแต่ 1400 rpm จนถึง 2100 rpm เมื่อใช้ปาล์มไบโอดีเซลจะมีค่าอุณหภูมิไอเสียต่ำที่สุด ส่วนการใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME ที่เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน จะให้ค่าอุณหภูมิไอเสียสูงสุดในทุกจุดทดสอบ

6.1.4 ผลการศึกษาอิทธิพลของค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระบางส่วน

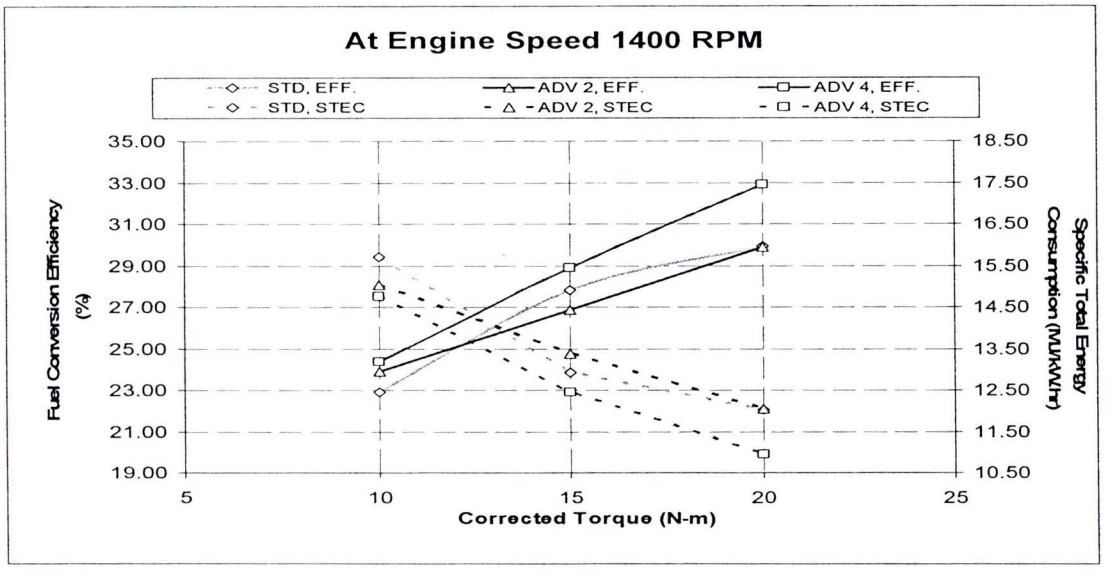
ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลของอิทธิพลค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้ DME-PME (ที่สัดส่วน 40%DME) เป็นเชื้อเพลิง โดยเปรียบเทียบผลจากการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ เพื่อหาองศาการฉีดเชื้อเพลิงที่เหมาะสม ซึ่งจะเปรียบเทียบผลสมรรถนะในส่วนของ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก, ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง และอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ระหว่างการทำงาน ดังนี้

6.1.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะและค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง (Specific Total Energy Consumption, STEC and Fuel Conversion Efficiency, %)

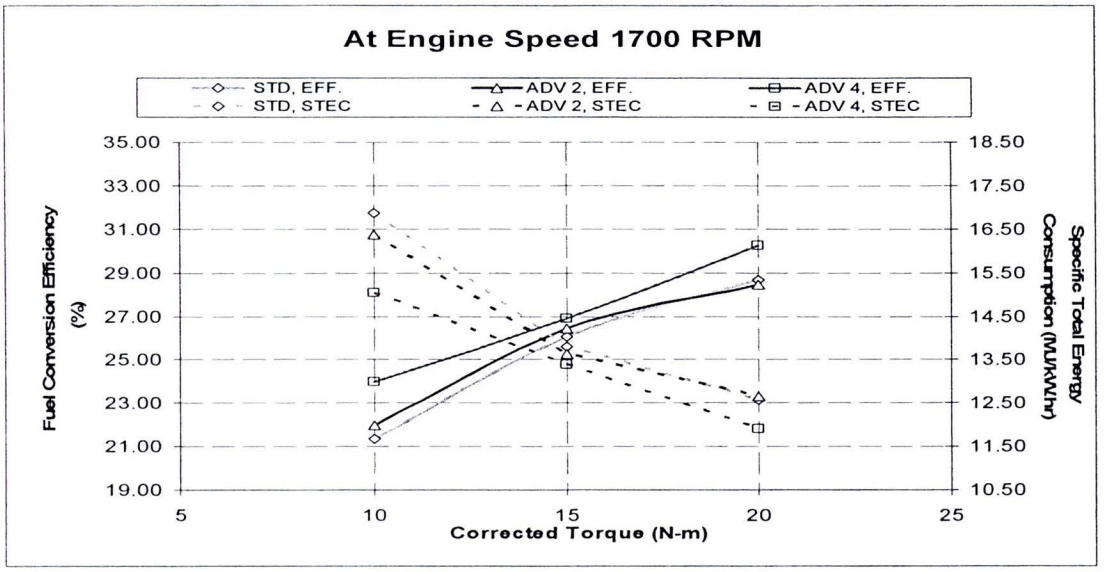
อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะและค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระบางส่วนของเครื่องยนต์ เมื่อใช้ DME-PME (ที่สัดส่วน 40%DME) เป็นเชื้อเพลิง โดยแสดงอิทธิพลจากการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ ต่อความสัมพันธ์ของผลสมรรถนะที่ภาวะภาระบางส่วนในแต่ละความเร็วรอบการทำงานของเครื่องยนต์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6-15 จนถึง รูปที่ 6-18



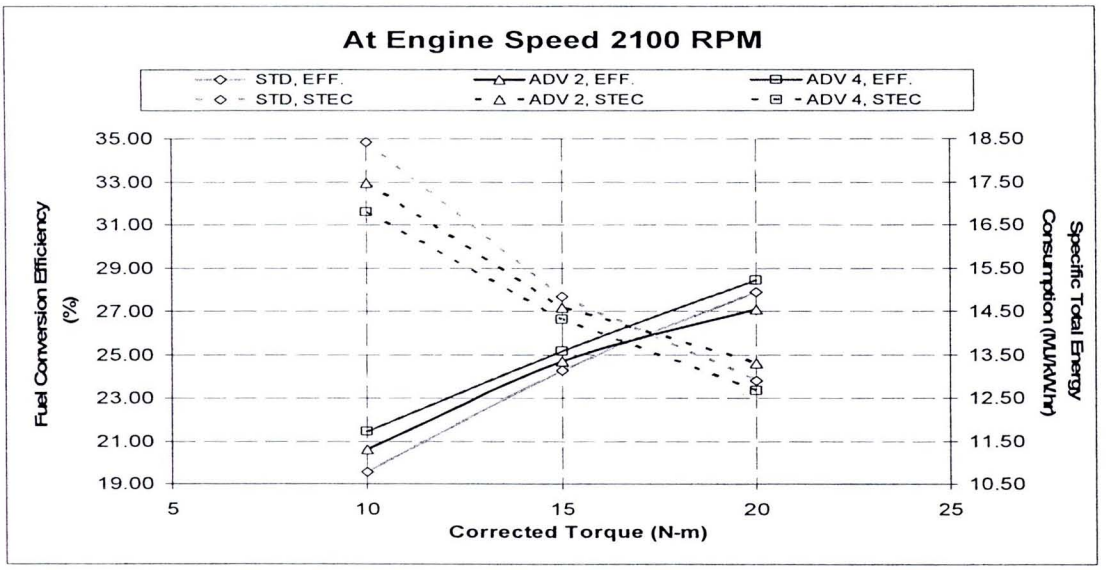
รูปที่ 6-15 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะและค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ



รูปที่ 6-16 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะและค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ



รูปที่ 6-17 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะและค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ



รูปที่ 6-18 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะและค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2100 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ

จากรูปที่ 6-15 จนถึง รูปที่ 6-18 ผลสมรรถนะที่สภาวะภาระบางส่วนแสดงถึงอิทธิพลของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงที่มีต่อค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ พบว่าที่ความเร็วรอบ 1000 rpm การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าค่ามากขึ้นมีผลช่วยลดค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะเฉพาะที่ภาระการทำงานปานกลางและสูง แต่ในกรณีของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่าช้า พบว่าค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะกลับเพิ่มสูงขึ้นตลอดช่วงภาระการทำงานของเครื่องยนต์ และเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ตั้งแต่ 1400 rpm จนถึง 2100 rpm การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวที่เพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าค่ามากขึ้นมีผลช่วยลดค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะลดต่ำลงทุกช่วงภาระการทำงาน โดยอิทธิพลของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าองศาต่างๆ ที่มีต่อค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่ได้ในรูปที่ 6-15 จนถึง รูปที่ 6-18 นี้จะเป็นภาพ mirror กับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะในทุกช่วงภาระและความเร็วรอบของการทดสอบ

จากรูปที่ 6-15 จนถึง รูปที่ 6-18 ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะสามารถสรุปเป็นตารางได้ดัง ตารางที่ 6-12 และค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสามารถสรุปเป็นตารางได้ดัง ตารางที่ 6-13

ตารางที่ 6-12 เปรียบเทียบค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะในแต่ละจุดทดสอบการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วนระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ

Speed	Torque	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ (MJ/kW-hr)			
rpm	Nm	40 % DME (RTD2)	40 % DME (STD)	40 % DME (ADV2)	40 % DME (ADV4)
1000	10	14.79	14.29	14.73	14.67
1000	15	13.31	12.64	12.69	12.04
1000	20	12.12	12.03	11.63	11.84
1400	10	-	15.71	15.05	14.76
1400	15	-	12.94	13.39	12.46
1400	20	-	12.04	12.04	10.95
1700	10	-	16.87	16.38	15.03
1700	15	-	13.81	13.62	13.38
1700	20	-	12.56	12.65	11.90
2100	10	-	18.41	17.48	16.80
2100	15	-	14.84	14.59	14.32
2100	20	-	12.90	13.29	12.66

จากตารางที่ 6-12 สามารถสรุปได้ว่าอิทธิพลขององศาการฉีดเชื้อเพลิงต่อสมรรถนะที่สภาวะภาระบางส่วน พบว่าการปรับเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่วงหน้ากว่าค่ามาตรฐานมากขึ้นมีแนวโน้มค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่ได้มีค่าลดลง และจะเห็นผลเด่นชัดขึ้นเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ไปที่ 1400 rpm แต่ในกรณีของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่าช้ากว่าค่ามาตรฐาน พบว่าค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่ได้สูงที่สุดในทุกความเร็วรอบ

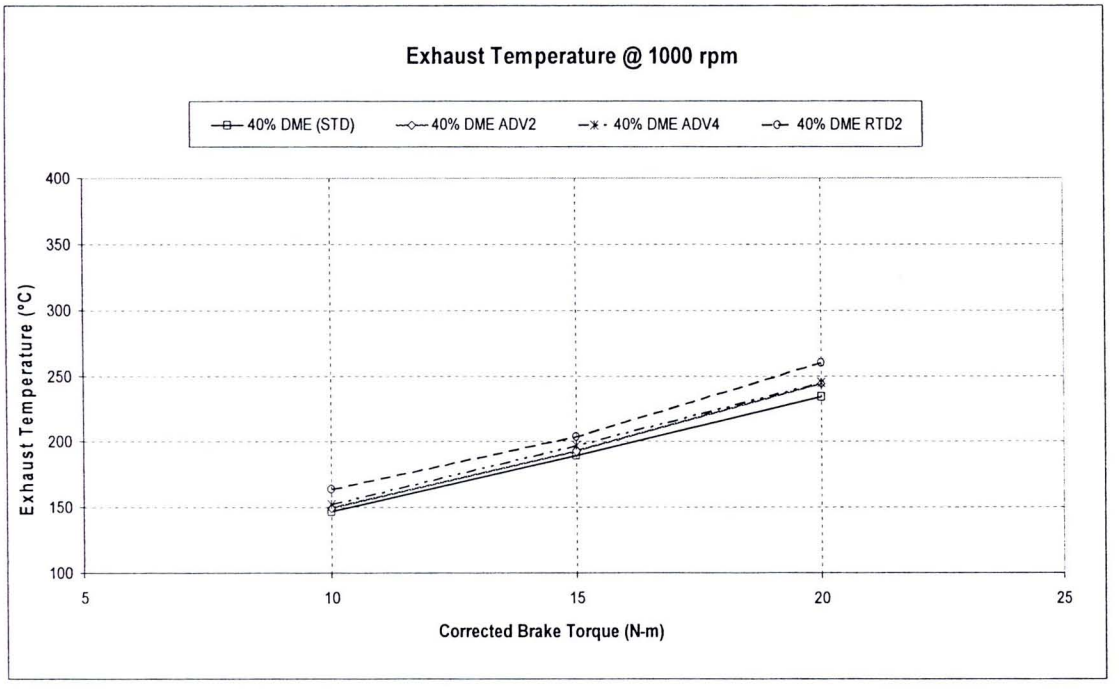
ตารางที่ 6-13 เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงในแต่ละจุดทดสอบการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วนระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ

Speed	Torque	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง (%)			
rpm	Nm	40 % DME (RTD2)	40 % DME (STD)	40 % DME (ADV2)	40 % DME (ADV4)
1000	10	24.34	25.19	24.44	24.54
1000	15	27.05	28.47	28.37	29.90
1000	20	29.69	29.93	30.95	30.39
1400	10	-	22.92	23.92	24.39
1400	15	-	27.83	26.89	28.89
1400	20	-	29.91	29.90	32.88
1700	10	-	21.33	21.98	23.95
1700	15	-	26.07	26.43	26.91
1700	20	-	28.65	28.45	30.25
2100	10	-	19.56	20.60	21.43
2100	15	-	24.26	24.67	25.14
2100	20	-	27.90	27.08	28.44

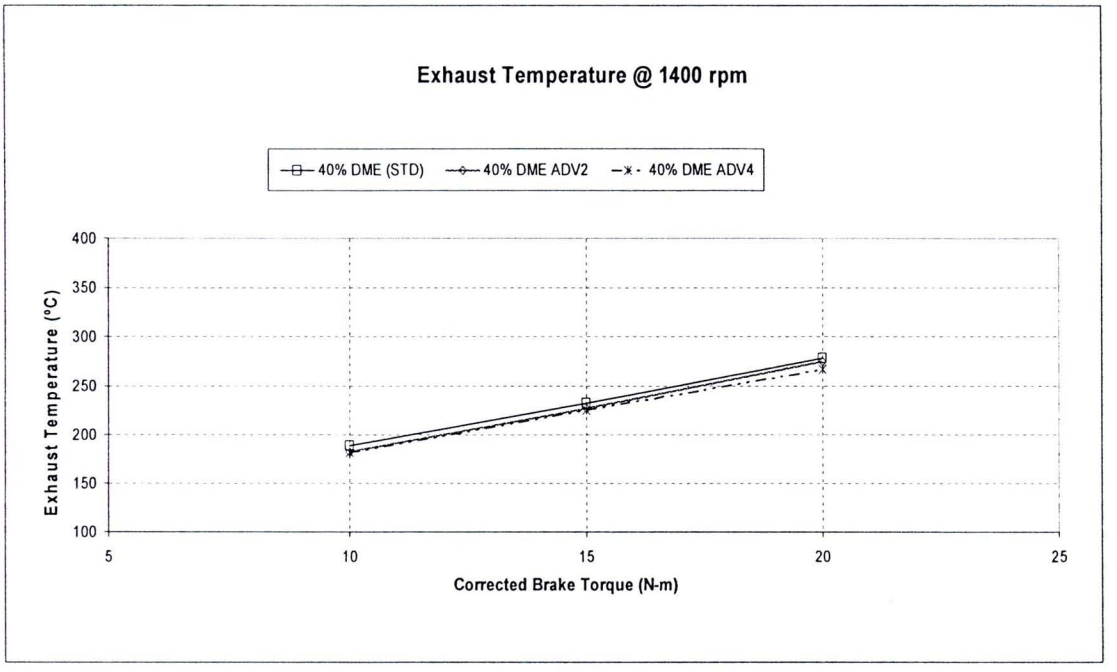
จากตารางที่ 6-13 สามารถสรุปได้ว่าอิทธิพลขององศาการฉีดเชื้อเพลิงต่อสมรรถนะที่สภาวะภาระบางส่วน พบว่าการปรับเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่วงหน้ากว่าค่ามาตรฐานมากขึ้นมีแนวโน้มค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น และจะเห็นผลเด่นชัดขึ้นเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ไปที่ 1400 rpm แต่ในกรณีของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่าช้ากว่าค่ามาตรฐาน พบว่าค่าค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่ได้ต่ำที่สุดในทุกความเร็วรอบ

6.1.4.2 **อุณหภูมิไอเสีย** (Exhaust Temperature, °C)

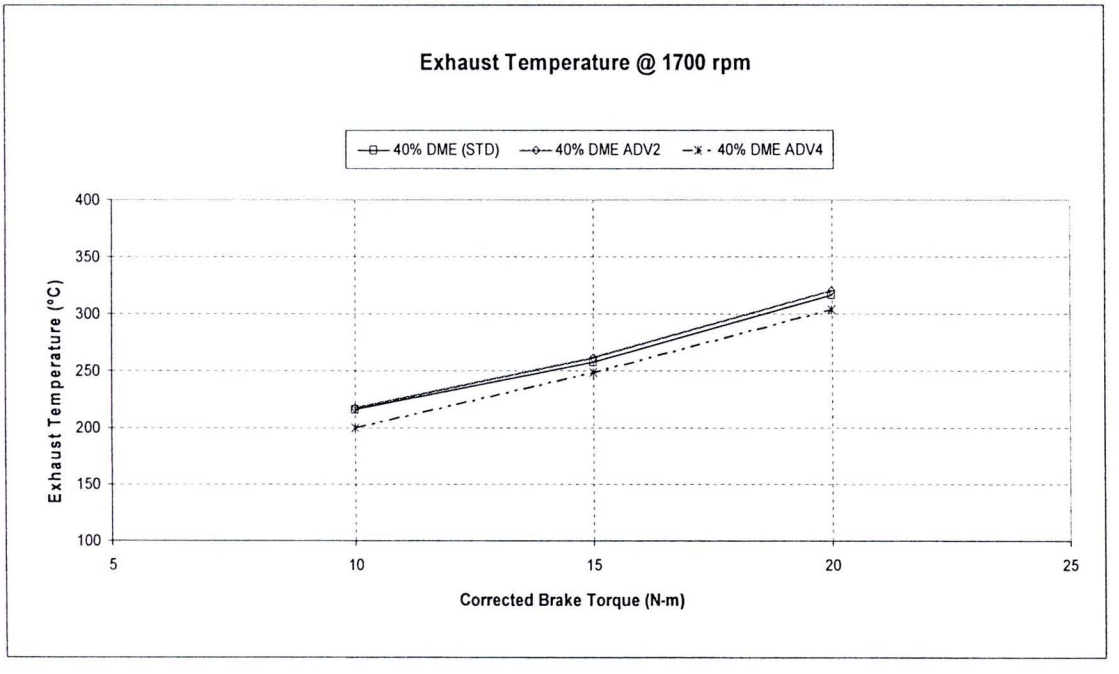
อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระบางส่วนของเครื่องยนต์ เมื่อใช้ DME-PME (ที่สัดส่วน 40% DME) เป็นเชื้อเพลิง โดยแสดงอิทธิพลจากการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ ต่อความสัมพันธ์ของผลสมรรถนะที่ภาวะภาระบางส่วนในแต่ละความเร็วรอบการทำงานของเครื่องยนต์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6-19 จนถึง รูปที่ 6-22



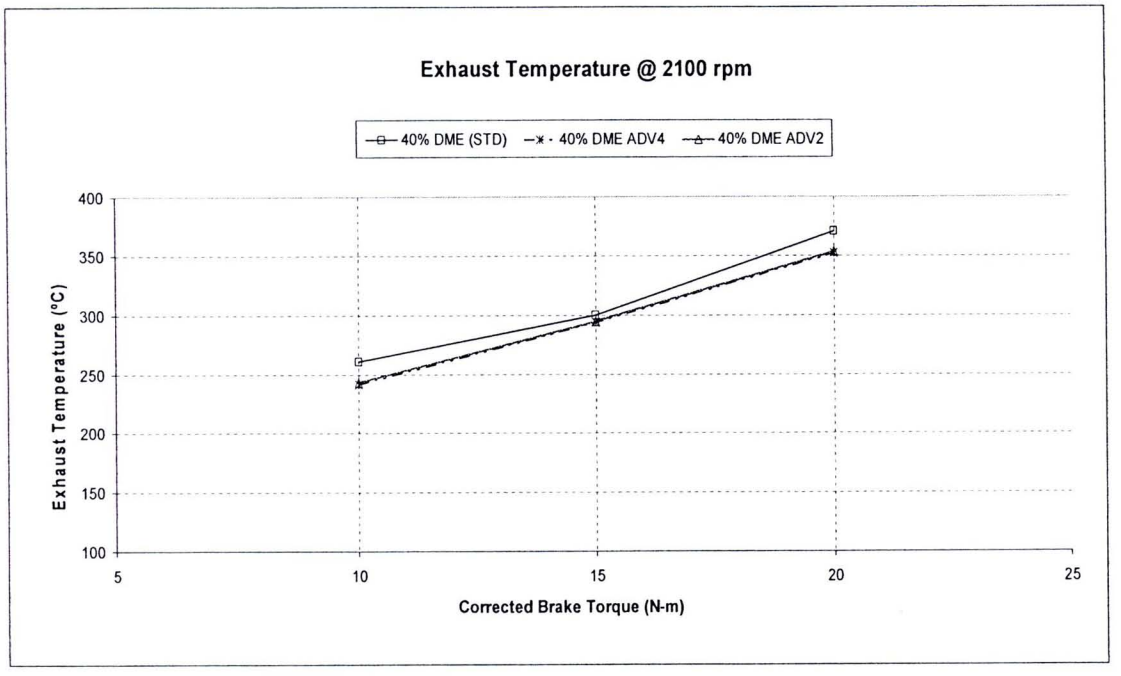
รูปที่ 6-19 ค่าอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ



รูปที่ 6-20 ค่าอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ



รูปที่ 6-21 ค่าอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ



รูปที่ 6-22 ค่าอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2100 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ

จากรูปที่ 6-19 จนถึง รูปที่ 6-22 แสดงถึงอิทธิพลของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงที่มีต่อค่าอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระบางส่วนในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ สามารถสรุปได้ดังนี้

ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm ที่สภาวะภาระ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm การใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD, 20 CA BTDC) จะมีค่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าเป็น 146.8 °C, 189.4 °C และ 233.8 °C ตามลำดับ และการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่าช้า (RTD2, 18 CA BTDC) จะมีค่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเป็น 163.6 °C, 203.5 °C และ 259.7 °C ตามลำดับ

ที่ความเร็วรอบ 1400 rpm ที่สภาวะภาระ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm การใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า (ADV4) จะมีค่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าเป็น 181.1 °C, 225.0 °C และ 266.3 °C ตามลำดับ และการใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD, 20 CA BTDC) จะมีค่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเป็น 187.8 °C, 231.7 °C และ 277.6 °C ตามลำดับ

ที่ความเร็วรอบ 1700 rpm ที่สภาวะภาระ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm การใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า (ADV4) จะมีค่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าเป็น 200.0 °C, 248.6 °C และ 303.5 °C ตามลำดับ และการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่วงหน้า (ADV2) จะมีค่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเป็น 217.4 °C, 261.5 °C และ 320.2 °C ตามลำดับ

ที่ความเร็วรอบ 2100 rpm ที่สภาวะภาระ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm การใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า (ADV4) จะมีค่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าเป็น 241.6 °C, 294.0 °C และ 352.3 °C ตามลำดับ และการใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD, 20 CA BTDC) จะมีค่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเป็น 260.8 °C, 299.8 °C และ 370.3 °C ตามลำดับ

จากรูปที่ 6-19 จนถึง รูปที่ 6-22 ค่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6-14

ตารางที่ 6-14 เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิไอเสียในแต่ละจุดทดสอบการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วนระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) และเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ

Speed	Torque	อุณหภูมิไอเสีย (°C)			
rpm	Nm	40 % DME (RTD2)	40 % DME (STD)	40 % DME (ADV2)	40 % DME (ADV4)
1000	10	163.6	146.8	149.4	152.3
1000	15	203.5	189.4	192.9	197
1000	20	259.7	233.8	244.3	244.8
1400	10	-	187.8	181.5	181.1
1400	15	-	231.7	226	225.0
1400	20	-	277.6	274.4	266.3
1700	10	-	215.7	217.4	200
1700	15	-	257.3	261.5	248.6
1700	20	-	317	320.2	303.5
2100	10	-	260.8	242.9	241.6
2100	15	-	299.8	294.8	294
2100	20	-	370.3	353.7	352.3

จากตารางที่ 6-14 สรุปได้ว่าค่าของอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์จะขึ้นอยู่กับจุดทดสอบการทำงาน (ภาระและความเร็วรอบเครื่องยนต์) และการเลือกใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิง ซึ่งหากพิจารณาจากผลการทดสอบผลปรากฏว่าที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm การใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐานจะให้ค่าอุณหภูมิไอเสียต่ำที่สุดและในช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ตั้งแต่ 1400 rpm จนถึง 2100 rpm การเลือกปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าค่ามากขึ้น ส่งผลให้ค่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ลดต่ำลง

6.2 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ปรากฏการณ์การเผาไหม้

ในส่วนของหัวข้อนี้จะนำเสนอผลการทดสอบและวิเคราะห์การเผาไหม้ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกแสดงผลการทดสอบและวิเคราะห์การเผาไหม้ เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) ของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล, เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มไบโอดีเซล (PME 100%) และเชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของปรากฏการณ์การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด และส่วนที่สองแสดงผลการทดสอบและวิเคราะห์การเผาไหม้ เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV2 และ ADV4 ของเชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME เพื่อศึกษาอิทธิพลของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่อผลของปรากฏการณ์การเผาไหม้

โดยการทดสอบจะกระทำที่สภาวะภาระสูงสุดและที่สภาวะภาระบางส่วน ซึ่งที่สภาวะภาระสูงสุดกระทำการทดสอบที่สภาวะคงตัวที่ความเร็วรอบ 1000, 1400, 1700 และ 2100 rpm ซึ่งการทดสอบจะกระทำเช่นเดียวกันกับการทดสอบสมรรถนะที่สภาวะภาระสูงสุด โดยที่สภาวะภาระบางส่วนกระทำการทดสอบโดยที่ความเร็วรอบและภาระคงที่ในแต่ละจุดทดสอบ คือ 10, 15 และ 20 Nm ซึ่งการทดสอบจะกระทำเช่นเดียวกันกับการทดสอบสมรรถนะที่สภาวะภาระบางส่วน เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลจากการเปลี่ยนองศาการฉีดเชื้อเพลิง ผลการทดสอบที่แสดงในส่วนนี้ คือ ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าของหัวฉีด ความดันในห้องเผาไหม้ อัตราการปล่อยความร้อน การปล่อยความร้อนสุทธิ สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้และช่วงล่าช้าการจุดระเบิด

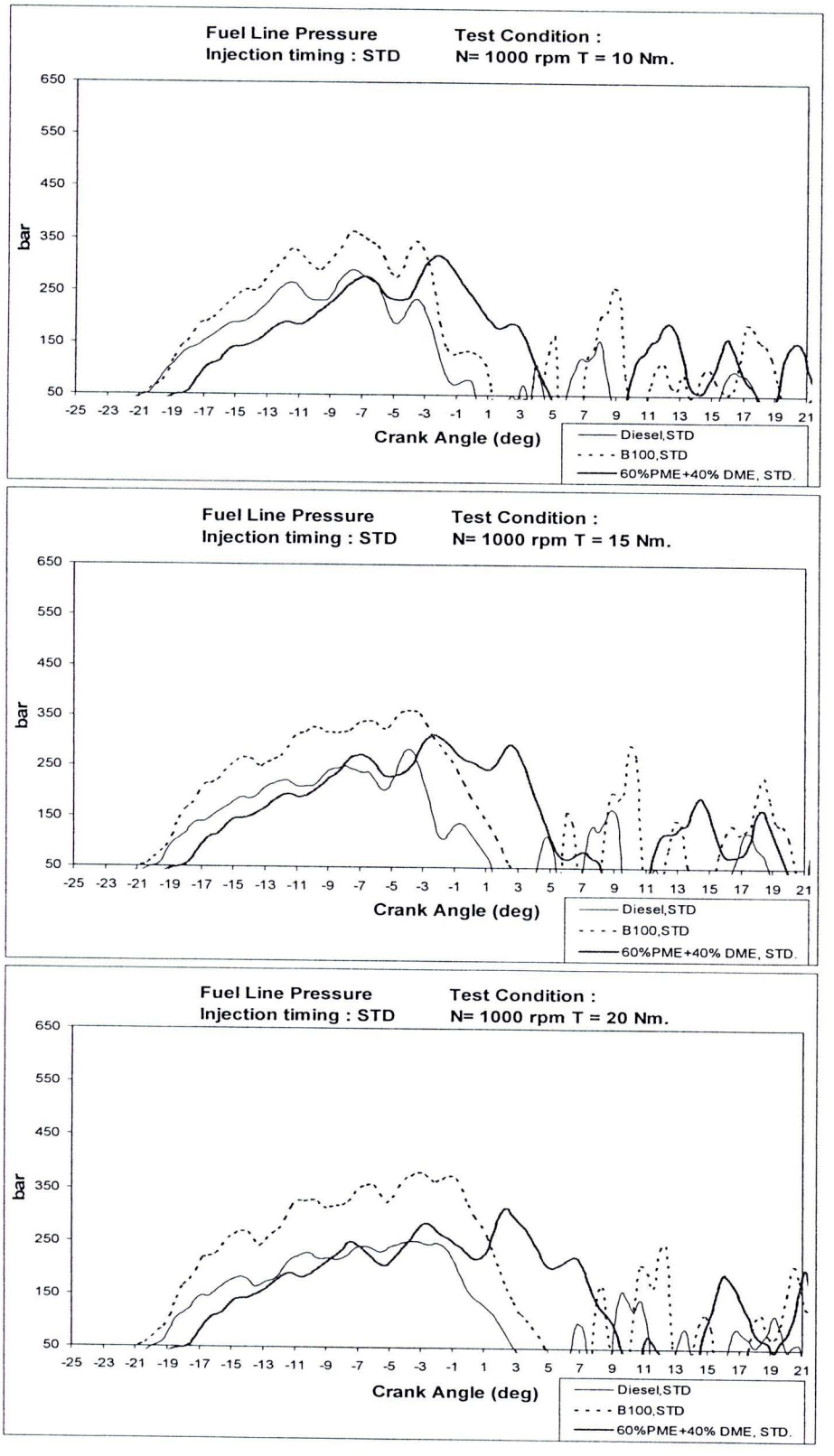
6.2.1 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ปรากฏการณ์การเผาไหม้ เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน

แสดงผลการทดสอบและวิเคราะห์การเผาไหม้ เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน STD (20 CA BTDC) ของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล, เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มไบโอดีเซล (PME 100%) และเชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของปรากฏการณ์การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ผลการทดสอบที่แสดงในส่วนนี้คือ ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าของหัวฉีด ความดันในห้องเผาไหม้ อัตราการปล่อยความร้อน การปล่อยความร้อนสุทธิ สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้และช่วงล่าช้าการจุดระเบิด

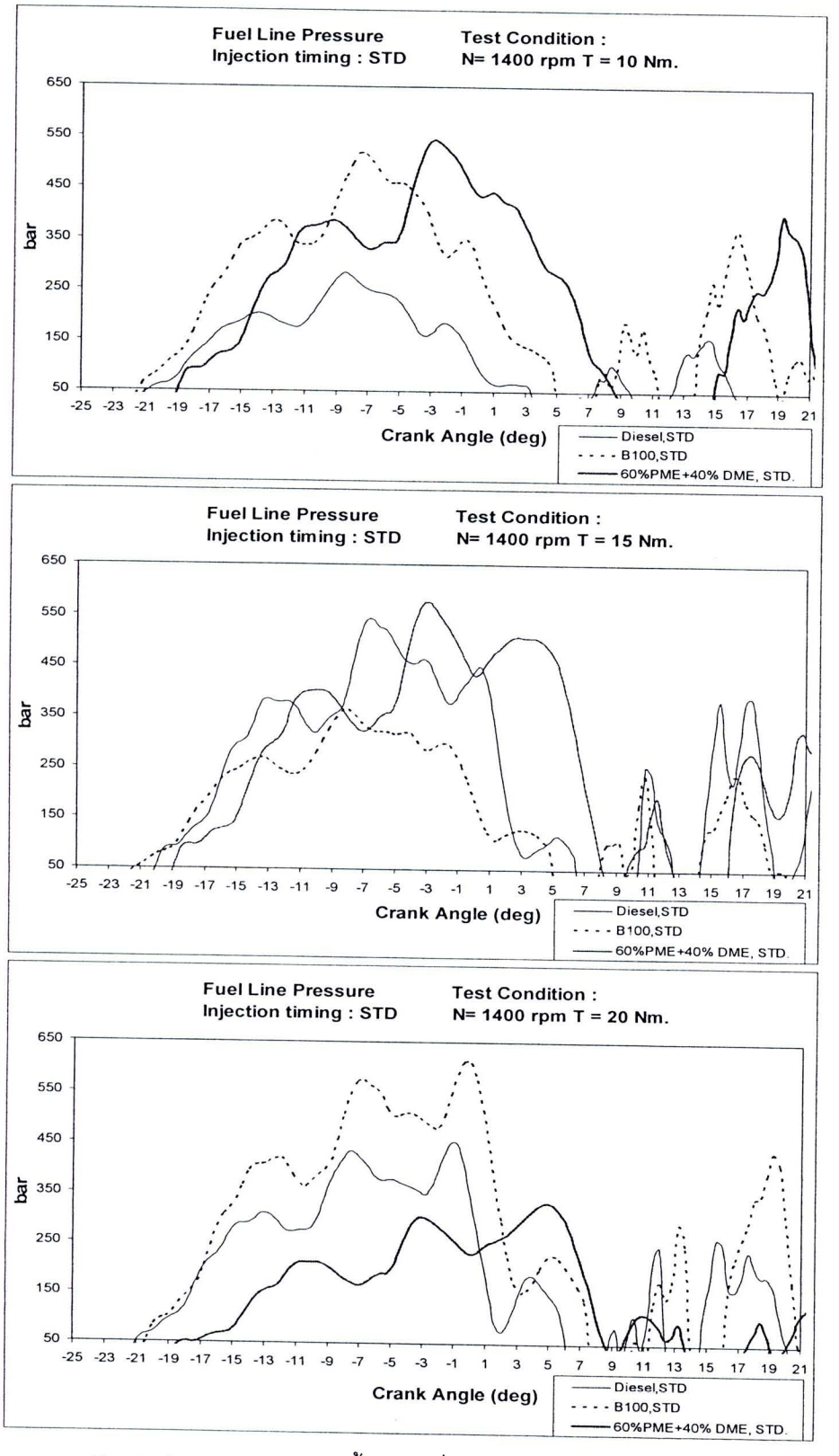
6.2.1.1 ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด

เมื่อเชื้อเพลิงถูกปั๊มเชื้อเพลิงอัดตัวจะทำให้ความดันในท่อส่งเชื้อเพลิงก่อนทางเข้าหัวฉีดมีความดันเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งมีความดันมากเกินกว่าค่าความดันยกเข็มหัวฉีด (Opening Pressure) ของหัวฉีด (ค่าความดันยกเข็มหัวฉีดของหัวฉีดที่ใช้คือ 140 บาร์) เข็มหัวฉีดจะเริ่มยกตัวในขณะที่ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความชัน (Slope of Fuel Line Pressure) มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงความชันมากนัก จากนั้นความดันในท่อส่งเชื้อเพลิงจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความชันเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งเมื่อเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงจะไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ตลอดที่ความดันในท่อจ่ายเชื้อเพลิงมากกว่าความดันในห้องเผาไหม้ และสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิง (End of injection) เมื่อความดันในท่อจ่ายเชื้อเพลิงเริ่มลดลงจนไม่สามารถเอาชนะแรงดันสปริงที่กดเข็มหัวฉีดได้

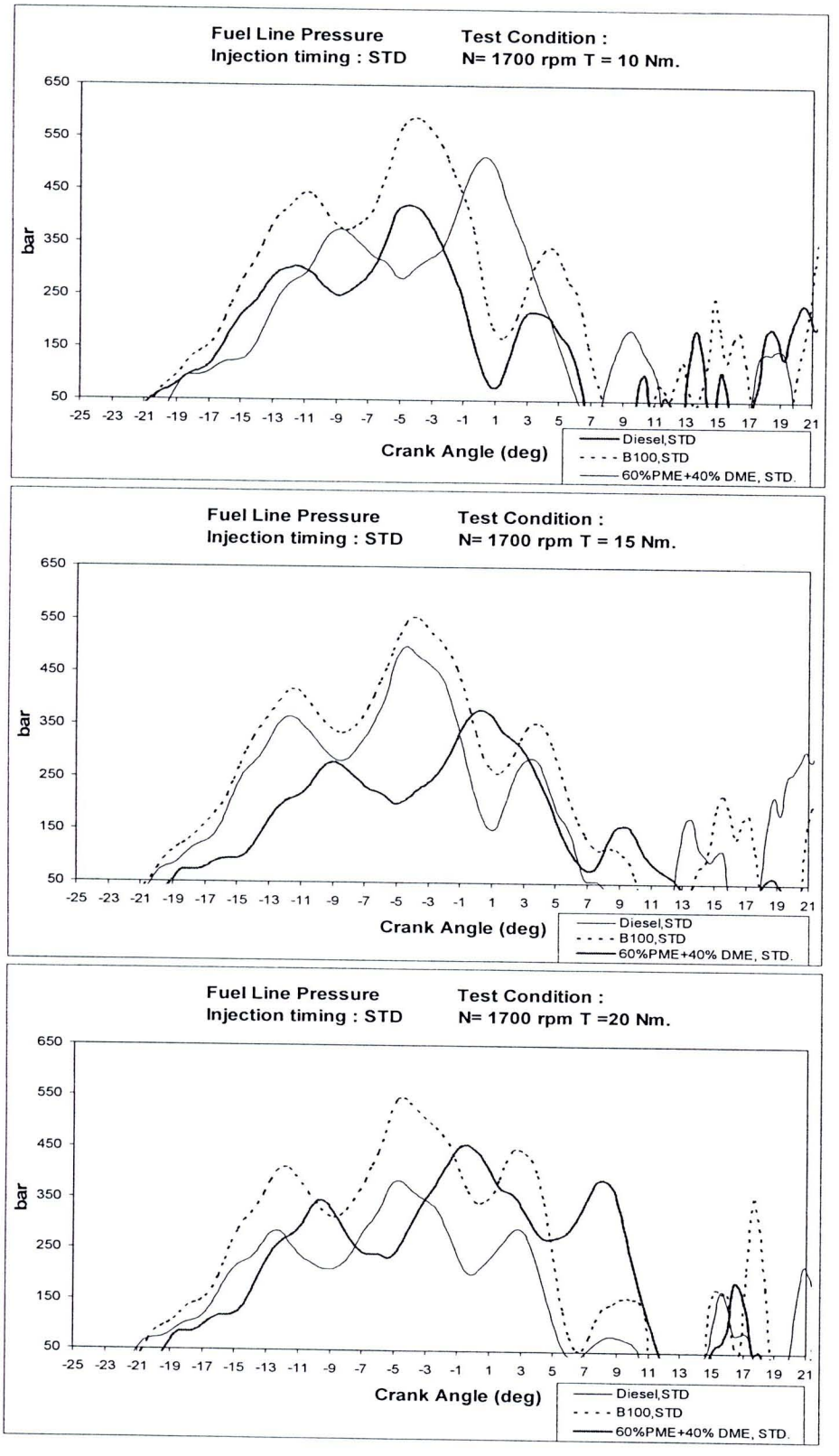
รูปที่ 6-23 ถึงรูปที่ 6-26 แสดงความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน ของการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



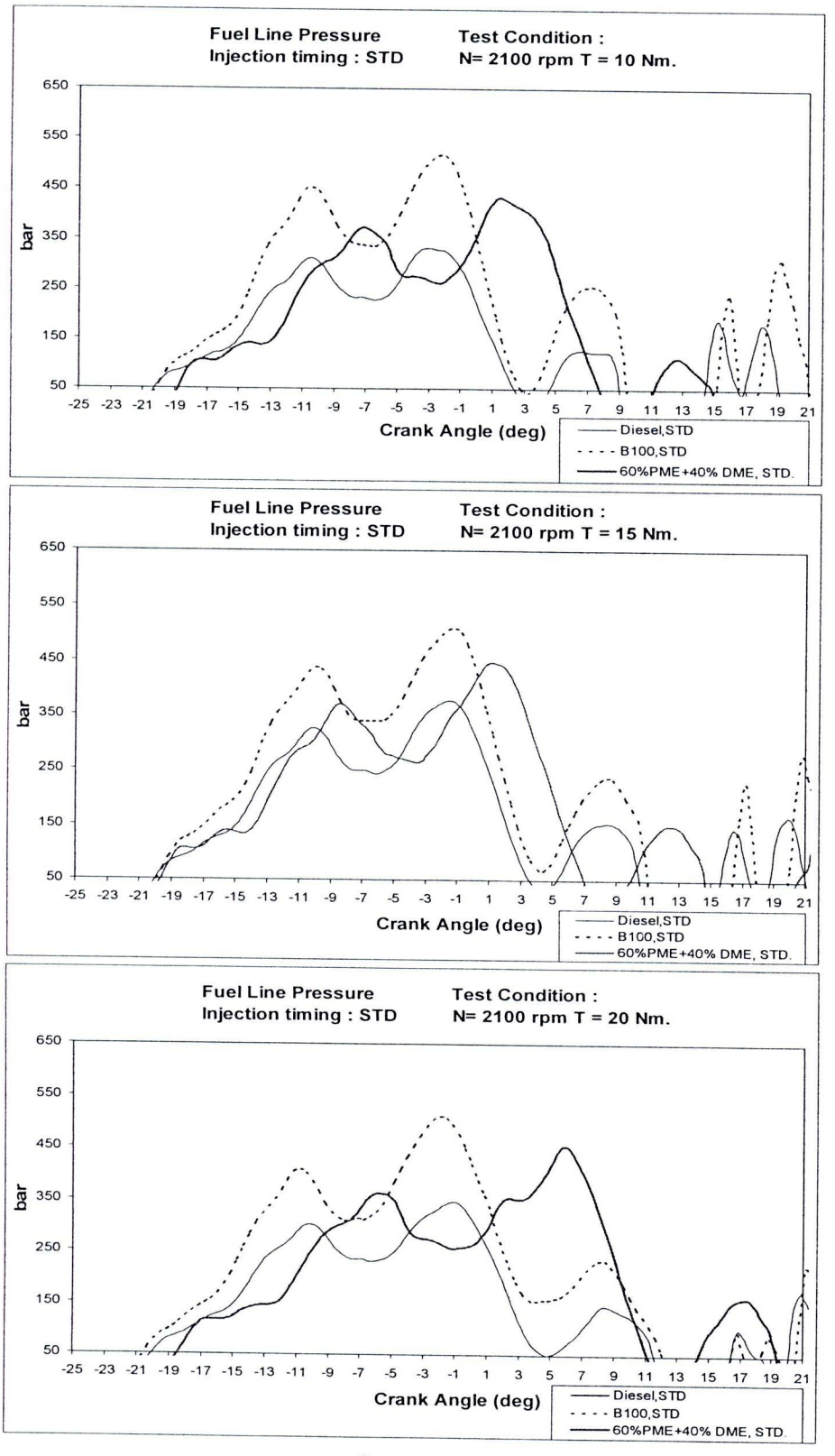
รูปที่ 6-23 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-24 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-25 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-26 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2100 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

โดยผลจากการทดสอบใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดพบว่า การใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มีแนวโน้มการสร้างแรงดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดทำได้ง่าย เนื่องจากความสามารถในการอัดตัวได้ (Compressibility) ที่มีค่าต่ำและมีความหนืดสูง ทำให้การกดลูกสูบอัดน้ำมันภายในตัวเรือนปั๊ม (Plunger) เมื่อออกแรงกดอัดตัวมวลของเชื้อเพลิงเพียงเล็กน้อยจะให้ค่าแรงดันในท่อส่งเชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้นและเป็นสาเหตุให้จุดการเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงเกิดขึ้นล่วงหน้ากว่าการใช้น้ำมันดีเซลและ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง

จากรูปที่ 6-23 ถึงรูปที่ 6-26 แสดงความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดที่สภาวะภาระบางส่วน พบว่า การใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มีแนวโน้มจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงเกิดขึ้นก่อน โดยที่การใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME ที่มีค่า compressibility สูงสุดเป็นเชื้อเพลิง จะมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้าที่สุด

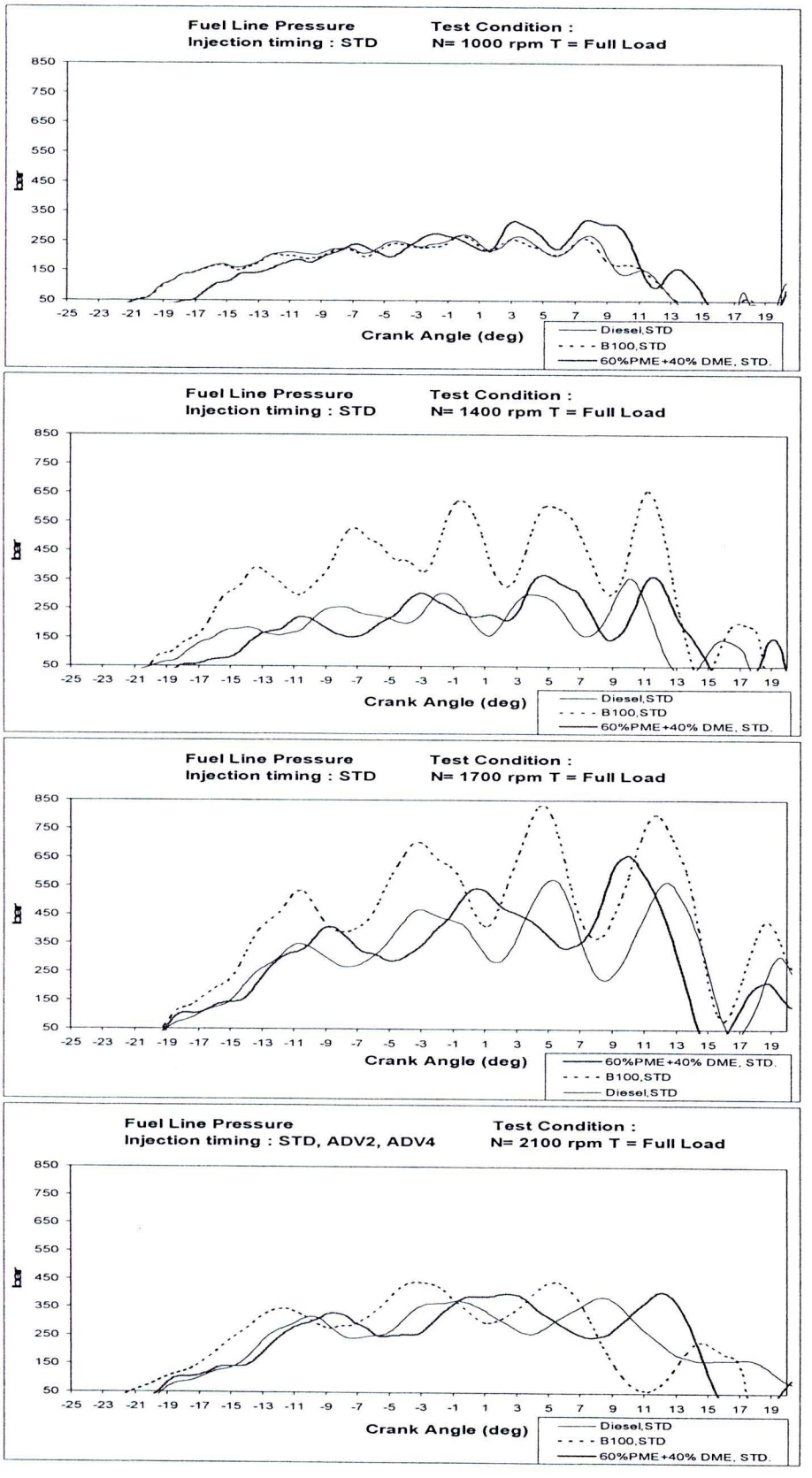
จากรูปที่ 6-23 ถึงรูปที่ 6-26 สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-15

ตารางที่ 6-15 จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงและจุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Speed	Torque	Cam Shaft	SOI (CA)			EOI (CA)		
rpm	Nm	Setting	Diesel	B100	40% DME	Diesel	B100	40% DME
1000	10	STD.	-17.6	-18.4	-15.2	-2.0	-1.2	3.6
	15		-17.2	-18.4	-15.2	-2.0	1.2	4.8
	20		-17.2	-18.4	-14.8	0.8	2.8	8.0
1400	10	STD.	-17.2	-18.4	-15.2	-0.4	3.2	7.2
	15		-17.2	-18.0	-15.2	2.4	0.8	7.6
	20		-16.4	-18.0	-13.6	0.8	7.2	8.0
1700	10	STD.	-16.4	-17.6	-14.4	0.0	7.2	5.2
	15		-16.4	-17.6	-13.6	6.0	7.2	5.6
	20		-16.4	-17.6	-14.4	4.8	10.8	10.8
2100	10	STD.	-15.2	-17.2	-13.2	1.2	2.0	6.8
	15		-15.2	-17.2	-14.0	2.4	3.2	6.0
	20		-15.2	-17.2	-14.0	2.8	10.8	10.4

จากตารางที่ 6-15 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระบางส่วน จากการทดสอบใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด พบว่า การใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้ากว่าการใช้เชื้อเพลิงอื่นๆ ในทุกความเร็วรอบและจากการทดสอบใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME พบว่ามีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้าที่สุดในทุกความเร็วรอบ เนื่องจากคุณสมบัติการอัดตัวได้ที่สูง (Compressibility) ของเชื้อเพลิง DME และในกรณีพิจารณาที่ภาระของเครื่องยนต์คงที่พบว่าแนวโน้มจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงจะมีค่าเข้าใกล้จุดศูนย์ตายบนตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบคงที่พบว่า เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของภาระไม่ทำให้จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงเปลี่ยนแปลงแตกต่างจากกันอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 6-27 แสดงความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน



รูปที่ 6-27 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

จากรูปที่ 6-27ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด พบว่า การใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มีแนวโน้มจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงเกิดขึ้นก่อน โดยที่การใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง จะมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้าที่สุด

จากรูปที่ 6-27 สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-16

ตารางที่ 6-16 จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงและจุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Speed	Torque	Cam Shaft Setting	Fuel	SOI	EOI
rpm	Nm			(CA)	(CA)
1000	37.11	STD.	Diesel	-17.2	10.0
	36.45		B100	-17.2	11.6
	29.22		40% DME	-14.0	11.6
1400	40.72	STD.	Diesel	-16.4	12.0
	39.56		B100	-17.6	13.6
	31.35		40% DME	-13.6	14.4
1700	40.87	STD.	Diesel	-15.2	15.6
	39.74		B100	-17.2	15.6
	31.35		40% DME	-15.6	14.0
2100	38.94	STD.	Diesel	-14.8	18.8
	37.04		B100	-17.2	17.2
	31.64		40% DME	-15.2	15.2

จากตารางที่ 6-16 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระสูงสุด จากการทดสอบใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด พบว่า การใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้ากว่าการใช้เชื้อเพลิงอื่นๆ ในทุกความเร็วรอบและจากการทดสอบใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME พบว่ามีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้าที่สุดในทุกความเร็วรอบ เนื่องจากคุณสมบัติการอัดตัวได้ที่สูง (Compressibility) ของเชื้อเพลิง DME

จากจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิง (SOI) และจุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิง (EOI) เราจะได้ช่วงการฉีดเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระบางส่วนและที่สภาวะภาระสูงสุด ดังที่แสดงในตารางที่ 6-17 ถึงตารางที่ 6-18

ตารางที่ 6-17 ช่วงการฉีดเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Speed	Torque	Cam Shaft Setting	ช่วงการฉีดเชื้อเพลิง (CA)		
rpm	Nm		Diesel	B100	40% DME
1000	10	STD.	19.6	19.6	18.8
	15		19.2	19.6	20.0
	20		18.0	21.2	22.8
1400	10	STD.	17.6	21.6	22.4
	15		19.6	18.8	22.8
	20		17.2	25.2	21.6
1700	10	STD.	16.4	24.8	19.6
	15		22.4	24.8	19.2
	20		21.2	28.4	25.2
2100	10	STD.	16.4	19.2	20.0
	15		17.6	20.4	20.0
	20		18.0	28.0	24.4

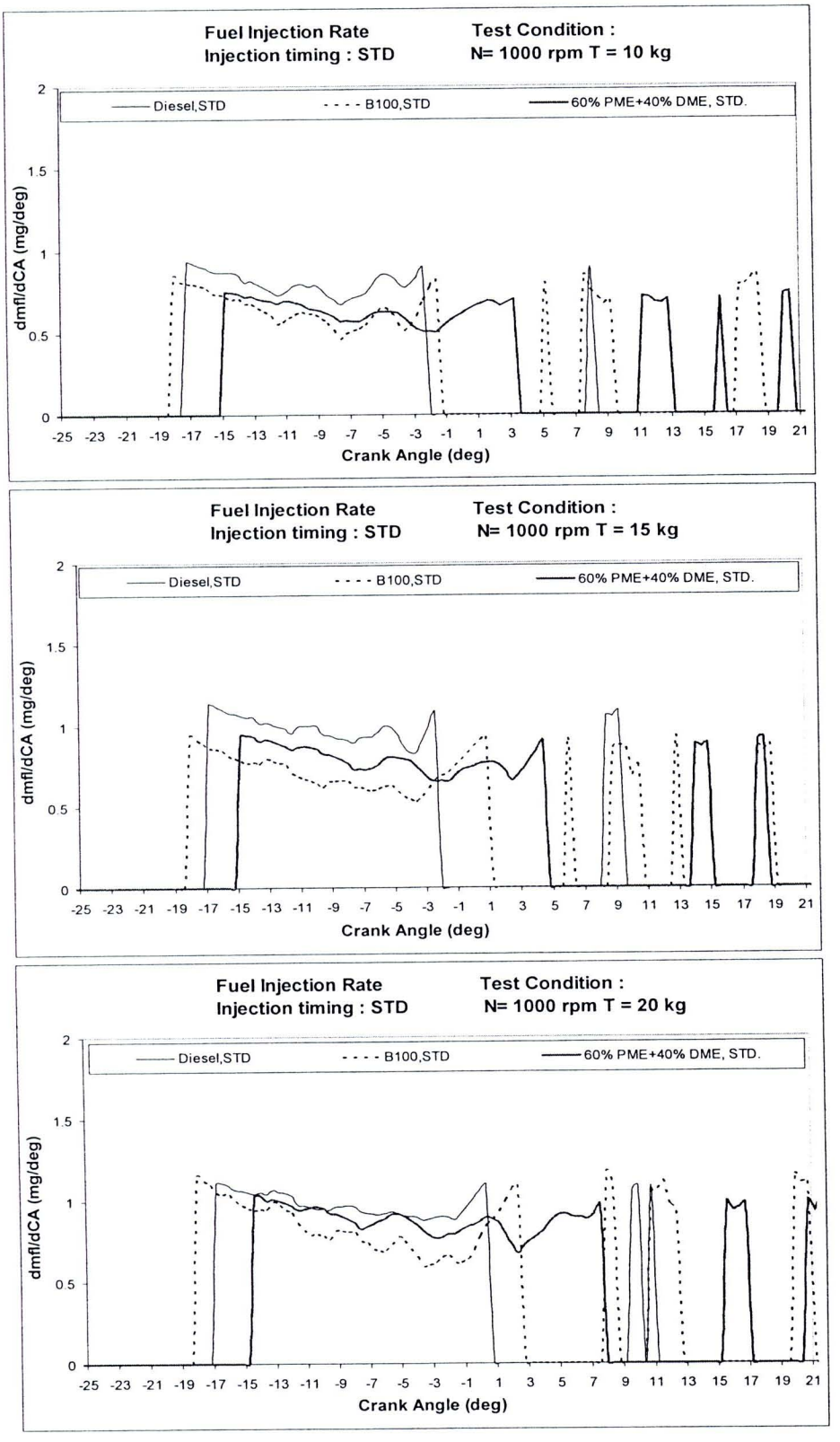
จากตารางที่ 6-17 เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบคงที่ โดยภาพรวมพบว่า การเพิ่มขึ้นของภาระจะทำให้มีช่วงการฉีดเชื้อเพลิงที่ยาวนานขึ้น เนื่องจากการเพิ่มของภาระนั้นต้องการกำลังที่มากขึ้น

ตารางที่ 6-18 ช่วงการฉีดเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

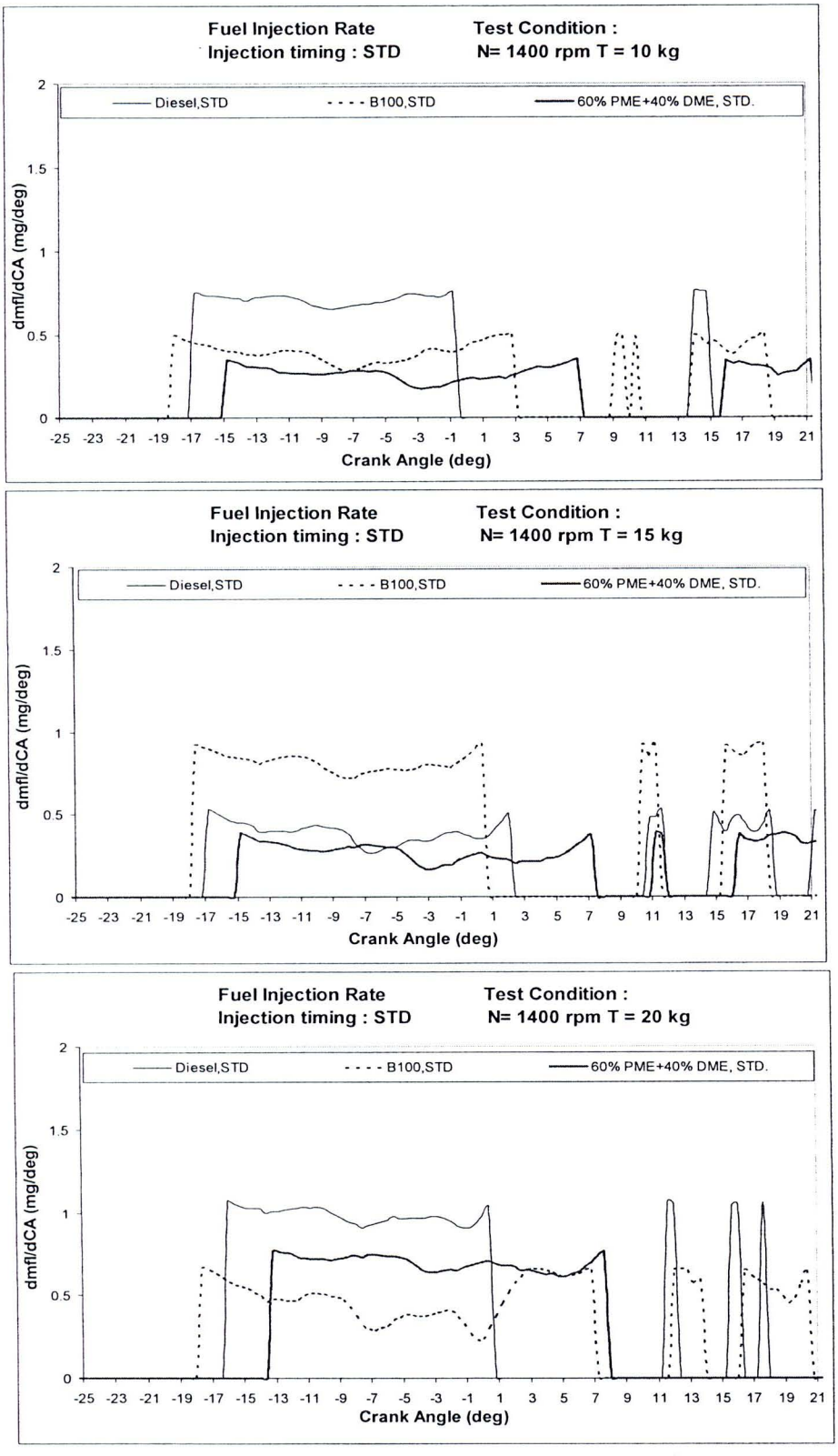
Speed	Torque	Cam Shaft Setting	Fuel	ช่วงการฉีดเชื้อเพลิง (CA)
rpm	Nm			(CA)
1000	37.11	STD.	Diesel	27.2
	36.45		B100	28.8
	29.22		40% DME	25.6
1400	40.72	STD.	Diesel	28.4
	39.56		B100	31.2
	31.35		40% DME	28.0
1700	40.87	STD.	Diesel	30.8
	39.74		B100	32.8
	31.35		40% DME	29.6
2100	38.94	STD.	Diesel	30.0
	37.04		B100	36.0
	31.64		40% DME	30.4

จากตารางที่ 6-18 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระสูงสุด พบว่า การใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีช่วงการฉีดเชื้อเพลิงที่ยาวนานขึ้น และเมื่อพิจารณาจากการปรับความเร็วรอบเพิ่มสูงขึ้น โดยภาพรวมจากการทดสอบทุกเชื้อเพลิง พบว่าการเพิ่มขึ้นของความเร็วรอบเครื่องยนต์ จะทำให้มีช่วงการฉีดเชื้อเพลิงที่ยาวนานขึ้น เนื่องจากมีแรงเสียดทานในระบบที่เพิ่มสูงขึ้น

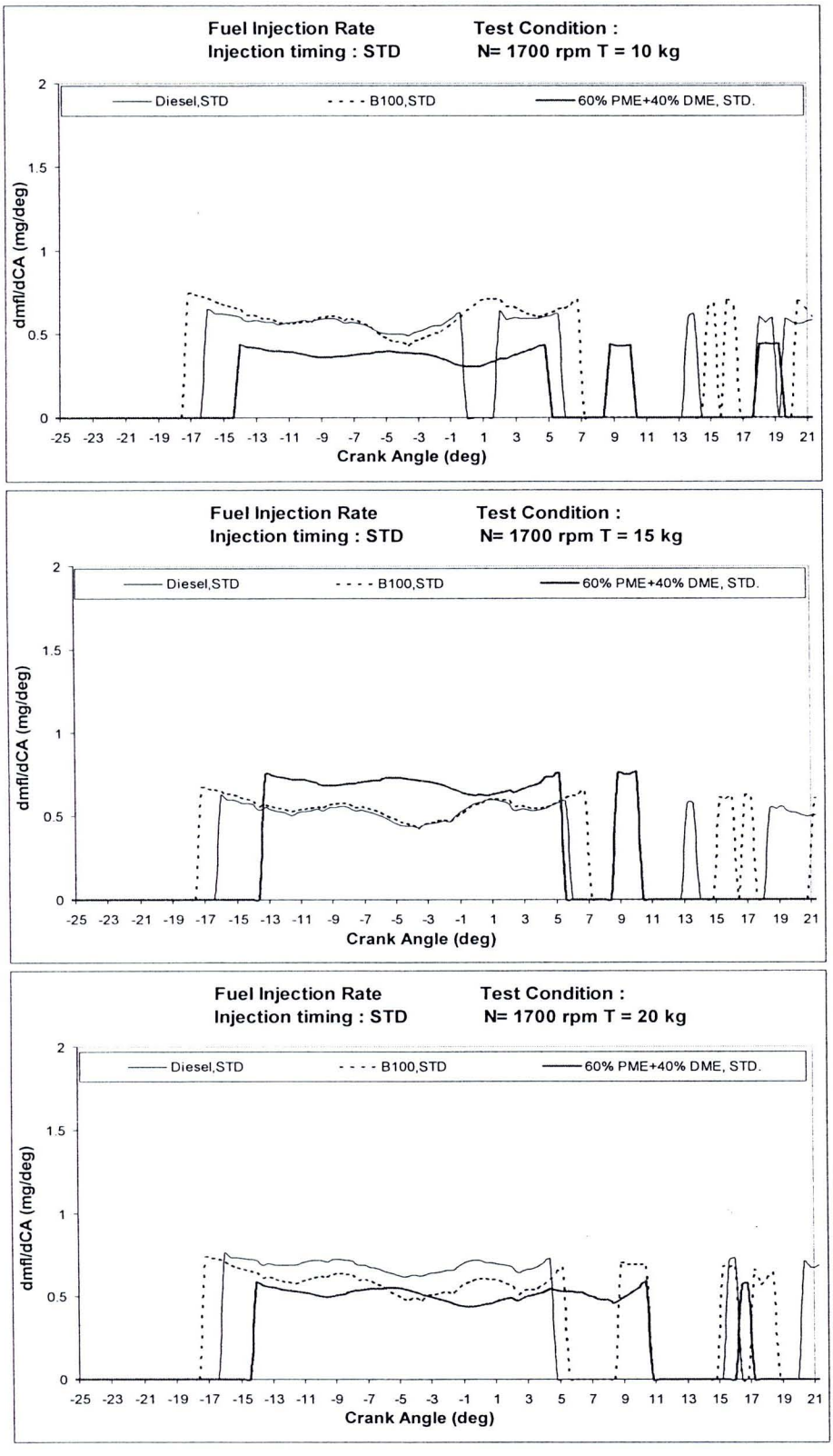
จากรูปที่ 6-23 ถึงรูปที่ 6-27 สามารถคำนวณหาอัตราการฉีดเชื้อเพลิงได้จากสมการที่ 3-11 ในบทที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 6-28 ถึงรูปที่ 6-32



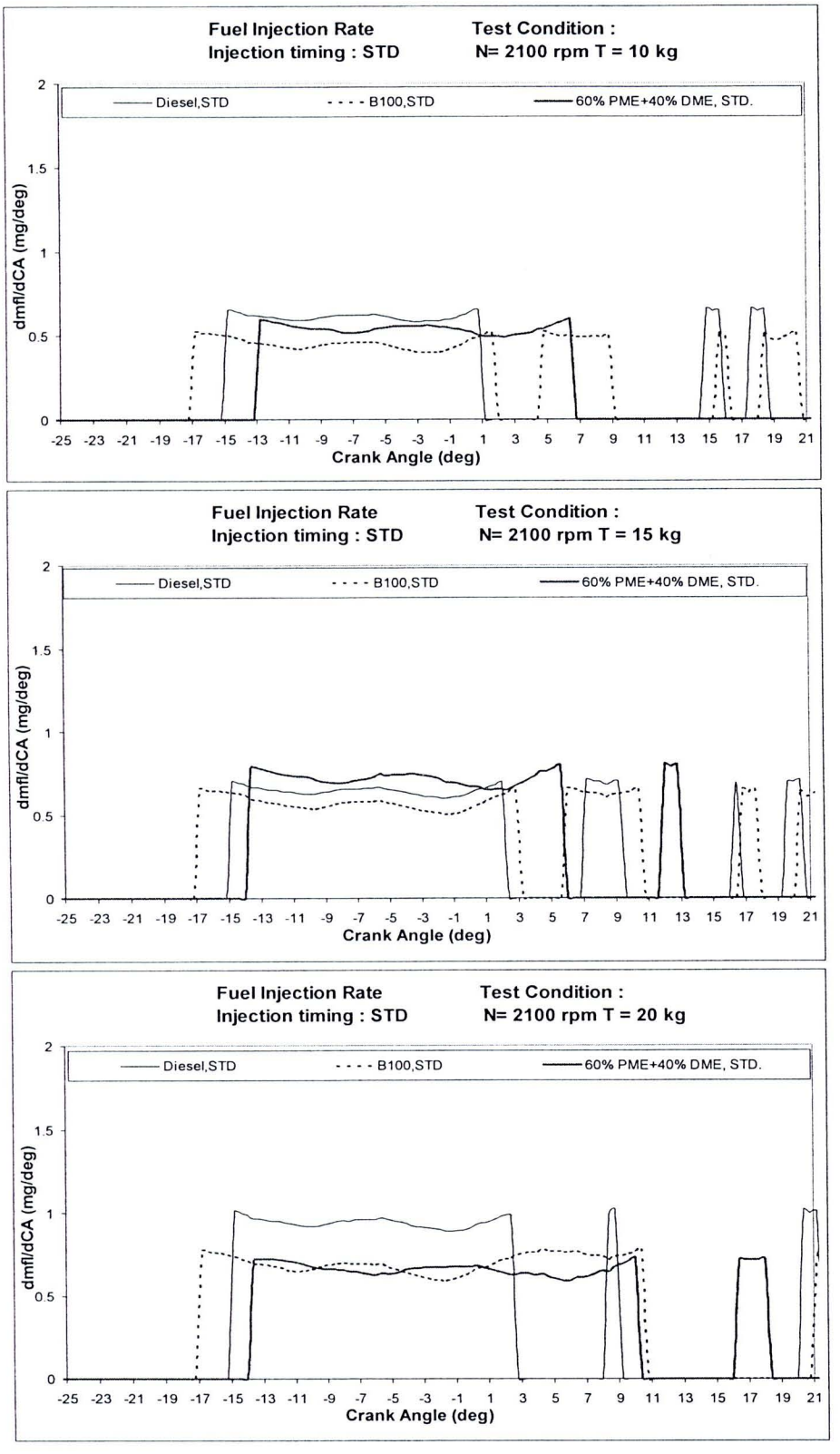
รูปที่ 6-28 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดเชื้อเพลิงกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



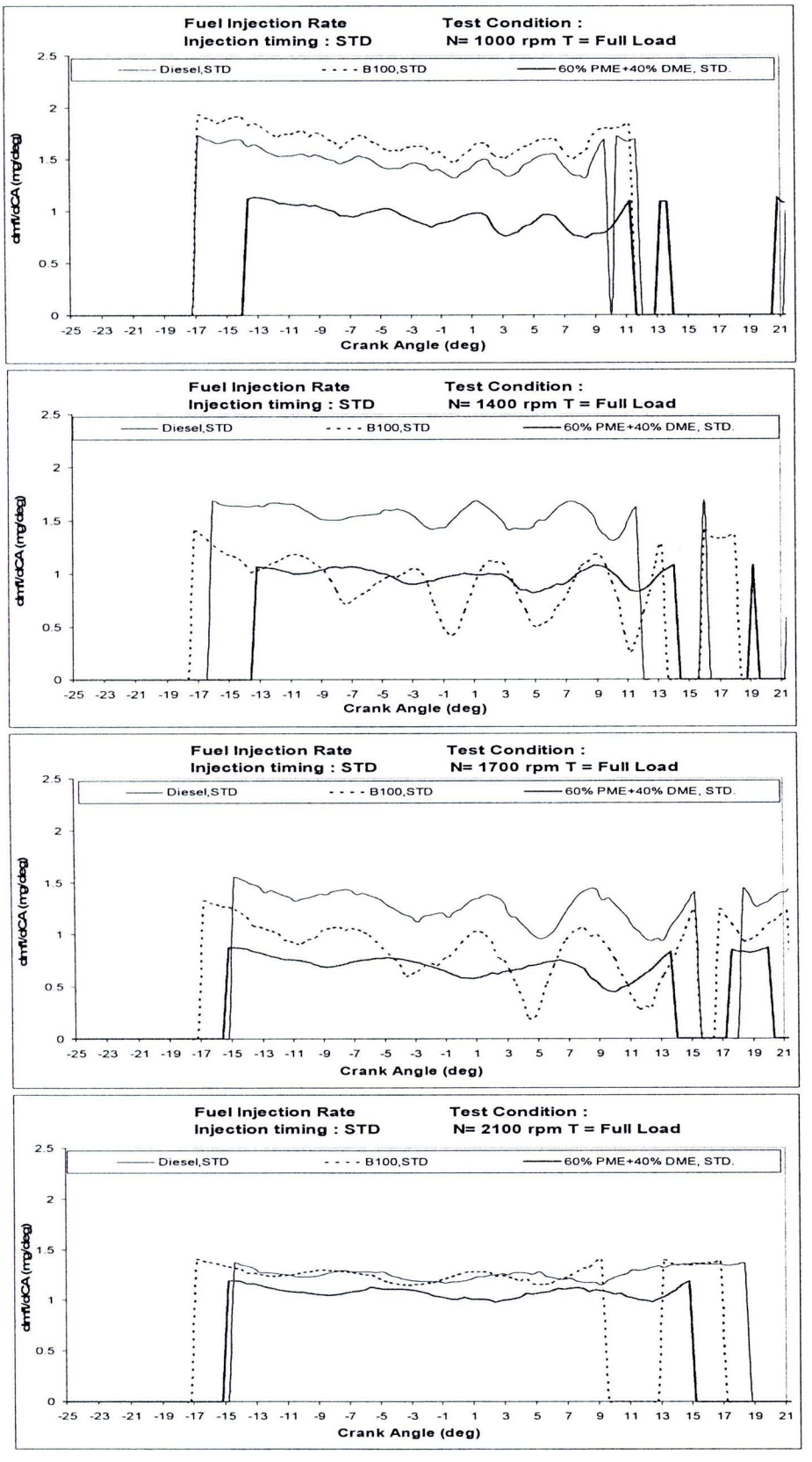
รูปที่ 6-29 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดเชื้อเพลิงกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วนภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-30 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดเชื้อเพลิงกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วนภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-31 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดเชื้อเพลิงกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2100 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-32 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

รูปที่ 6-28 ถึงรูปที่ 6-32 แสดงอัตราการฉีดเชื้อเพลิงหากพิจารณาที่สภาวะภาระบางส่วน พบว่าการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงเกิดขึ้นก่อน โดยที่การใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME จะมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้าที่สุดและจากการทดสอบทุกเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระบางส่วน พบว่าอัตราการฉีดเชื้อเพลิงของดีเซล และปาล์มไบโอดีเซล มีค่าสูงสุดไม่เกิน 1.5 mg/CA และที่สภาวะภาระสูงสุดมีค่าอัตราการฉีดเชื้อเพลิงมีค่าสูงสุดไม่เกิน 2 mg/CA ส่วนการใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME พบว่าที่สภาวะภาระบางส่วนมีค่าสูงสุดไม่เกิน 0.75 mg/CA และที่สภาวะภาระสูงสุดมีค่าไม่เกิน 1.25 mg/CA

ค่าปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร หาได้จากพื้นที่ใต้กราฟอัตราการฉีดเชื้อเพลิง รูปที่ 6-28 ถึงรูปที่ 6-32โดยคำนวณตั้งแต่ช่วงองศาเพลาข้อเหวี่ยงจากจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงไปจนถึงจุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิง

ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร จากการทดสอบใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6-19

ตารางที่ 6-19 ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Speed	Torque	Cam Shaft Setting	ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร (mg/cycle)		
rpm	Nm		Diesel	B100	40% DME
1000	10	STD.	12.57	13.92	14.28
	15		15.82	17.58	18.73
	20		18.49	21.74	24.04
1400	10	STD.	12.57	14.57	15.69
	15		15.17	18.54	19.17
	20		18.61	22.41	24.06
1700	10	STD.	12.72	14.60	16.87
	15		16.21	18.01	20.48
	20		18.74	21.74	25.14
2100	10	STD.	13.75	15.92	18.41
	15		16.81	18.99	21.98
	20		19.47	24.54	26.08

จากตารางที่ 6-19 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระบางส่วนเมื่อทำการทดสอบที่ความเร็วรอบคงที่ พบว่าเมื่อป้อนภาระให้กับระบบเพิ่มมากขึ้นจะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่เพิ่มสูงขึ้นและมีแนวโน้มสอดคล้องกันกับความต้องการพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงที่ต้องป้อนเข้าสู่ระบบ ซึ่งที่จุดทดสอบเดียวกัน การเลือกใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะมีความต้องการปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่น้อยที่สุดและการใช้ DME-PME ที่สัดส่วนโดยมวล 40% DME เป็นเชื้อเพลิงจะมีความต้องการปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่สูงที่สุด และเมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระสูงสุดยังพบแนวโน้มเช่นเดียวกันคือการเลือกใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะมีความต้องการปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่น้อยที่สุดและการใช้ DME-PME ที่สัดส่วนโดยมวล 40% DME เป็นเชื้อเพลิงจะมีความต้องการปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่สูงที่สุด

เนื่องจากปริมาณความร้อนเชื้อเพลิงต่อหนึ่งหน่วยมวลและความหนาแน่นของเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลมีค่ามากที่สุด

ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร จากการทดสอบใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน ที่สภาวะภาระสูงสุด ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6-20

ตารางที่ 6-20 ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

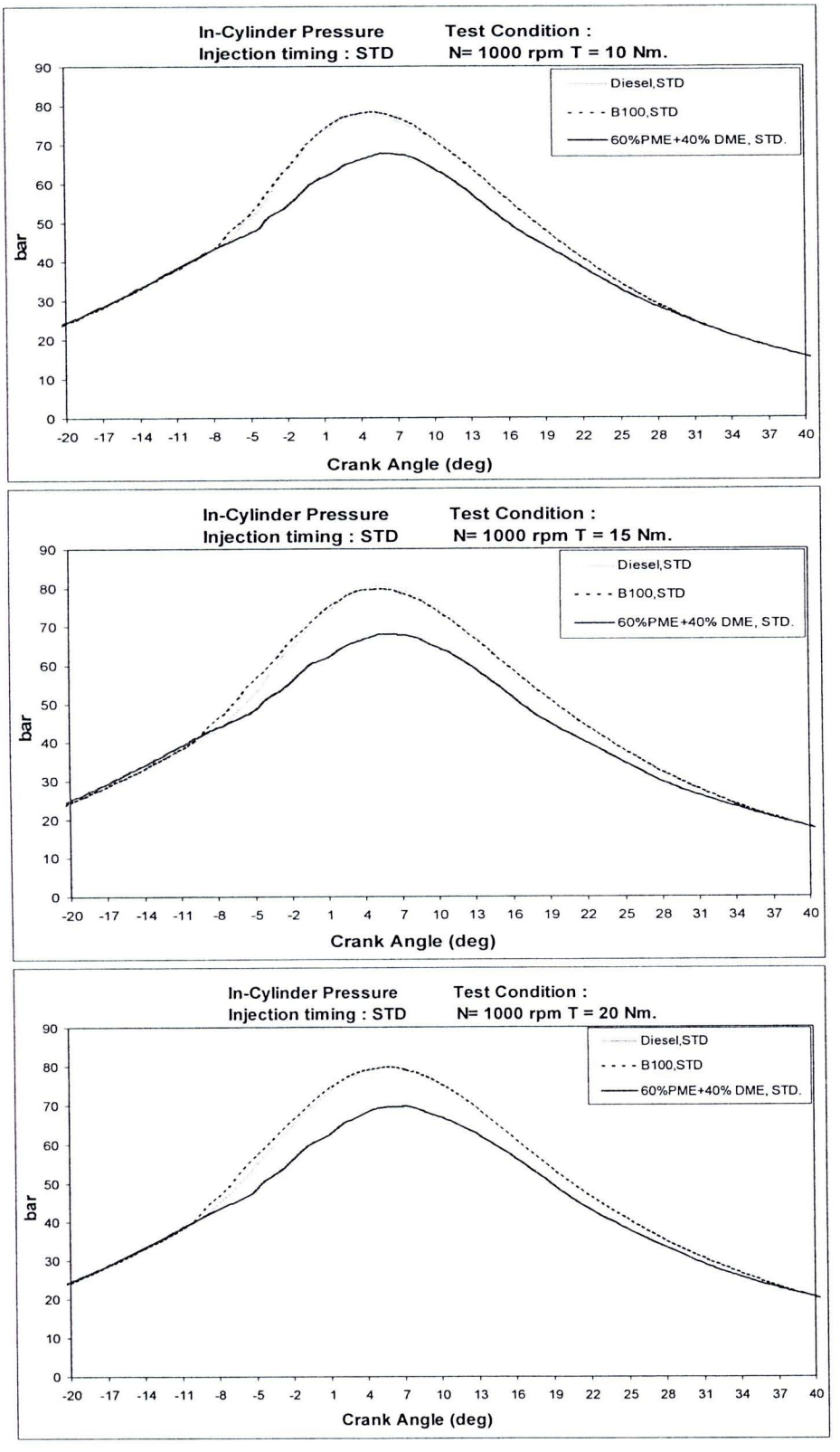
Speed	Torque	Cam Shaft Setting	Fuel	ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร
rpm	Nm			(mg/cycle)
1000	37.11	STD.	Diesel	43.46
	36.45		B100	47.87
	29.22		40% DME	31.19
1400	40.72	STD.	Diesel	45.57
	39.56		B100	45.60
	31.35		40% DME	33.56
1700	40.87	STD.	Diesel	46.22
	39.74		B100	47.49
	31.35		40% DME	36.28
2100	38.94	STD.	Diesel	47.83
	37.04		B100	45.07
	31.64		40% DME	38.76

จากตารางที่ 6-20 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระสูงสุด พบว่าการทดสอบใช้เชื้อเพลิง DME-PME ในสัดส่วน 40% DME จะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมีค่าต่ำที่สุดซึ่งสอดคล้องกันกับค่าแรงบิดเบรกสูงสุดและค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง เนื่องจากการใช้เชื้อเพลิง DME-PME ในสัดส่วน 40% DME จะมีค่าแรงบิดเบรกสูงสุดต่ำที่สุดและมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่มีค่าสูงที่สุด ในทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์

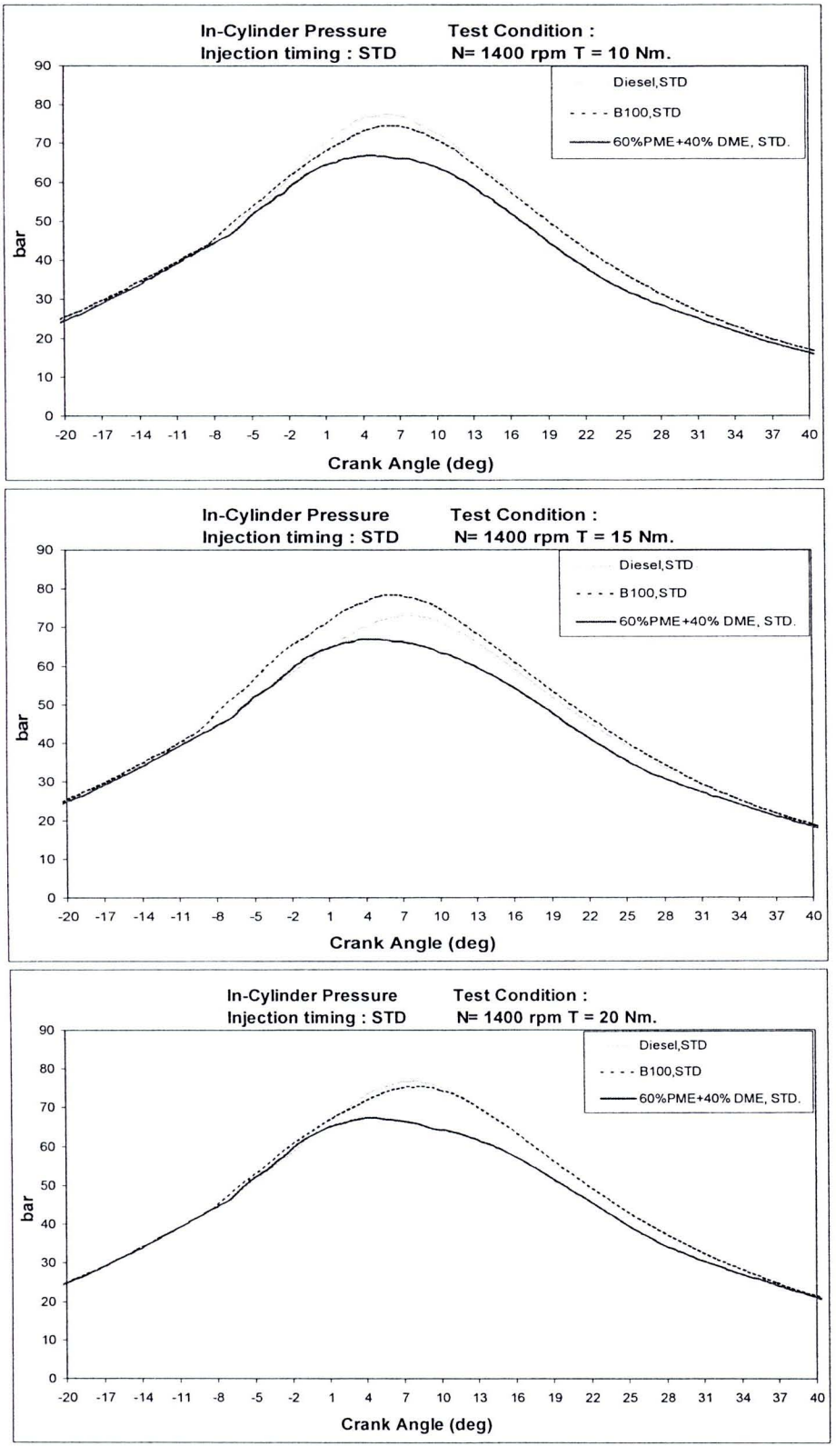
6.2.1.2 **ความดันในห้องเผาไหม้**

รูปที่ 6-33 ถึงรูปที่ 6-36 แสดงความดันในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า ที่สภาวะภาระบางส่วนและที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน ของการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่าจากการใช้น้ำมันดีเซล, ปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่าความดันในห้องเผาไหม้ใกล้เคียงกัน ส่วนการใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าความดันในห้องเผาไหม้ต่ำที่สุด ในทุกความเร็วรอบและทุกภาระการทดสอบ

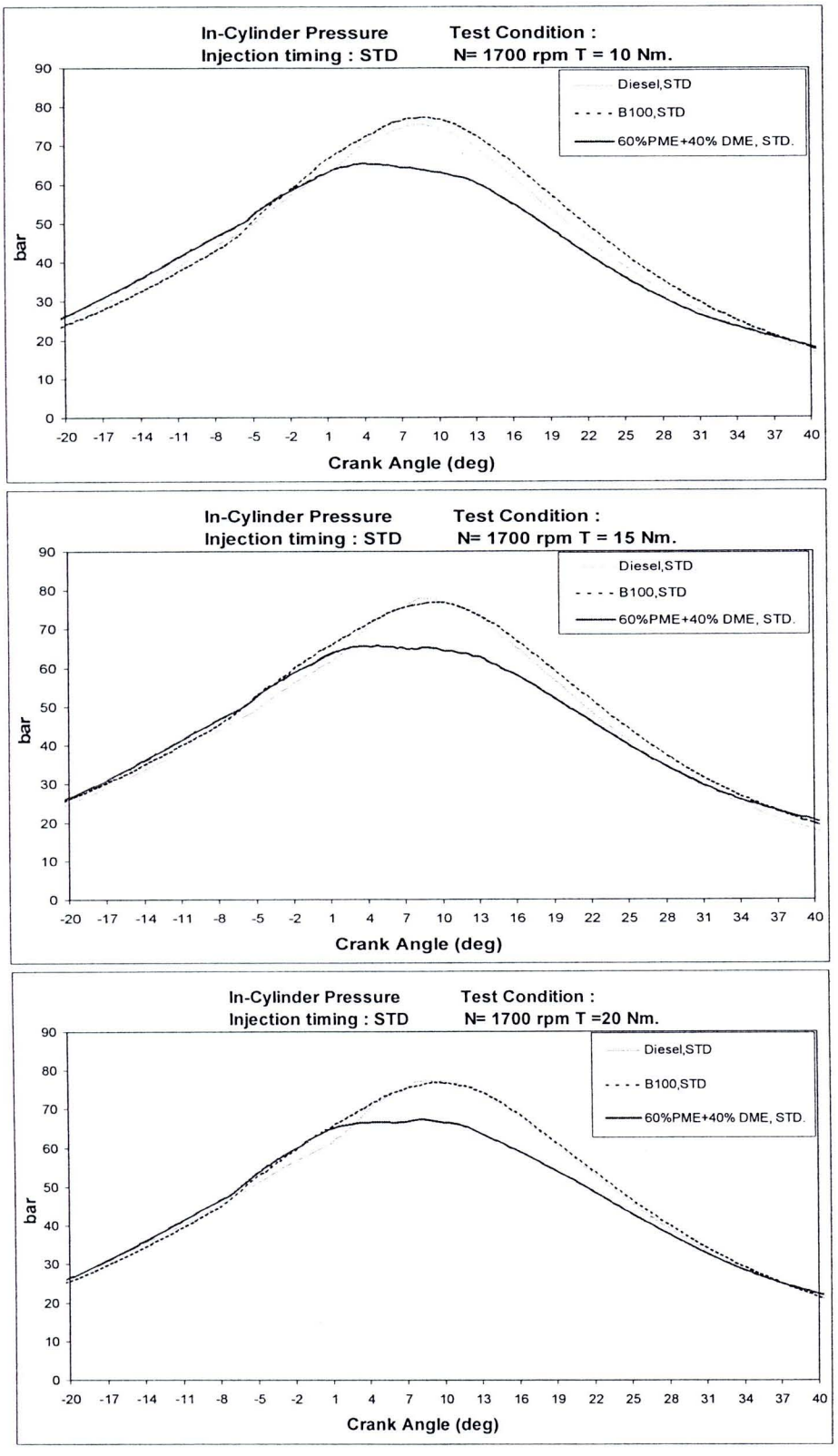
รูปที่ 6-33 ถึงรูปที่ 6-36 แสดงความดันในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าที่สภาวะภาระบางส่วน และรูปที่ 6-37 แสดงความดันในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน ของการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



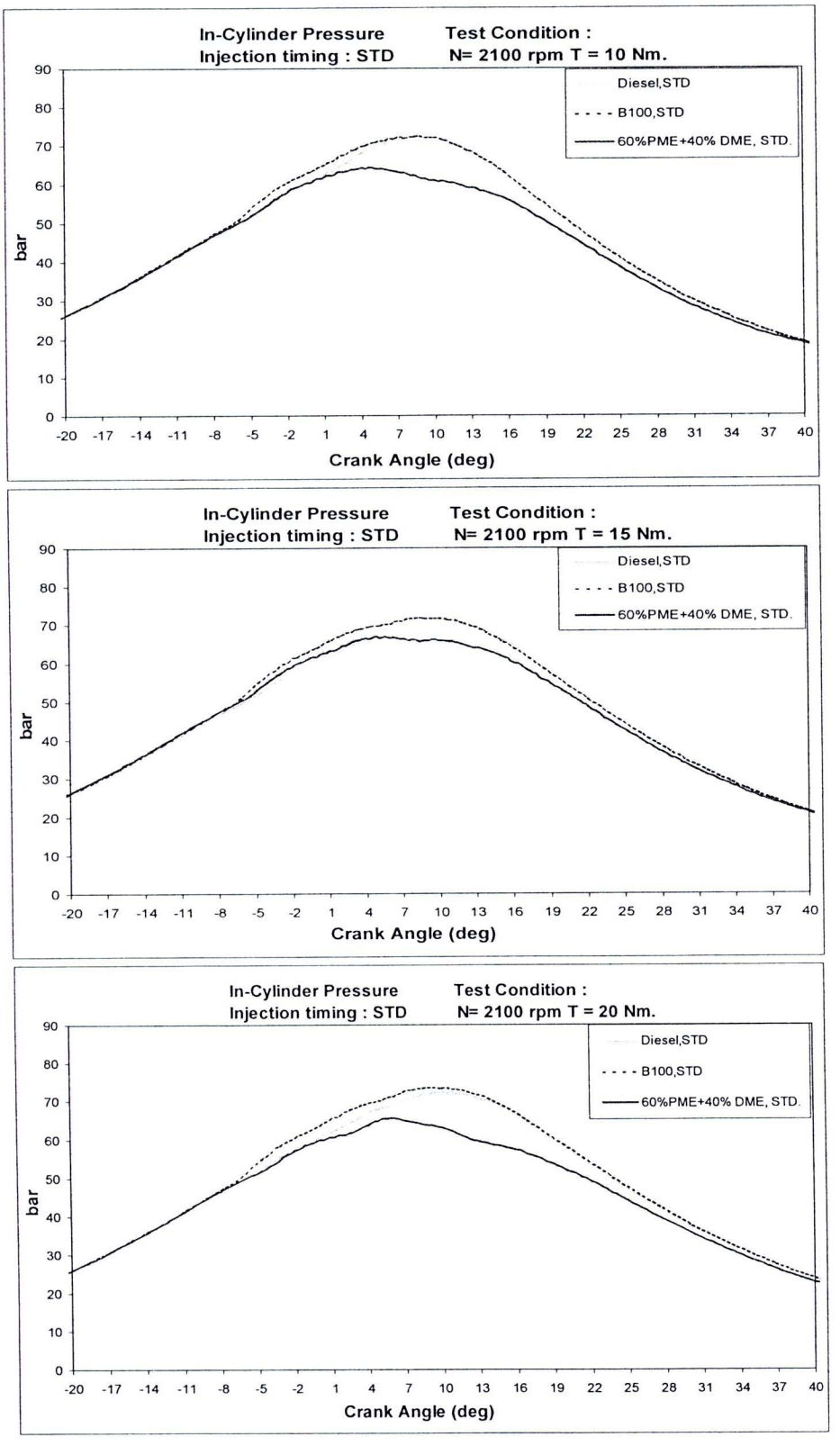
รูปที่ 6-33 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในห้องเผาไหม้กับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



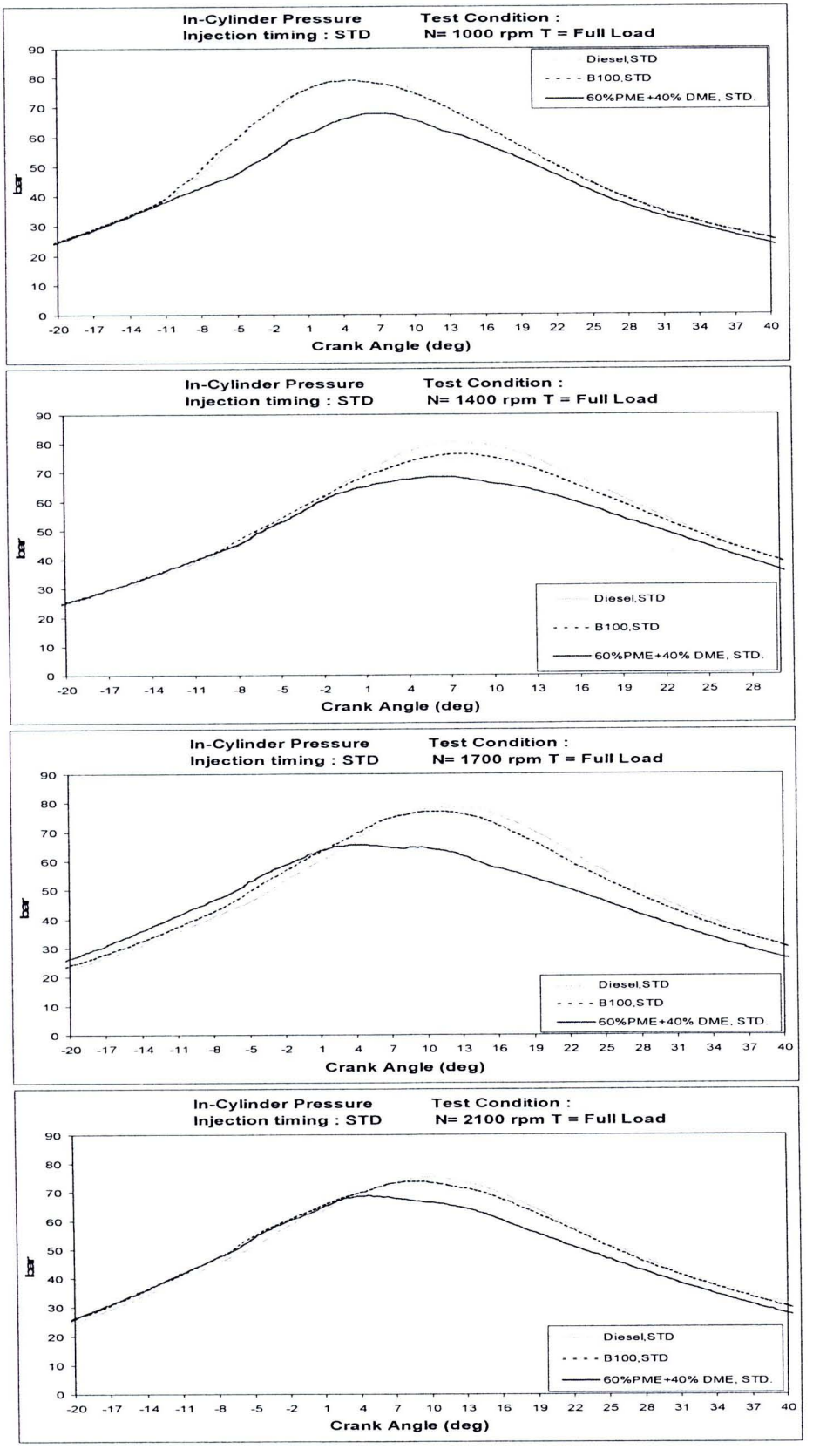
รูปที่ 6-34 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในห้องเผาไหม้กับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-35 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในห้องเผาไหม้กับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-36 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในห้องเผาไหม้กับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2100 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-37 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในห้องเผาไหม้กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

จากรูปที่ 6-33 ถึงรูปที่ 6-36 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระบางส่วน พบว่าการใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดมีค่าลดต่ำลง เนื่องจากการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้าและมีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ล่าช้า การปลดปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงส่วนใหญ่เกิดขึ้น หลังจากที่ปริมาตรกระบอกสูบเคลื่อนที่ขยายตัวออกห่างจากศูนย์ตายบน สำหรับการใช้น้ำมันดีเซลกับน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง พบว่าค่าความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดมีค่าใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 6-37 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระสูงสุด พบว่า การใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดมีค่าลดต่ำลง แต่ตำแหน่งของค่าความดันสูงสุดเกิดขึ้นเข้าใกล้บริเวณศูนย์ตายบนของกระบอกสูบมากขึ้น

จากรูปที่ 6-33 ถึงรูปที่ 6-37 สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-21 ที่สภาวะภาระบางส่วนและตารางที่ 6-22 ที่สภาวะภาระสูงสุด

ตารางที่ 6-21 ความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Speed	Torque	Cam Shaft Setting	ความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้ (bar)		
rpm	Nm		Diesel	B100	40% DME
1000	10	STD.	77.62	78.42	67.75
	15		77.46	74.62	66.87
	20		75.70	77.32	65.41
1400	10	STD.	80.51	79.65	68.02
	15		73.17	78.39	67.00
	20		78.01	76.91	65.79
1700	10	STD.	79.76	79.68	69.65
	15		76.81	75.44	67.38
	20		77.54	76.83	67.30
2100	10	STD.	79.89	78.97	67.85
	15		80.42	76.25	68.46
	20		78.51	77.00	65.58

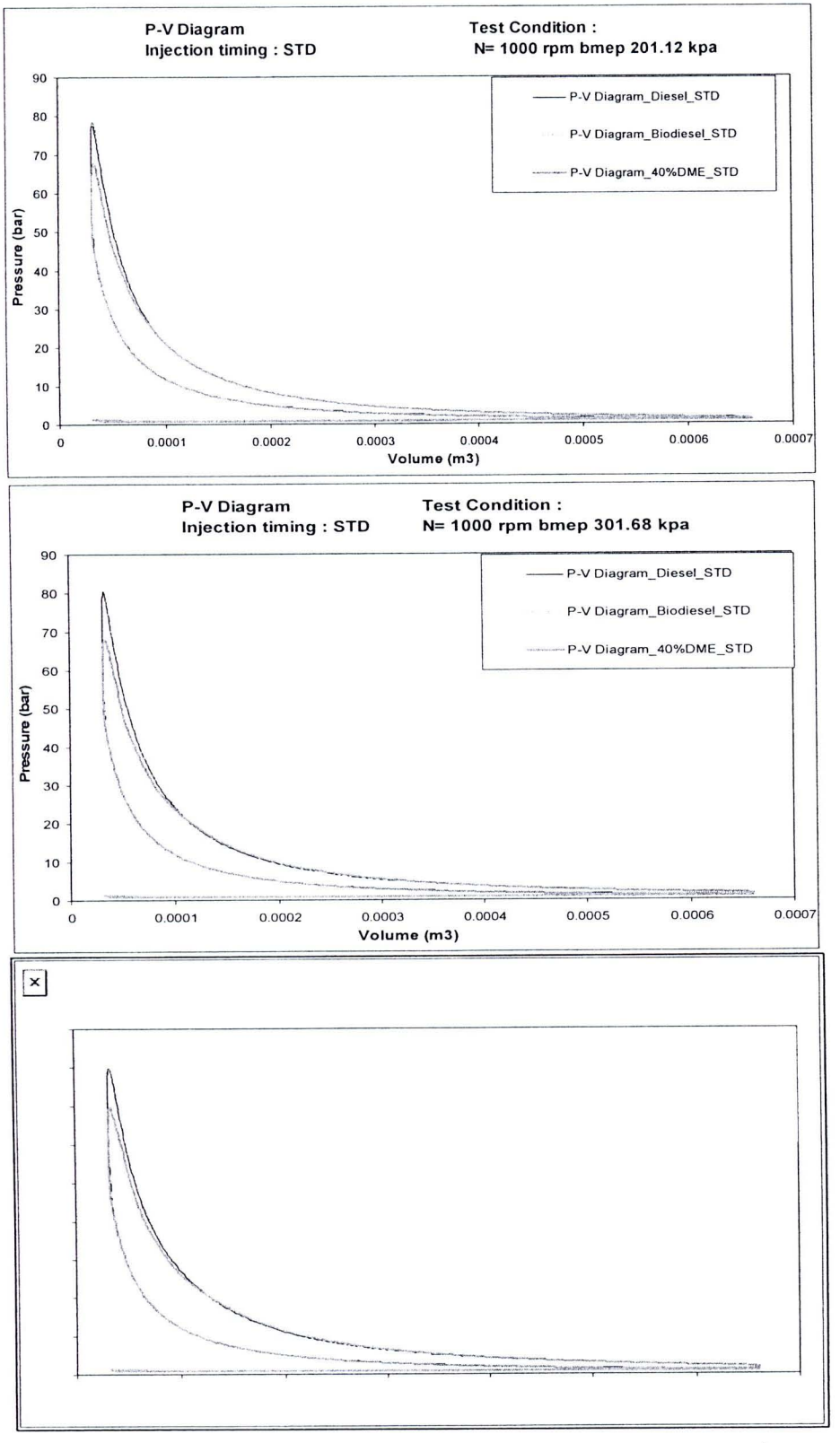
จากตารางที่ 6-21 โดยภาพรวมพบว่า เมื่อ พิจารณาที่ความเร็วรอบคงที่ พบว่าที่ภาระเพิ่มสูงขึ้น ไม่ทำให้ความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้เปลี่ยนแปลงแบบมีแนวโน้มที่ชัดเจน

ตารางที่ 6-22 ความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

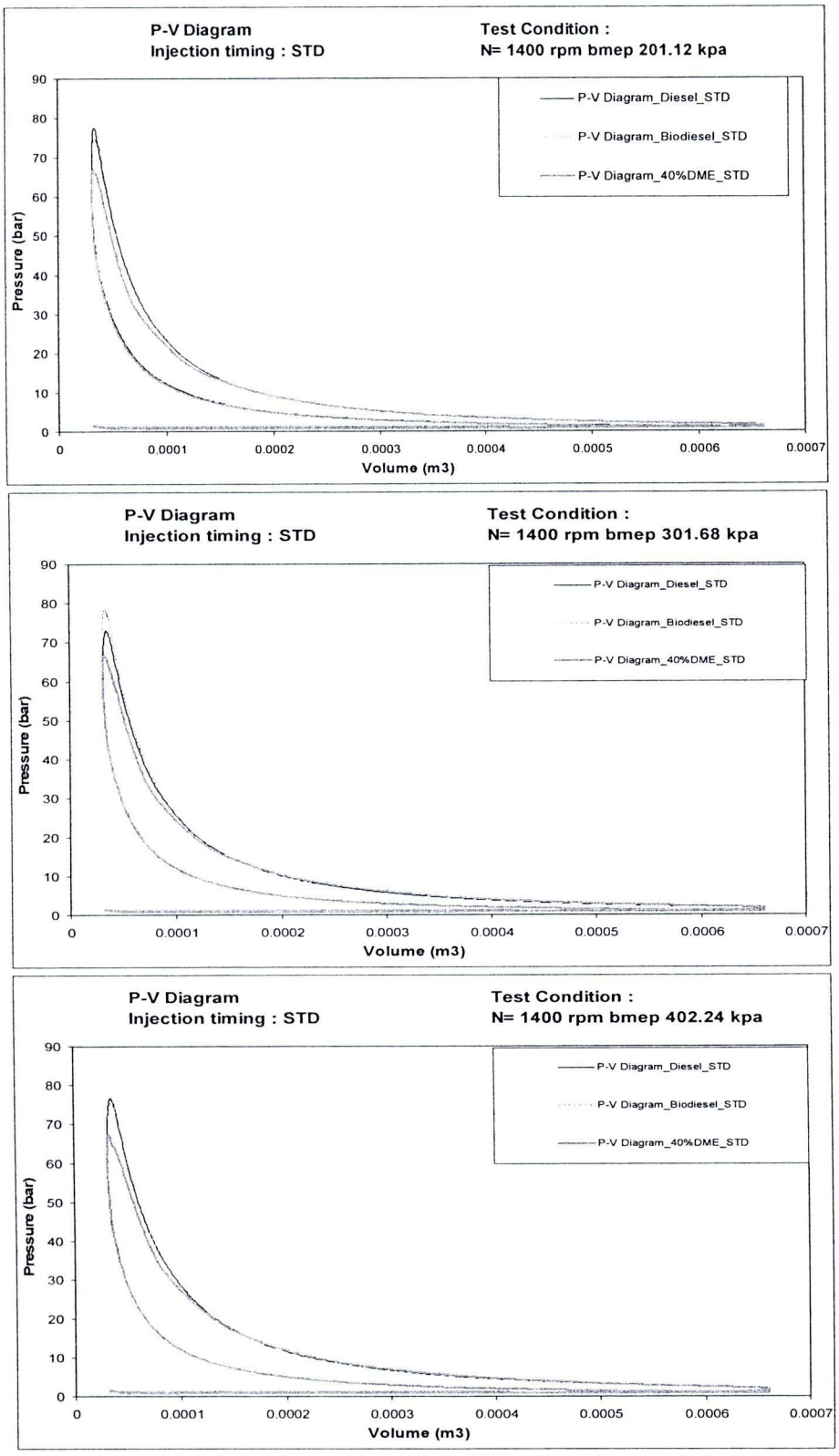
Speed	Torque	Cam Shaft Setting	Fuel	ความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้
rpm	Nm			(bar)
1000	37.11	STD.	Diesel	79.89
	36.45		B100	78.97
	29.22		40% DME	67.85
1400	40.72	STD.	Diesel	80.42
	39.56		B100	76.25
	31.35		40% DME	68.46
1700	40.87	STD.	Diesel	78.51
	39.74		B100	77.00
	31.35		40% DME	65.58
2100	38.94	STD.	Diesel	75.28
	37.04		B100	73.76
	31.64		40% DME	68.75

จากตารางที่ 6-22 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระสูงสุด โดยภาพรวมพบว่า การใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าความดันในห้องเผาไหม้มีค่าสูงที่สุดในทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์ ซึ่งสอดคล้องกันกับผลของค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่ทำได้ของเครื่องยนต์ เนื่องจากงานที่ได้จากบริเวณพื้นที่ใต้กราฟในช่วงการขยายตัวของกระบอกสูบที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้น

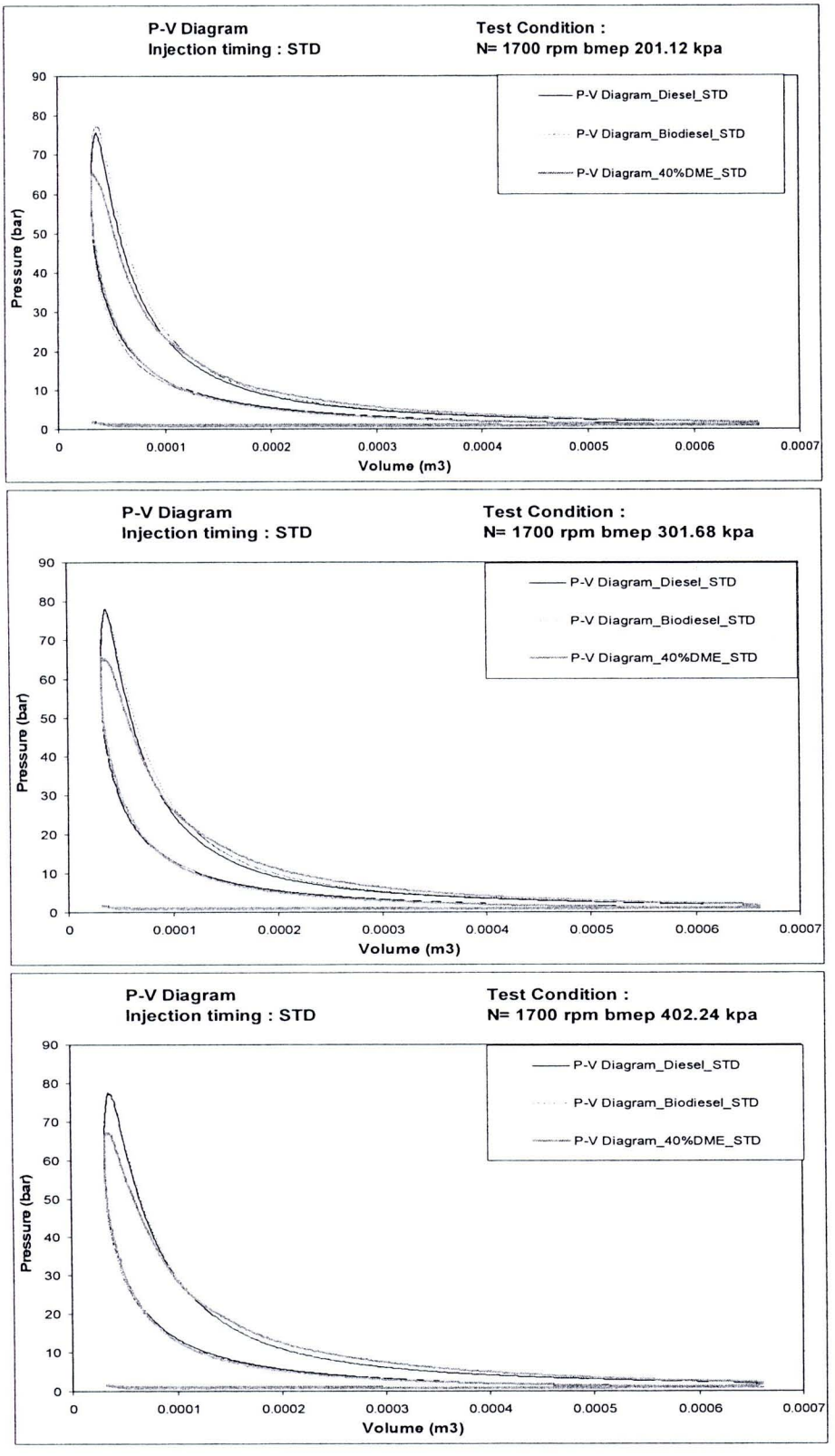
รูปที่ 6-33 ถึงรูปที่ 6-37 สามารถนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันในห้องเผาไหม้กับปริมาตรกระบอกสูบได้ ซึ่งแสดงภาระของเครื่องยนต์ในรูปของ (break mean effective pressure, bmep) ดังแสดงในรูปที่ 6-38ถึงรูปที่ 6-42



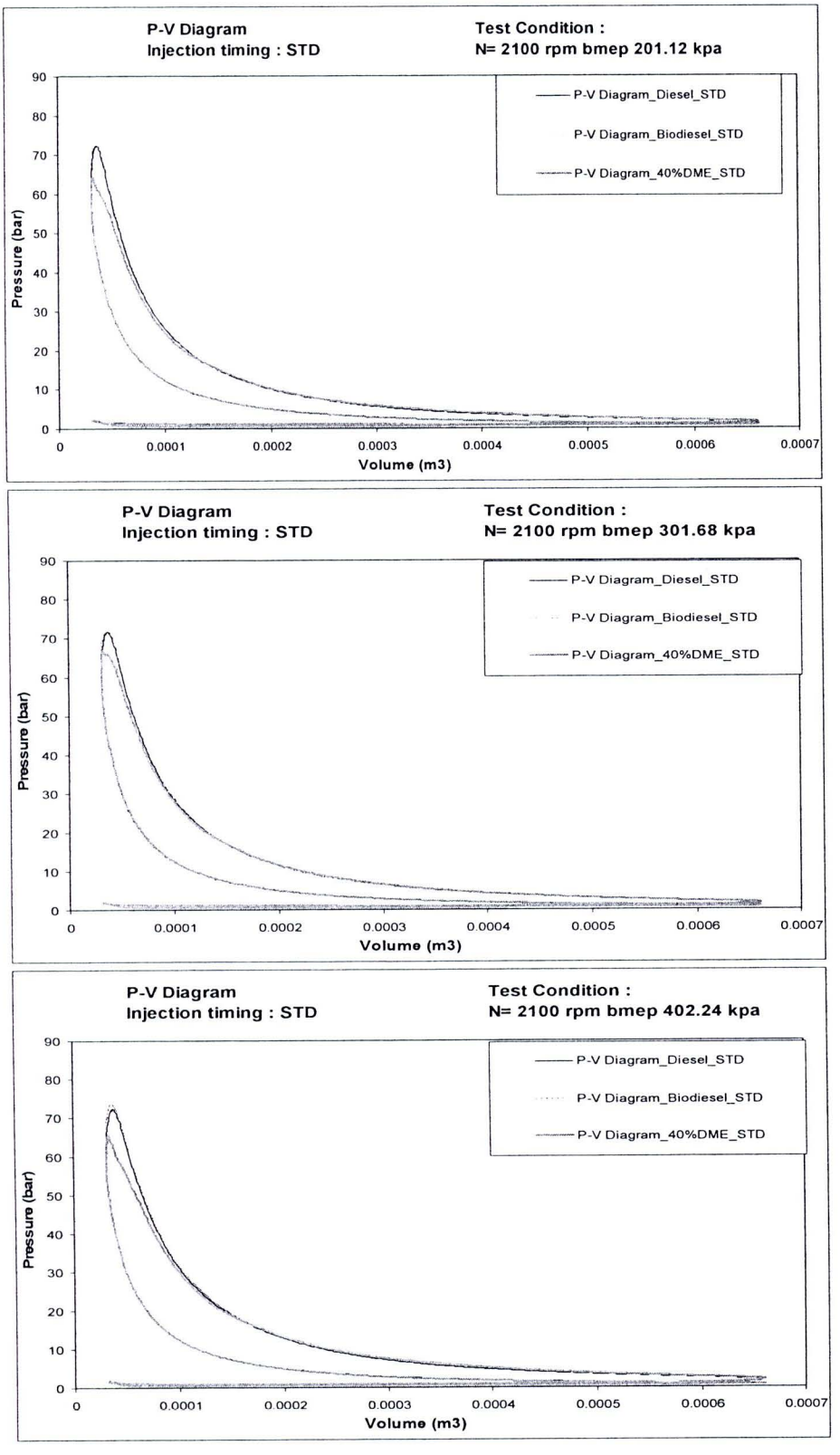
รูปที่ 6-38 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันในห้องเผาไหม้กับปริมาตรกระบอกสูบ ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์1000 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



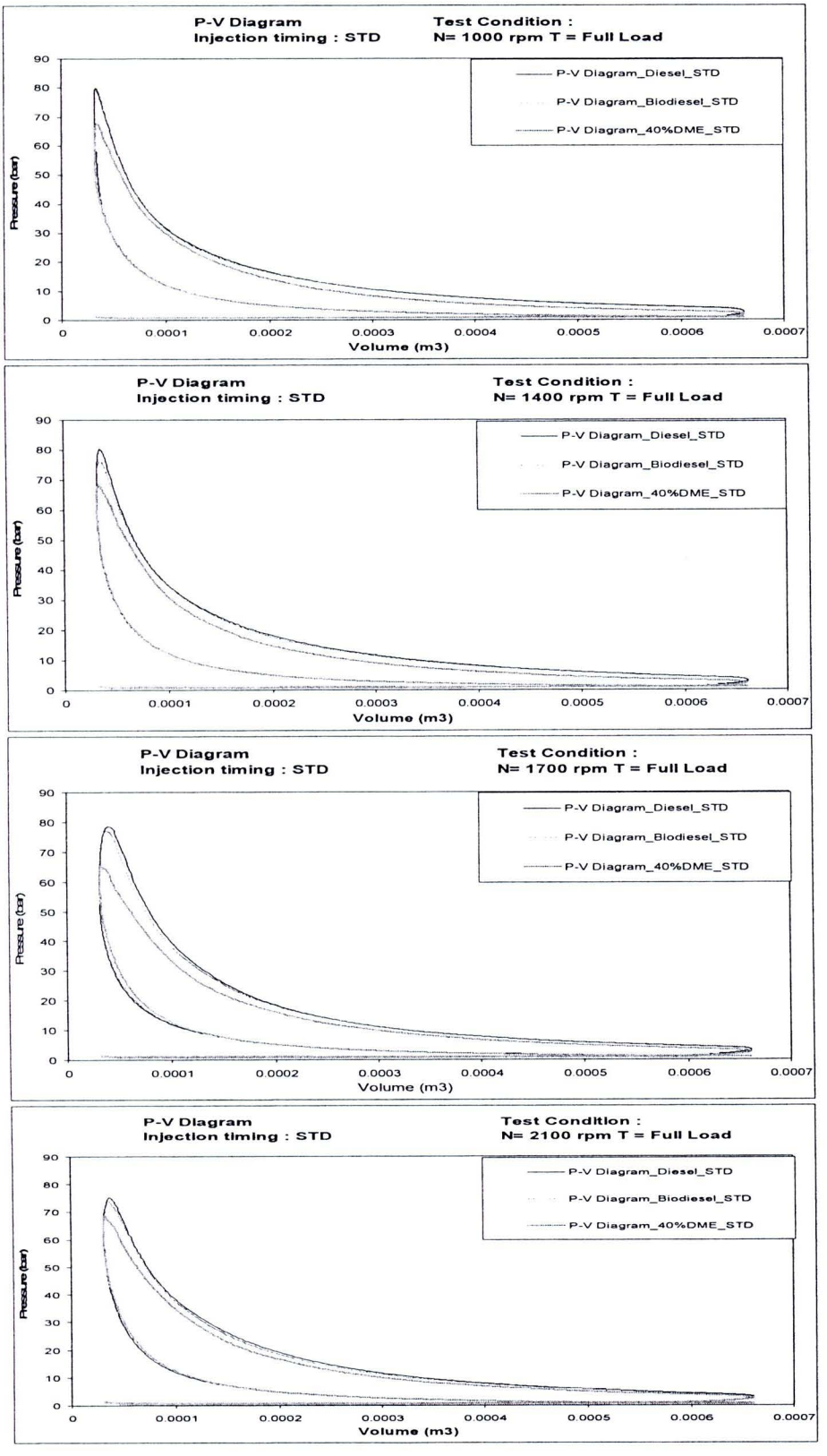
รูปที่ 6-39 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันในห้องเผาไหม้กับปริมาตรกระบอกสูบ ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-40 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันในห้องเผาไหม้กับปริมาตรกระบอกสูบ ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-41 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันในห้องเผาไหม้กับปริมาตรกระบอกสูบ ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2100 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-42 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันในห้องเผาไหม้กับปริมาตรกระบอกสูบ ที่สภาวะภาระสูงสุด ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ค่าต่างๆ เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

จากรูปที่ 6-38 ถึงรูปที่ 6-42 พบว่า ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดเมื่อใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าต่ำสุด เนื่องจากการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้าและมีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ล่าช้า สำหรับการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซล เป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 6-38 ถึงรูปที่ 6-42 สามารถหางานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบเมื่อคิดทั้ง 4 จังหวะได้ ซึ่งสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-23 ที่สภาวะภาระบางส่วนและตารางที่ 6-24ที่สภาวะภาระสูงสุด

ตารางที่ 6-23 งานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Speed	BMEP	Cam Shaft Setting	Indicated Work (J)		
rpm	kPa		Diesel	B100	40% DME
1000	201.20	STD.	232	228	214
	301.68		291	291	276
	402.24		357	360	345
1400	201.20	STD.	258	248	233
	301.68		308	309	291
	402.24		384	377	362
1700	201.20	STD.	240	287	254
	301.68		277	299	319
	402.24		350	359	385
2100	201.20	STD.	**291**	**285**	**276**
	301.68		**361**	**347**	**342**
	402.24		**413**	**421**	**403**

จากตารางที่ 6-23 พบว่า เมื่อภาระมีค่าเพิ่มสูงขึ้นงานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในทุกความเร็วรอบ ซึ่งมีลักษณะแนวโน้มแบบเดียวกันตลอดการทดสอบในทุกเชื้อเพลิง แต่สำหรับการใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง

พบว่าตลอดช่วงภาระการทดสอบ มีค่างานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบมีค่าน้อยที่สุดในทุกความเร็วรอบ เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าการสูญเสียในระบบมีค่าต่ำสุด

ตารางที่ 6-24 งานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

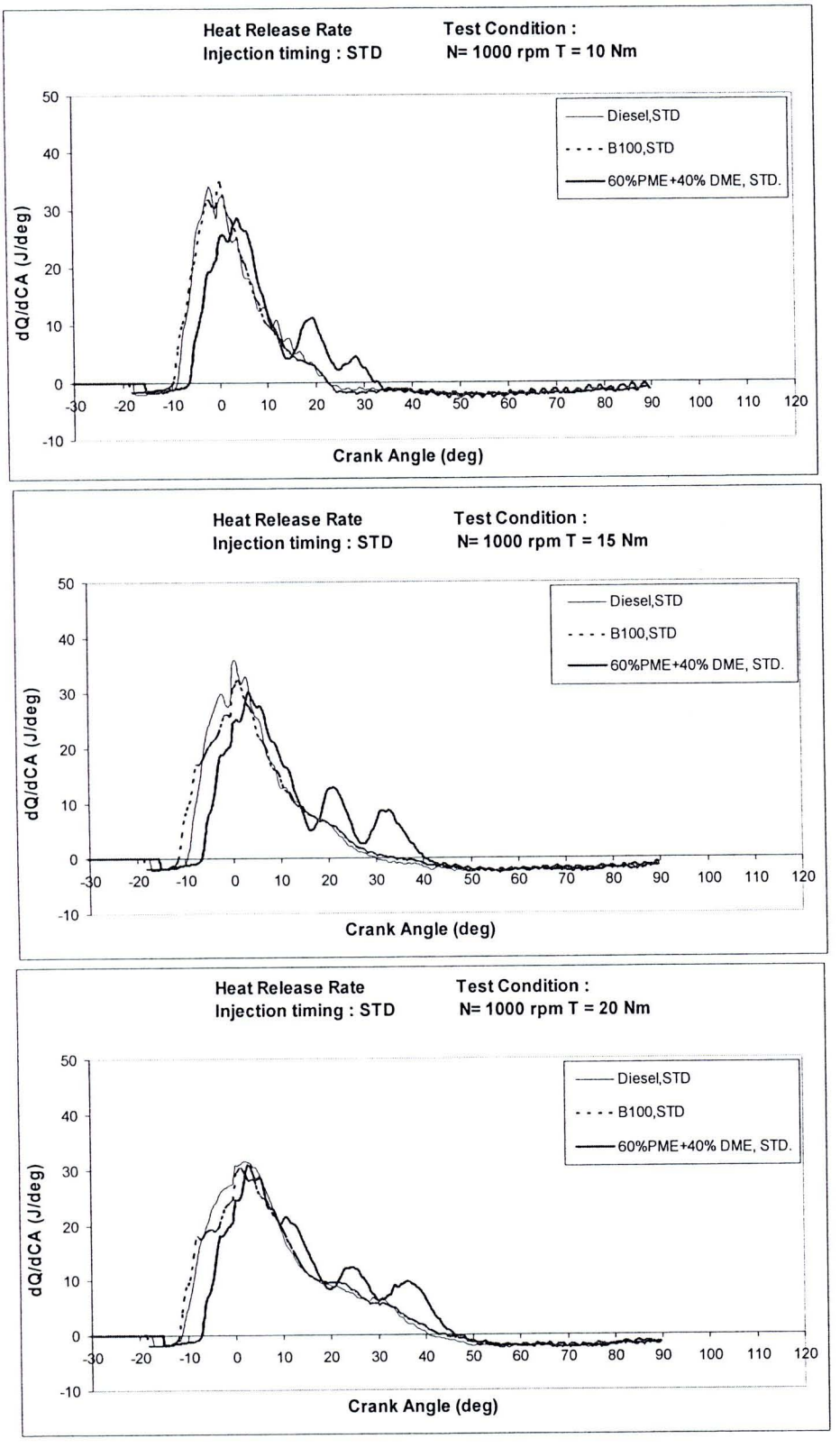
Speed	BMEP	Cam Shaft Setting	Fuel	Indicated Work
rpm	kPa			(J)
1000	746.36	STD.	Diesel	580
	733.09		B100	568
	587.68		40% DME	449
1400	818.96	STD.	Diesel	657
	795.63		B100	622
	630.51		40% DME	485
1700	821.98	STD.	Diesel	705
	799.25		B100	669
	644.79		40% DME	517
2100	783.17	STD.	Diesel	685
	744.95		B100	635
	636.35		40% DME	553

จากตารางที่ 6-24 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระสูงสุด พบว่า การใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีค่างานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบมีค่าสูงที่สุด เนื่องจากมีค่าความดันยังผลเฉลี่ยเบรกสูงที่สุด (Brake mean effective pressure, bmep) ในทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์ และการใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง จะมีค่างานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบมีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากมีค่าความดันยังผลเฉลี่ยเบรกต่ำที่สุด (Brake mean effective pressure, bmep) ในทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์

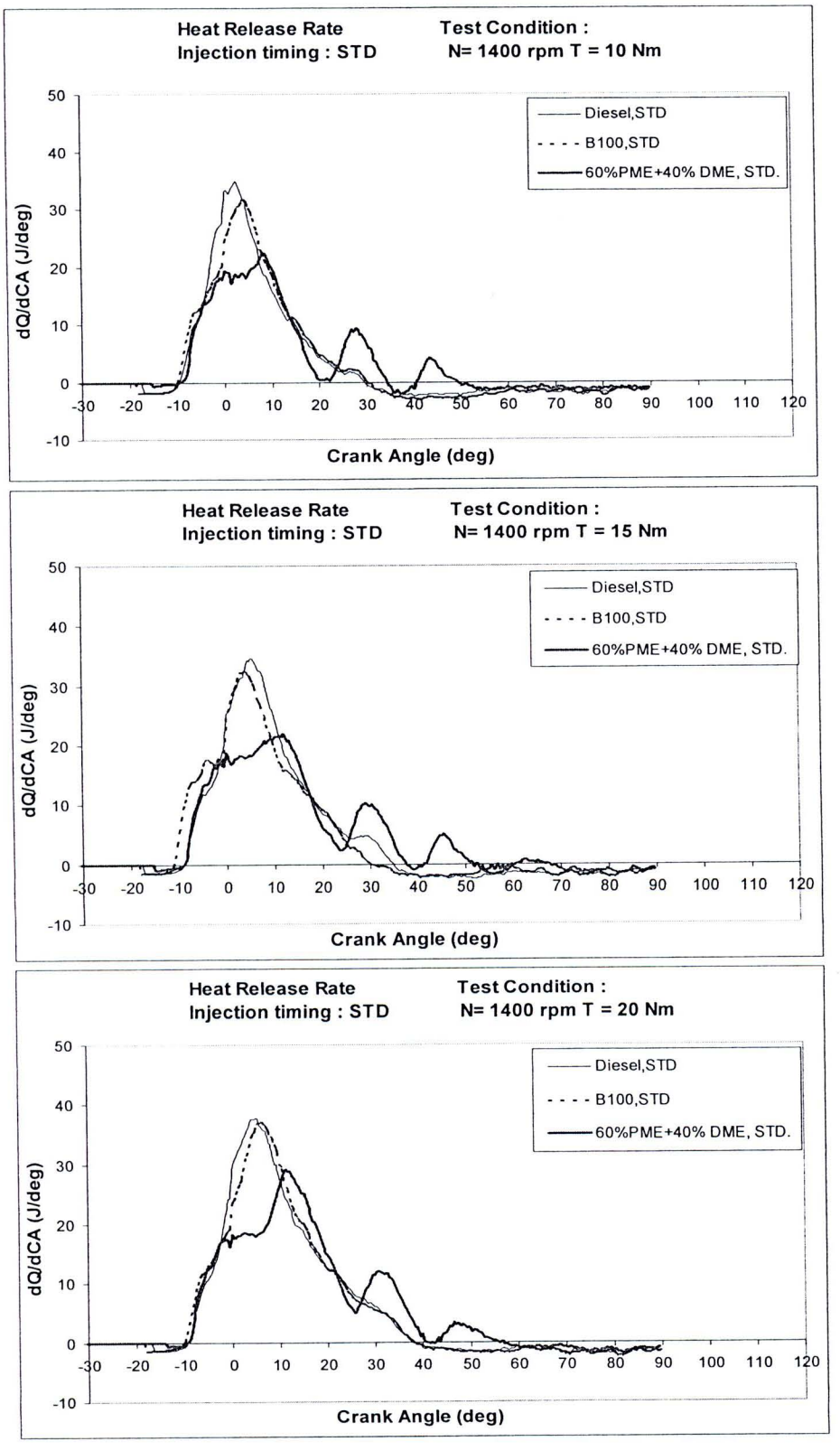
6.2.1.3 **อัตราการปล่อยความร้อน**

รูปที่ 6-43 ถึงรูปที่ 6-47แสดงอัตราการปล่อยความร้อน ซึ่งอัตราการปล่อยความร้อนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-8 ในบทที่ 3 จากกราฟอัตราการปล่อยความร้อนจะทำให้ทราบถึงจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ (SOC) และจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ (EOC) และสามารถนำไปคำนวณหาช่วงการเผาไหม้ได้ สำหรับจุดเริ่มต้นการเผาไหม้และจุดสิ้นสุดการเผาไหม้นั้นพิจารณาจากจุดที่อัตราการปล่อยความร้อนเป็น 0 J/CA

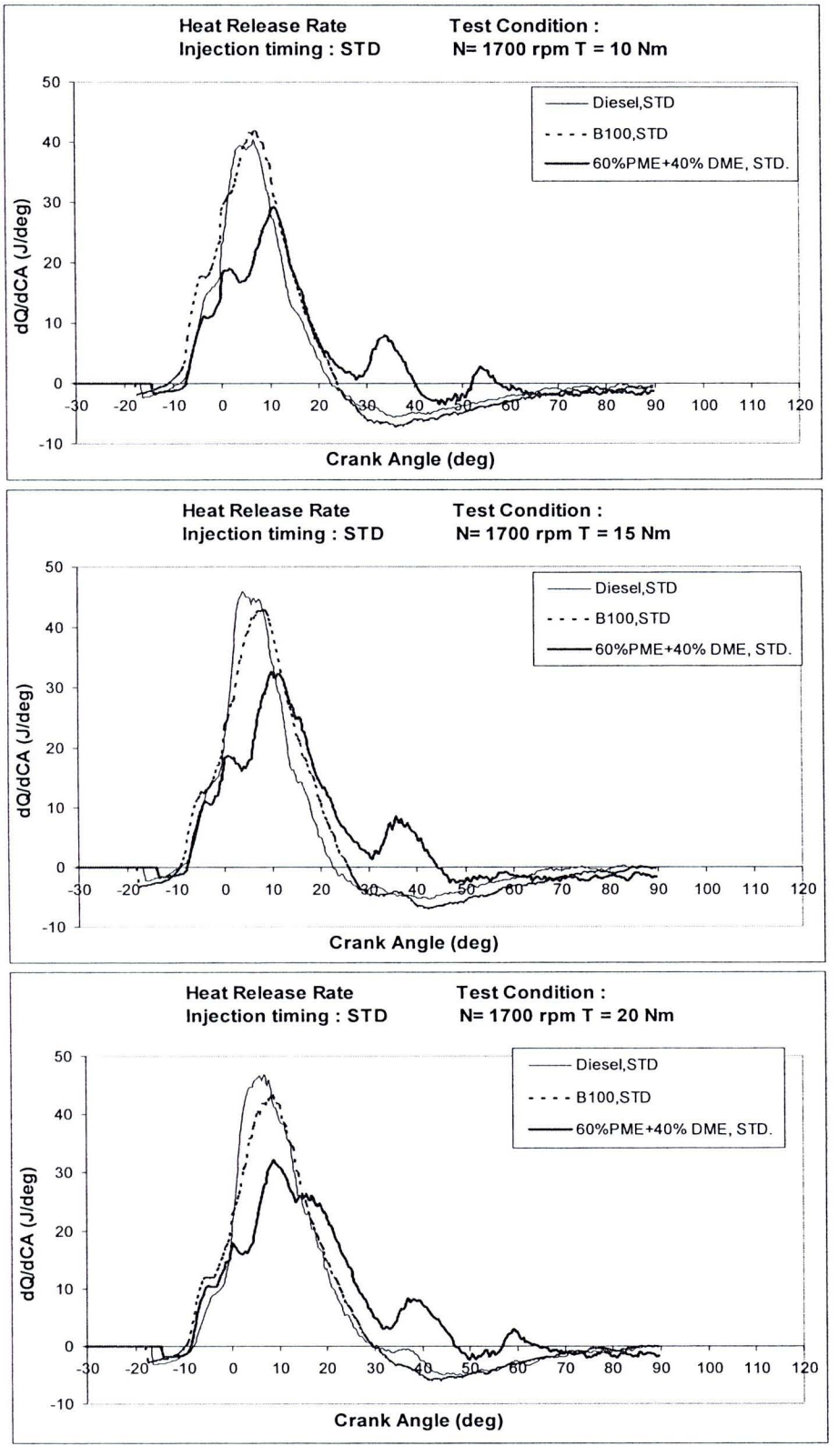
รูปที่ 6-43 ถึงรูปที่ 6-46 แสดงอัตราการปล่อยความร้อน ซึ่งอัตราการปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระบางส่วน และรูปที่ 6-47 แสดงอัตราการปล่อยความร้อน ซึ่งอัตราการปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระสูงสุด ของการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน



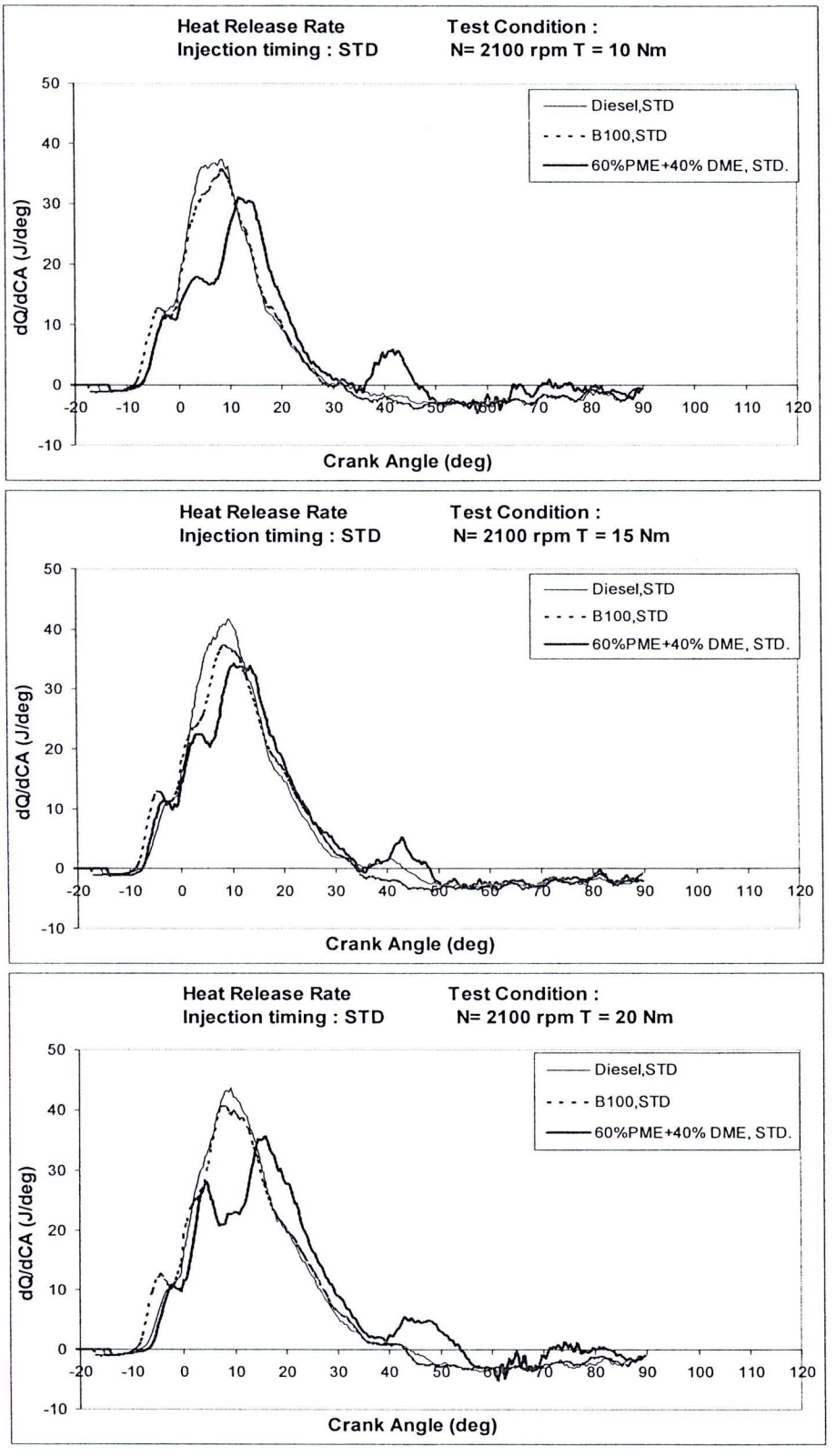
รูปที่ 6-43 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยความร้อนกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



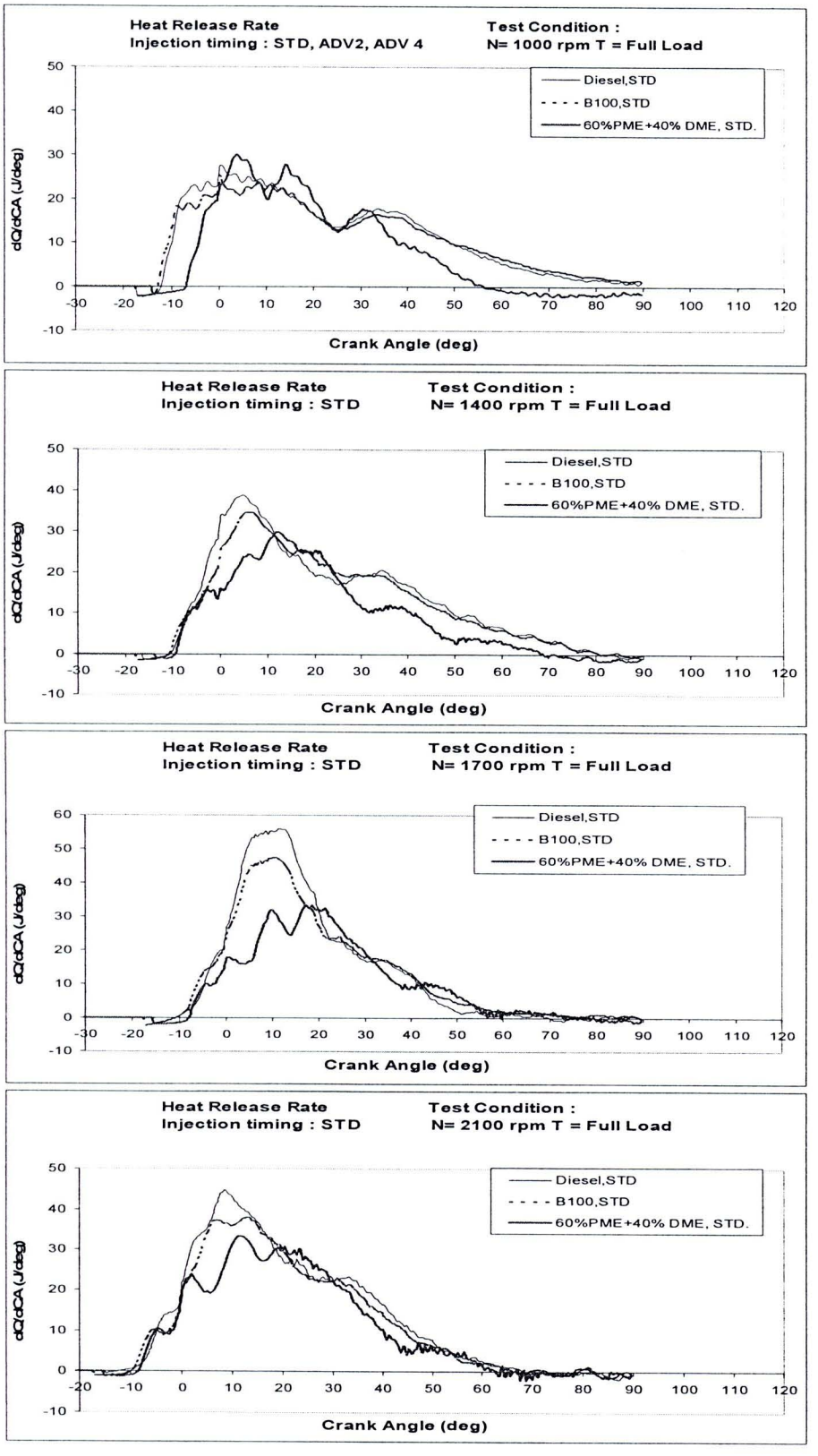
รูปที่ 6-44 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยความร้อนกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-45 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยความร้อนกับภาระการทำงานที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-46 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยความร้อนกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2100 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-47 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยความร้อนกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

จากรูปที่ 6-43 ถึงรูปที่ 6-47 แสดงอัตราการปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิง พบว่าช่วงแรกของกราฟอัตราการปล่อยความร้อนนั้นจะเว้าลงไปเล็กน้อย เนื่องจากว่าเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้มีอุณหภูมิต่ำกว่าห้องเผาไหม้ ทำให้พลังงานส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของเชื้อเพลิงและเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ จากนั้นกราฟจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเพราะเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ผสมกับอากาศในช่วงล่าช้าการจุดระเบิด (ignition delay) ดังนั้นเมื่อเกิดการเผาไหม้ก็จะเผาไหม้เชื้อเพลิงจากช่วงล่าช้าการจุดระเบิดพร้อมๆ กัน จึงมีอัตราการปล่อยความร้อนสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่อพิจารณาจุดเริ่มต้นการเผาไหม้จากการทดสอบเชื้อเพลิงแต่ละชนิด พบว่า เมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ เร็วที่สุด เนื่องจาก ค่าซีเทนนัมเบอร์มีค่าที่สูงและในโครงสร้างโมเลกุลเชื้อเพลิงมีองค์ประกอบของออกซิเจนอยู่ในโครงสร้างทางเคมี จึงช่วยในการเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยที่การใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง มีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ล่าช้าที่สุด เนื่องจากค่าความร้อนที่ใช้ในการระเหยเป็นไอของเชื้อเพลิง DME (Heat of Vaporization) มีค่าที่สูง ทำให้ความร้อนภายในห้องเผาไหม้สูญเสียไปบางส่วนจากการดูดความร้อน (endothermic) ของเชื้อเพลิงให้กลายเป็นไอ เป็นผลให้อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ลดต่ำลงและมีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ล่าช้าออกไป

และเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมจากการทดสอบที่ความเร็วรอบการทำงานของเครื่องยนต์ค่าต่างๆ ในทุกภาระการทดสอบ พบว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มีค่าความชันของอัตราการปลดปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงจนถึงค่าความชันสูงสุด ในช่วง premixed combustion ซึ่งการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงอยู่ในช่วงระหว่าง 3-4 องศาเพลาข้อเหวี่ยง (นับจากเริ่มต้นเผาไหม้เชื้อเพลิงจนถึงค่าสูงสุด) และยังมีค่าอัตราการปลดปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงที่ตำแหน่งความชันสูงสุด ในช่วง premixed phase ที่สูงที่สุด ในส่วนกรณีของการใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DMEเป็นเชื้อเพลิง มีค่าความชันของอัตราการปลดปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงจนถึงค่าความชันสูงสุดในช่วง premixed combustion ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่าง 3-6 องศาเพลาข้อเหวี่ยง (นับจากเริ่มต้นการเผาไหม้เชื้อเพลิงจนถึงค่าสูงสุด) และจากการใช้ DME-PME เป็นเชื้อเพลิงยังพบว่ามีค่าความชันสูงสุดของอัตราการปลดปล่อยความร้อนในช่วง premixed phase เข้าใกล้จุดศูนย์ตายบนของกระบอกสูบมากที่สุด และหลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านจุดศูนย์ตายบนไปเพียงเล็กน้อยในช่วงประมาณ 2-3 องศาเพลาข้อเหวี่ยงจากการทดสอบทุกเชื้อเพลิง จะเห็นค่าอัตราการปลดปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงลดค่าต่ำลงจนสังเกตเห็นช่วงเว้าคว่ำลงและเว้าคว่ำลงมากขึ้นที่ภาระการทำงานเครื่องยนต์ที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้น และจากการใช้ DME-PME เป็นเชื้อเพลิง จะมีช่วงเว้าคว่ำลงดังกล่าวที่เห็น

ชัดเจนมากขึ้นเนื่องจาก มีความต้องการดูดความร้อนไปบางส่วนเพื่อใช้ในการระเหยเป็นไอของเชื้อเพลิงในช่วงการปลดปล่อยความร้อนแบบ Mixing controlled phase

ตารางที่ 6-25 แสดงจุดเริ่มต้นการเผาไหม้และจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่สภาวะภาระบางส่วนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน

ตารางที่ 6-25 จุดเริ่มต้นการเผาไหม้และจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Speed	Torque	Cam Shaft	SOC (CA)			EOC (CA)		
Rpm	Nm	Setting	Diesel	B100	40% DME	Diesel	B100	40% DME
1000	10	STD.	-9.2	-10.0	-6.8	22.0	22.0	32.8
	15		-9.6	-11.6	-6.8	29.6	33.6	40.0
	20		-11.6	-12.0	-7.2	40.4	44.0	45.6
1400	10	STD.	-10.0	-10.0	-9.6	29.2	29.6	49.2
	15		-9.2	-11.2	-9.6	34.4	29.6	51.2
	20		-9.6	-10.4	-9.6	37.2	37.6	55.6
1700	10	STD.	-9.2	-11.2	-7.6	22.4	23.6	40.0
	15		-9.6	-9.6	-8.0	22.0	25.2	44.0
	20		-8.4	-9.6	-8.8	29.2	29.2	46.4
2100	10	STD.	-8.0	-8.8	-7.6	32.0	28.0	46.4
	15		-8.4	-9.2	-7.6	43.2	33.6	48.0
	20		-8.8	-9.6	-7.2	44.0	42.8	53.6

ตารางที่ 6-26 แสดงจุดเริ่มต้นการเผาไหม้และจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่สภาวะภาระสูงสุดของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน

ตารางที่ 6-26 จุดเริ่มต้นการเผาไหม้และจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Speed	Torque	Cam Shaft Setting	Fuel	SOC	EOC
rpm	Nm			(CA)	(CA)
1000	37.11	STD.	Diesel	-12.4	89.6
	36.45		B100	-13.2	89.6
	29.22		40% DME	-7.2	56.0
1400	40.72	STD.	Diesel	-10.8	80.8
	39.56		B100	-11.2	84.8
	31.35		40% DME	-9.6	68.8
1700	40.87	STD.	Diesel	-11.2	69.6
	39.74		B100	-10.8	88.8
	31.35		40% DME	-8.4	79.6
2100	38.94	STD.	Diesel	-12.4	68.8
	37.04		B100	-10.0	72.8
	31.64		40% DME	-8.8	64.0

จากตารางที่ 6-25 ถึงตารางที่ 6-26 จุดเริ่มต้นการเผาไหม้และจุดสิ้นสุดการเผาไหม้สามารถหาช่วงของการเผาไหม้ที่สภาวะภาระบางส่วนได้ดังตารางที่ 6-27 และที่สภาวะภาระสูงสุดได้ดังตารางที่ 6-28

ตารางที่ 6-27 ช่วงของการเผาไหม้ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Speed	Torque	Cam Shaft Setting	ช่วงของการเผาไหม้ (CA)		
rpm	Nm		Diesel	B100	40% DME
1000	10	STD.	31.2	32.0	39.6
	15		39.2	45.2	46.8
	20		52.0	56.0	52.8
1400	10	STD.	39.2	39.6	58.8
	15		43.6	40.8	60.8
	20		46.8	48.0	65.2
1700	10	STD.	31.6	34.8	47.6
	15		31.6	34.8	52.0
	20		37.6	38.8	55.2
2100	10	STD.	40.0	36.8	54.0
	15		51.6	42.8	55.6
	20		52.8	52.4	60.8

จากตารางที่ 6-27 เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบคงที่พบว่า เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของภาระการทำงานของเครื่องยนต์ จะทำให้ช่วงการเผาไหม้ยาวนานขึ้น เนื่องจากมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้ามามากขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการเพิ่มภาระการทำงานที่สูงขึ้น โดยการใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME มีช่วงการเผาไหม้ยาวสุดในทุกจุดทำงาน

ตารางที่ 6-28 ช่วงของการเผาไหม้ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Speed	Torque	Cam Shaft Setting	Fuel	ช่วงของการเผาไหม้
rpm	Nm			(CA)
1000	37.11	STD.	Diesel	102.0
	36.45		B100	102.8
	29.22		40% DME	63.2
1400	40.72	STD.	Diesel	91.6
	39.56		B100	96.0
	31.35		40% DME	78.4
1700	40.87	STD.	Diesel	80.8
	39.74		B100	99.6
	31.35		40% DME	88.8
2100	38.94	STD.	Diesel	81.2
	37.04		B100	82.8
	31.64		40% DME	72.8

จากตารางที่ 6-28 เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมที่สภาวะภาระสูงสุด พบว่าการใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง จะมีช่วงของการเผาไหม้ที่สั้นที่สุด เนื่องจากมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่ำสุดและเชื้อเพลิง DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME มีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงที่สุดในทุกความเร็วรอบ

ค่าจุดศูนย์กลางการปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิง เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ทำการทดสอบชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐานแสดงไว้ในดังตารางที่ 6-29 ที่สภาวะภาระบางส่วนและแสดงไว้ในดังตารางที่ 6-30 ที่สภาวะภาระสูงสุด

ตารางที่ 6-29 ค่าตำแหน่งจุดศูนย์กลางปล่อยความร้อน ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Speed	Torque	Cam Shaft Setting	ตำแหน่งจุดศูนย์กลางปล่อยความร้อน (CA, aTDC)		
rpm	Nm		Diesel	B100	40% DME
1000	10	STD.	3.2	2.8	8.0
	15		4.4	4.4	11.2
	20		7.6	8.0	13.6
1400	10	STD.	5.6	6.0	9.2
	15		8.8	6.4	12.0
	20		9.6	9.6	13.6
1700	10	STD.	6.8	6.8	11.6
	15		7.2	8.4	13.2
	20		9.2	9.2	14.8
2100	10	STD.	8.8	8.8	12.8
	15		10.8	10.4	12.8
	20		12.0	8.8	16.4

จากตารางที่ 6-29 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระบางส่วน จากการทดสอบใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด พบว่าการใช้น้ำมันดีเซลและปาล์มไบโอดีเซลจะมีจุดศูนย์กลางการปล่อยความร้อนที่เข้าใกล้จุดศูนย์ตายบนมากที่สุด

เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบคงที่ การเพิ่มภาระการทำงานของเครื่องยนต์ ส่งผลให้จุดศูนย์กลางปล่อยความร้อนถอยห่างออกไปจากศูนย์ตายบนมากขึ้น เนื่องจากมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้ช่วงการเผาไหม้ยาวนานขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ภาระการทำงานคงที่ การเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์นั้นไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงแบบชัดเจนต่อตำแหน่งของจุดศูนย์กลางการปล่อยความร้อน

ตารางที่ 6-30 ค่าตำแหน่งจุดศูนย์กลางปล่อยความร้อน ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

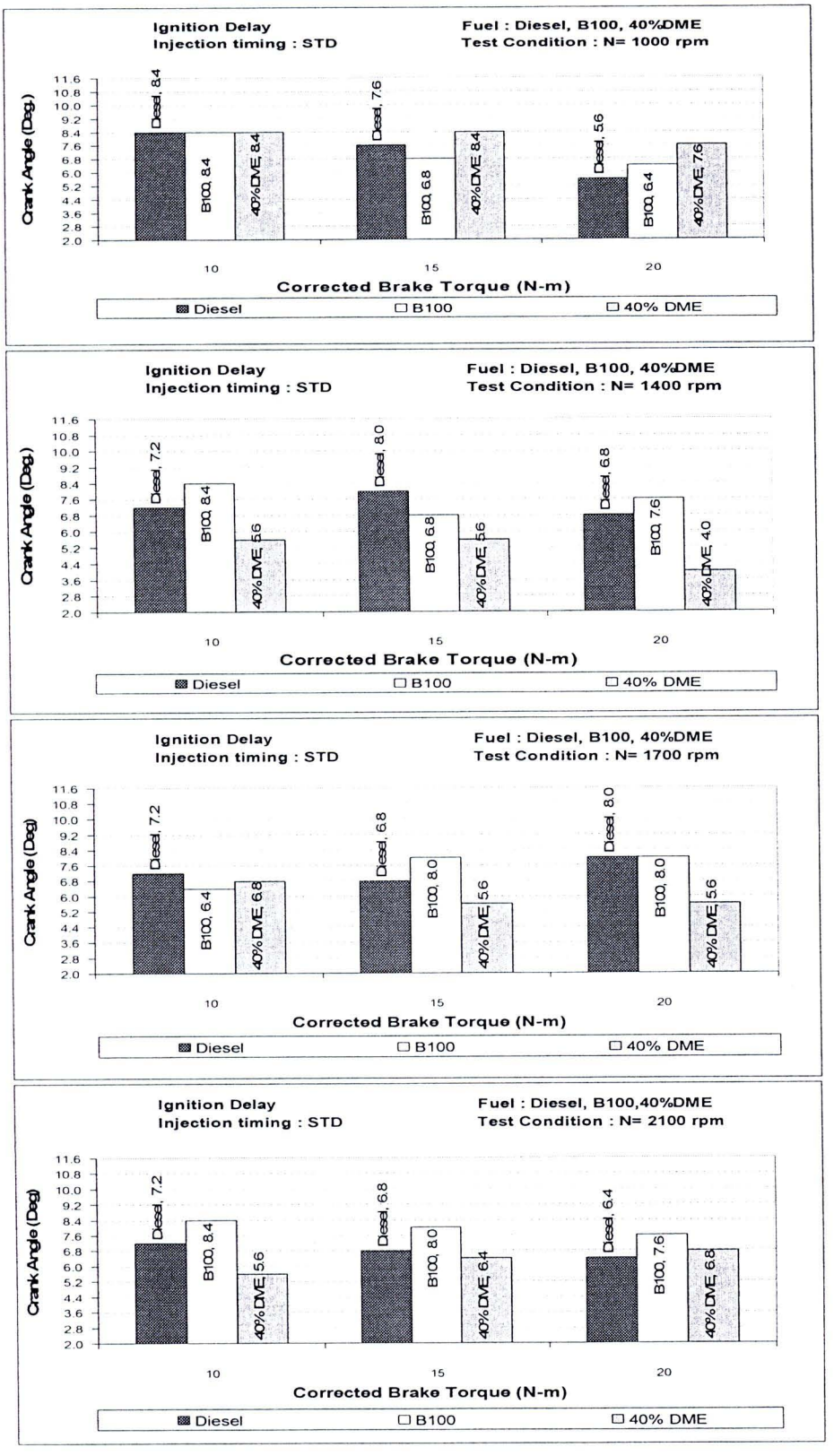
Speed	Torque	Cam Shaft Setting	Fuel	ตำแหน่งจุดศูนย์กลางปล่อยความร้อน
rpm	Nm			(CA, aTDC)
1000	37.11	STD.	Diesel	22.4
	36.45		B100	23.6
	29.22		40% DME	18.0
1400	40.72	STD.	Diesel	22.0
	39.56		B100	22.4
	31.35		40% DME	19.2
1700	40.87	STD.	Diesel	16.0
	39.74		B100	18.4
	31.35		40% DME	21.6
2100	38.94	STD.	Diesel	20.0
	37.04		B100	20.0
	31.64		40% DME	20.4

จากตารางที่ 6-30 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระสูงสุด จากการทดสอบใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด พบว่าการใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงมีตำแหน่งของจุดศูนย์กลางการปล่อยความร้อนที่อยู่ใกล้บริเวณจุดศูนย์ตายบนของกระบอกสูบมากที่สุด

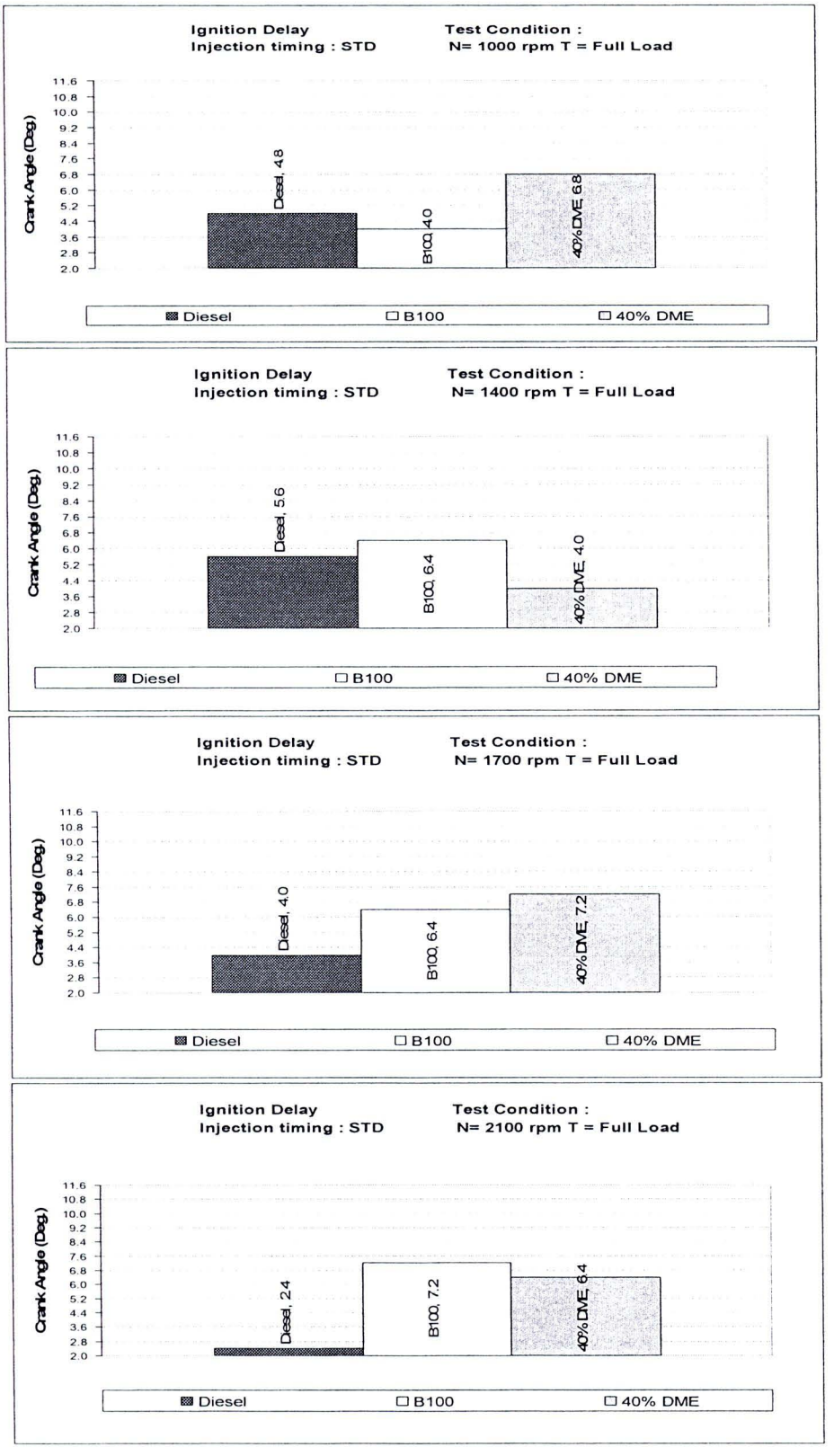
6.2.1.4 ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด

ช่วงล่าช้าการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง สามารถหาได้จากระยะเวลาจากจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงถึงจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ช่วงล่าช้าการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ทำการทดสอบ อาทิ น้ำมันดีเซล, น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล และ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME ดังแสดงในรูปที่ 6-48 ถึงรูปที่ 6-49

รูปที่ 6-48 แสดงช่วงล่าช้าการจุดระเบิดที่สภาวะภาระบางส่วนและรูปที่ 6-49 แสดงช่วงล่าช้าการจุดระเบิดที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน



รูปที่ 6-48 ความสัมพันธ์ของช่วงล่าช้าการจุดระเบิดกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วนภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ค่าต่างๆ เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-49 ความสัมพันธ์ของช่วงล่าช้าการจุดระเบิดกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

จากรูปที่ 6-48 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระบางส่วน พบว่าที่ความเร็วรอบคงที่ ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด โดยภาพรวมมีแนวโน้มเดียวลักษณะเดียวกันในทุกเชื้อเพลิงกล่าวคือ ช่วงล่าช้าการจุดระเบิดจะสั้นลง เมื่อภาระการทำงานของเครื่องยนต์เพิ่มสูงขึ้น และจากรูปที่ 6-49 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระสูงสุด พบว่าที่ความเร็วรอบคงที่ ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด เมื่อภาระการทำงานของเครื่องยนต์เพิ่มสูงขึ้นไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน

ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อค่าองศาของช่วงล่าช้าการจุดระเบิดมีหลายประการ อาทิเช่น การผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ, คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของเชื้อเพลิง, การไหลอลวนภายในกระบอกสูบ และการออกแบบรูปลักษณะของห้องเผาไหม้ เป็นต้น คุณลักษณะภายในห้องเผาไหม้ว่าเป็นแบบใด เป็นแบบชนิด ห้องเผาไหม้ตรง (Direct Injection, DI) หรือ (Indirect Injection, IDI) ซึ่งในการทดสอบเครื่องยนต์ที่ห้องเผาไหม้ออกแบบเป็น DI การพิสูจน์ค่าองศาเพลาข้อเหวี่ยงที่ใช้ไปในช่วงล่าช้าการจุดระเบิดกระทำด้วยการวิเคราะห์จากข้อมูลความดันในกระบอกสูบ ด้วยการพิจารณาเมื่อข้อมูลความดันของกระบอกสูบที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเส้นความดันจากการอัดตัวแบบหมุนเปล่าของเครื่องยนต์ (Motoring Line) อันเนื่องมาจากกระบวนการเผาไหม้ได้เริ่มต้นเกิดขึ้น แต่ในกรณีของระบบ IDI นั้นการระบุช่วงล่าช้าของการจุดระเบิดนั้นทำได้ยาก ในการพิสูจน์ค่าในช่วงดังกล่าวที่แน่ชัด ซึ่งในปัจจุบันได้ใช้เทคโนโลยีสำหรับการระบุช่วงล่าช้าการจุดระเบิดได้โดยการอาศัยภาพถ่ายของเปลวไฟ ซึ่งเปลวไฟที่เกิดขึ้นในครั้งแรกที่เห็นภายในห้องเผาไหม้ จะถูกระบุเป็นจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ซึ่งจากหลักการดังกล่าวสามารถใช้ได้ในกรณีการเผาไหม้ภายใต้สภาวะปกติ แต่ในข้อเท็จจริงการปรากฏตัวของเปลวไฟจะเกิดขึ้นหลังจากการพัฒนาตัวของค่าความดันภายในกระบอกสูบ (pressure rise) และผลลัพธ์ทำให้การประมาณการณ์ค่าองศาเพลาข้อเหวี่ยงในช่วงล่าช้าของการจุดระเบิดมีความไม่แน่นอนไปจากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงสูง เนื่องจากคุณลักษณะในเรื่องการระเบิดของเชื้อเพลิง (ignition characteristics) ในแต่ละชนิด จะส่งผลกระทบในด้านของช่วงล้าช้าการจุดระเบิด ดังนั้นคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเชื้อเพลิงจึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากในการกำหนดสภาพการทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด ตัวอย่างเช่น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง, ความราบรื่นในการเดินเครื่องยนต์, การเผาไหม้แบบติดไม่ครบสูบ (misfire), มลพิษควันดำ ฯลฯ [6]

ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้นิยามในการระบุช่วงล่าช้าการจุดระเบิดซึ่งบ่งชี้จากช่วงมุมข้อเหวี่ยงระหว่างจุดเริ่มฉีดเชื้อเพลิงถึงจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ และข้อตกลงในการกำหนดจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงและจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ได้กล่าวเอาไว้ในบทที่ 5 หัวข้อที่ 5.2.7.3

จากรูปที่ 6-48 ถึงรูปที่ 6-49 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6-31 และตารางที่ 6-32

ตารางที่ 6-31 ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Speed	Torque	Cam Shaft	ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด (CA)		
rpm	Nm	Setting	Diesel	B100	40% DME
1000	10	STD.	8.4	8.4	8.4
	15		7.6	6.8	8.4
	20		5.6	6.4	7.6
1400	10	STD.	7.2	8.4	5.6
	15		8.0	6.8	5.6
	20		6.8	7.6	4.0
1700	10	STD.	7.2	6.4	6.8
	15		6.8	8.0	5.6
	20		8.0	8.0	5.6
2100	10	STD.	7.2	8.4	5.6
	15		6.8	8.0	6.4
	20		6.4	7.6	6.8

จากตารางที่ 6-31 ช่วงล่าช้าการจุดระเบิดที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบคงที่ พบว่าโดยภาพรวม มีแนวโน้มลักษณะเดียวกันในทุกเชื้อเพลิงกล่าวคือ ช่วงล่าช้าการจุดระเบิดจะสั้นลง เมื่อภาระการทำงานของเครื่องยนต์เพิ่มสูงขึ้น โดยการใช้ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงจะมีช่วงล่าช้าการจุดระเบิดยาวสุดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm และจะสั้นลงเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงขึ้น โดยมีช่วงล่าช้าการจุดระเบิดสั้นที่สุด ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm และ 2100 rpm

ตารางที่ 6-32 แสดงช่วงล่าช้าการจุดระเบิด ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

ตารางที่ 6-32 ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

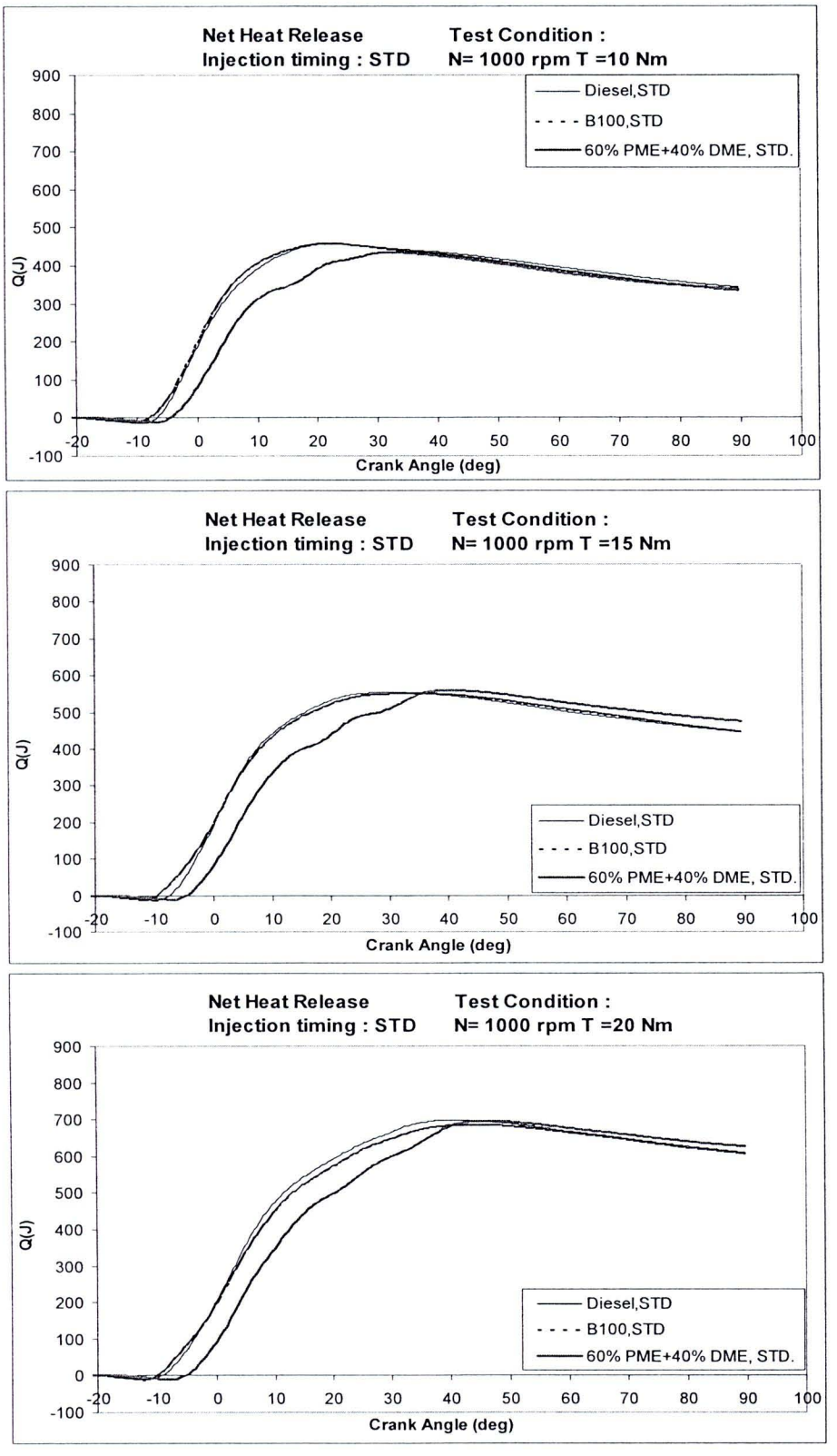
Speed	Torque	Cam Shaft	Fuel	ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด (CA)
rpm	Nm	Setting		(CA)
1000	37.11	STD.	Diesel	4.8
	36.45		B100	4.0
	29.22		40% DME	6.8
1400	40.72	STD.	Diesel	5.6
	39.56		B100	6.4
	31.35		40% DME	4.0
1700	40.87	STD.	Diesel	4.0
	39.74		B100	6.4
	31.35		40% DME	7.2
2100	38.94	STD.	Diesel	2.4
	37.04		B100	7.2
	31.64		40% DME	6.4

จากตารางที่ 6-32 ช่วงล่าช้าการจุดระเบิดที่สภาวะภาระสูงสุด จากการทดสอบใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะมีช่วงล่าช้าของการจุดระเบิดที่สั้นลง ในเกือบทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์และหากพิจารณาที่ความเร็วรอบคงที่ พบว่าโดยภาพรวมเมื่อแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้ของเครื่องยนต์เพิ่มสูงขึ้นไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของช่วงล่าช้าการจุดระเบิดที่ชัดเจน

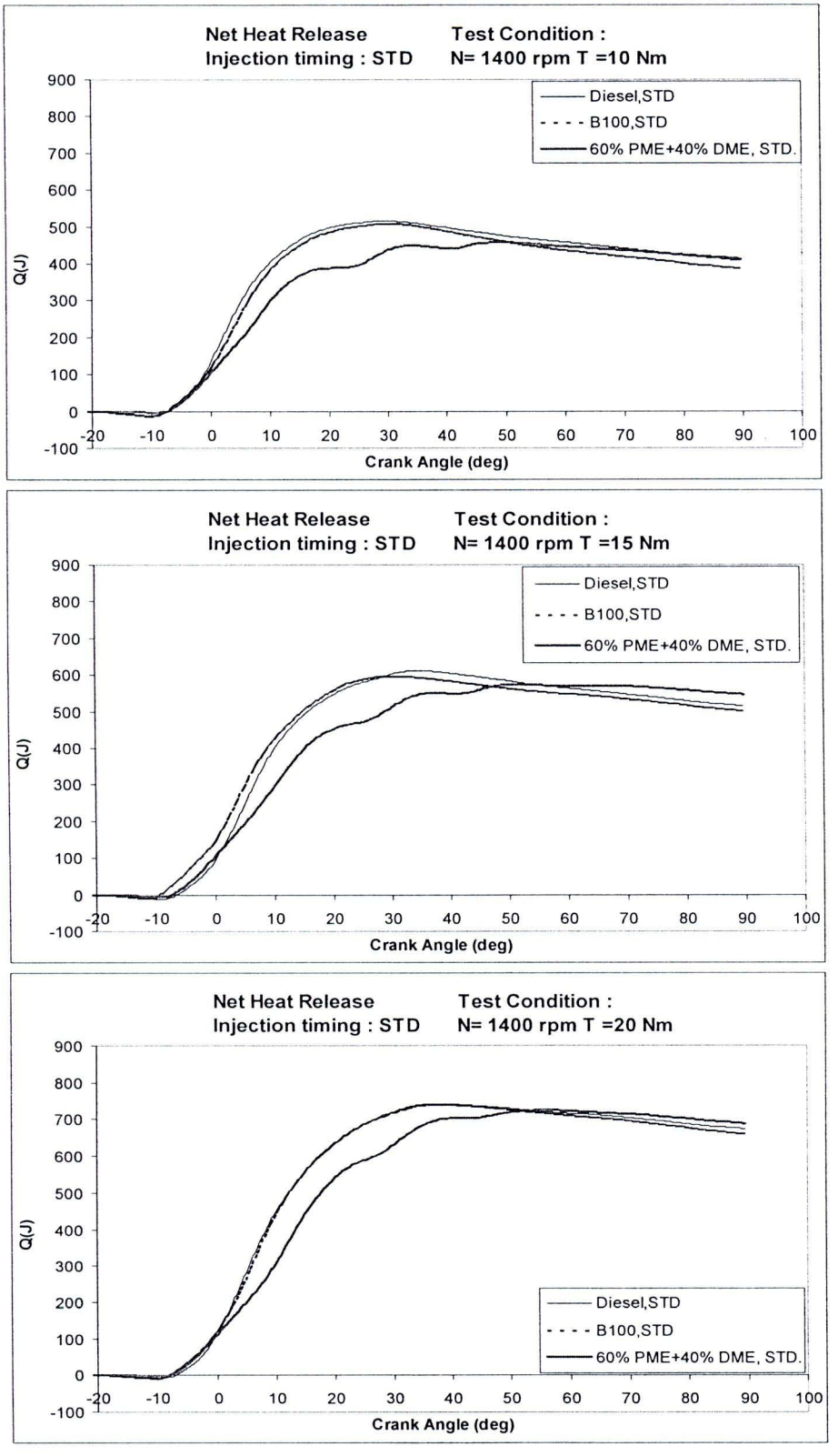
6.2.1.5 การปล่อยความร้อนสุทธิ

กราฟการปล่อยความร้อนสุทธิเชื้อเพลิงต่างๆ สามารถคำนวณจากการหาปริพันธ์ (Integrate) ของอัตราการปล่อยความร้อน

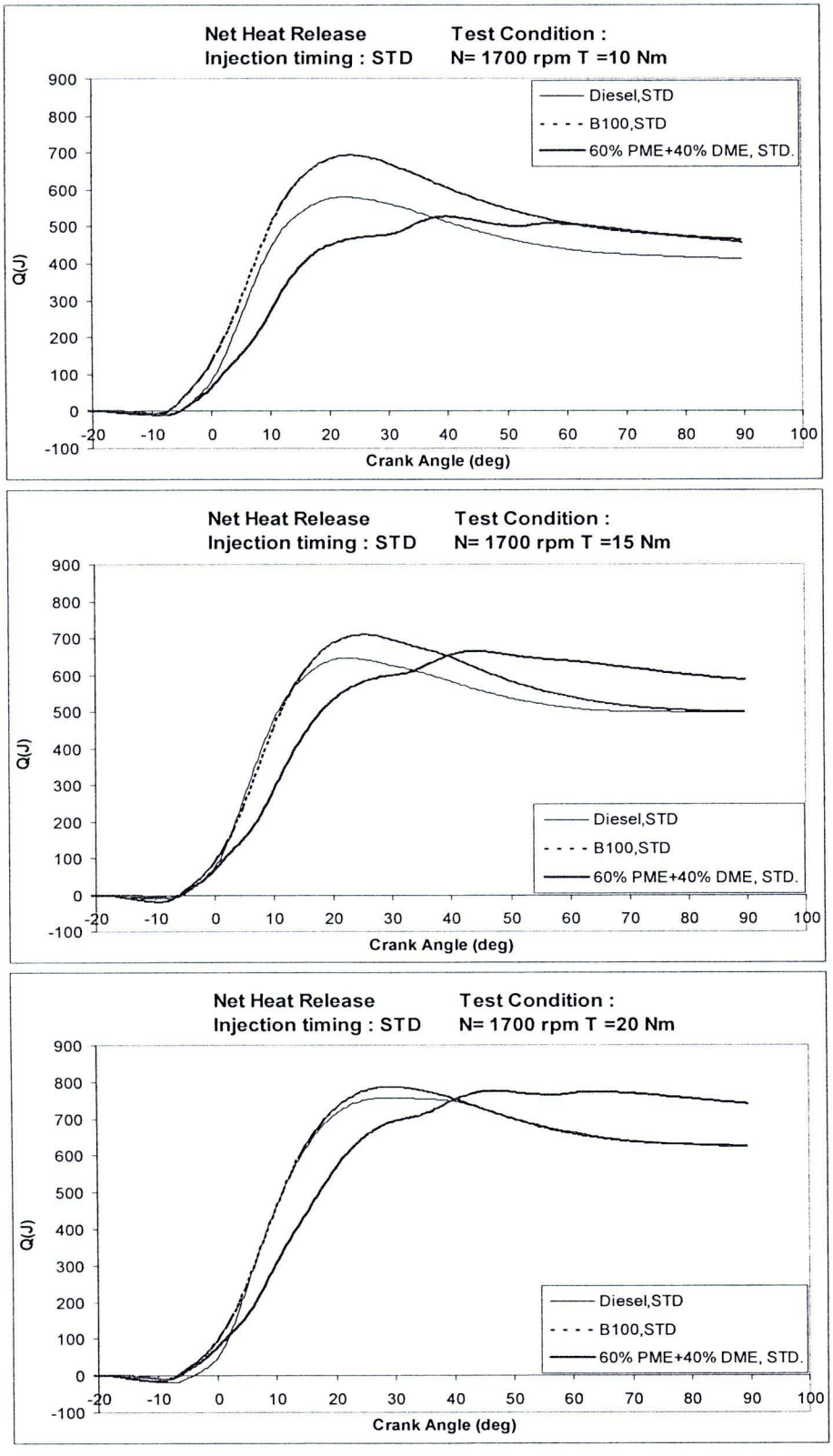
รูปที่ 6-50 ถึงรูปที่ 6-53 แสดงการปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ที่สภาวะภาระบางส่วน และรูปที่ 6-54 แสดงการปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน STD



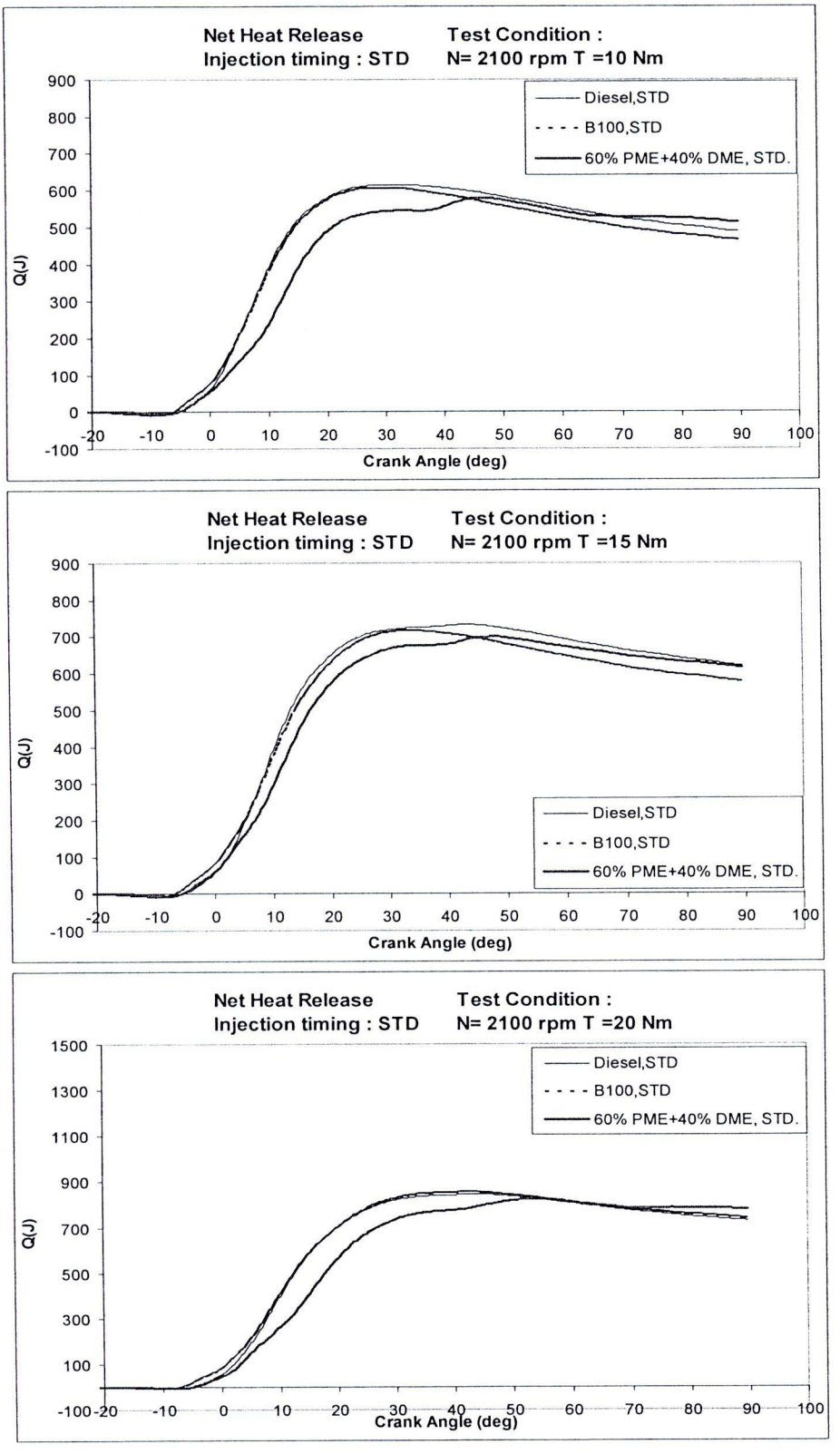
รูปที่ 6-50 ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยความร้อนสุทธิกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบ 1000 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



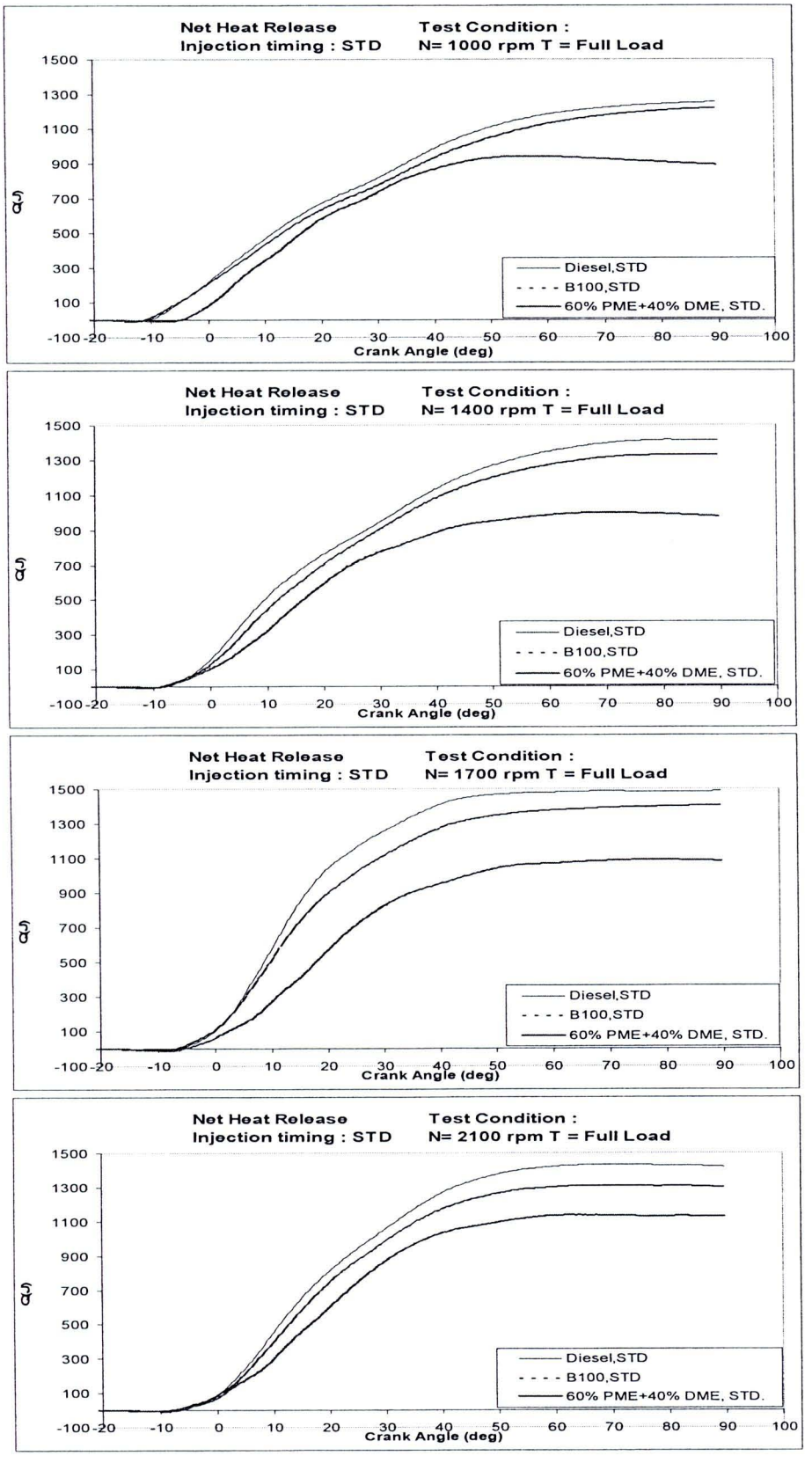
รูปที่ 6-51 ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยความร้อนสุทธิกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบ 1400 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-52 ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยความร้อนสุทธิกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบ 1700 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-53 ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยความร้อนสุทธิกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบ 2100 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-54 ความสัมพันธ์ของการปล่อยความร้อนสุทธิกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

การปล่อยความร้อนสุทธินั้นเป็นเพียงปริมาณที่บ่งบอกว่า มีการปล่อยความร้อนสุทธิเท่าใด แต่ไม่สามารถนำมาพิจารณาการเผาไหม้ว่ามีการเผาไหม้ที่ดีหรือไม่ โดยการจะพิจารณาการเผาไหม้นั้นจำเป็นต้องพิจารณาร่วมกับสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ โดยการเผาไหม้ที่ดีควรจะมีสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้มีค่าสูง

จากรูปที่ 6-50 ถึงรูปที่ 6-53 แสดงถึงการปล่อยความร้อนสุทธิที่สภาวะภาระบางส่วน ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด และเมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระบางส่วนและความเร็วรอบคงที่สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6-33

ตารางที่ 6-33 การปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Speed	Torque	Cam Shaft Setting	การปล่อยความร้อนสุทธิ (J)		
rpm	Nm		Diesel	B100	40% DME
1000	10	STD.	456.30	459.10	435.15
	15		554.12	550.73	560.33
	20		698.78	685.46	696.31
1400	10	STD.	515.50	507.75	457.23
	15		612.12	595.38	574.35
	20		742.67	739.35	724.91
1700	10	STD.	579.66	693.77	527.27
	15		645.63	709.68	664.65
	20		756.88	786.23	776.35
2100	10	STD.	615.04	606.30	579.17
	15		732.95	718.43	700.71
	20		845.04	857.20	824.72

จากตารางที่ 6-33 การปล่อยความร้อนสุทธิที่สภาวะภาระบางส่วนจากการทดสอบใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าการปล่อยความร้อนสุทธิมีค่าสูงที่สุดในทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์ เนื่องจากมีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่มีค่าสูงที่สุด และเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบคงที่พบว่ามีแนวโน้มลักษณะเดียวกันจาก

การทดสอบเชื้อเพลิงแต่ละชนิด กล่าวคือการเพิ่มขึ้นของภาระการทำงานของเครื่องยนต์ จะทำให้การปล่อยความร้อนสุทธิสูงขึ้น เนื่องจากที่ความเร็วรอบคงที่งานเสียดทานภายในระบบมีค่าคงที่ แต่ที่ภาระการทำงานนั้นแปรผันกับประสิทธิภาพเชิงกล ดังนั้นที่ภาระสูงขึ้นจะมีประสิทธิภาพเชิงกลที่เพิ่มสูงขึ้นตาม เพื่อให้ได้กำลังเบรกจากเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น

จากตารางที่ 6-33 เมื่อพิจารณาที่ภาระการทำงานของเครื่องยนต์มีค่าคงที่พบว่าการเพิ่มขึ้นของความเร็วรอบจะทำให้การปล่อยความร้อนสุทธิสูงขึ้น เนื่องจากความเร็วรอบสูงขึ้นนั้นจะเกิดงานเสียดทานในระบบมากขึ้นจึงมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้นด้วยเพื่อชดเชยต่อการสูญเสียและต้องการกำลังที่สูงขึ้น

จากรูปที่ 6-54 แสดงถึงการปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระสูงสุดและความเร็วรอบคงที่ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6-34

ตารางที่ 6-34 การปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Speed	Torque	Cam Shaft Setting	Fuel	การปล่อยความร้อนสุทธิ
rpm	Nm			(J)
1000	37.11	STD.	Diesel	1253.8
	36.45		B100	1221.0
	29.22		40% DME	941.1
1400	40.72	STD.	Diesel	1415.0
	39.56		B100	1330.2
	31.35		40% DME	999.5
1700	40.87	STD.	Diesel	1486.5
	39.74		B100	1405.1
	31.35		40% DME	1090.6
2100	38.94	STD.	Diesel	1431.8
	37.04		B100	1308.7
	31.64		40% DME	1136.6

จากตารางที่ 6-34 การปล่อยความร้อนสุทธิที่สภาวะภาระสูงสุดจากการทดสอบใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าการปล่อยความร้อนสุทธิมีค่าสูงที่สุดในทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์ เนื่องจากมีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่มีค่าสูงที่สุด

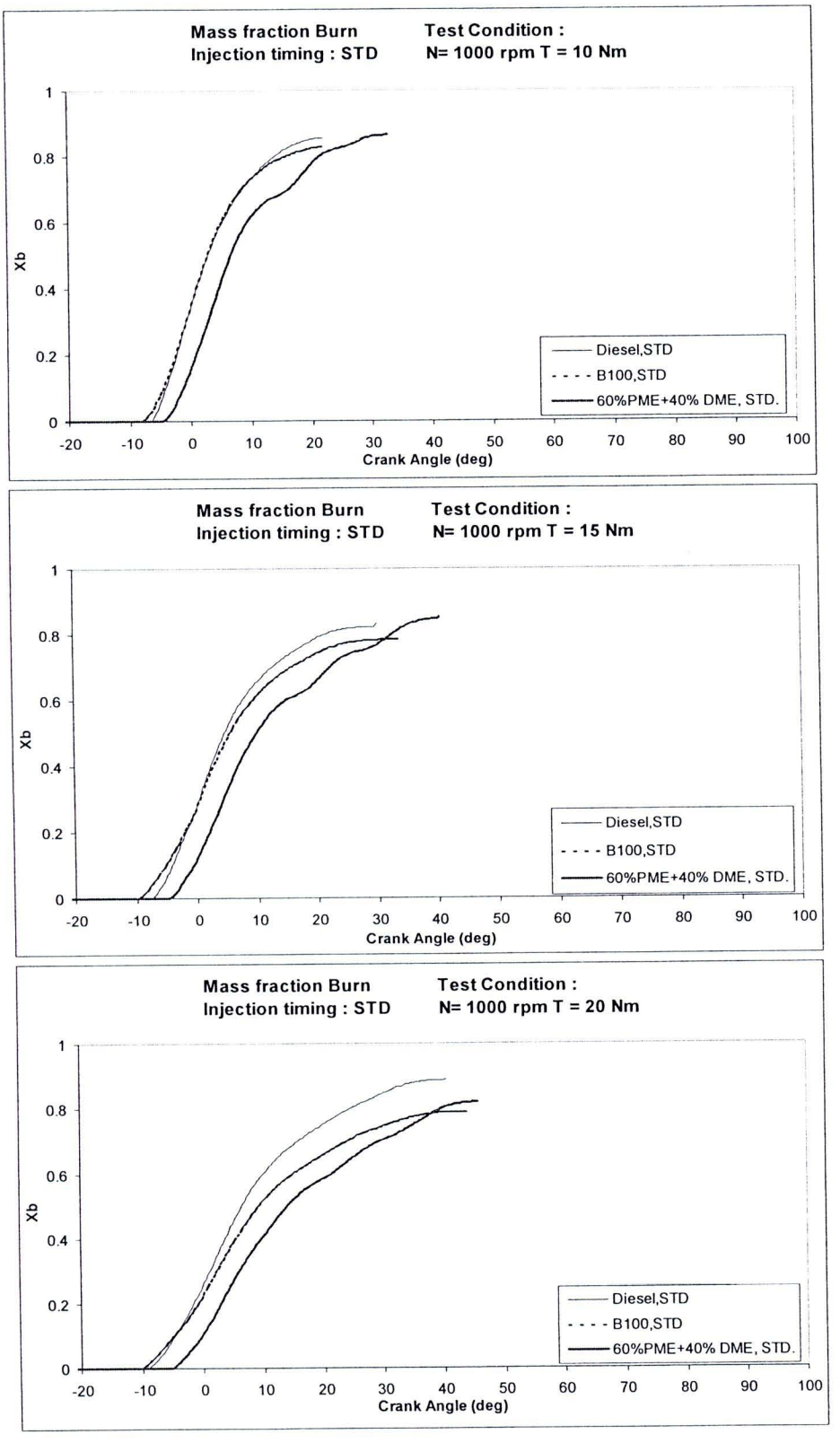
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกันระหว่างผลการทดสอบการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด พบว่าปริมาณการปล่อยความร้อนสุทธินั้นมาจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเชื้อเพลิงที่มีผลปัจจัยต่อปริมาณความร้อนที่ปลดปล่อยออกมา กล่าวคือการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงนั้นมีปริมาณการปล่อยความร้อนสุทธิสูงที่สุดเนื่องมาจากมีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงต่อหน่วยมวลเชื้อเพลิงที่สูง (Heating Value) และยังพบว่าปริมาณความร้อนสุทธิที่ปล่อยออกมายังเพิ่มสูงขึ้นตามภาระการทำงานและความเร็วรอบของเครื่องยนต์

การพิจารณาว่าการนำเชื้อเพลิงต่างๆมาประยุกต์ใช้ในเครื่องยนต์รุ่นที่ใช้ในงานวิจัยว่าเชื้อเพลิงใดมีประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีที่สุด ต้องพิจารณาร่วมกับปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงในแต่ละวัฏจักรเพื่อคำนวณหาค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ ดังจะกล่าวในหัวข้อที่ 6.2.1.6

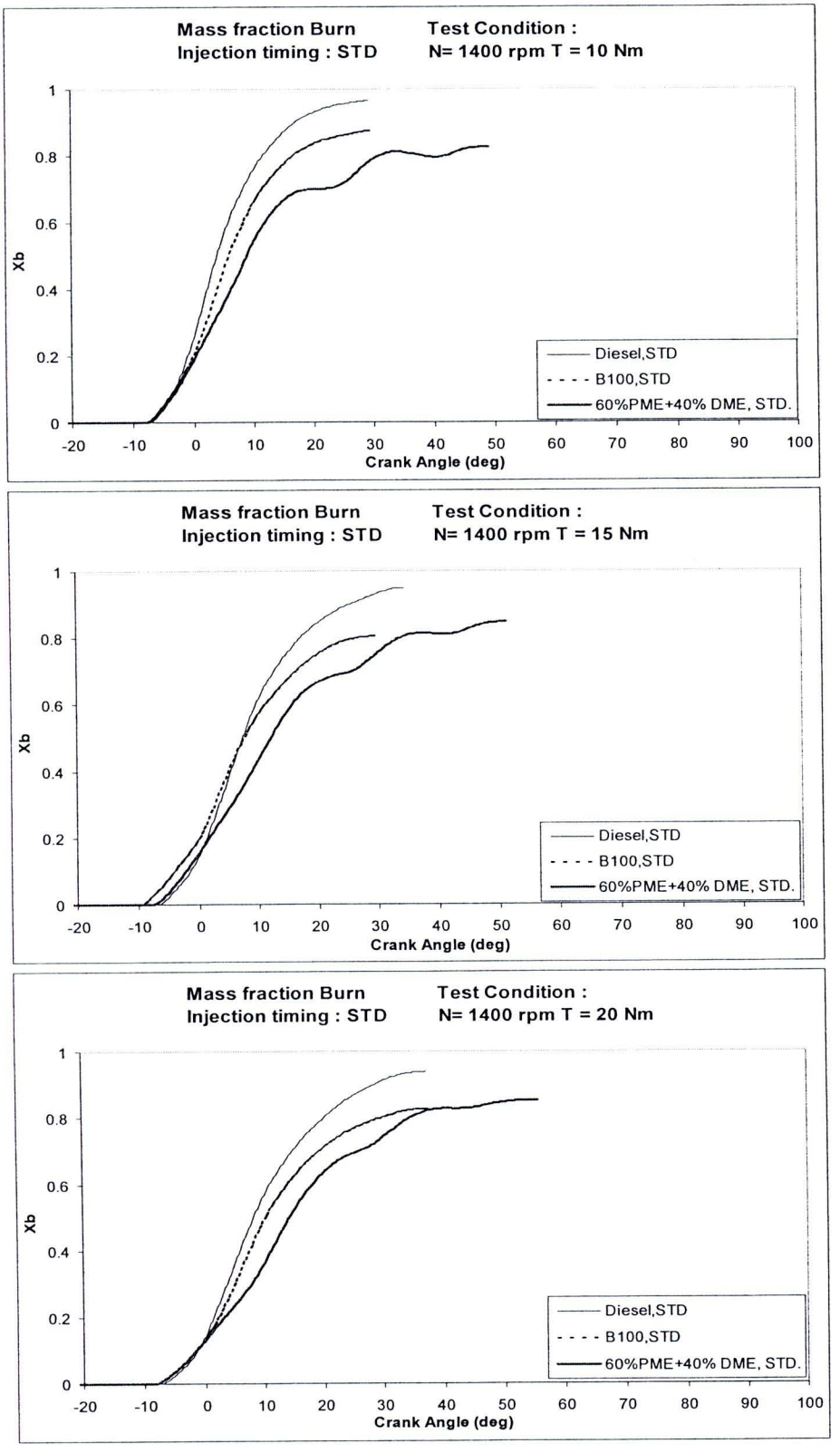
6.2.1.6 สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้

สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ คือ สัดส่วนของมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้แล้ว ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ขึ้นอยู่กับการปล่อยความร้อนสุทธิที่ปล่อยออกมาจากเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ต่อปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในแต่ละวัฏจักร ดังนั้นการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีควรจะมีการปลดปล่อยความร้อนสุทธิในปริมาณที่สูงและสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูง จุดศูนย์กลางการปล่อยความร้อนควรเกิดใกล้จุดศูนย์ตายบนของกระบอกสูบและมีการเผาไหม้ในช่วงแรกที่รวดเร็ว

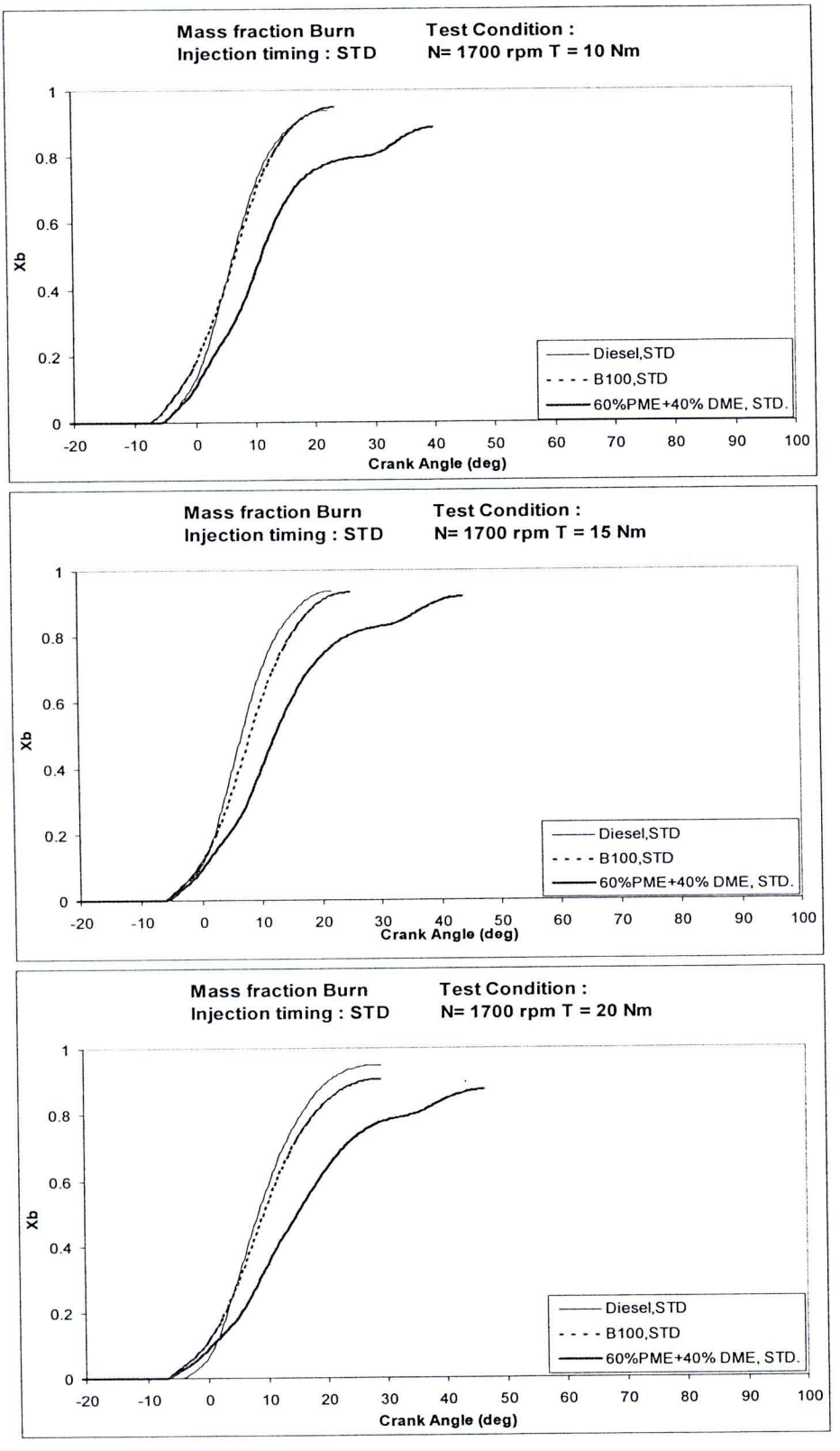
รูปที่ 6-55 ถึงรูปที่ 6-58 แสดงสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ที่สภาวะภาระบางส่วนและ รูปที่ 6-59 แสดงสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ที่สภาวะภาระสูงสุด ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน



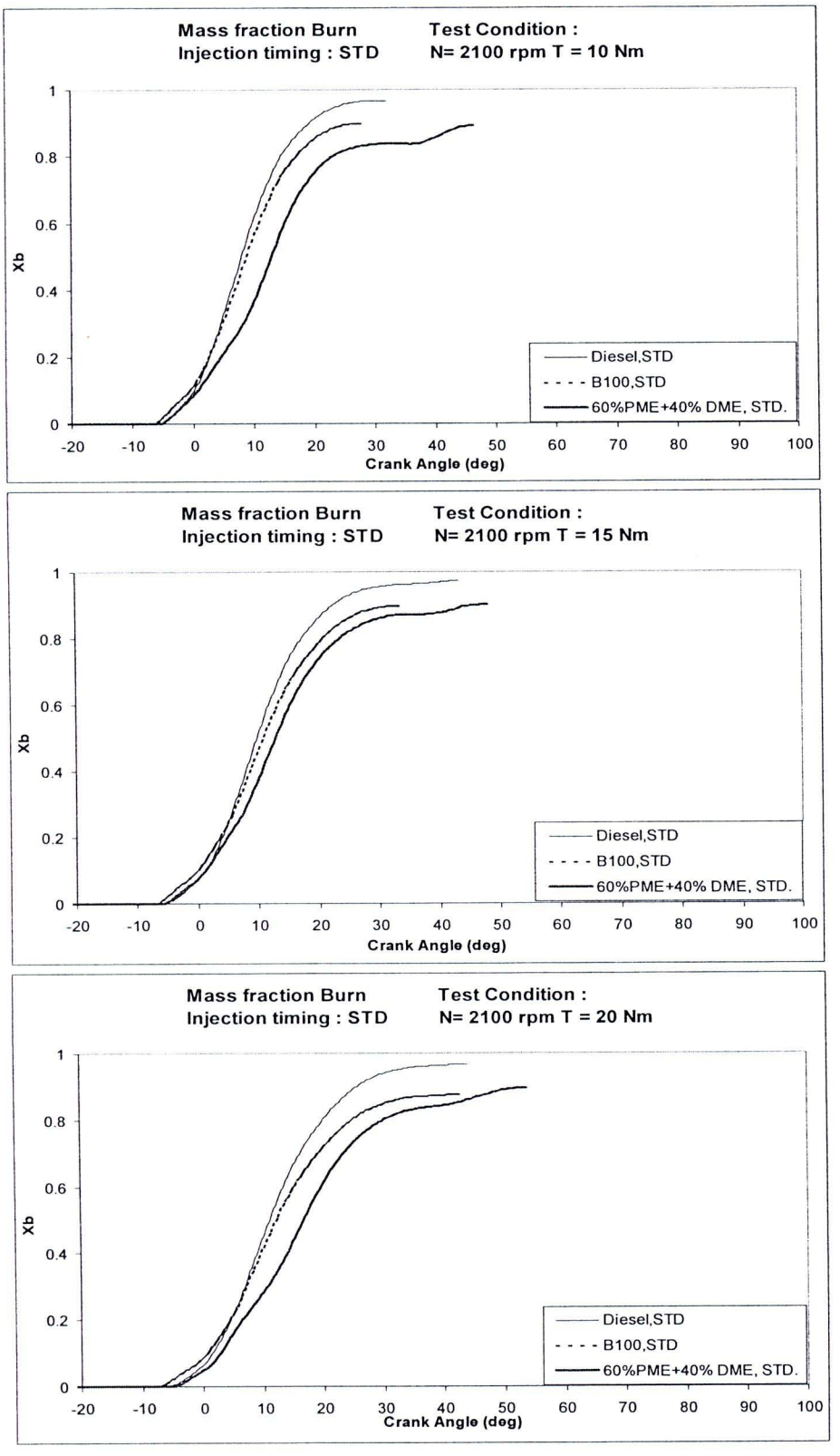
รูปที่ 6-55 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้กับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบ 1000 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



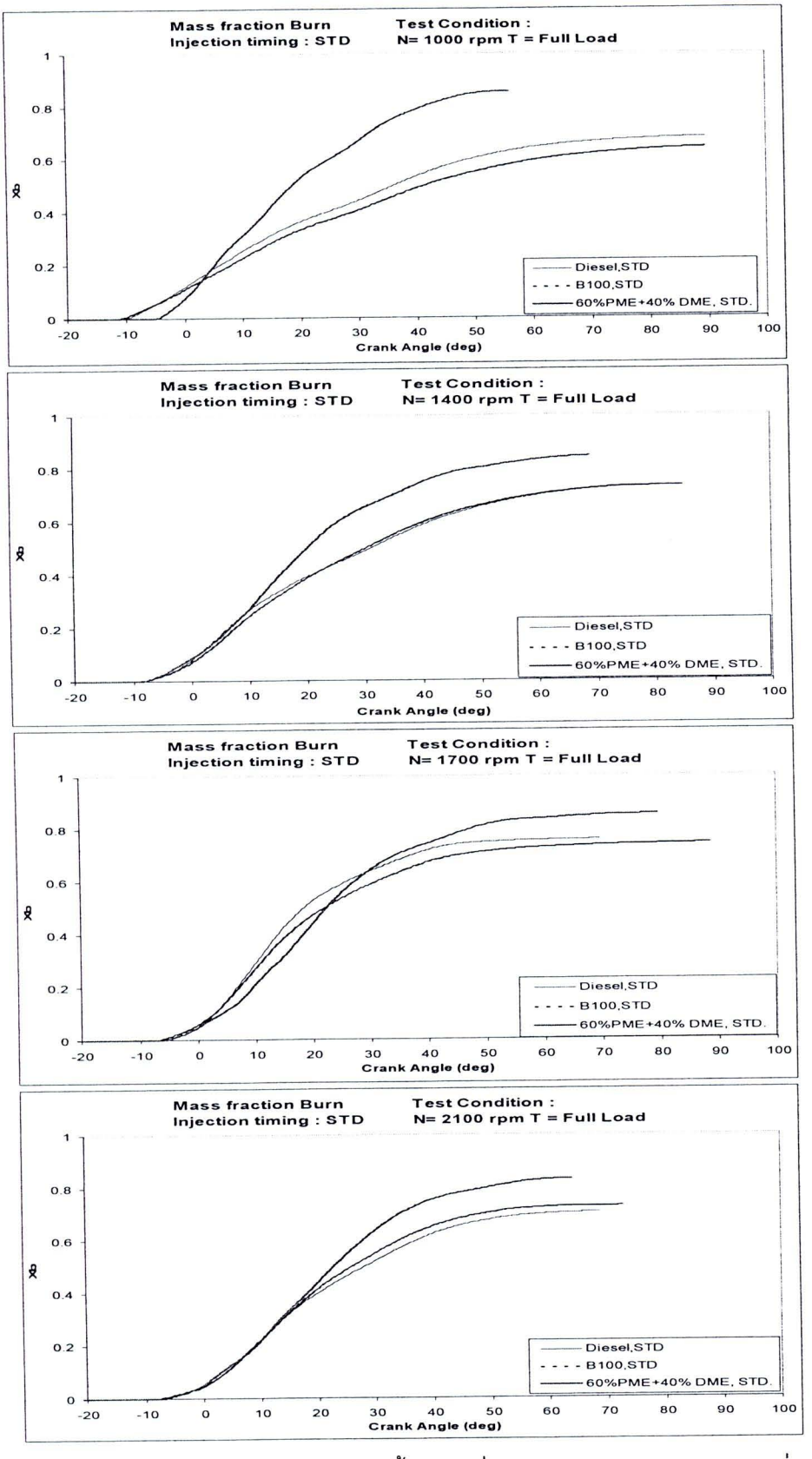
รูปที่ 6-56 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้กับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-57 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้กับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-58 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้กับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วนภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2100 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 6-59 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

จากรูปที่ 6-55 ถึงรูปที่ 6-58 แสดงสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ที่สภาวะภาระบางส่วน โดยภาพรวมค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้นั้นสอดคล้องกันกับค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง กล่าวคือ ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่มีค่าสูงย่อมส่งผลให้มีสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ในร้อยละที่สูงขึ้นตามเช่นกัน

เมื่อพิจารณาค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ ที่จุดทดสอบต่างๆที่สภาวะภาระบางส่วน ที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน พบว่าที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm ที่สภาวะภาระ 10 Nm, 15 Nm เมื่อใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40%DME เป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.864 และ 0.854 เมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ต่ำที่สุด แต่เมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบการทำงานของเครื่องยนต์ตั้งแต่ 1400 rpm จนถึง 2100 rpm ที่สภาวะภาระ 10 Nm, 15 Nm และ 20 Nm พบว่าการใช้น้ำมันดีเซลในช่วงความเร็วรอบการทำงานของเครื่องยนต์ในช่วงความเร็วรอบ 1400 จนถึง 2100 rpm จะมีค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ที่มีค่าสูงที่สุดในทุกภาระการทดสอบของเครื่องยนต์ ซึ่งสอดคล้องกับค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระบางส่วน ในตารางที่ 6-3 และค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานของเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระสูงสุดในตารางที่ 6-10

จากรูปที่ 6-55 ถึงรูปที่ 6-58 แสดงสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ที่สภาวะภาระบางส่วน จากการทดสอบใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน STD สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6-35

ตารางที่ 6-35 แสดงสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อพิจารณาความเร็วรอบคงที่และภาระการทำงานค่าต่างๆ จากการทดสอบใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด ที่เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน

ตารางที่ 6-35 สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Speed	Torque	Cam Shaft Setting	Mass Fraction Burn		
rpm	Nm		Diesel	B100	40% DME
1000	10	STD.	0.854	0.827	0.864
	15		0.834	0.786	0.854
	20		0.889	0.791	0.821
1400	10	STD.	0.965	0.874	0.825
	15		0.949	0.805	0.849
	20		0.939	0.827	0.854
1700	10	STD.	0.938	0.948	0.885
	15		0.937	0.934	0.919
	20		0.950	0.907	0.875
2100	10	STD.	0.967	0.899	0.891
	15		0.974	0.898	0.903
	20		0.967	0.876	0.896

จากตารางที่ 6-35 จากการทดสอบที่จุดทดสอบในแต่ละความเร็วรอบของเชื้อเพลิงที่ใช้ทำการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบคงที่ พบว่าการเพิ่มขึ้นของภาระการทำงาน จะไม่ทำให้สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้เปลี่ยนแปลงแบบมีแนวโน้มที่ชัดเจน

จากรูปที่ 6-59 แสดงสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6-36

ตารางที่ 6-36 แสดงสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อพิจารณาความเร็วรอบคงที่และความเร็วรอบเครื่องยนต์ค่าต่างๆ จากการทดสอบใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด ที่เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน

ตารางที่ 6-36 สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Speed rpm	Torque Nm	Cam Shaft Setting	Fuel	Mass Fraction Burn
1000	37.11	STD.	Diesel	0.679
	36.45		B100	0.640
	29.22		40% DME	0.855
1400	40.72	STD.	Diesel	0.731
	39.56		B100	0.732
	31.35		40% DME	0.844
1700	40.87	STD.	Diesel	0.757
	39.74		B100	0.742
	31.35		40% DME	0.852
2100	38.94	STD.	Diesel	0.704
	37.04		B100	0.728
	31.64		40% DME	0.831

จากตารางที่ 6-36 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระสูงสุด พบว่าการใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง มีค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้ที่สูงที่สุด ในทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์ แต่เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ พบว่าการเพิ่มขึ้นของแรงบิดเบรกสูงสุด จะไม่ทำให้สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้เปลี่ยนแปลงแบบมีแนวโน้มที่ชัดเจนเช่นเดียวกัน

จากตารางที่ 6-35 ถึงตารางที่ 6-36 สามารถพิจารณาหาเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบซึ่งมีการเผาไหม้ดีที่สุดในแต่ละจุดทดสอบ เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน ได้ดังแสดงในตารางที่ 6-37 โดยภาพรวม หากพิจารณาที่สภาวะการทำงานที่ภาระบางส่วน ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm เมื่อใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง จะมีสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูงที่สุด ๖ยกเว้นที่ภาระ 20Nm) เนื่องจากที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ มีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่ต่ำทำให้สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูง แต่ที่ความเร็วรอบในช่วงตั้งแต่ 1400 rpm จนถึง 2100 rpm พบว่า เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงใน

การทดสอบจะมีสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูง ซึ่งเป็นไปได้ว่าการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าทำให้มีเชื้อเพลิงที่ออกจากรูหัวฉีดเกิดการผสมกับไอดีได้ดีและมีอัตราการผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศในอัตราส่วนที่เหมาะสมในช่วงล่าช้าการจุดระเบิดเป็นผลให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่สูง จึงเป็นผลให้สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูง แต่เมื่อใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงจะมีการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้าการเผาไหม้ส่วนใหญ่ของเชื้อเพลิงจะเกิดขึ้นในช่วง (expansion stroke) อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ก่อนเริ่มต้นการเผาไหม้มีค่าสูงขึ้นและมีปริมาณความต้องการความร้อนที่ใช้ในการระเหยเป็นไอของเชื้อเพลิงที่สูงทำให้ห้องเผาไหม้อุณหภูมิลดต่ำลง ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์น้อยกว่า เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ออกจากรูหัวฉีดจะเกิดการเผาไหม้ทันทีและใกล้กับตำแหน่งจุดศูนย์ตายบน จึงทำให้เครื่องยนต์ได้งานจากการเผาไหม้น้อย แม้ว่าการปล่อยความร้อนสุทธิจะมีค่าสูงแต่ก็มีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่มากทำให้สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ต่ำและอุณหภูมิไอเสียที่สูง

โดยในส่วนกรณีการทดสอบที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อพิจารณาถึงค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ พบว่า ใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูงที่สุดในทุกความเร็วรอบของการทดสอบ อันเนื่องมาจากมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่มีค่าสูงที่สุดและมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่ต่ำที่สุด รวมทั้งมีค่าอุณหภูมิไอเสียที่ต่ำที่สุด ในทุกความเร็วรอบการทำงานของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระสูงสุด

ตารางที่ 6-37 แสดงชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบที่มีการเผาไหม้ดีที่สุดในแต่ละจุดทดสอบ เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน

ตารางที่ 6-37 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบที่มีการเผาไหม้ดีที่สุดในแต่ละจุดทดสอบ เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน

Speed	Torque	Timing	Mass Fraction Burn		
rpm	Nm		Diesel	B100	40% DME
1000	10	STD.			√
1000	15				√
1000	20		√		
1000	Full				√
1400	10	STD.	√		
1400	15		√		
1400	20		√		
1400	Full				√
1700	10	STD.	√		
1700	15		√		
1700	20		√		
1700	Full				√
2100	10	STD.	√		
2100	15		√		
2100	20		√		
2100	Full				√

จากตารางที่ 6-37 โดยภาพรวมพบว่า การใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูงที่สุด ถึงแม้จากผลการทดสอบจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงของการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะมีช่วงเริ่มต้นล่วงหน้าก่อนการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง แต่เนื่องจากมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรและอุณหภูมิไอเสียที่สูงกว่า จึงเป็นผลให้มีค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ที่มีค่าต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มีช่วงการเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงมีค่าล่วงหน้าที่มาก ในขณะที่อุณหภูมิในห้องเผาไหม้มีค่าต่ำ และมีอัตราการผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศในอัตราส่วนที่เหมาะสมในช่วงล่าช้าการจุดระเบิดทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ จึงเป็นผลให้สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้มีค่าสูงและอุณหภูมิไอเสียต่ำ แต่เมื่อมีการฉีดเชื้อเพลิงมีค่าล่วงหน้าที่น้อยกว่า อุณหภูมิในห้องเผา

ไหม้ก่อนเริ่มต้นการเผาไหม้มีค่าสูง ดังนั้นจึงไม่มีช่วงล่าช้าการจุดระเบิดและทำให้อัตราการผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศมีอัตราส่วนที่ไม่เหมาะสม ทำให้เชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกจากรูหัวฉีดเกิดการเผาไหม้ทันทีและเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เป็นผลให้สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้มีค่าต่ำและอุณหภูมิไอเสียสูง ซึ่งจากอุณหภูมิไอเสียที่สูงนั้นสามารถเป็นตัวยืนยันได้ถึงการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นห่างจากจุดศูนย์ตายบน ซึ่งเครื่องยนต์จะไม่ได้งานจากการเผาไหม้เนื่องจากการขยายตัวของลูกสูบในช่วงหลังศูนย์ตายบนเมื่อมีองศาการฉีดเชื้อเพลิงมีค่าล่วงหน้าน้อย

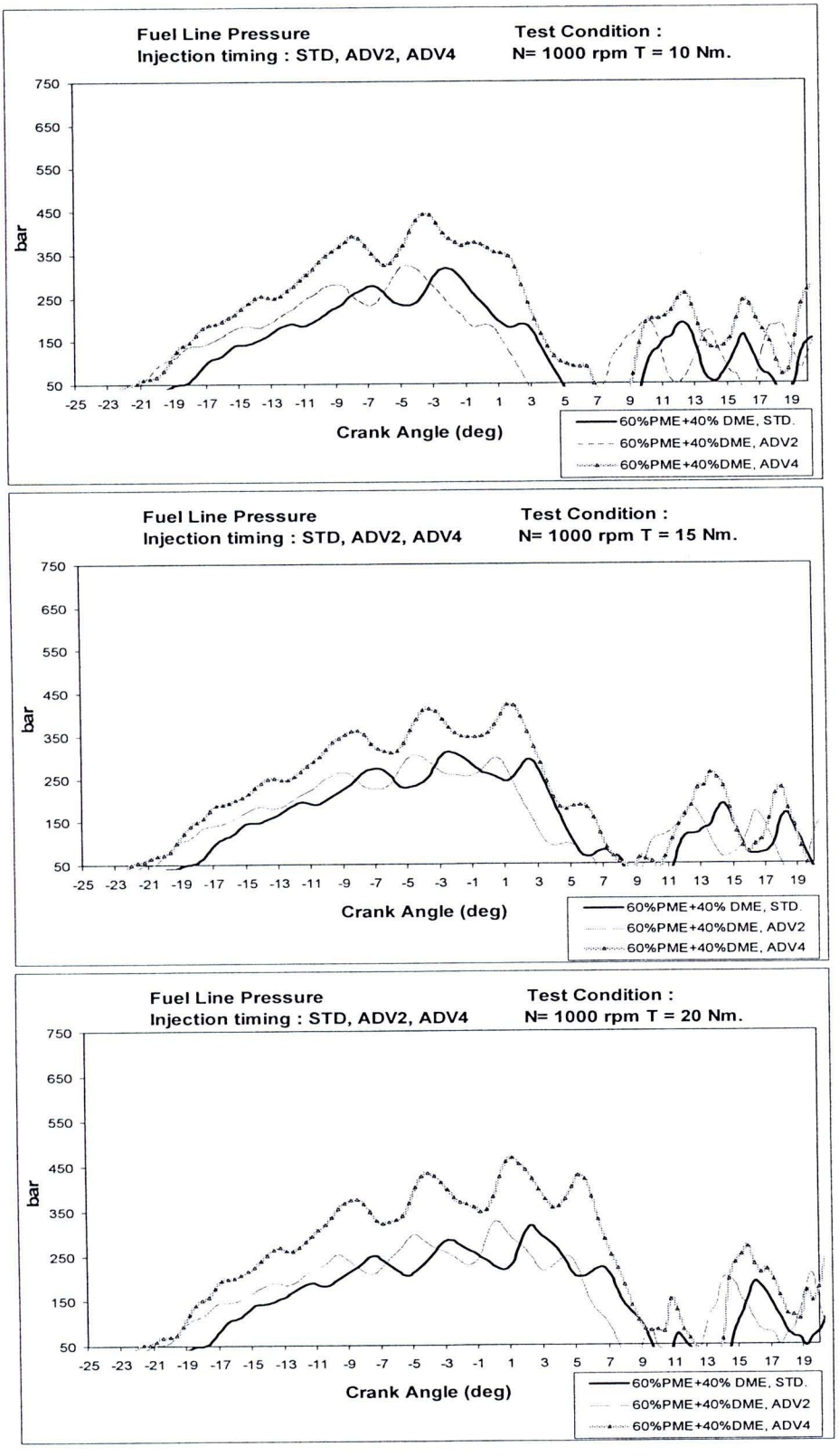
6.2.2 ผลทดสอบและการวิเคราะห์ปรากฏการณ์การเผาไหม้ จากการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่าง ๆ เมื่อใช้ DME ผสมปาล์มไบโอดีเซล เป็นเชื้อเพลิง

แสดงผลการทดสอบและวิเคราะห์การเผาไหม้ จากการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิง เมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME เพื่อศึกษาอิทธิพลของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ ต่อปรากฏการณ์การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง โดยการทดสอบและวิเคราะห์การเผาไหม้ นั้นจะใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าค่าต่างๆ อาทิ เช่น ADV2 และ ADV4 เปรียบเทียบกับผลจากการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD ซึ่งผลการทดสอบที่แสดงในส่วนนี้คือ ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าของหัวฉีด ความดันในห้องเผาไหม้ อัตราการปล่อยความร้อน การปล่อยความร้อนสุทธิ สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้และช่วงล่าช้าการจุดระเบิด

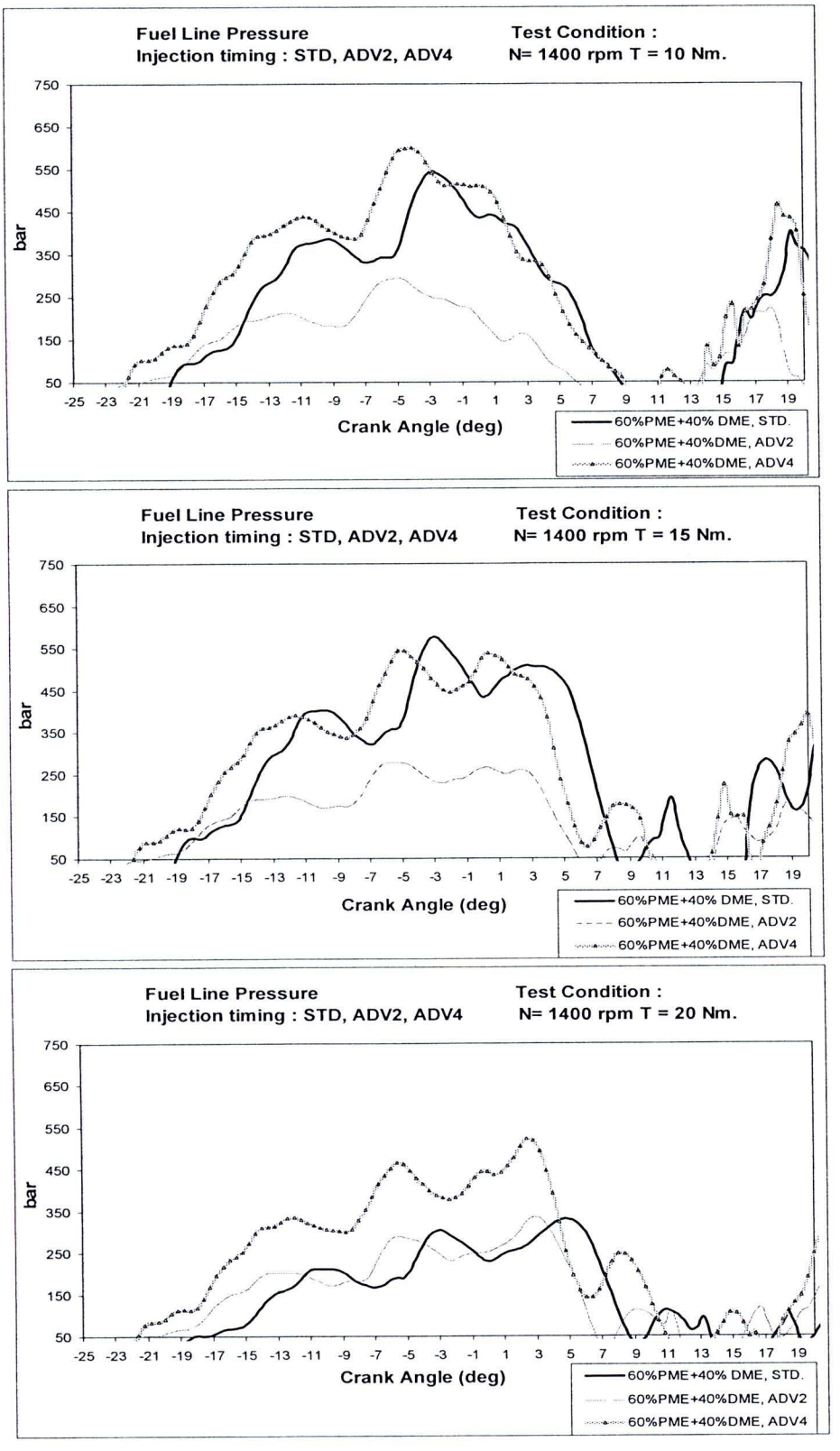
6.2.2.1 ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด

จากผลการทดสอบข้อมูลความดันในท่อส่งเชื้อเพลิง ในหัวข้อที่ 6.2.1.1 เมื่อใช้ DME-PME เป็นเชื้อเพลิง ที่เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (STD) พบว่ามีแนวโน้มของจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้ากว่าค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน ที่บริษัทผู้ผลิตได้ออกแบบไว้ที่ (STD, 20CA BTDC) เนื่องมาจากคุณสมบัติบางประการของเชื้อเพลิง DME-PME ที่แตกต่างออกไปจากน้ำมันดีเซล อาทิ เช่น ความสามารถในการอัดตัวได้, ค่าความหนืด, ความหนาแน่น, ความดันไอของเชื้อเพลิง เป็นต้น จึงจำเป็นที่ต้องปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่วงหน้าออกไป เพื่อให้มีแนวโน้มของการเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่วงหน้ามากขึ้น ซึ่งผลการทดสอบจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD)

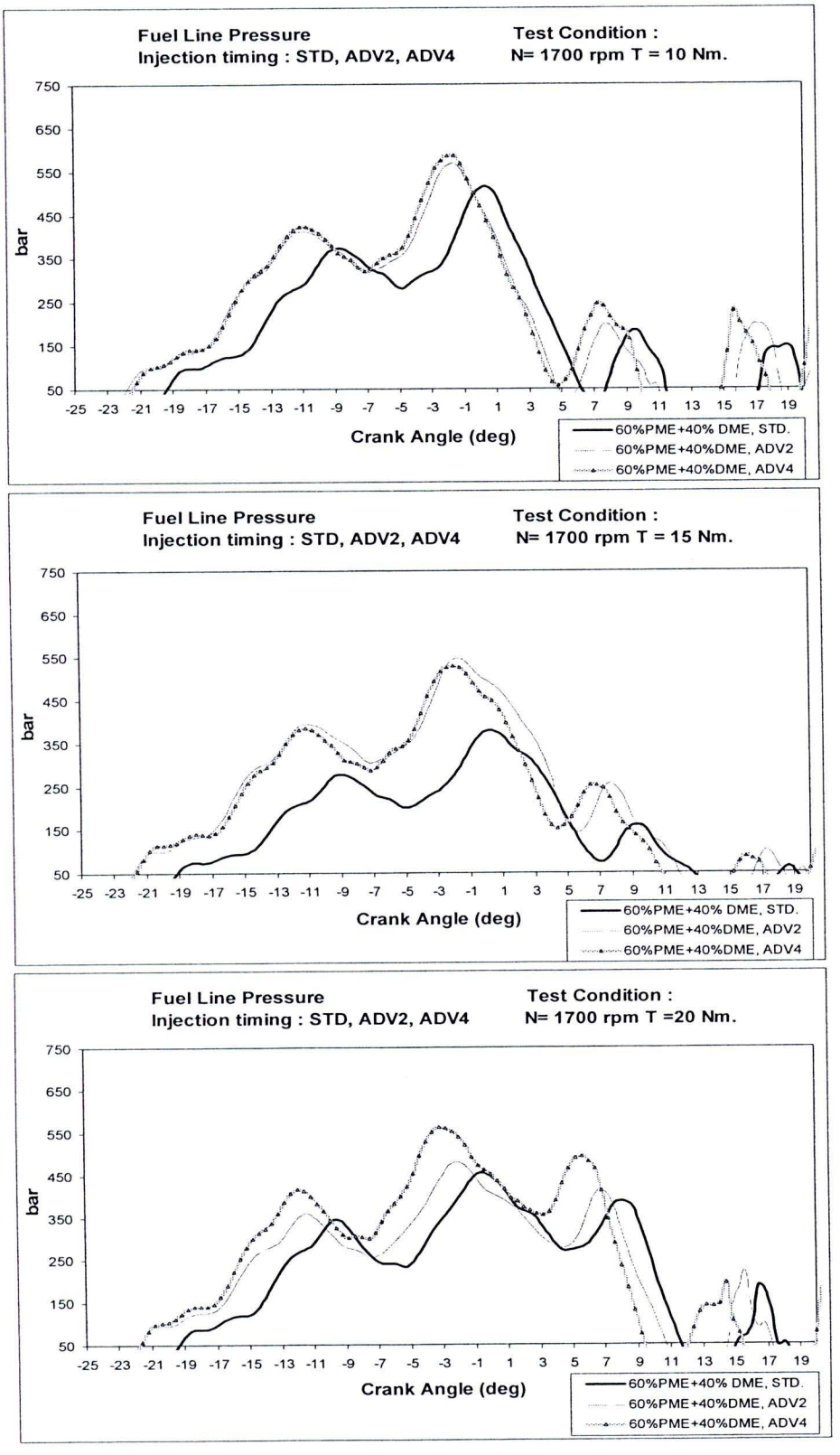
รูปที่ 6-60 ถึงรูปที่ 6-63แสดงความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดที่สภาวะภาระบางส่วน และรูปที่ 6-64 แสดงความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ ของการใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง



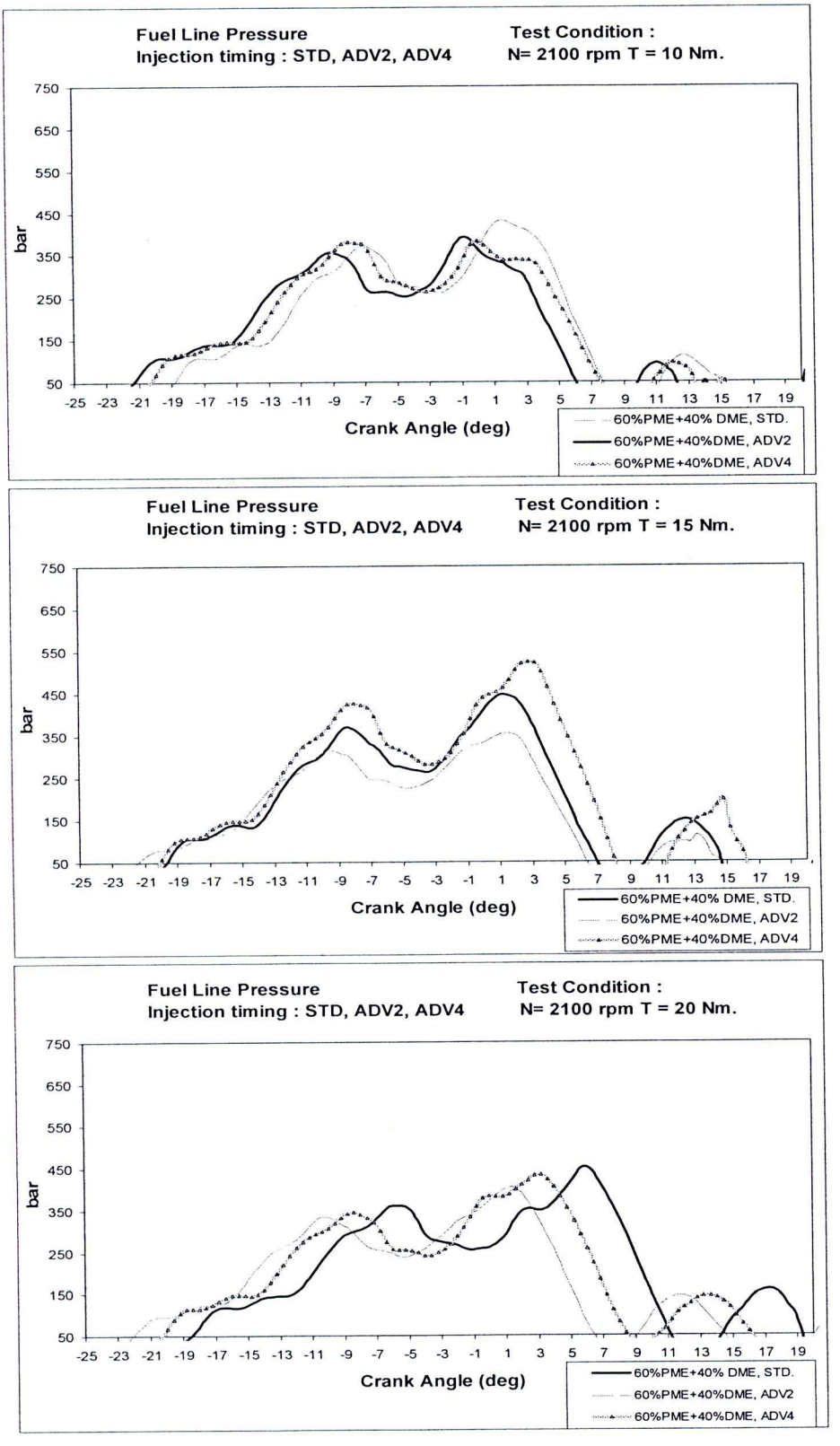
รูปที่ 6-60 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



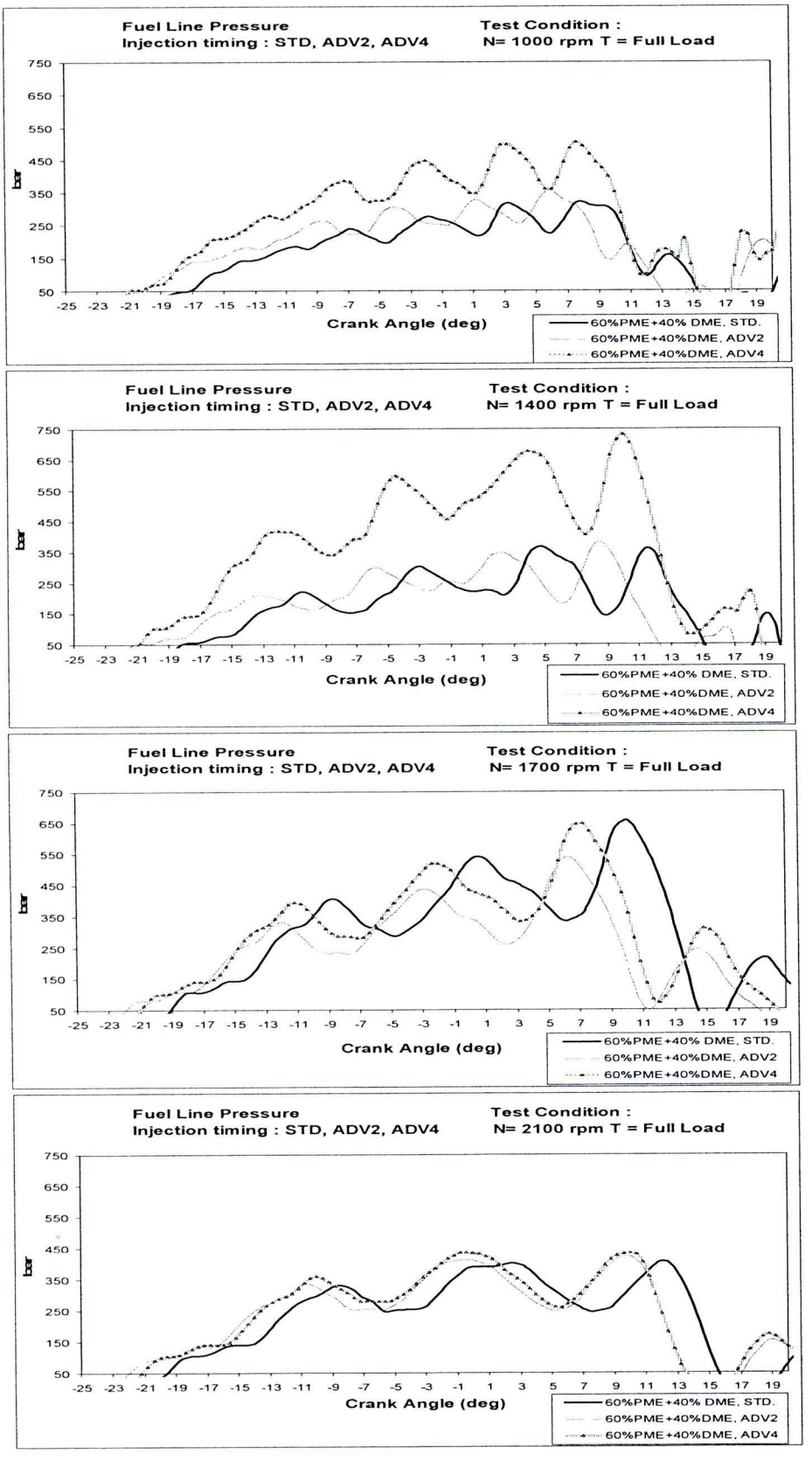
รูปที่ 6-61 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-62 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-63 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2100 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-64 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

จากรูปที่ 6-60 ถึงรูปที่ 6-63 โดยจากผลการทดสอบที่สภาวะภาระบางส่วน พบว่า เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงเกิดขึ้นก่อน โดยที่การใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD จะมีจุดฉีดเชื้อเพลิงล่าช้าที่สุด ตลอดช่วงของความเร็วรอบเครื่องยนต์และทุกจุดภาระการทดสอบ และจากรูปที่ 6-64 ที่สภาวะภาระสูงสุด ยังให้ผลในลักษณะเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงเกิดขึ้นก่อน โดยที่การใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD จะมีจุดฉีดเชื้อเพลิงล่าช้าที่สุด ตลอดช่วงของความเร็วรอบเครื่องยนต์

จากรูปที่ 6-60 ถึงรูปที่ 6-63 ผลจากการทดสอบค่าความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่สภาวะภาระบางส่วน สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-38

ตารางที่ 6-38 จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงและจุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

Speed	Torque	Fuel	SOI (CA)			EOI (CA)		
Rpm	Nm		STD	ADV2	ADV4	STD	ADV2	ADV4
1000	10	60%PME+40%DME	-15.2	-17.2	-18.4	3.6	1.6	4.0
	15		-15.2	-17.2	-18.4	4.8	3.2	6.8
	20		-14.8	-17.2	-18.4	8.0	6.4	8.4
1400	10		-15.2	-16.8	-18.0	7.2	3.6	6.8
	15		-15.2	-16.8	-17.6	7.6	4.8	10.0
	20		-13.6	-16.4	-17.6	8.0	6.0	10.0
1700	10		-14.4	-17.2	-18.0	5.2	4.0	9.6
	15		-13.6	-17.2	-17.2	5.6	10.0	9.2
	20		-14.4	-16.8	-17.6	10.8	10.0	8.8
2100	10		-13.2	-15.2	-16.4	6.8	5.2	6.4
	15		-14.0	-15.2	-16.4	6.0	5.2	7.6
	20		-14.0	-16.0	-16.4	10.4	5.6	7.6

จากตารางที่ 6-38 เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ พบว่าการเพิ่มขึ้นของภาระการทำงาน ไม่ทำให้จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงเปลี่ยนแปลงอย่างมีแนวโน้มที่ชัดเจน แต่เมื่อพิจารณาที่ภาระคงที่ พบว่าแนวโน้มจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงจะมีจุดเริ่มต้นการฉีดเข้าใกล้จุดศูนย์ตายบนของกระบอกสูบตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น

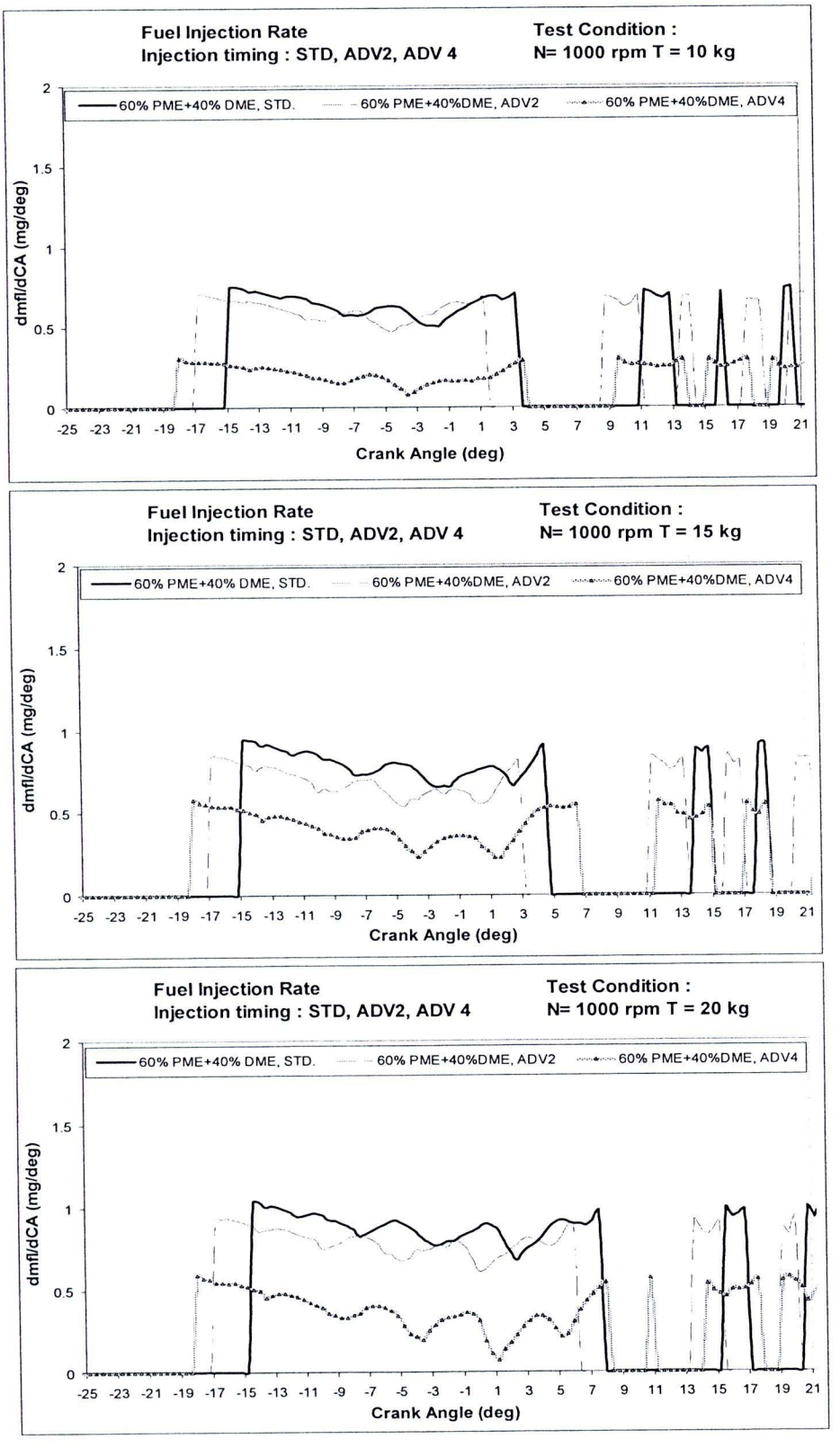
จากรูปที่ 6-64 ผลการทดสอบค่าความดันความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดที่สภาวะภาระสูงสุด สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-39

ตารางที่ 6-39 จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงและจุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

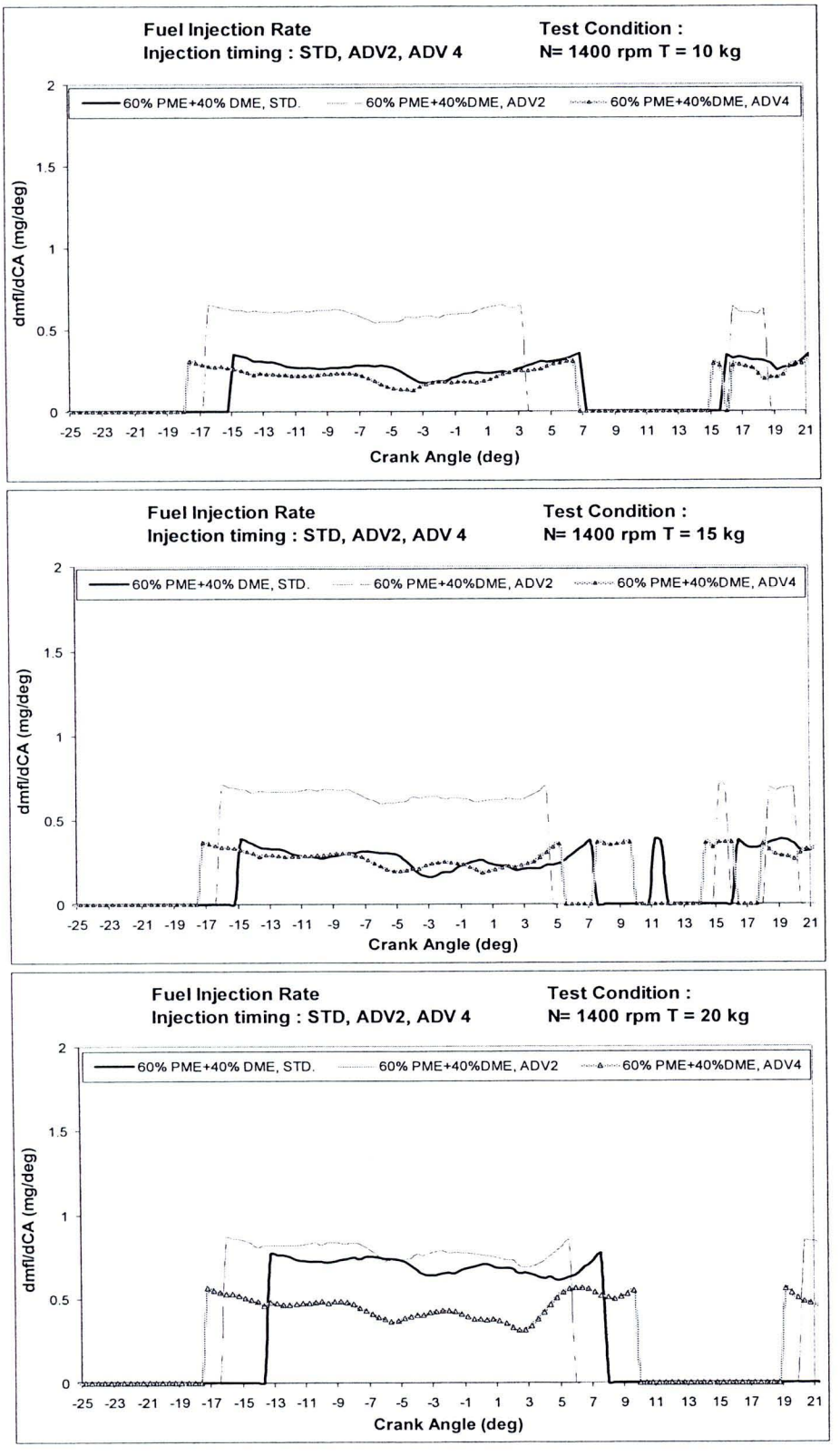
Speed	Torque	Fuel	Cam Shaft Setting	SOI	EOI
rpm	Nm			(CA)	(CA)
1000	29.22	60%PME+40%DME	STD	-14.0	11.6
	28.43		ADV2	-16.8	12.0
	27.26		ADV4	-17.6	11.2
1400	31.35		STD	-13.6	14.4
	29.84		ADV2	-16.4	11.6
	29.05		ADV4	-18.0	13.6
1700	32.06		STD	-15.6	14.0
	31.94		ADV2	-16.8	10.4
	32.19		ADV4	-17.6	11.2
2100	31.64		STD	-15.2	15.2
	31.54		ADV2	-16.4	12.8
	31.45		ADV4	-16.8	12.8

จากตารางที่ 6-39 เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ โดยภาพรวมพบว่าค่าแรงบิดเบรกสูงสุดของเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงเข้าใกล้จุดศูนย์ตายบนของกระบอกสูบมากขึ้น

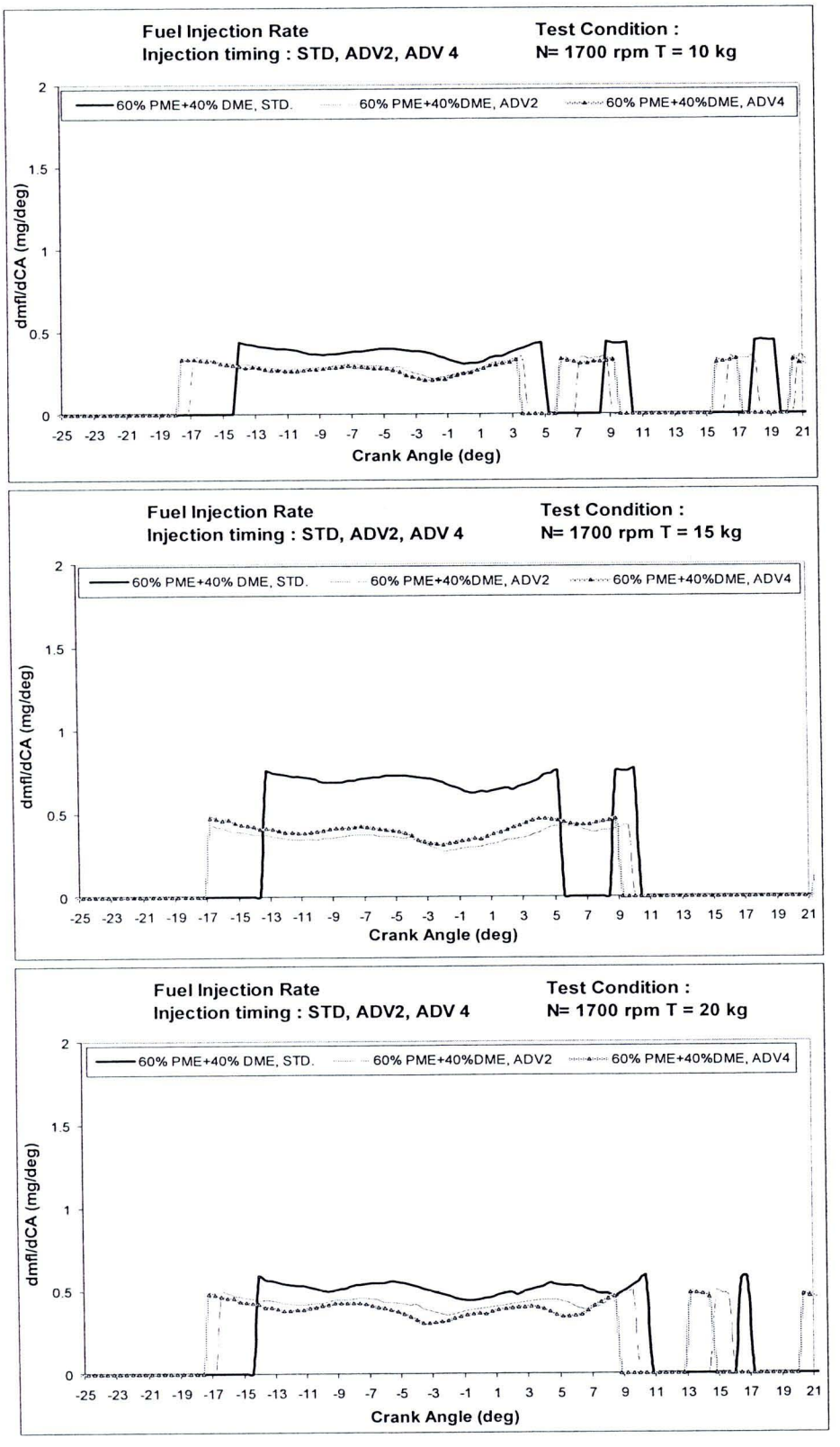
จากรูปที่ 6-60 ถึงรูปที่ 6-64สามารถคำนวณหาอัตราการฉีดเชื้อเพลิง ได้จากสมการที่ 3-11 ในบทที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 6-65 ถึงรูปที่ 6-69



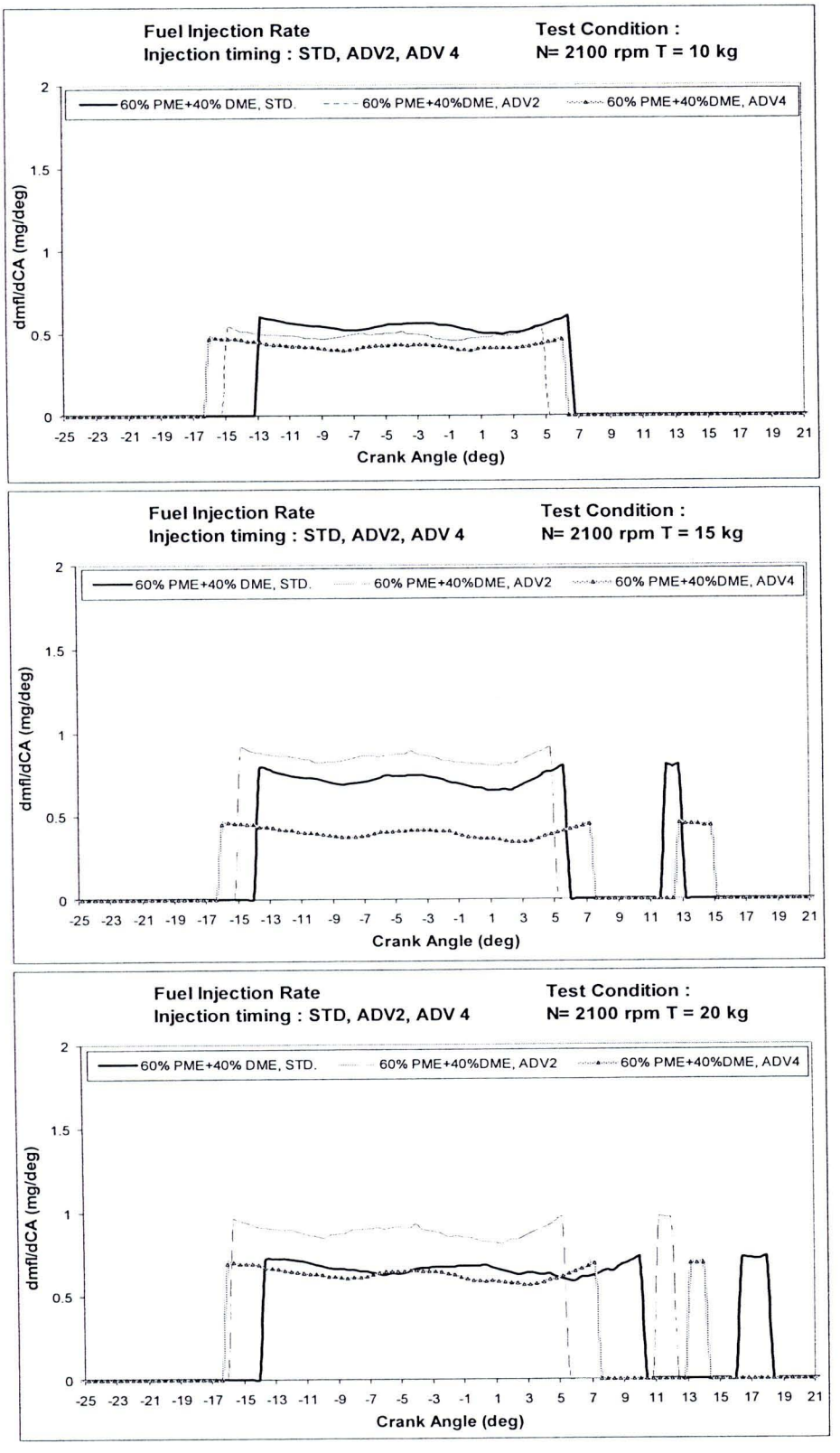
รูปที่ 6-65 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดเชื้อเพลิงกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วนภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



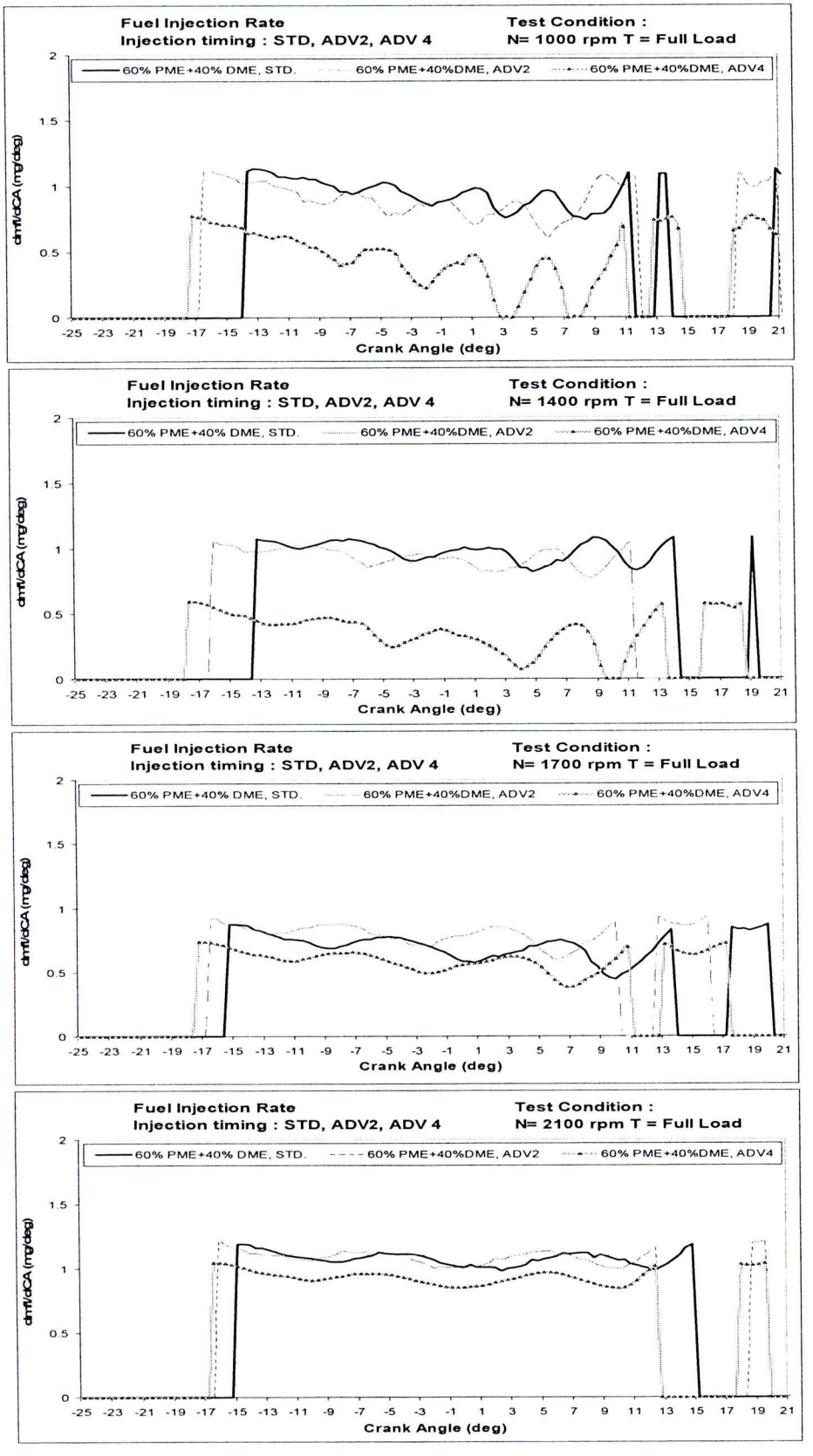
รูปที่ 6-66 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดเชื้อเพลิงกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วนภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-67 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดเชื้อเพลิงกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-68 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดเชื้อเพลิงกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วนภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2100 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-69 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

จากรูปที่ 6-65 ถึงรูปที่ 6-69 แสดงอัตราการฉีดเชื้อเพลิงพบว่า จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงเป็นไปตามแนวโน้มการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า กล่าวคือ เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวปรับแต่งเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงเกิดขึ้นก่อน โดยที่การใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD จะมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้าที่สุดและพบว่ามีค่าสูงสุดไม่เกิน 1.2 mg/CA

ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (STD) และที่เพลาลูกเบี้ยวปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าค่าต่างๆ (ADV2 และ ADV4) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6-40

ตารางที่ 6-40 ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

Speed	Torque	Fuel	ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร (mg/cycle)		
rpm	N-m		STD	ADV2	ADV4
1000	10	60%PME+40%DME	14.28	14.80	14.68
1000	15		18.73	18.92	17.86
1000	20		24.04	23.39	23.72
1400	10		15.69	15.10	14.78
1400	15		19.17	19.92	18.50
1400	20		24.06	24.15	21.91
1700	10		16.87	16.42	15.25
1700	15		20.48	20.27	20.13
1700	20		25.14	25.39	24.16
2100	10		18.41	17.53	17.05
2100	15		21.98	21.70	21.55
2100	20		26.08	26.66	25.69

จากตารางที่ 6-40 เมื่อพิจารณาผลของค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆต่อปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่สภาวะภาระบางส่วน พบว่า โดยภาพรวมการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีค่าปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรต่ำที่สุด ยกเว้นบางช่วงภาระที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm แต่เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบคงที่พบว่า เมื่อภาระการทำงานเพิ่มสูงขึ้นจะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องการปริมาณเชื้อเพลิงมากขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ภาระคงที่ พบว่า เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นจะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากต้องการปริมาณเชื้อเพลิงเพื่อชดเชยต่อแรงเสียดทานในระบบที่เพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบเครื่องยนต์

ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (STD) และที่เพลาลูกเบี้ยวปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าค่าต่างๆ (ADV2 และ ADV4) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6-41

ตารางที่ 6-41 ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่สภาวะภาระสูงสุดเปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

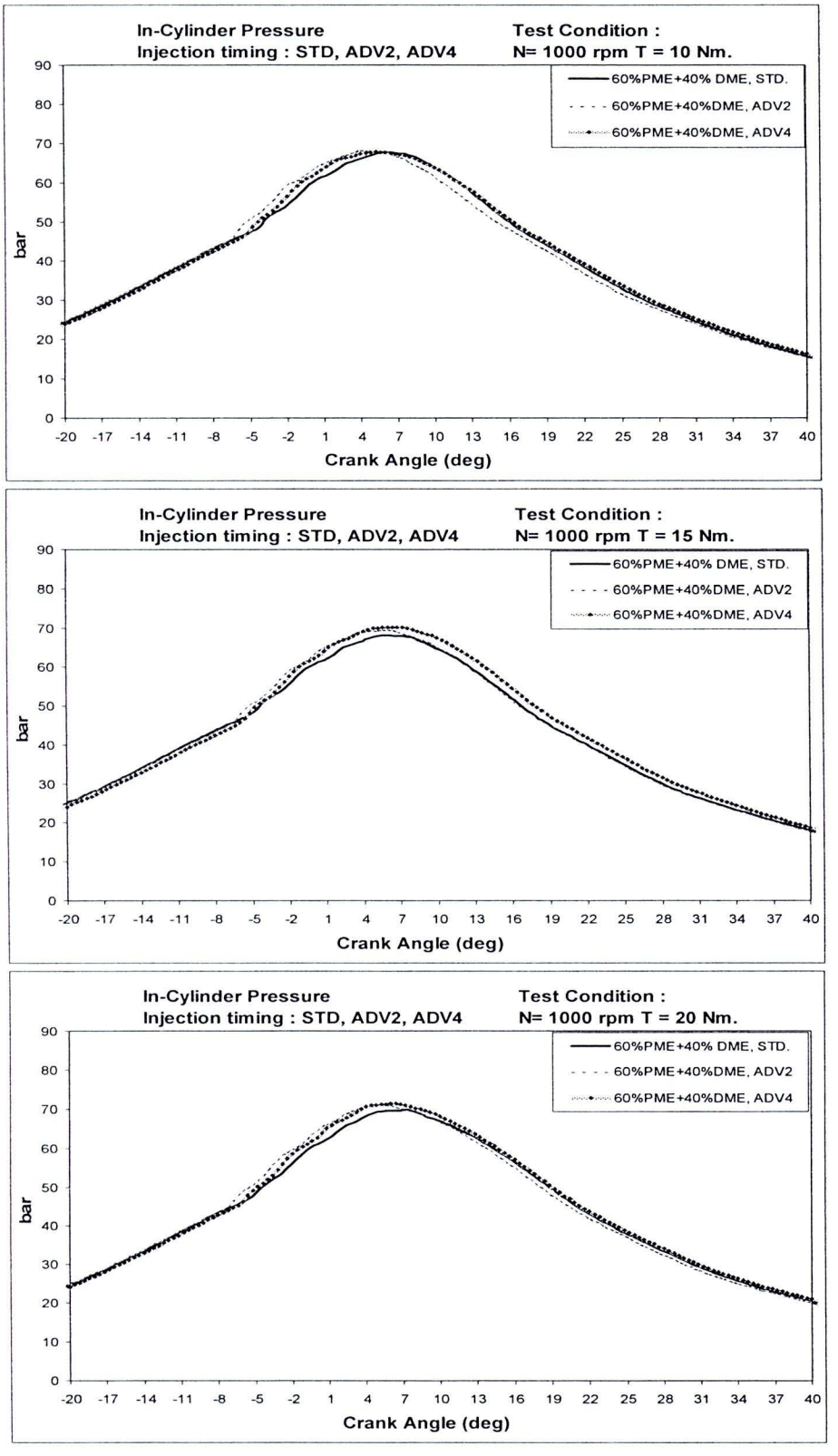
Speed	Torque	Fuel	Cam Shaft Setting	ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร
rpm	Nm			(mg/cycle)
1000	29.22	60%PME+40%DME	STD	31.19
	28.43		ADV2	32.80
	27.26		ADV4	29.92
1400	31.35		STD	33.56
	29.84		ADV2	33.29
	29.05		ADV4	31.60
1700	32.06		STD	36.28
	31.94		ADV2	37.08
	32.19		ADV4	36.56
2100	31.64		STD	38.76
	31.54		ADV2	40.02
	31.45		ADV4	37.20

จากตารางที่ 6-41 เมื่อพิจารณาผลของค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆต่อปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่สภาวะภาระสูงสุด พบว่า โดยภาพรวมการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีค่าปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรต่ำที่สุด ยกเว้นที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm

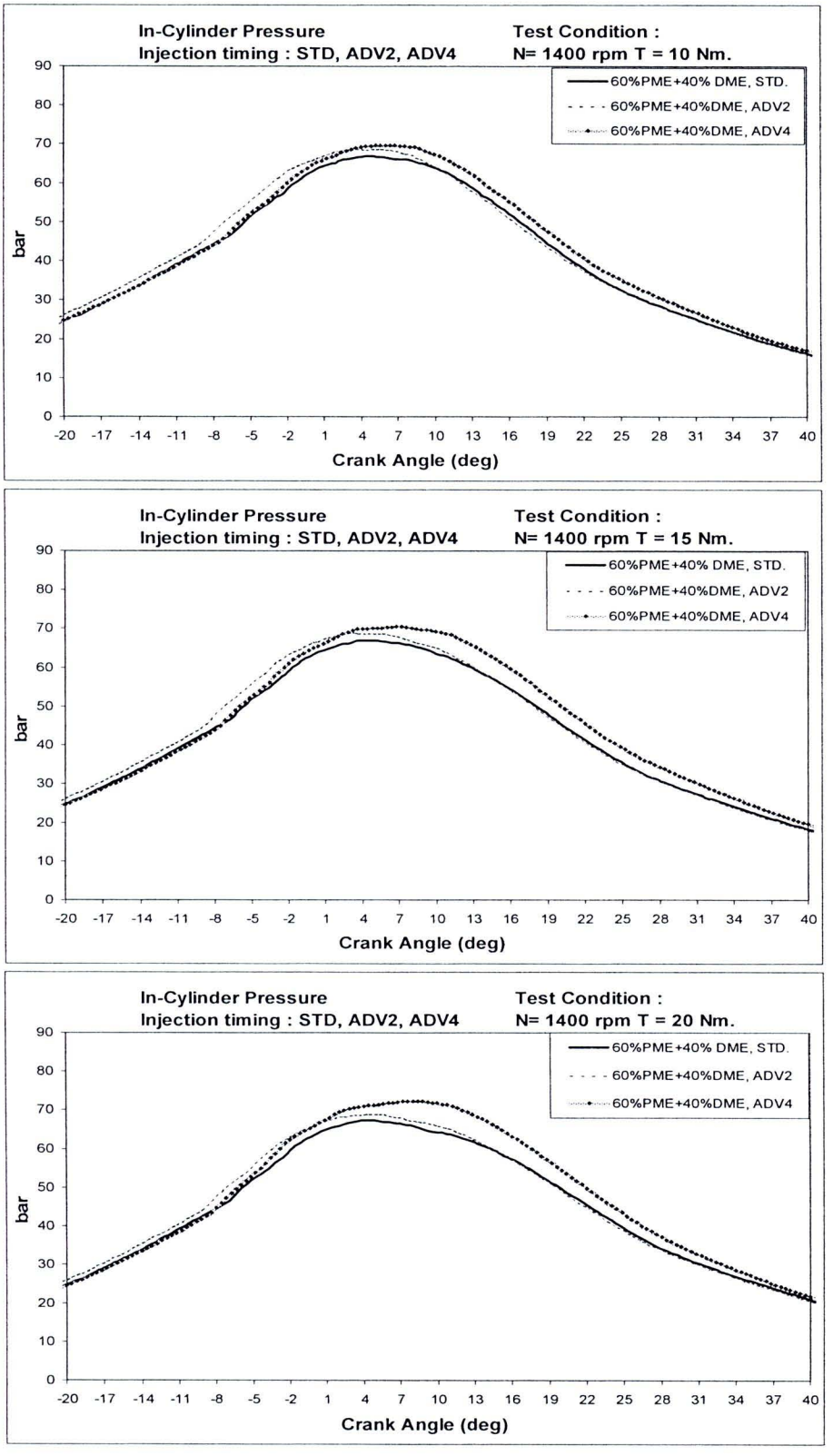
6.2.2.2 **ความดันในห้องเผาไหม้**

รูปที่ 6-70 ถึงรูปที่ 6-73 แสดงความดันในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า ที่สภาวะภาระบางส่วนและรูปที่ 6-74 แสดงความดันในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า ที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ ของการใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง เมื่อพิจารณาผลของค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ โดยรวม พบว่าการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่าความดันในห้องเผาไหม้สูงที่สุด และการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน จะมีค่าความดันในห้องเผาไหม้ต่ำที่สุด ในทุกความเร็วรอบและทุกภาระการทดสอบ

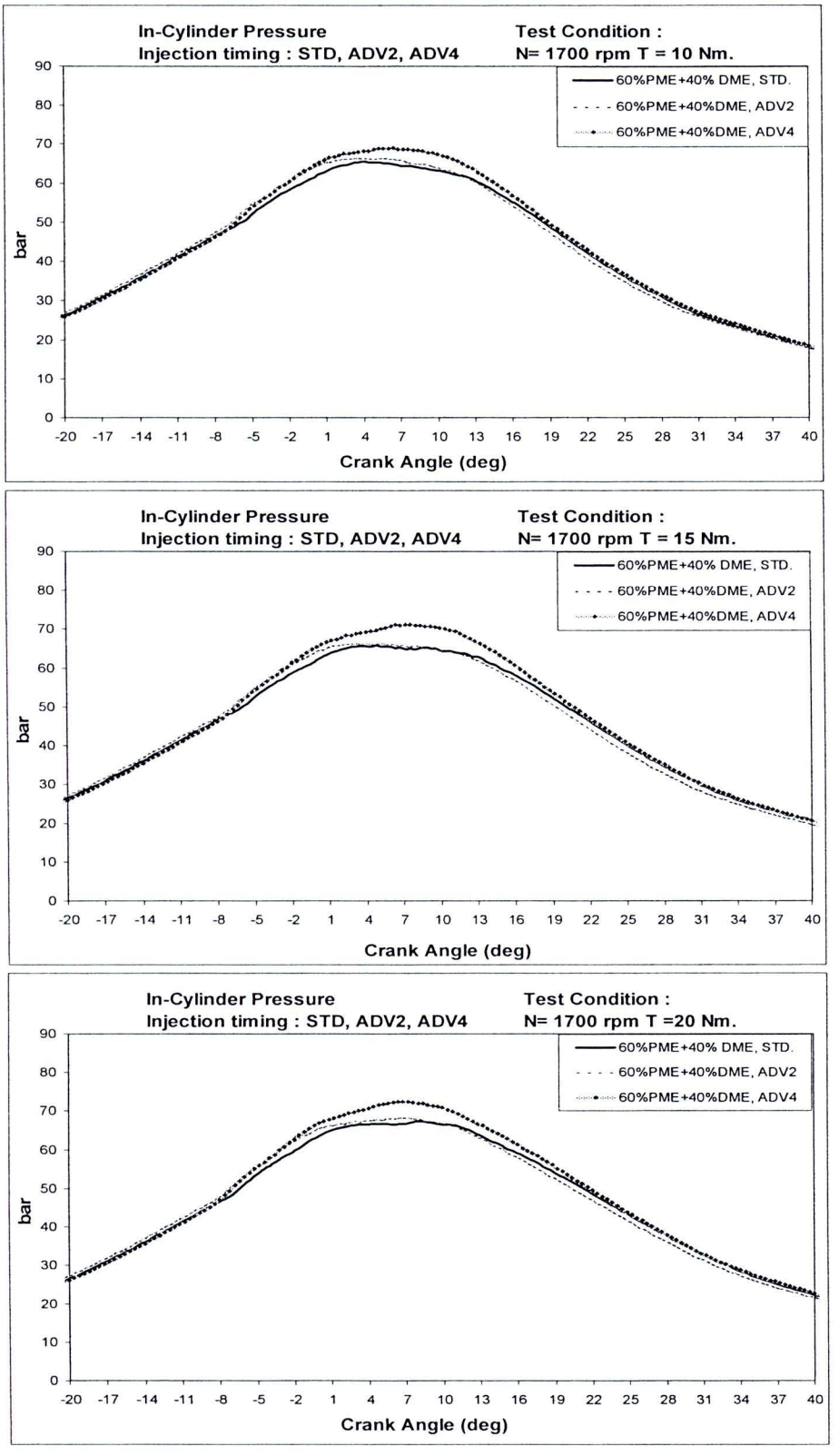
รูปที่ 6-70 ถึงรูปที่ 6-73 แสดงความดันในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าที่สภาวะภาระบางส่วน และรูปที่ 6-74 แสดงความดันในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่างๆ ของการใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง



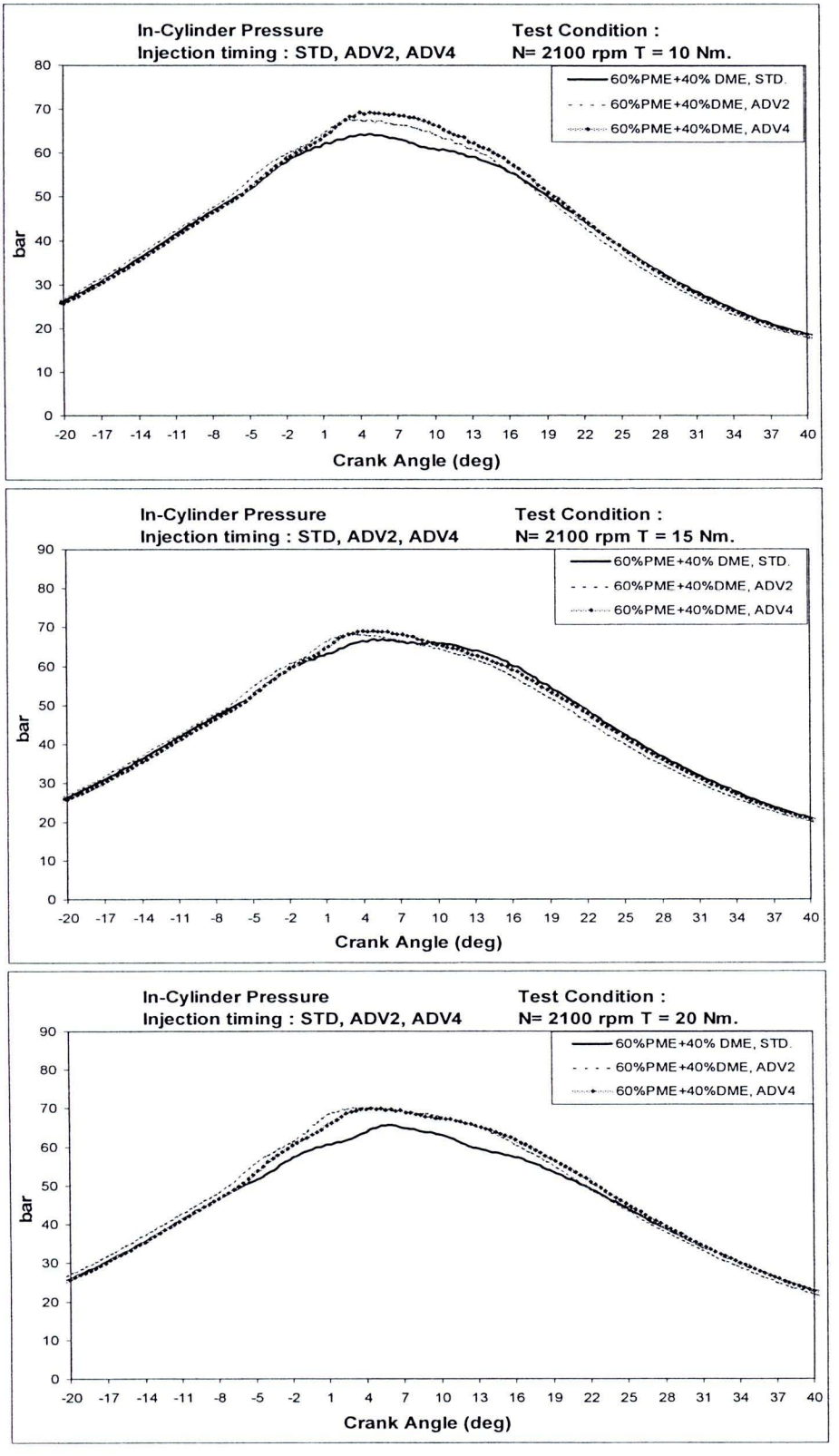
รูปที่ 6-70 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในห้องเผาไหม้กับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



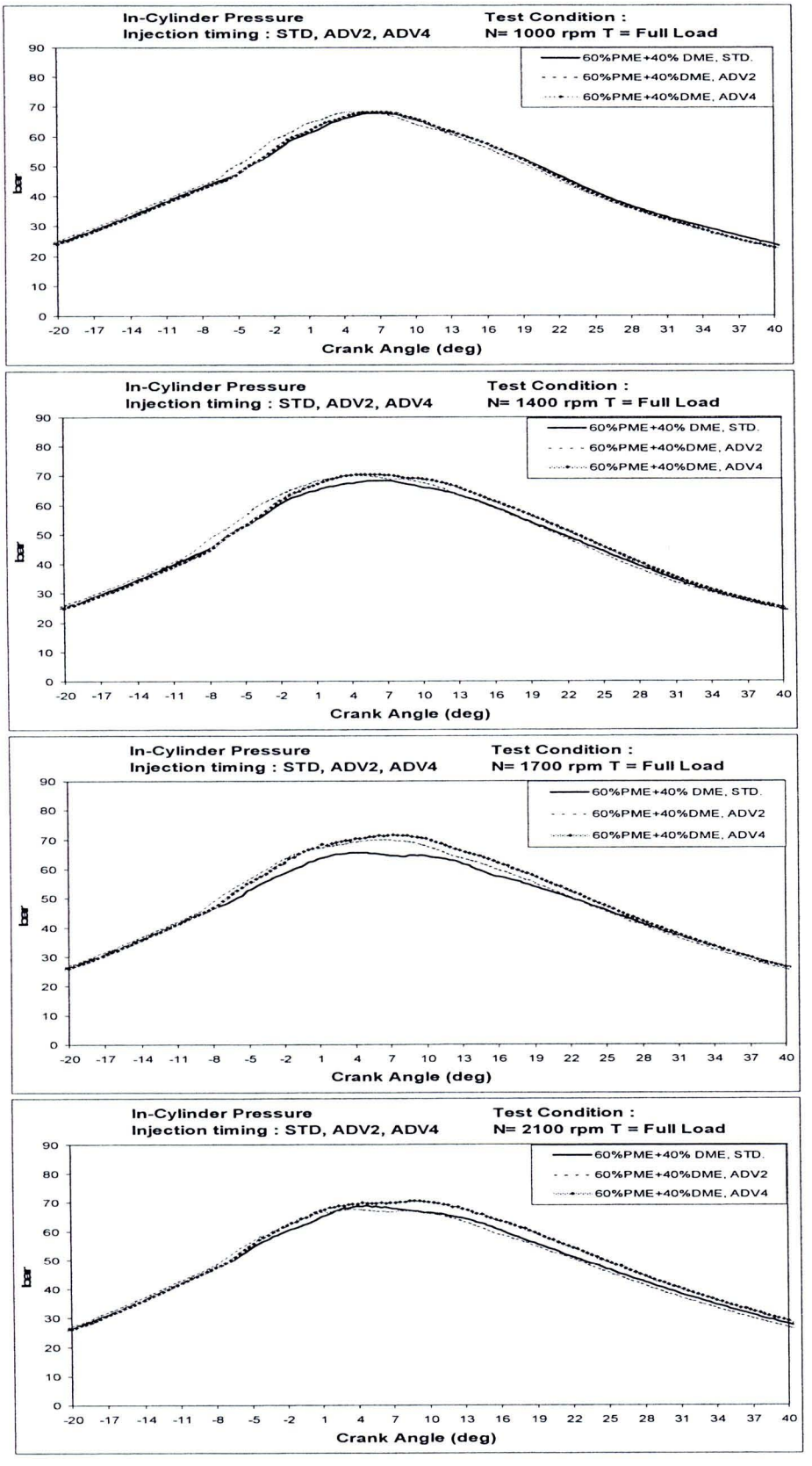
รูปที่ 6-71 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในห้องเผาไหม้กับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-72 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในห้องเผาไหม้กับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-73 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในห้องเผาไหม้กับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2100 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-74 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในห้องเผาไหม้กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

จากรูปที่ 6-70 ถึงรูปที่ 6-73 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระบางส่วน พบว่าการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่ามาตรฐาน จะมีค่าความดันในห้องเผาไหม้มีค่าลดต่ำลง แต่ตำแหน่งของค่าความดันสูงสุดเกิดขึ้นเข้าใกล้บริเวณศูนย์ตายบนของกระบอกสูบมากขึ้น และสำหรับการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 พบว่าค่าความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดมีสูงที่สุดตลอดทุกช่วงภาระและความเร็วรอบเครื่องยนต์

จากรูปที่ 6-74 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระสูงสุด พบว่า การใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 พบว่าค่าความดันในห้องเผาไหม้ มีค่าสูงที่สุดในทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์ การใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่ามาตรฐาน จะมีค่าความดันในห้องเผาไหม้มีค่าลดต่ำลง แต่ตำแหน่งของค่าความดันสูงสุดเกิดขึ้นเข้าใกล้บริเวณศูนย์ตายบนของกระบอกสูบมากขึ้น

จากรูปที่ 6-70 ถึงรูปที่ 6-73 สามารถสรุปความดันในห้องเผาไหม้ที่สภาวะภาระบางส่วน เป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-42

ตารางที่ 6-42 ความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

Speed	Torque	Fuel	ความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้ (bar)		
rpm	N-m		STD	ADV2	ADV4
1000	10	60%PME+40%DME	67.75	68.01	67.82
1000	15		66.87	69.33	70.16
1000	20		65.41	70.81	71.35
1400	10		68.02	68.62	69.63
1400	15		67.00	68.80	70.52
1400	20		65.79	68.91	72.22
1700	10		69.65	66.33	68.97
1700	15		67.38	66.39	71.18
1700	20		67.30	68.28	72.41
2100	10		67.85	67.64	69.22
2100	15		68.46	68.26	69.12
2100	20		65.58	70.12	69.83

จากตารางที่ 6-42 โดยภาพรวม พบว่าการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีค่าความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้มีค่าสูงที่สุด

จากตารางที่ 6-42 เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบคงที่ พบว่าเมื่อภาระการทำงานเพิ่มสูงขึ้นไม่ทำให้ความดันในห้องเผาไหม้เปลี่ยนแปลงแบบมีแนวโน้มที่ชัดเจน แต่ยกเว้นที่การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยว ADV4 ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ การเพิ่มขึ้นของภาระการทำงานมีแนวโน้มทำให้ค่าความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้เพิ่มสูงขึ้น

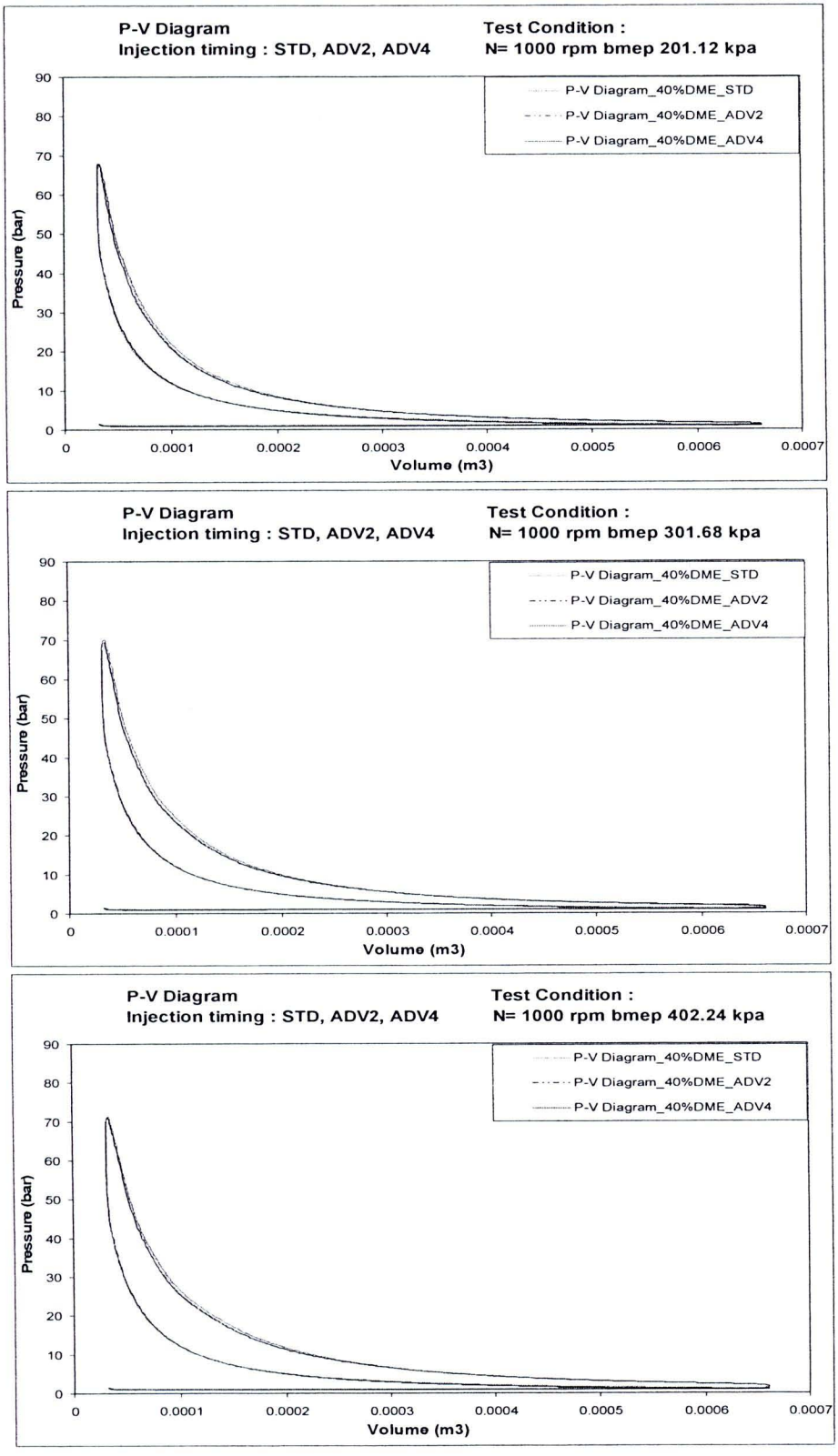
จากรูปที่ 6-74 สามารถสรุปความดันในห้องเผาไหม้ที่สภาวะภาระสูงสุด เป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-43

ตารางที่ 6-43 ความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

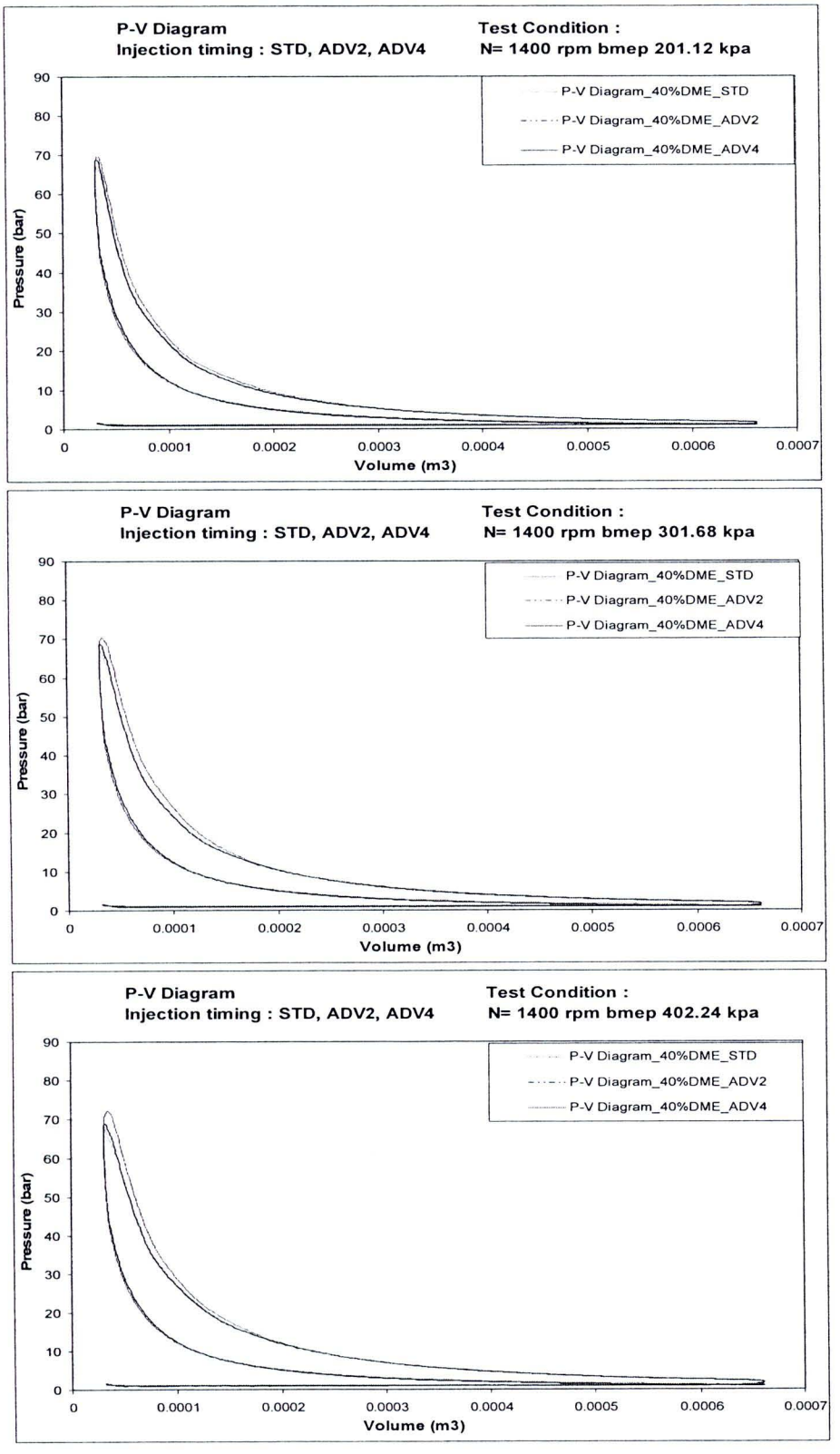
Speed	Torque	Fuel	Cam Shaft Setting	ความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้
rpm	Nm			(bar)
1000	29.22	60%PME+40%DME	STD	67.85
	28.43		ADV2	68.47
	27.26		ADV4	68.33
1400	31.35		STD	68.46
	29.84		ADV2	70.13
	29.05		ADV4	70.60
1700	32.06		STD	65.58
	31.94		ADV2	69.91
	32.19		ADV4	71.62
2100	31.64		STD	68.75
	31.54		ADV2	67.47
	31.45		ADV4	70.56

จากตารางที่ 6-43 โดยภาพรวม พบว่าการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีค่าความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้มีค่าสูงที่สุด แต่ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1700 rpm

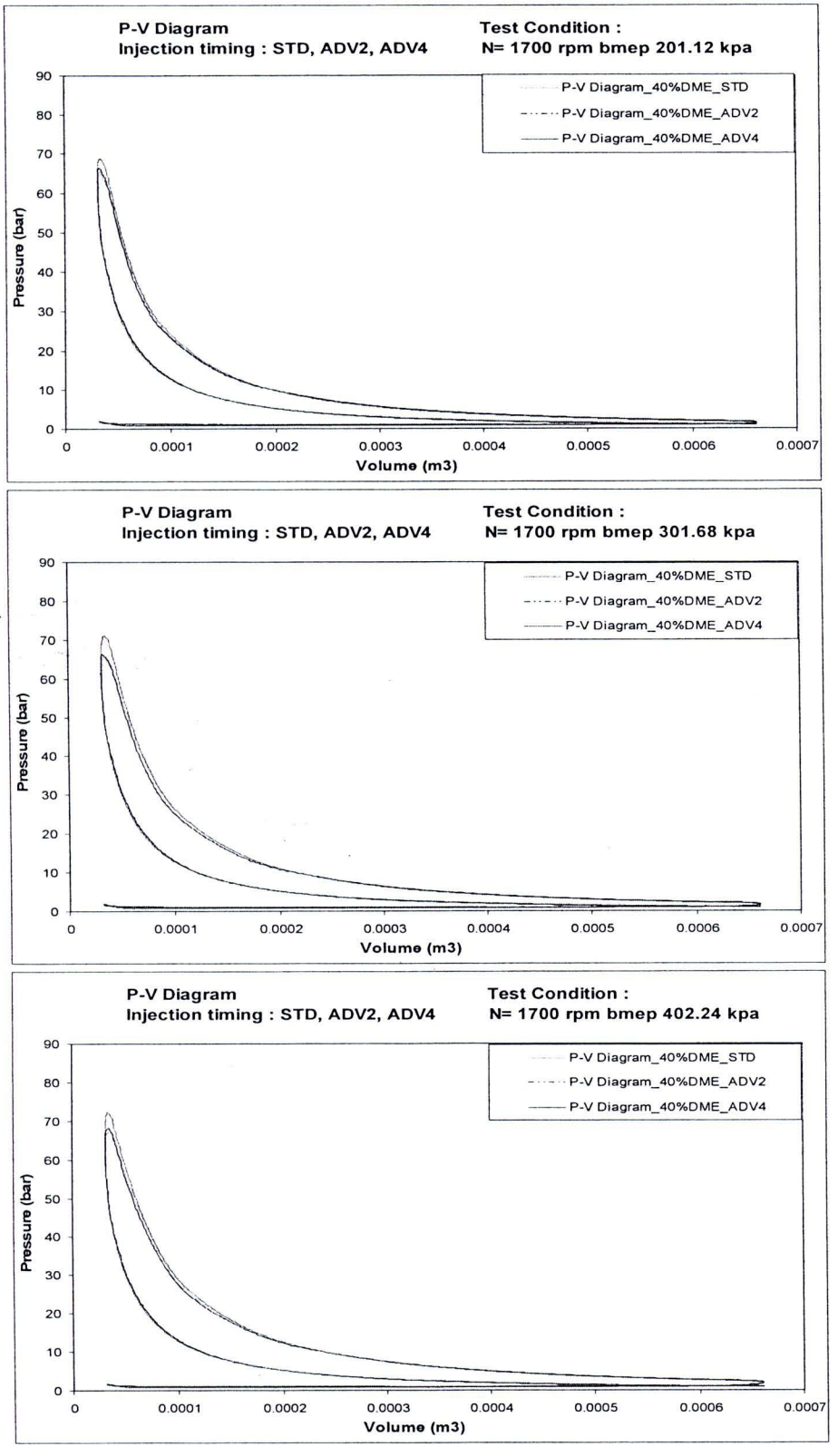
รูปที่ 6-70 ถึงรูปที่ 6-74 สามารถนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันในห้องเผาไหม้กับปริมาตรกระบอกสูบได้ ซึ่งแสดงภาระของเครื่องยนต์ในรูปของ (break mean effective pressure, bmep) ดังแสดงในรูปที่ 6-75 ถึงรูปที่ 6-79



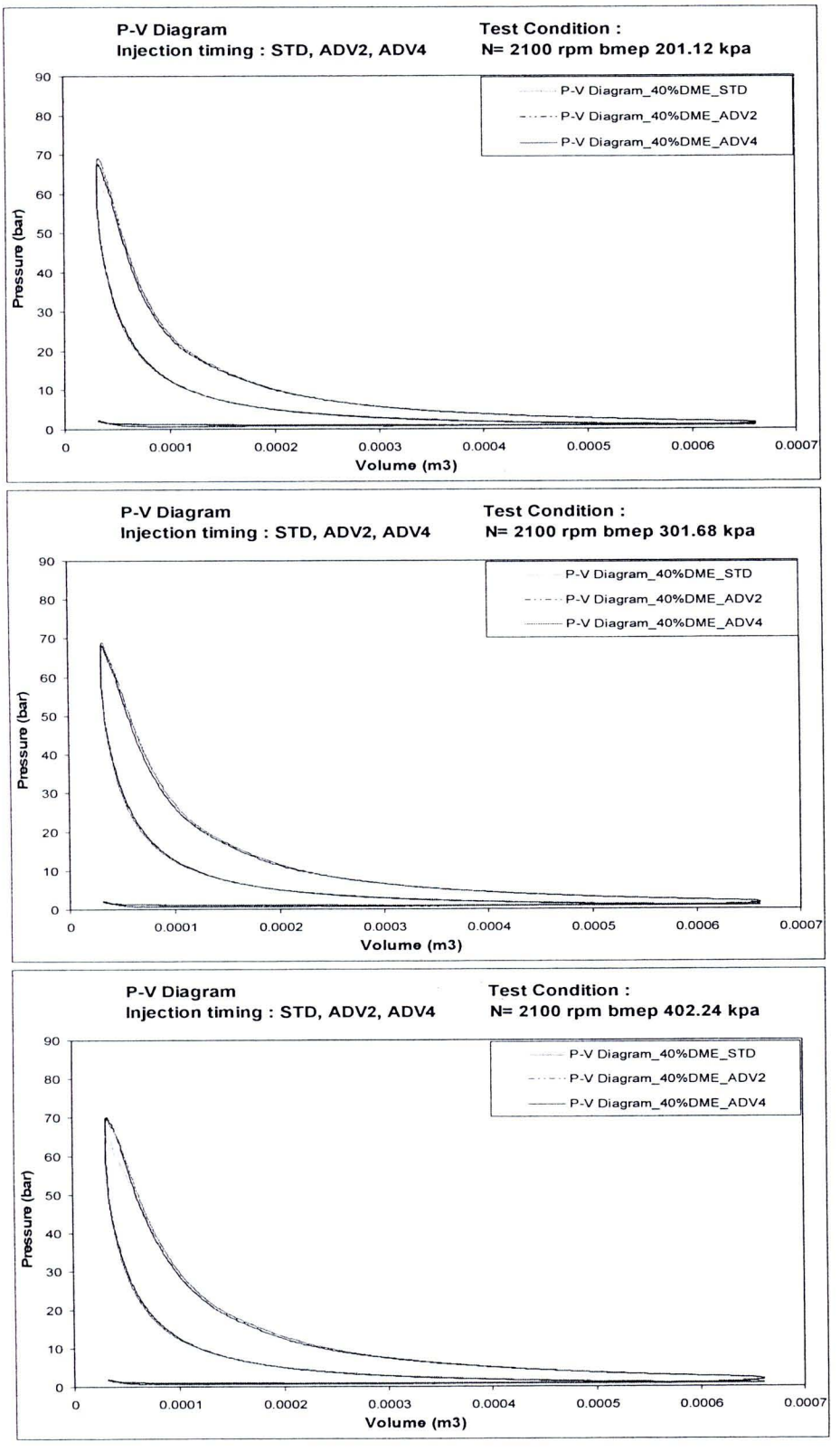
รูปที่ 6-75 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในห้องเผาไหม้กับปริมาตรกระบอกสูบ ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



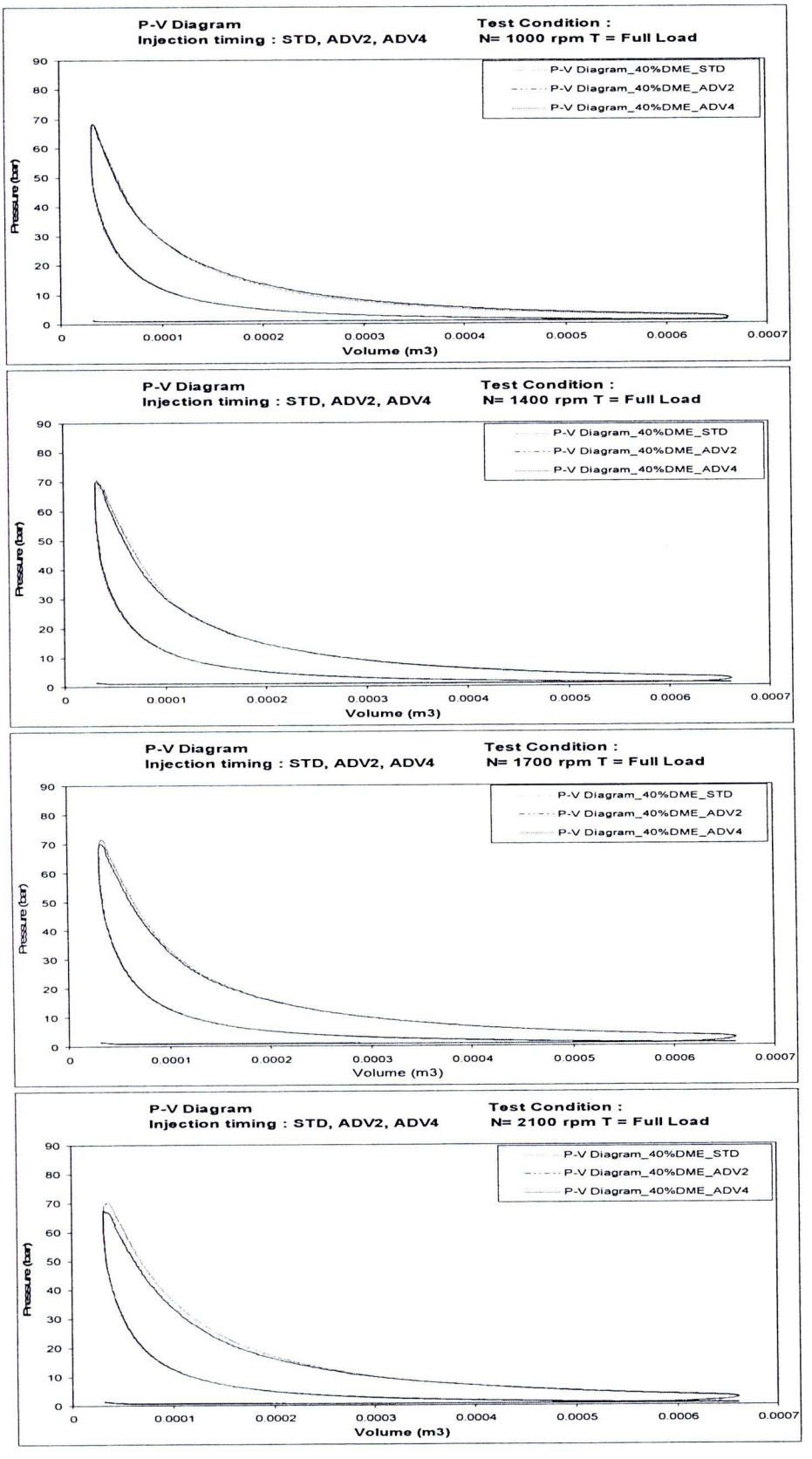
รูปที่ 6-76 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในห้องเผาไหม้กับปริมาตรกระบอกสูบ ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-77 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในห้องเผาไหม้กับปริมาตรกระบอกสูบ ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-78 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในห้องเผาไหม้กับปริมาตรกระบอกสูบ ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2100 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-79 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในห้องเผาไหม้กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

จากรูปที่ 6-75ถึงรูปที่ 6-78 สามารถหางานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบ ที่สภาวะภาระบางส่วนเมื่อคิดทั้ง 4 จังหวะได้ ซึ่งสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-44

ตารางที่ 6-44 งานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบที่สภาวะภาระบางส่วนเปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

Speed	BMEP	Fuel	Indicated Work (J)		
rpm	kPa		STD	ADV2	ADV4
1000	201.20	60% PME + 40% DME	214	194	223
	301.68		276	255	290
	402.24		345	327	358
1400	201.20		233	209	250
	301.68		291	268	314
	402.24		362	340	388
1700	201.20		254	232	254
	301.68		319	289	324
	402.24		385	359	394
2100	201.20		276	245	272
	301.68		342	307	340
	402.24		403	373	411

จากตารางที่ 6-44 เมื่อพิจารณาผลของการปรับเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่องานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบ พบว่าการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีงานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบสูงที่สุดตลอดทุกช่วงภาระการทำงานและทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์ และการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV2 จะมีงานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบต่ำที่สุด ตลอดทุกช่วงภาระการทำงานและทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์

จากตารางที่ 6-44 เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบคงที่ พบว่างานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบมีค่าเพิ่มขึ้นตามภาระการทำงานที่เพิ่มสูงขึ้น โดยมีแนวโน้มเป็นลักษณะเดียวกันเช่นนี้ ตลอดทุกค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิง

จากตารางที่ 6-44 เมื่อพิจารณาที่ภาระการทำงานคงที่ พบว่างานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เพิ่มสูงขึ้น โดยมีแนวโน้มเป็นลักษณะเดียวกันเช่นนี้ ตลอดทุกค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิง

จากรูปที่ 6-79 สามารถหางานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบ ที่สภาวะภาระสูงสุดเมื่อคิดทั้ง 4 จังหวะได้ โดยสามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-45

ตารางที่ 6-45 งานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

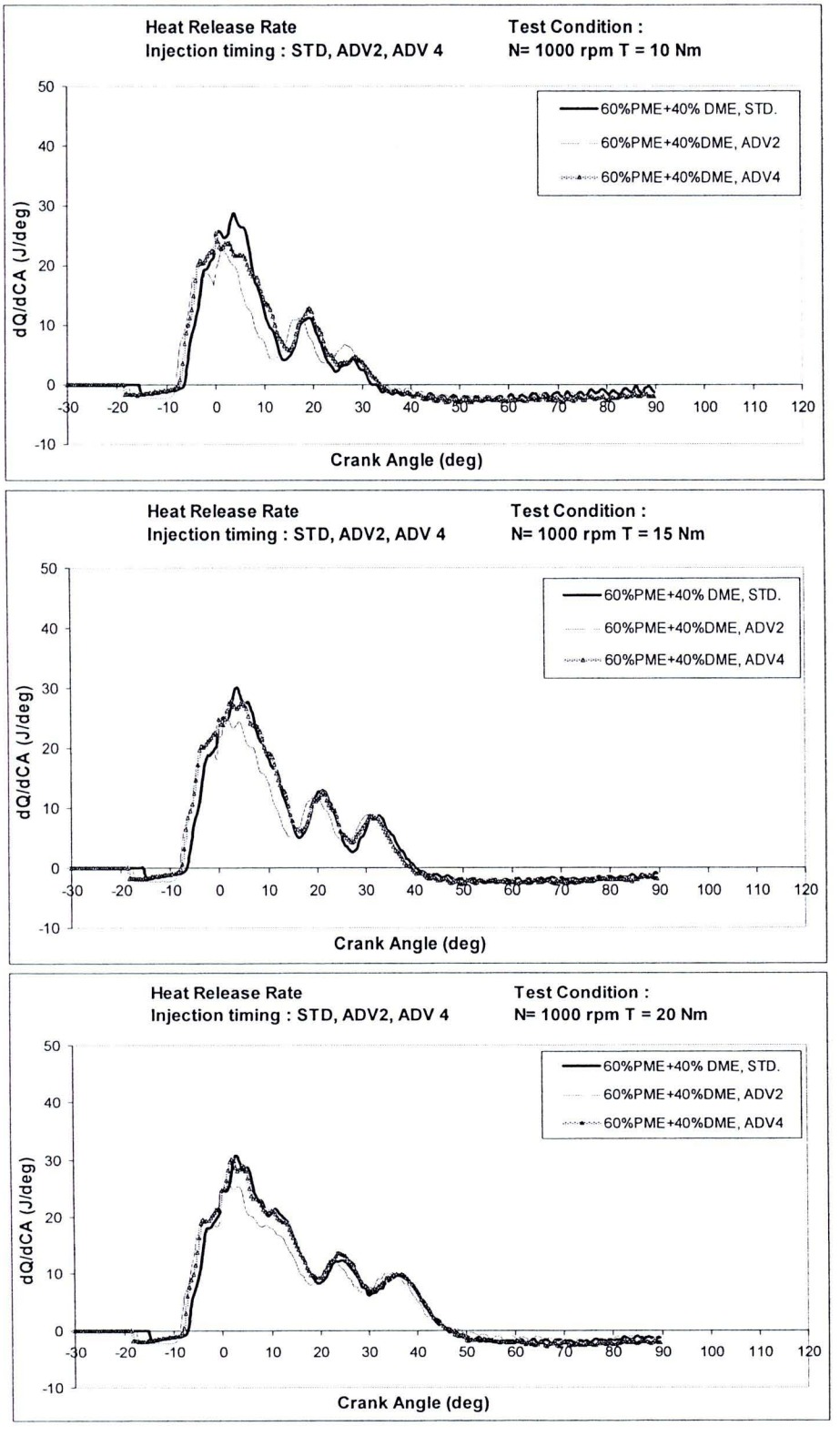
Speed	BMEP	Fuel	Cam Shaft Setting	Indicated Work
rpm	kPa			(J)
1000	587.68	60% PME + 40% DME	STD	449
	571.79		ADV2	417
	548.26		ADV4	410
1400	630.51		STD	485
	600.15		ADV2	463
	584.26		ADV4	486
1700	644.79		STD	517
	642.38		ADV2	499
	647.41		ADV4	529
2100	636.35		STD	553
	634.34		ADV2	522
	632.53		ADV4	575

จากตารางที่ 6-45 พบว่า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm การใช้เพลาลูกเบี้ยวค่ามาตรฐาน STD จะมีงานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบสูงที่สุด และเมื่อปรับความเร็วรอบเครื่องยนต์ไปตั้งแต่ 1400 rpm จนถึง 2100 rpm การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีงานอินดิเคทที่แก๊สภายในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบสูงที่สุด

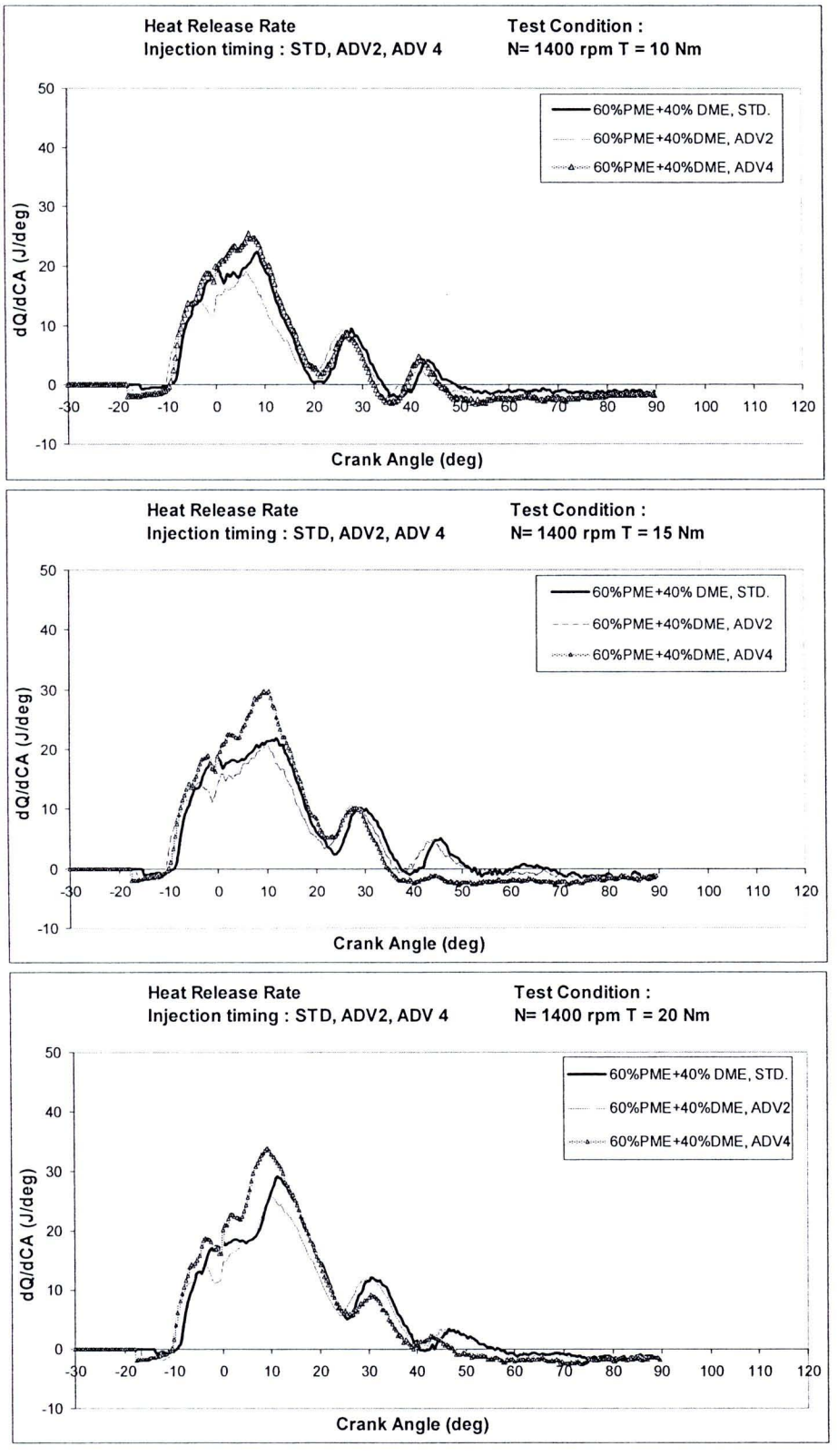
6.2.2.3 อัตราการปล่อยความร้อน

รูปที่ 6-80 ถึงรูปที่ 6-84 แสดงอัตราการปล่อยความร้อน ซึ่งอัตราการปล่อยความร้อนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-8 ในบทที่ 3 จากกราฟอัตราการปล่อยความร้อนจะทำให้ทราบถึงจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ (SOC) และจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ (EOC) และสามารถนำไปคำนวณหาช่วงการเผาไหม้ได้ สำหรับจุดเริ่มต้นการเผาไหม้และจุดสิ้นสุดการเผาไหม้นั้นพิจารณาจากจุดที่อัตราการปล่อยความร้อนเป็น 0 J/CA

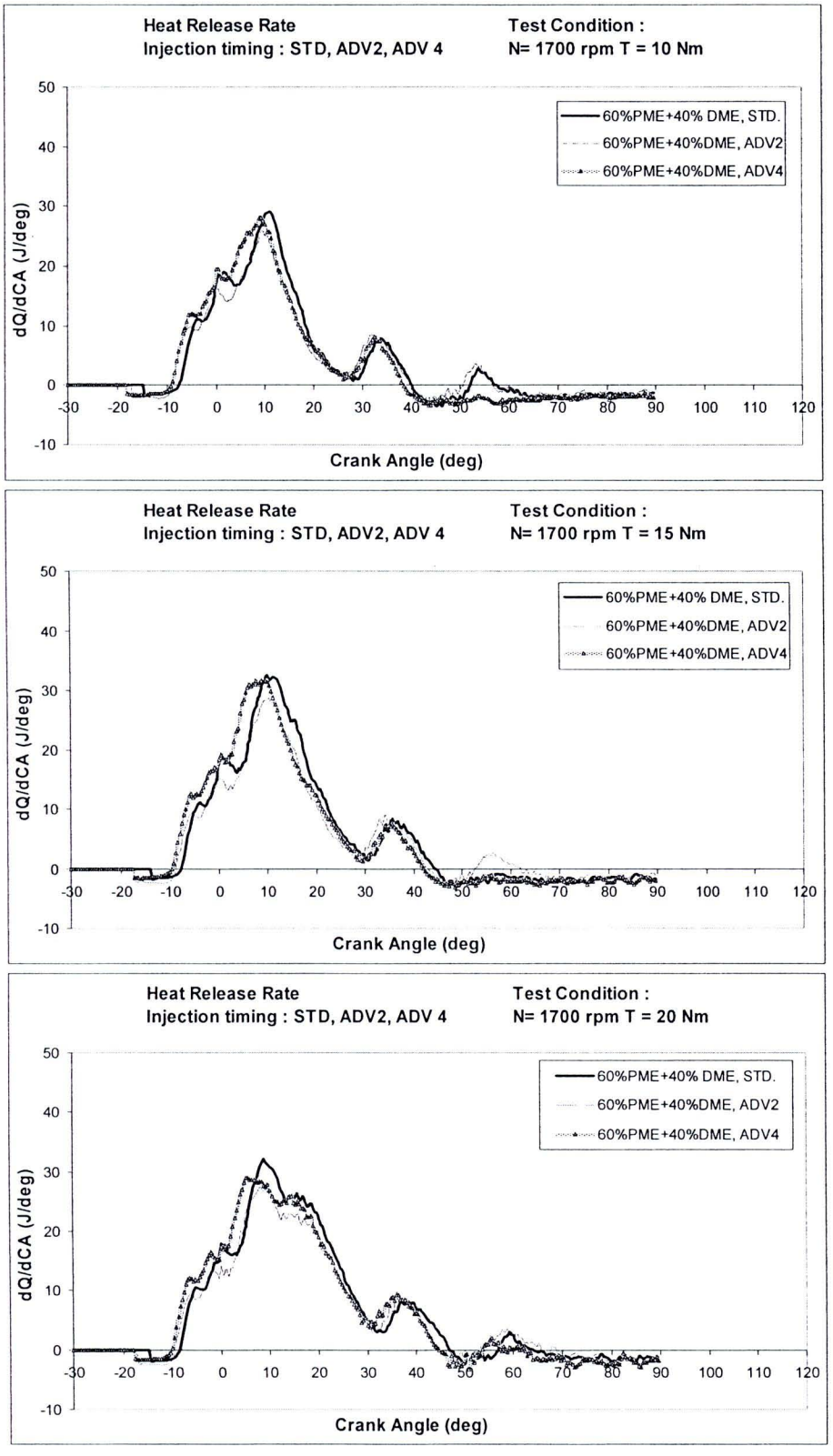
รูปที่ 6-80 ถึงรูปที่ 6-83 แสดงอัตราการปล่อยความร้อน ซึ่งอัตราการปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระบางส่วน และรูปที่ 6-84 แสดงอัตราการปล่อยความร้อน ซึ่งอัตราการปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระสูงสุด ของการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่างๆ



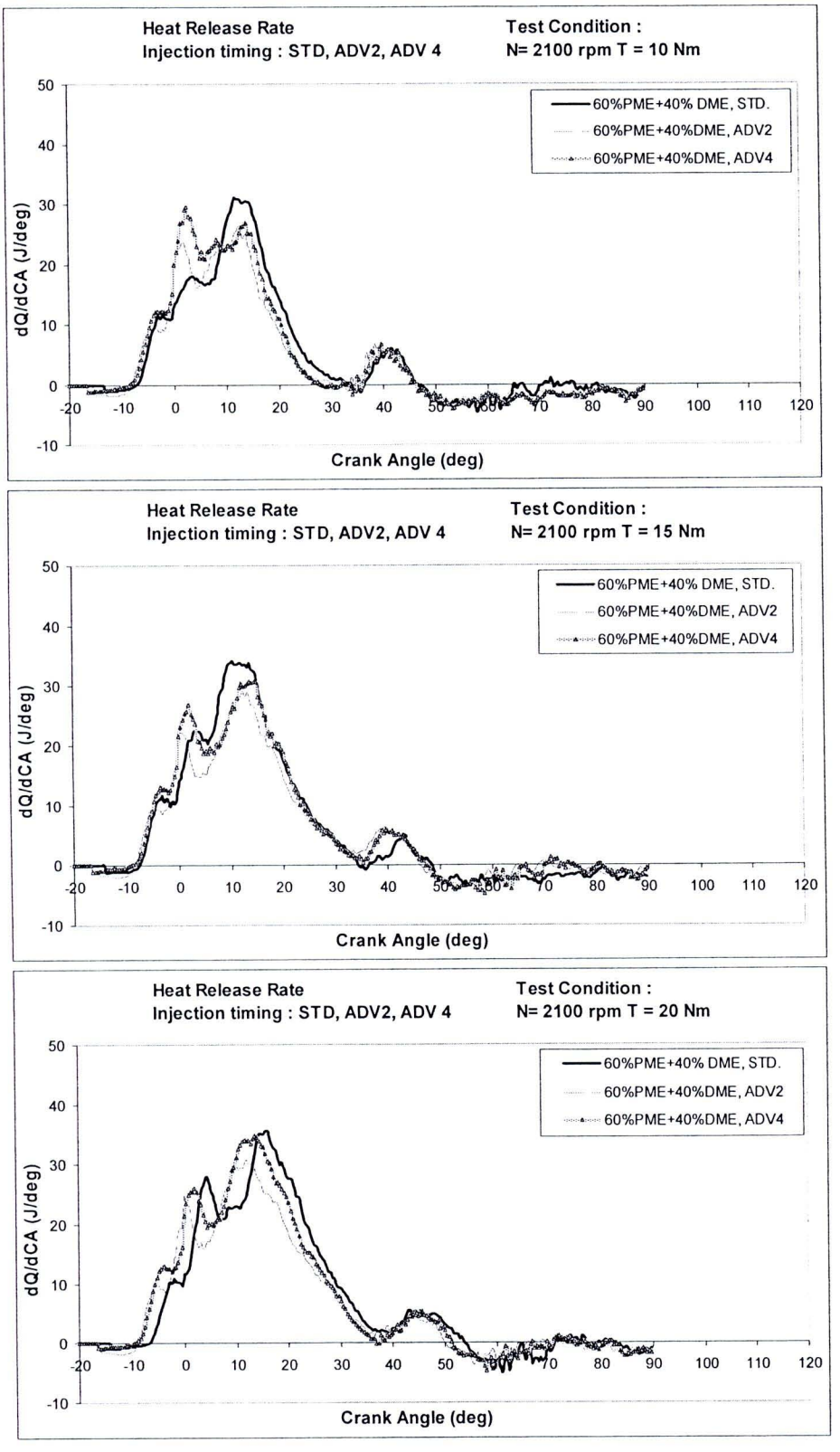
รูปที่ 6-80 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยความร้อนกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



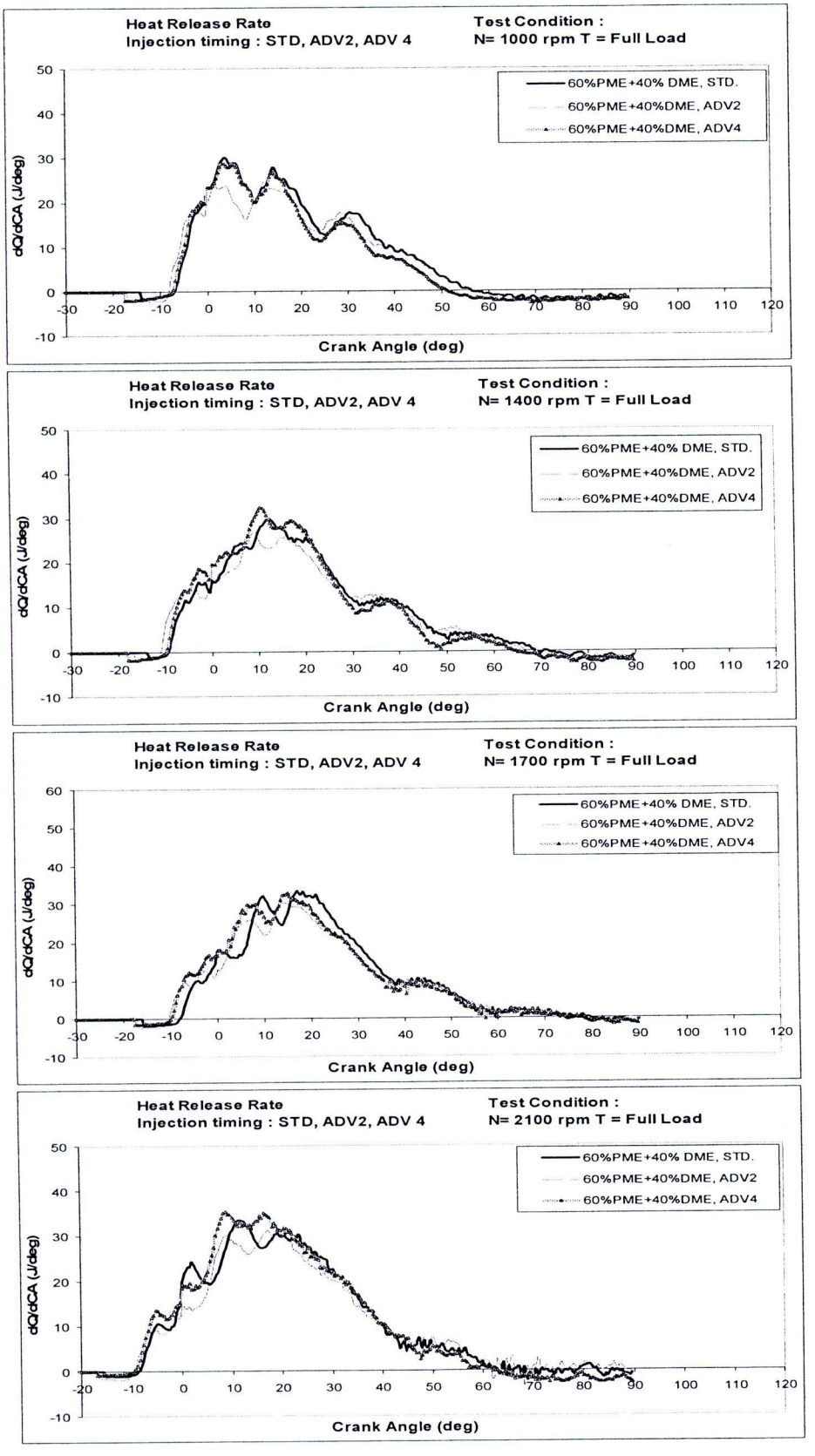
รูปที่ 6-81 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยความร้อนกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-82 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยความร้อนกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-83 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยความร้อนกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2100 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-84 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยความร้อนกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

จากรูปที่ 6-80 ถึงรูปที่ 6-84 แสดงอัตราการปลดปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิง โดยพิจารณาจุดเริ่มต้นการเผาไหม้พบว่า เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV2 และ ADV4 จะมีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ใกล้เคียงกัน โดยที่การใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่ามาตรฐาน STD จะมีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ล่าช้าที่สุด เนื่องจากมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้า

เมื่อพิจารณาอัตราการปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิง DME-PME ในสัดส่วน 40% DME พบว่า เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 การปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงในช่วง premixed combustion phase จะมีอัตราการปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงมีความชันมากที่สุด และค่าสูงสุดของอัตราการปลดปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงในช่วง premixed มีตำแหน่งของค่าสูงสุดเข้าใกล้บริเวณจุดศูนย์ตายบนของกระบอกสูบมากขึ้น นอกจากนั้นยังมี การเผาไหม้ในช่วงเริ่มต้นที่รวดเร็วและมีช่วงการเผาไหม้ที่สั้น

จากรูปที่ 6-80 ถึงรูปที่ 6-83 สามารถสรุปจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่สภาวะภาระบางส่วนได้ดังตารางที่ 6-46

จากรูปที่ 6-84สามารถสรุปจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่สภาวะภาระสูงสุดได้ดังตารางที่ 6-47

ตารางที่ 6-46 จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

Speed	Torque	Fuel	SOC (CA)			EOC (CA)		
rpm	Nm		STD	ADV2	ADV4	STD	ADV2	ADV4
1000	10	60% PME + 40% DME	-6.8	-8.4	-7.6	32.8	33.2	33.6
	15		-6.8	-8.4	-8.0	40.0	39.6	39.2
	20		-7.2	-8.8	-8.4	45.6	48.4	46.8
1400	10		-9.6	-10.4	-9.6	49.2	44.4	46.0
	15		-9.6	-10.8	-10.4	51.2	50.4	34.8
	20		-9.6	-10.8	-10.8	55.6	56.0	47.2
1700	10		-7.6	-8.8	-9.2	40.0	39.6	38.0
	15		-8.0	-8.8	-9.6	44.0	42.8	42.0
	20		-8.8	-9.6	-10.4	46.4	65.6	44.4
2100	10		-7.6	-8.4	-8.8	46.4	45.2	46.0
	15		-7.6	-8.4	-9.6	48.0	46.0	46.6
	20		-7.2	-9.2	-10.0	53.6	50.0	51.2

จากตารางที่ 6-46 พบว่า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ตั้งแต่ 1000 rpm ถึง 1400 rpm การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV2 จะมีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้เกิดขึ้นล่วงหน้า และเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ไปถึง 1700 rpm ขึ้นไป พบว่า การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้เกิดขึ้นล่วงหน้า ส่วนกรณีของการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐานพบว่า จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้าที่สุดในทุกความเร็วรอบ เนื่องมาจากจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้าที่สุด

เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ พบว่า จุดเริ่มต้นการเผาไหม้เกิดขึ้นล่วงหน้ามากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของภาระเครื่องยนต์ แต่เมื่อพิจารณาที่ภาระคงที่ เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มสูงขึ้น ไม่พบการเปลี่ยนแปลงแบบชัดเจนต่อจุดเริ่มต้นการเผาไหม้

ตารางที่ 6-47 จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

Speed	Torque	Fuel	Cam Shaft Setting	SOC	EOC
rpm	Nm			(CA)	(CA)
1000	29.22	60% PME + 40% DME	STD	-7.2	56.0
	28.43		ADV2	-8.4	56.4
	27.26		ADV4	-7.6	50.8
1400	31.35		STD	-9.6	68.8
	29.84		ADV2	-11.2	68.8
	29.05		ADV4	-10.0	74.0
1700	32.06		STD	-8.4	79.6
	31.94		ADV2	-10.8	77.6
	32.19		ADV4	-10.0	64.4
2100	31.64		STD	-8.8	64.0
	31.54		ADV2	-9.6	88.0
	31.45		ADV4	-10.0	61.6

จากตารางที่ 6-46 ถึง ตารางที่ 6-47 แสดงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ สามารถนำไปหาช่วงของการเผาไหม้ของ DME-PME เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ ได้ดังตารางที่ 6-48 ถึงตารางที่ 6-49

ตารางที่ 6-48 ช่วงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

Speed	Torque	Fuel	ช่วงของการเผาไหม้ (CA)		
rpm	Nm		STD	ADV2	ADV4
1000	10	60% PME + 40% DME	39.6	41.6	41.2
	15		46.8	48.0	47.2
	20		52.8	57.2	55.2
1400	10		58.8	54.8	55.6
	15		60.8	61.2	45.2
	20		65.2	66.8	58.0
1700	10		47.6	48.4	47.2
	15		52.0	51.6	51.6
	20		55.2	75.2	54.8
2100	10		54.0	53.6	54.8
	15		55.6	54.4	56.2
	20		60.8	59.2	61.2

จากตารางที่ 6-48 เมื่อพิจารณาจากการใช้ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงค่าต่างๆ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ค่าต่างๆ ต่อช่วงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง พบว่า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm การใช้เพลาลูกเบี้ยวค่ามาตรฐาน STD จะมีช่วงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงสั้นที่สุด และเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบไปที่ 1400 rpm จนถึง 2100 rpm พบว่า โดยภาพรวมการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีช่วงการเผาไหม้ที่สั้นลง

เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์มีค่าคงที่ พบว่า โดยภาพรวมมีช่วงเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเพิ่มยาวขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของภาระการทำงาน แต่ที่ภาระคงที่ การเพิ่มขึ้นของความเร็วรอบเครื่องยนต์ไม่ส่งผลต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของช่วงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแบบชัดเจน

ตารางที่ 6-49 แสดงช่วงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

ตารางที่ 6-49 ช่วงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

Speed	Torque	Fuel	Cam Shaft Setting	ช่วงของการเผาไหม้
rpm	Nm			(CA)
1000	29.22	60% PME + 40% DME	STD	63.2
	28.43		ADV2	64.8
	27.26		ADV4	58.4
1400	31.35		STD	78.4
	29.84		ADV2	80.0
	29.05		ADV4	84.0
1700	32.06		STD	88.0
	31.94		ADV2	88.4
	32.19		ADV4	74.4
2100	31.64		STD	72.8
	31.54		ADV2	97.6
	31.45		ADV4	71.6

จากตารางที่ 6-49 เมื่อพิจารณาแต่ละความเร็วรอบเครื่องยนต์ พบว่าโดยภาพรวม ช่วงการเผาไหม้มีช่วงสั้นลง เมื่อปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1400 rpm

ตารางที่ 6-50 แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

ตารางที่ 6-50 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

Speed	Torque	Fuel	ตำแหน่งจุดศูนย์กลางปล่อยความร้อน (CA, aTDC)		
rpm	Nm		STD	ADV2	ADV4
1000	10	60% PME + 40% DME	8.0	8.4	8.4
	15		11.2	10.8	10.4
	20		13.6	13.6	13.6
1400	10		9.2	9.2	8.4
	15		12.0	12.0	9.6
	20		13.6	14.0	10.8
1700	10		11.6	11.6	9.6
	15		13.2	13.6	11.2
	20		14.8	16.0	13.2
2100	10		12.8	11.6	10.8
	15		12.8	13.6	12.8
	20		16.4	14.0	14.0

จากตารางที่ 6-50 เมื่อปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 มีแนวโน้มของตำแหน่งจุดศูนย์กลางปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงเกิดขึ้นในบริเวณใกล้จุดศูนย์ตายบนของกระบอกสูบมากที่สุด

เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์มีค่าคงที่ พบว่าตำแหน่งของจุดศูนย์กลางปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงจะถอยห่างออกจากตำแหน่งศูนย์ตายบนของกระบอกสูบ ตามภาระการทำงานที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของภาระการทำงานมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงที่เพิ่มมากขึ้นทำให้มีช่วงของการเผาไหม้ที่ยาวนานขึ้น แต่เมื่อพิจารณาที่ภาระคงที่ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงต่อตำแหน่งจุดศูนย์กลางปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิง เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 6-51 แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

ตารางที่ 6-51 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

Speed	Torque	Fuel	Cam Shaft Setting	ตำแหน่งจุดศูนย์กลางปล่อยความร้อน
rpm	Nm			(CA, aTDC)
1000	29.22	60% PME + 40% DME	STD	18.0
	28.43		ADV2	18.0
	27.26		ADV4	16.0
1400	31.35		STD	19.2
	29.84		ADV2	18.8
	29.05		ADV4	16.8
1700	32.06		STD	21.6
	31.94		ADV2	21.2
	32.19		ADV4	19.2
2100	31.64		STD	20.4
	31.54		ADV2	21.6
	31.45		ADV4	19.2

จากตารางที่ 6-51 เมื่อปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 มีแนวโน้มของตำแหน่งจุดศูนย์กลางปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงเกิดขึ้นในบริเวณใกล้จุดศูนย์ตายบนของกระบอกสูบมากที่สุด ในทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์

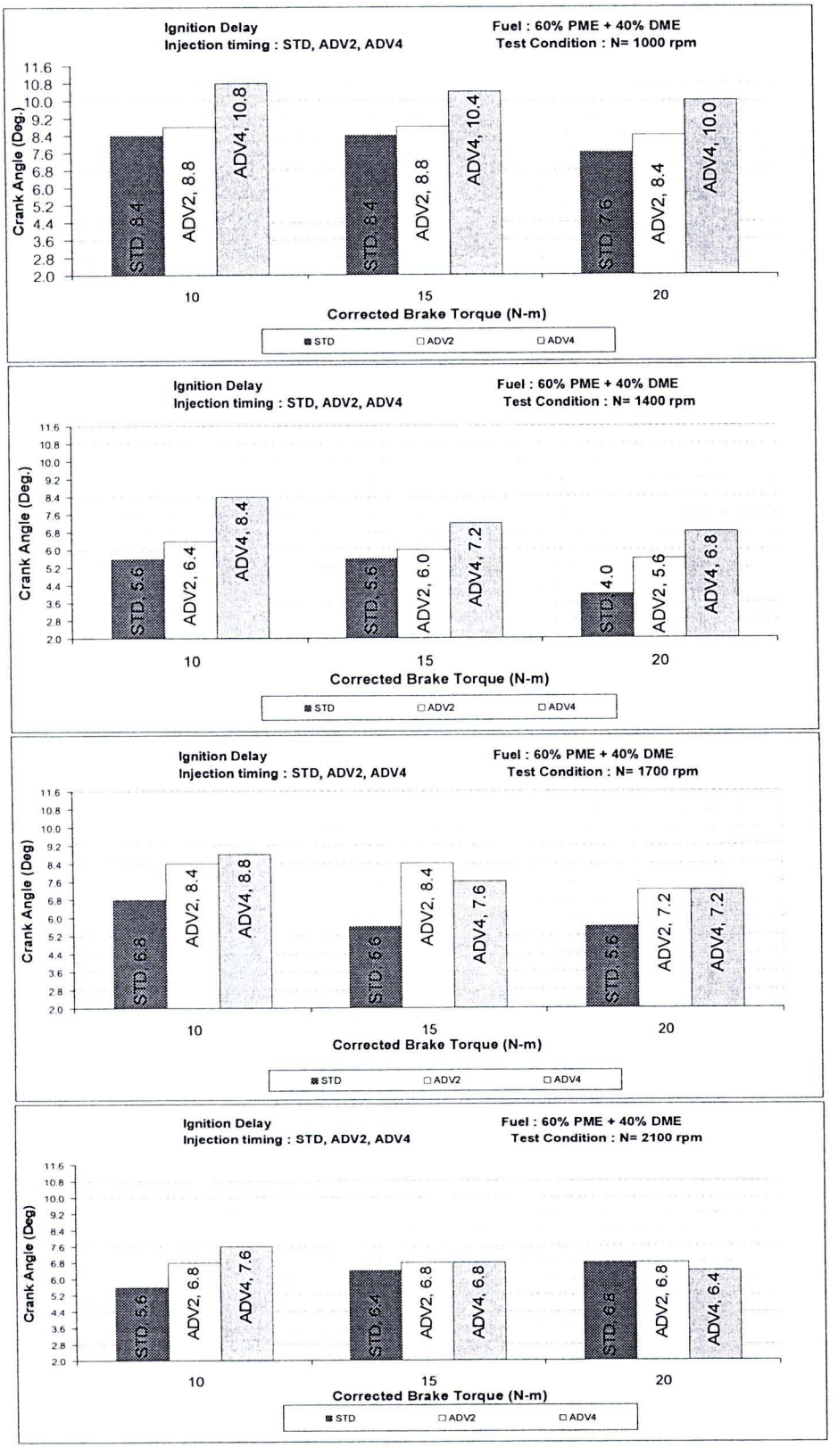
6.2.2.4 ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด

ช่วงล่าช้าการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง สามารถหาได้จากระยะเวลาจากจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงถึงจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ช่วงล่าช้าการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ทำการทดสอบ อาทิ น้ำมันดีเซล, น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล และ DME-PME ที่สัดส่วน 40% DME ดังแสดงในรูปที่ 6-85 ถึงรูปที่ 6-86

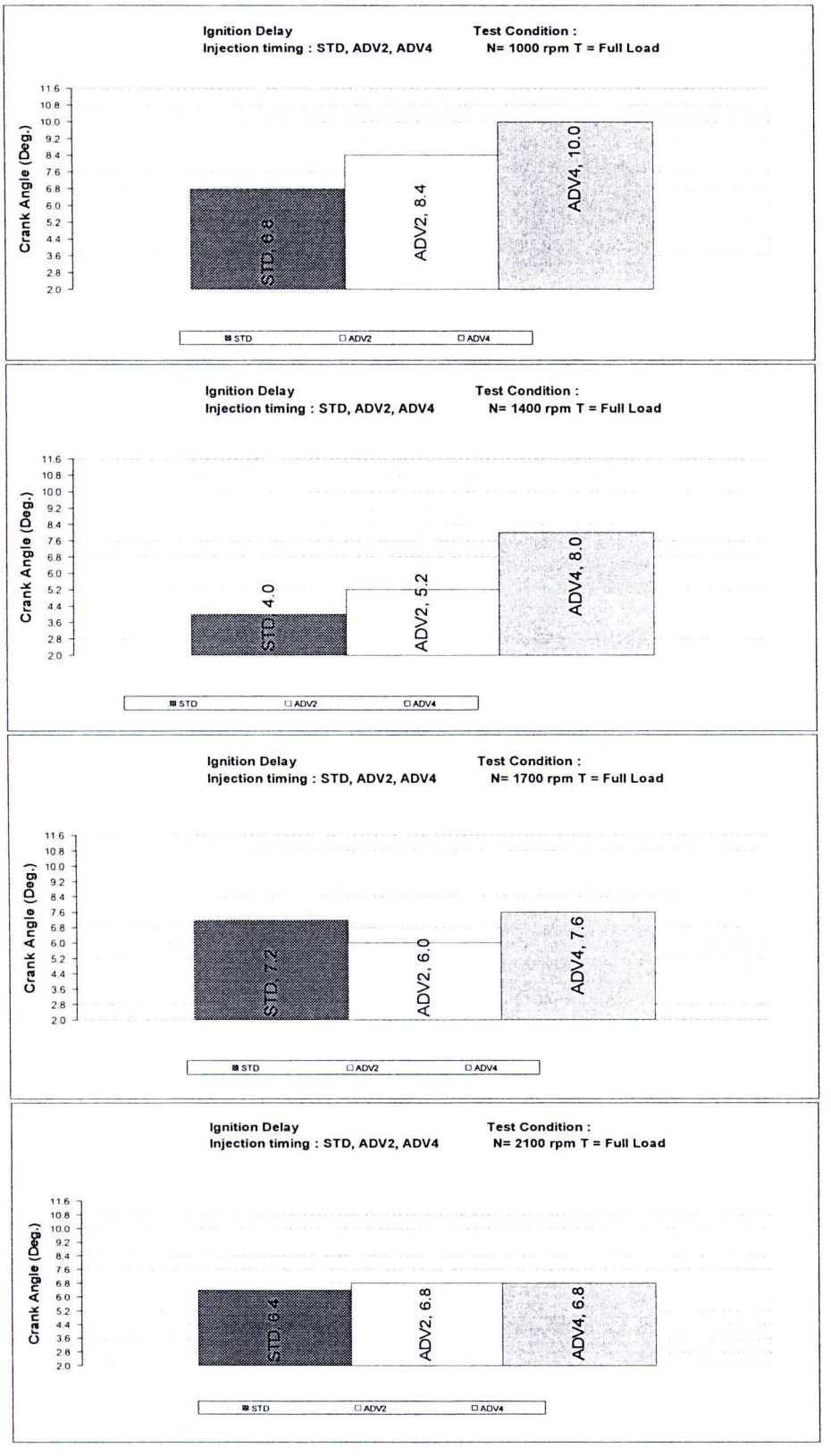
รูปที่ 6-85 แสดงช่วงล่าช้าการจุดระเบิดที่สภาวะภาระบางส่วนและรูปที่ 6-86 แสดงช่วงล่าช้าการจุดระเบิดที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าค่าต่างๆ

จากรูปที่ 6-85 เมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระบางส่วน ตลอดทุกช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ พบว่ามีช่วงล่าช้าการจุดระเบิดสั้นลง เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD เนื่องจากมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้า ประกอบกับในช่วงกระบวนการอัดตัว มีค่าอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ตรงตำแหน่งองศาเพลาข้อเหวี่ยงของการเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงมีค่าสูง ทำให้เชื้อเพลิงระเหยกลายเป็นไอแล้วเริ่มต้นการเผาไหม้ได้ดีกว่า แต่การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าค่ามากขึ้น ADV4 ถึงแม้จะมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงเกิดขึ้นล่วงหน้ากว่าการใช้เพลาลูกเบี้ยมาตรฐาน STD แต่ชื้อเพลิงเริ่มต้นการฉีดเข้ามาในห้องเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิเย็นกว่า เป็นผลให้มีช่วงล่าช้าการจุดระเบิดที่ยาวนานขึ้น

จากรูปที่ 6-86 เมื่อพิจารณาความเร็วรอบเครื่องยนต์ค่าต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงของช่วงล่าช้าการจุดระเบิด โดยภาพรวมพบว่า ช่วงล่าช้าการจุดระเบิดสั้นลง เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD เนื่องจากเหตุผลในเรื่องของจังหวะเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงและค่าอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ที่มีส่วนสอดคล้องต่อการเริ่มต้นการเผาไหม้



รูปที่ 6-85 ความสัมพันธ์ของช่วงล่าช้าการจุดระเบิดกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วนภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ค่าต่างๆ เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-86 ความสัมพันธ์ของช่วงล่าช้าการจุดระเบิดกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ค่าต่างๆ เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาต่างๆ

จากรูปที่ 6-85 แสดงช่วงล่าช้าการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง DME-PME ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างผลการใช้ค่าองศาค่าต่างๆ สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-52

ตารางที่ 6-52 ช่วงล่าช้าการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

Speed	Torque	Fuel	ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด (CA)		
rpm	Nm		STD	ADV2	ADV4
1000	10	60%PME+40%DME	8.4	8.8	10.8
	15		8.4	8.8	10.4
	20		7.6	8.4	10.0
1400	10		5.6	6.4	8.4
	15		5.6	6.0	7.2
	20		4.0	5.6	6.8
1700	10		6.8	8.4	8.8
	15		5.6	8.4	7.6
	20		5.6	7.2	7.2
2100	10		5.6	6.8	7.6
	15		6.4	6.8	6.8
	20		6.8	6.8	6.4

จากตารางที่ 6-52 เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์มีค่าคงที่ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของช่วงล่าช้าการจุดระเบิดมีแนวโน้มชัดเจน ต่อการเพิ่มขึ้นของภาระการทำงาน

จากรูปที่ 6-86แสดงช่วงล่าช้าการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง DME-PME ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างผลการใช้ค่าองศาค่าต่างๆ สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-53

ตารางที่ 6-53 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

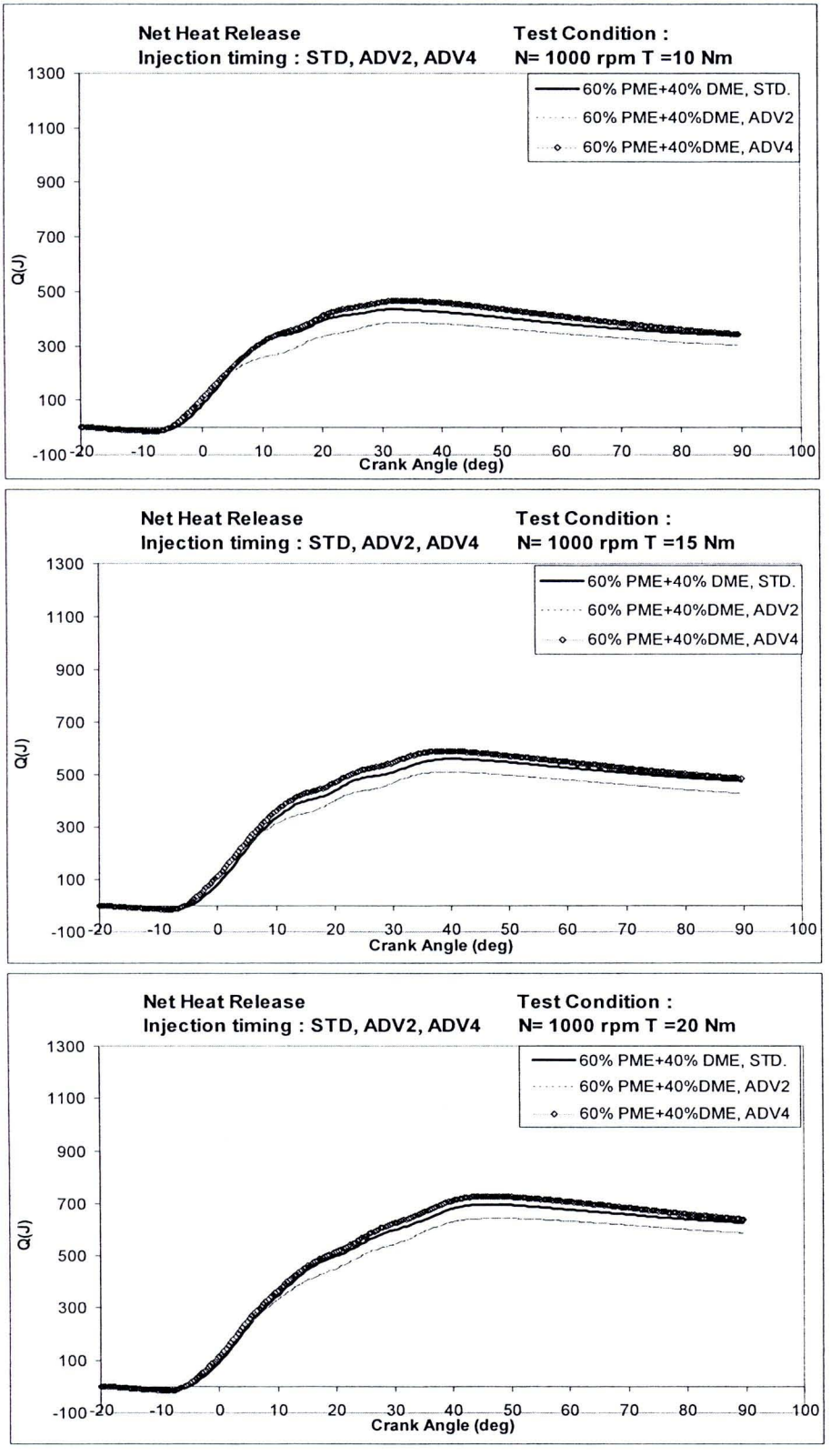
Speed	Torque	Fuel	Cam Shaft Setting	ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด (CA)
rpm	Nm			(CA)
1000	29.22	60%PME+40%DME	STD	6.8
	28.43		ADV2	8.4
	27.26		ADV4	10.0
1400	31.35		STD	4.0
	29.84		ADV2	5.2
	29.05		ADV4	8.0
1700	32.06		STD	7.2
	31.94		ADV2	6.0
	32.19		ADV4	7.6
2100	31.64		STD	6.4
	31.54		ADV2	6.8
	31.45		ADV4	6.8

จากตารางที่ 6-53 เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ค่าต่างๆ พบว่าโดยภาพรวม ช่วงล่าช้าการจุดระเบิดสั้นลงในทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์ เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศามาตรฐาน STD แต่ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1700 rpm และการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีช่วงล่าช้าการจุดระเบิดที่ยาวที่สุดในทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์

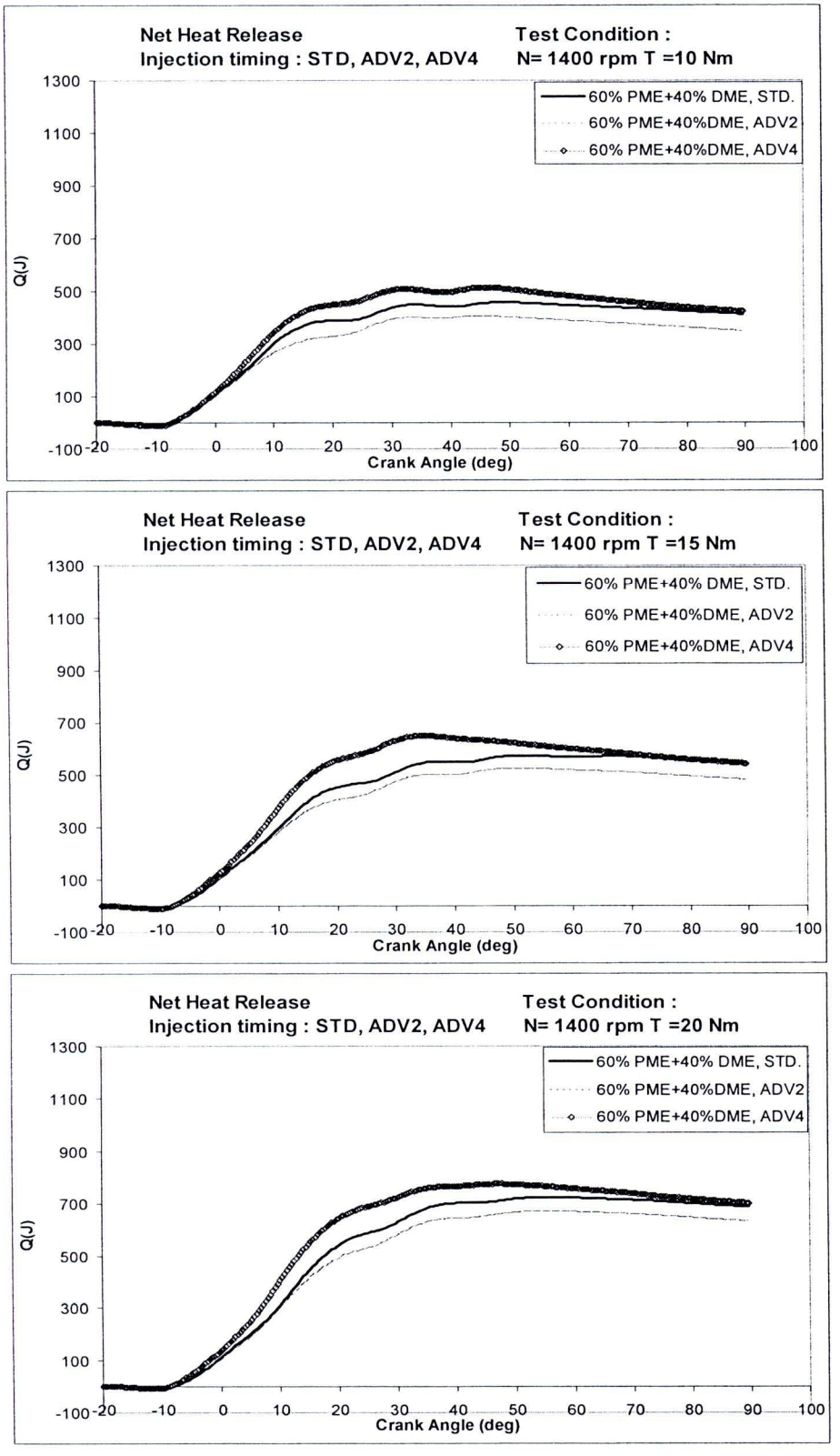
6.2.2.5 การปล่อยความร้อนสุทธิ

กราฟการปล่อยความร้อนสุทธิเชื้อเพลิงต่างๆ สามารถคำนวณจากการหาปริพันธ์ (Integrate) ของอัตราการปล่อยความร้อน

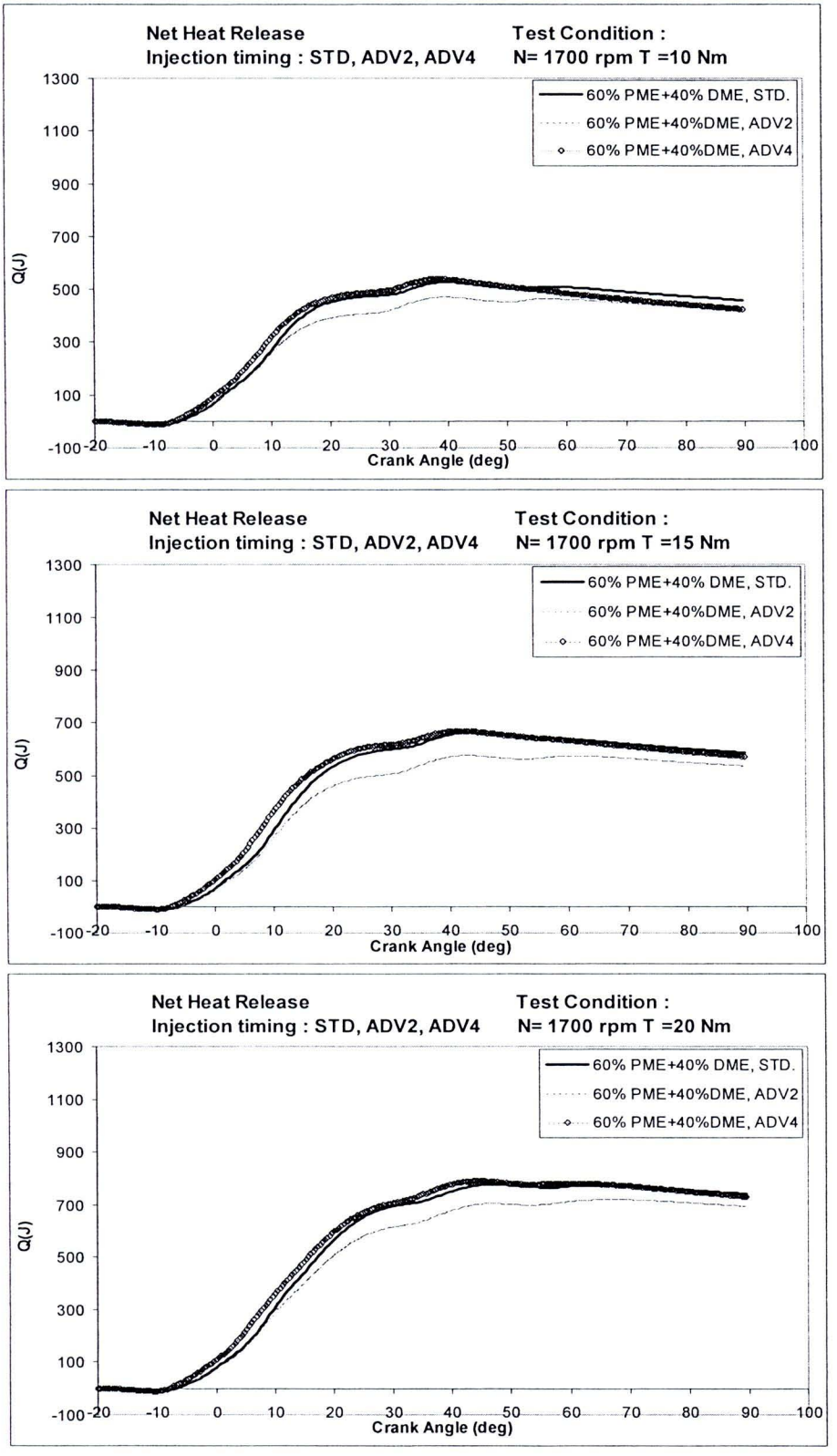
รูปที่ 6-87 ถึงรูปที่ 6-90 แสดงการปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิง DME-PME ที่สภาวะภาระบางส่วน และรูปที่ 6-91 แสดงการปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิง DME-PME ที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



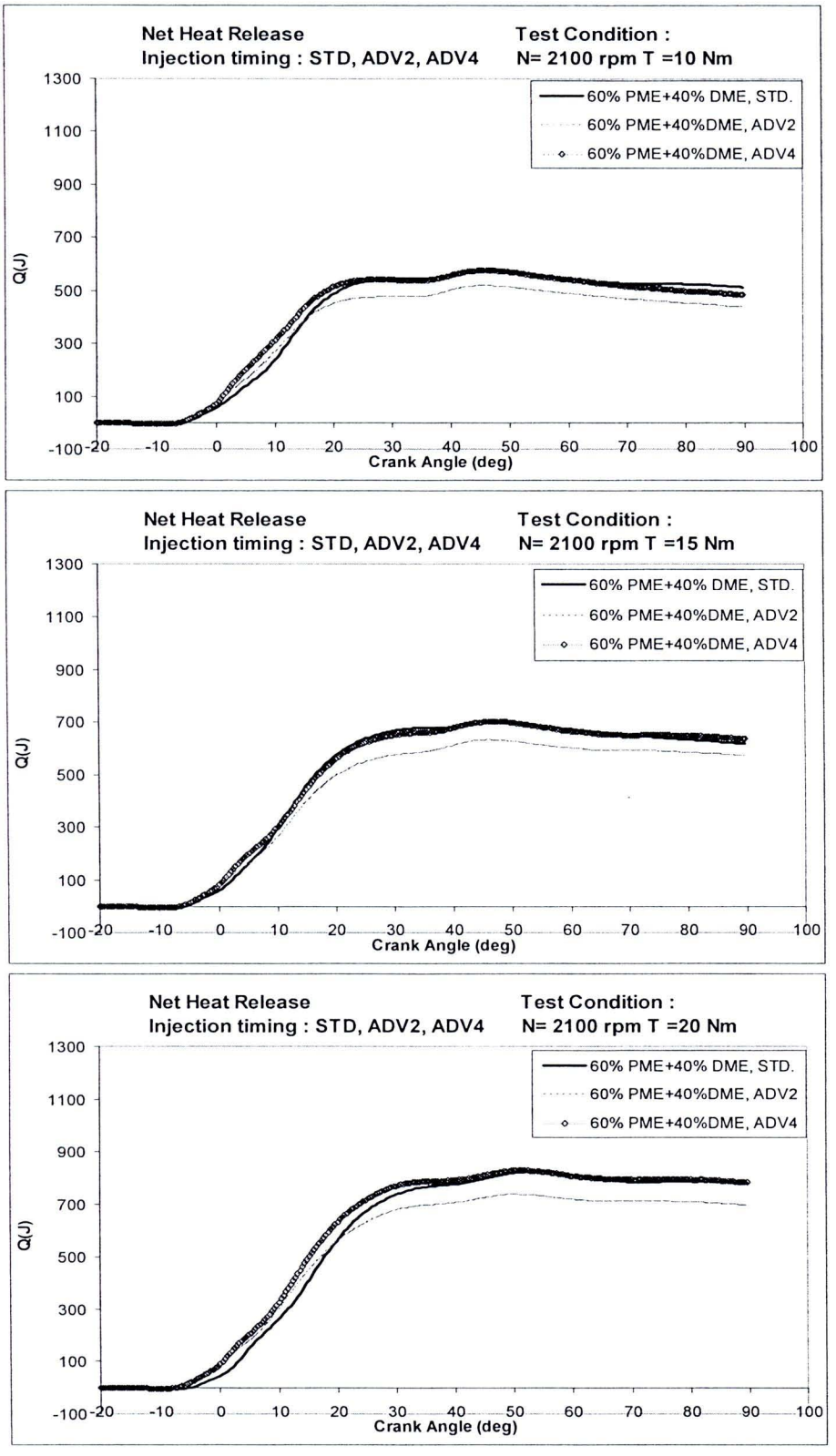
รูปที่ 6-87 ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยความร้อนสุทธิกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



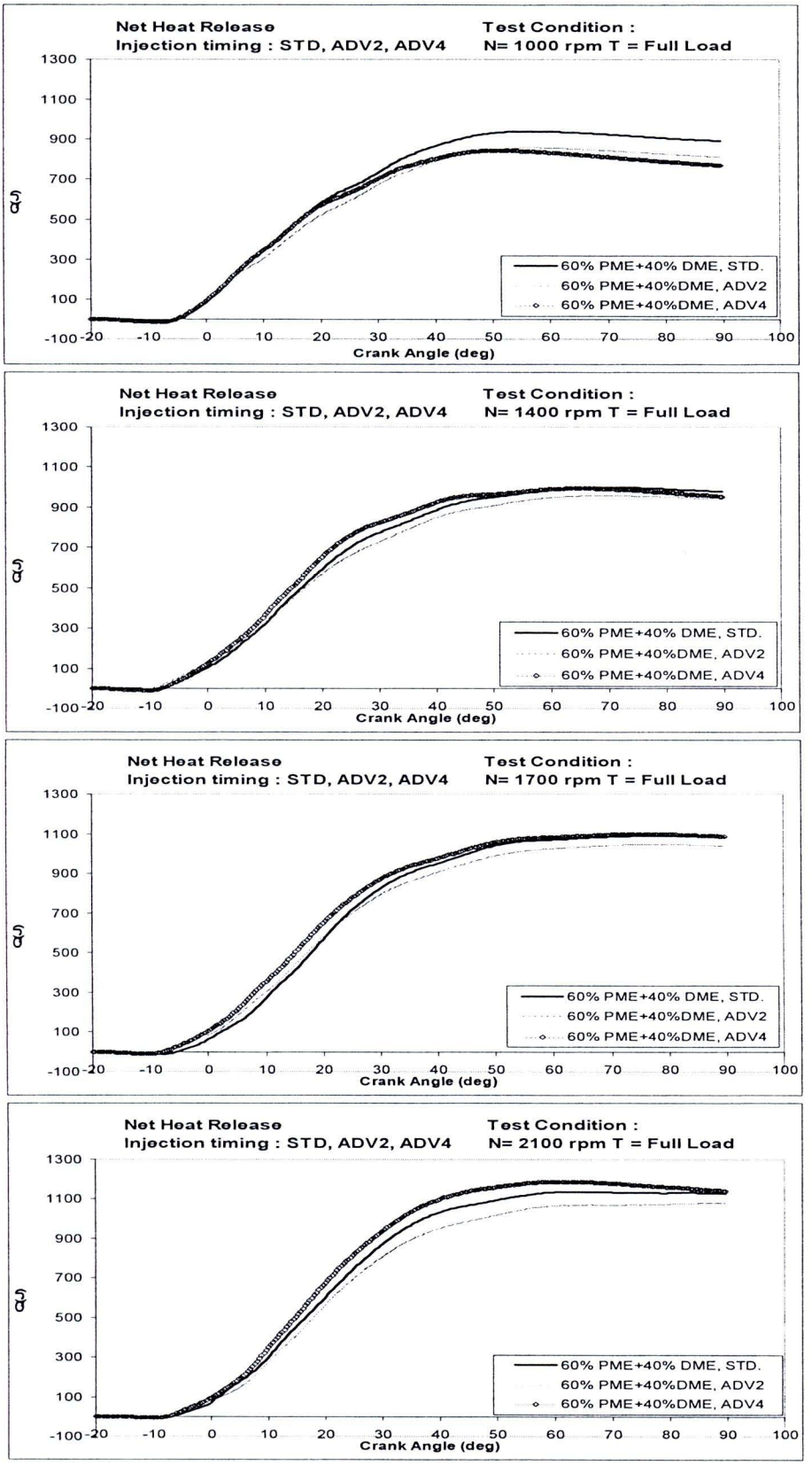
รูปที่ 6-88 ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยความร้อนสุทธิกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-89 ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยความร้อนสุทธิกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-90 ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยความร้อนสุทธิกับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2100 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-91 ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยความร้อนสุทธิกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

จากรูปที่ 6-87 ถึงรูปที่ 6-90 แสดงค่าการปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงเปรียบเทียบผลทดสอบ จากการใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาต่างๆ พบว่าการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 มีค่าการปล่อยความร้อนสุทธิที่สูงที่สุด ตลอดช่วงทุกภาระและทุกความเร็วรอบยนต์ เนื่องจากมีค่าประสิทธิการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงที่สุด

จากรูปที่ 6-91 แสดงค่าการปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงเปรียบเทียบผลทดสอบ จากการใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาต่างๆ พบว่า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm การใช้เพลาลูกเบี้ยวค่ามาตรฐาน STD มีค่าการปล่อยความร้อนสุทธิที่สูงที่สุด และการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 มีค่าการปล่อยความร้อนสุทธิที่สูงที่สุด ในช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ตั้งแต่ 1400 rpm ถึง 2100 rpm

จากรูปที่ 6-87 ถึงรูปที่ 6-90 แสดงค่าการปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระบางส่วน สามารถสรุปได้เป็นตารางดังตารางที่ 6-54

ตารางที่ 6-54 การปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

Speed	Torque	Fuel	การปล่อยความร้อนสุทธิ (J)		
Rpm	Nm		STD	ADV2	ADV4
1000	10	60% PME + 40% DME	435.15	384.54	467.04
	15		560.33	508.55	590.03
	20		696.31	641.33	728.00
1400	10		457.23	404.71	512.70
	15		574.35	524.15	649.64
	20		724.91	671.82	775.64
1700	10		527.27	468.72	538.77
	15		664.65	573.81	668.67
	20		776.35	717.45	788.88
2100	10		579.17	517.01	575.64
	15		700.71	630.54	701.78
	20		824.72	736.89	829.66

จากตารางที่ 6-54 แสดงค่าการปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อพิจารณาผลของการใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าต่างๆ พบว่าการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีค่าการปล่อยความร้อนสุทธิสูงที่สุด ตลอดทุกช่วงภาระและทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์ เนื่องจากมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่สูง และการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV2 พบว่ามีค่าการปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงมีค่าต่ำที่สุดในทุกช่วงภาระและทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์

เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์มีค่าคงที่ พบว่าการปล่อยความร้อนสุทธิเชื้อเพลิง มีค่าสูงขึ้นตามภาระการทำงานของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากที่ภาระการทำงานสูงจะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อตอบสนองต่อความต้องการได้ภาระการทำงานที่เพิ่มสูงขึ้น และเมื่อพิจารณาที่สภาวะภาระคงที่ พบว่าการปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิง มีค่าสูงขึ้นตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มสูงขึ้นจะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงที่มากขึ้นเพื่อเอาชนะแรงเสียดทานในระบบ

จากรูปที่ 6-91 แสดงค่าการปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระสูงสุด สามารถสรุปได้เป็นตารางดังตารางที่ 6-55

ตารางที่ 6-55 การปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

Speed	Torque	Fuel	Fuel	การปล่อยความร้อนสุทธิ
rpm	Nm			(J)
1000	29.22	60% PME + 40% DME	STD	941.1
	28.43		ADV2	857.6
	27.26		ADV4	844.4
1400	31.35		STD	999.5
	29.84		ADV2	956.4
	29.05		ADV4	994.1
1700	32.06		STD	1090.6
	31.94		ADV2	1045.9
	32.19		ADV4	1099.6
2100	31.64		STD	1136.6
	31.54		ADV2	1079.4
	31.45		ADV4	1187.1

จากตารางที่ 6-55 การปล่อยความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาต่างๆ เมื่อพิจารณาในแต่ละช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ พบว่า ที่ความเร็วรอบการทำงานตั้งแต่ 1000 rpm จนถึง 1400 rpm การใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐานจะมีค่าการปล่อยความร้อนสุทธิสูงที่สุด และเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ไปตั้งแต่ 1700 rpm จนถึง 2100 rpm พบว่าการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้ามากขึ้น ADV4 จะมีค่าการปล่อยความร้อนสุทธิสูงที่สุด

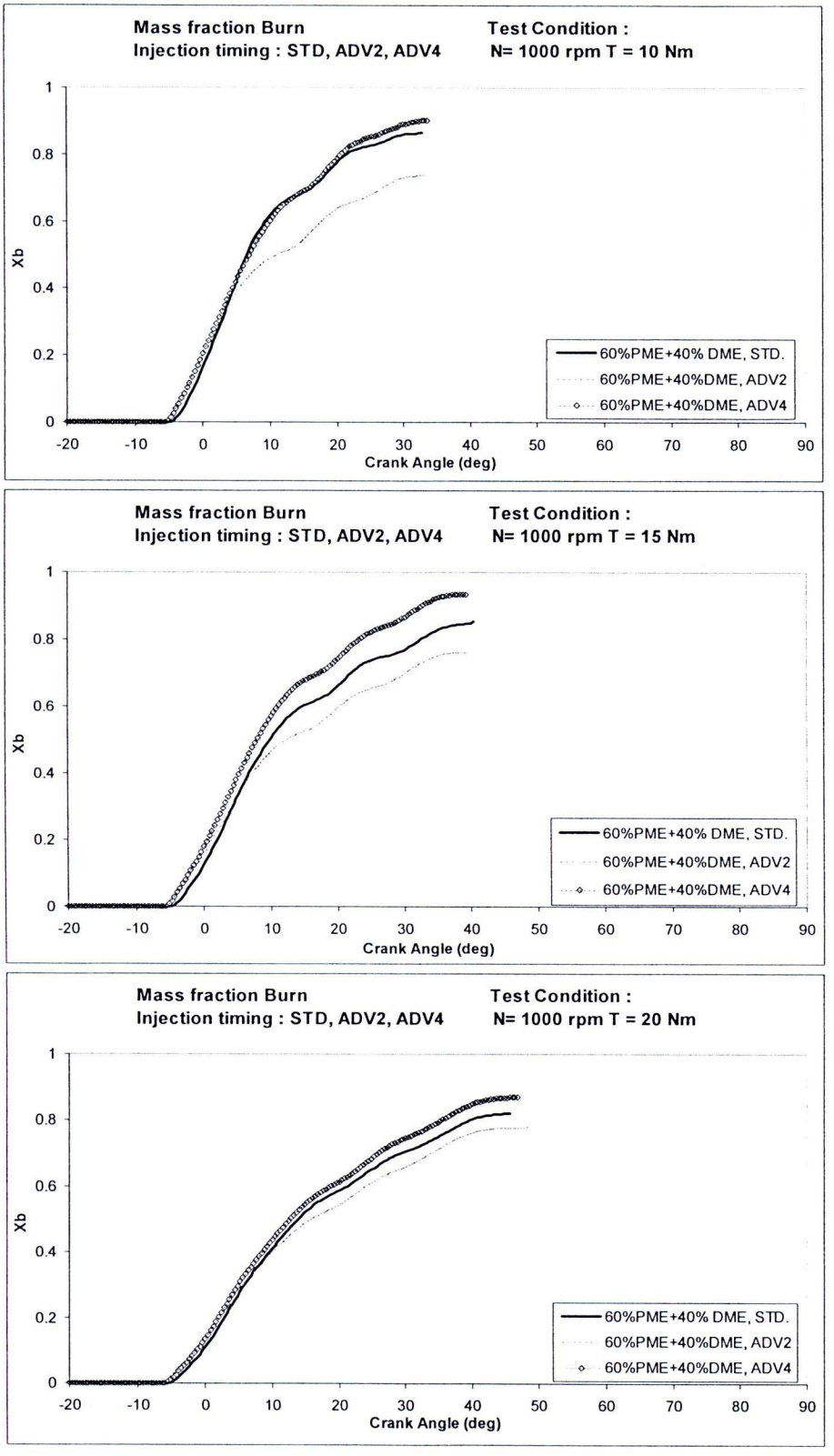
การพิจารณาว่าการใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาในการฉีดเชื้อเพลิงค่าใดมีประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีที่สุด ต้องพิจารณาร่วมกันกับปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร เพื่อนำมาคำนวณหาค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ ดังจะกล่าวในหัวข้อที่ 6.2.2.6

6.2.2.6 สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้

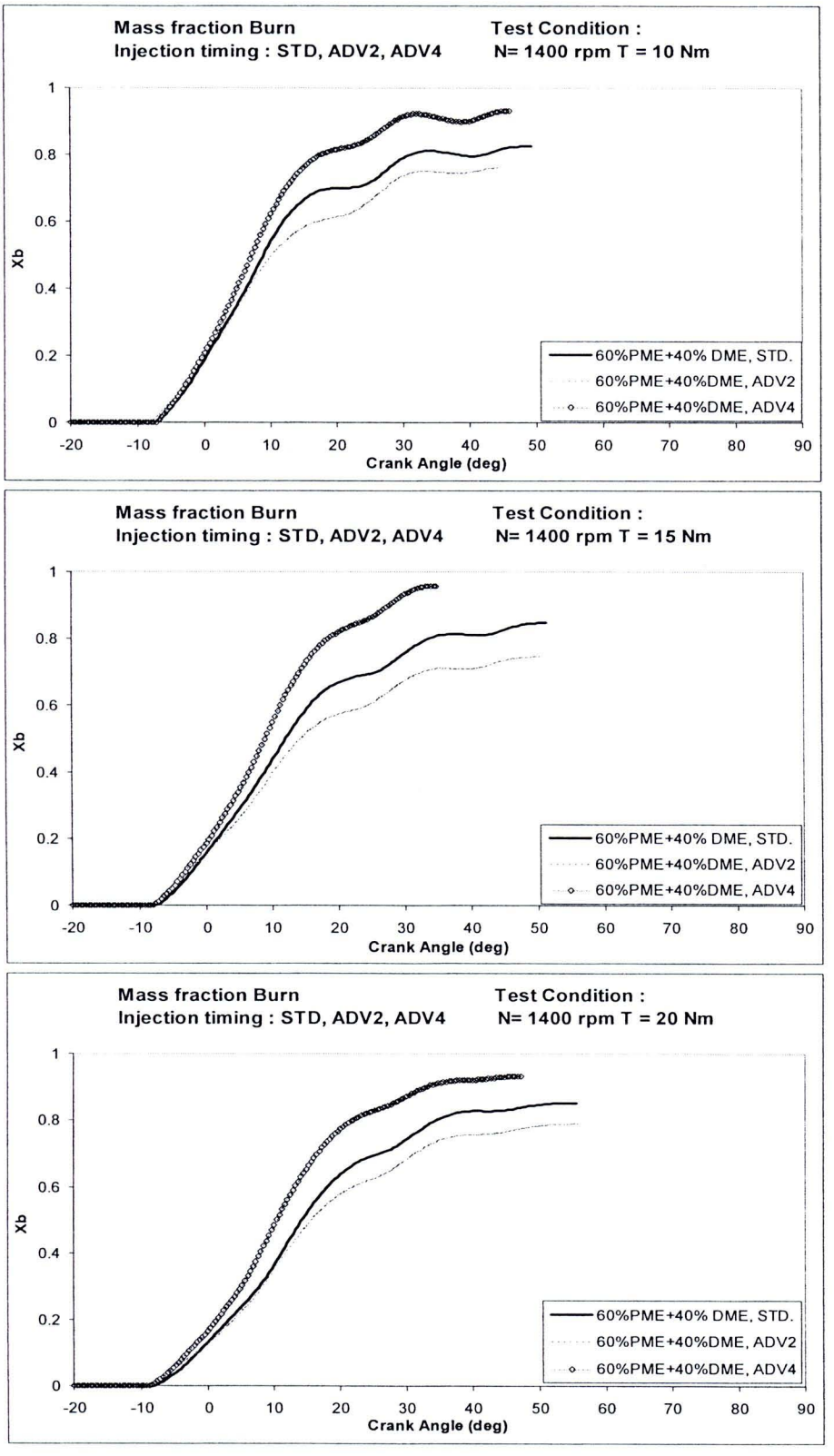
สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ คือ สัดส่วนของมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้แล้ว ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ขึ้นอยู่กับการปล่อยความร้อนสุทธิที่ปล่อยออกมาจากเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ต่อปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในแต่ละวัฏจักร ดังนั้นการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีควรจะมีการปลดปล่อยความร้อนสุทธิในปริมาณที่สูงและสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูง จุดศูนย์กลางการปล่อยความร้อนควรเกิดใกล้จุดศูนย์ตายบนของกระบอกสูบและมีการเผาไหม้ในช่วงแรกที่รวดเร็ว

รูปที่ 6-92ถึงรูปที่ 6-95 แสดงสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ของเชื้อเพลิง DME-PME ในสัดส่วน 40% DME ที่สภาวะภาระบางส่วน ซึ่งผลการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

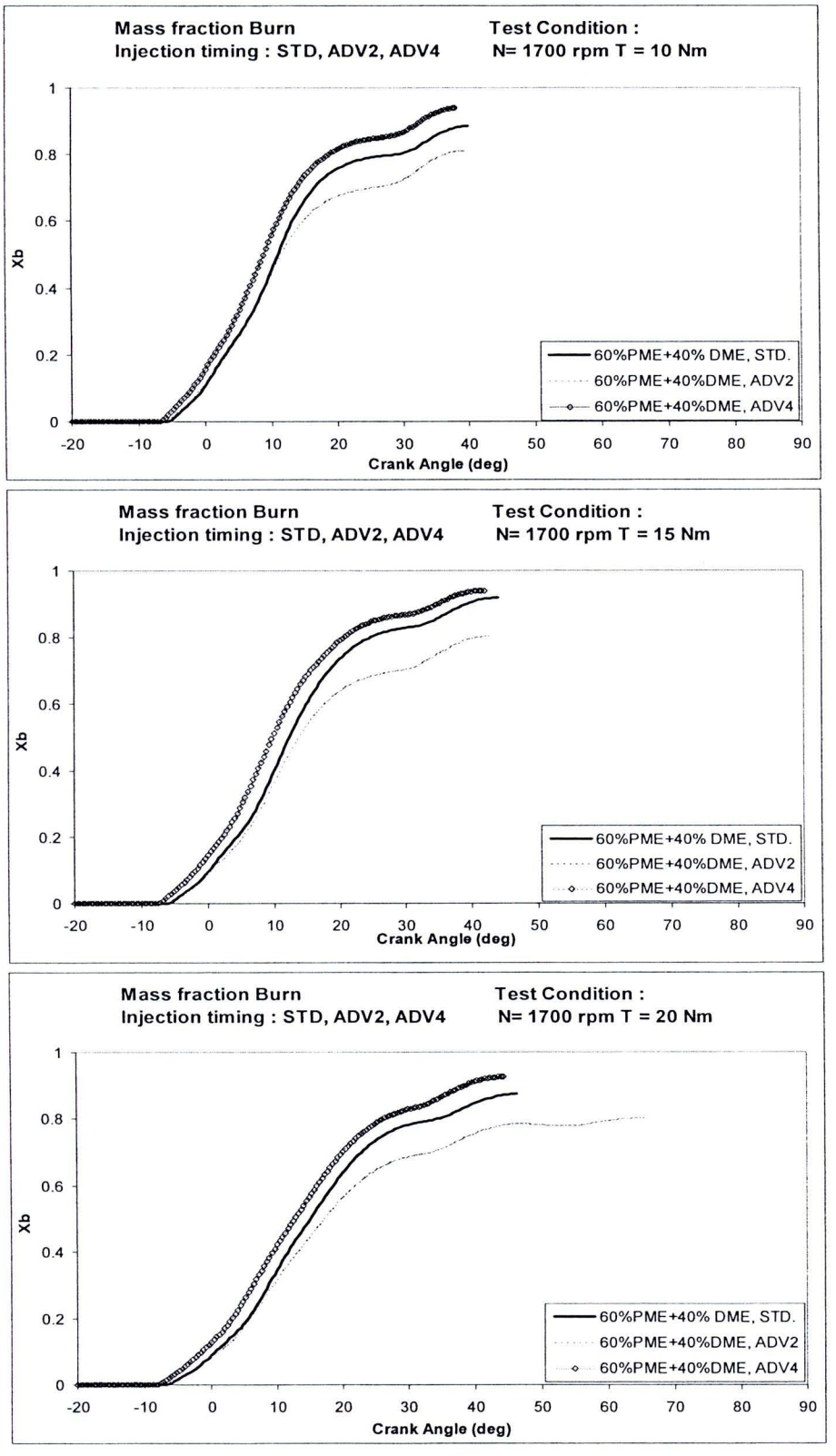
และรูปที่ 6-96 แสดงสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ของเชื้อเพลิง DME-PME ในสัดส่วน 40% DME ที่สภาวะภาระสูงสุด ซึ่งผลการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



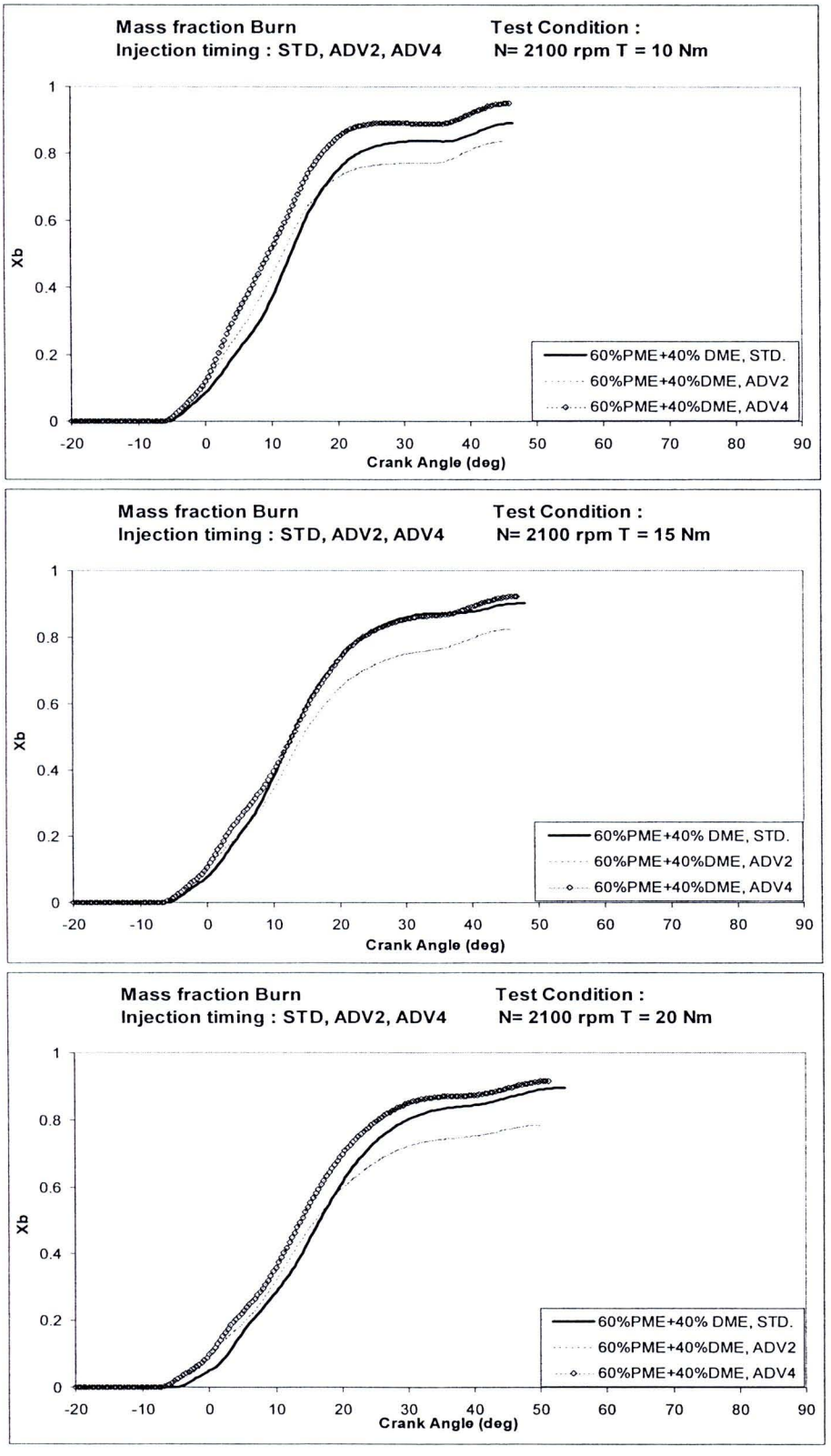
รูปที่ 6-92 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้กับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



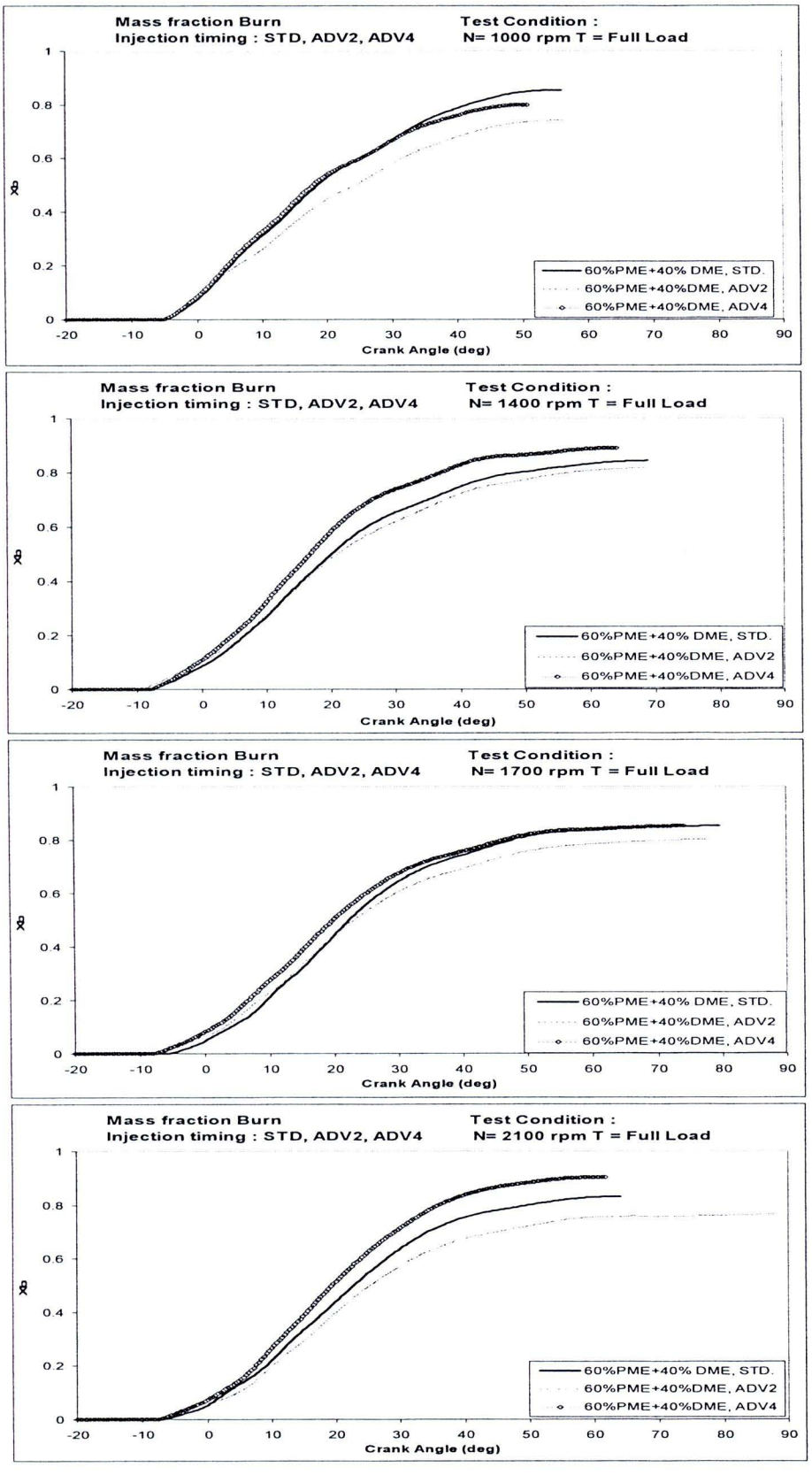
รูปที่ 6-93 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้กับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-94 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้กับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-95 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้กับภาระการทำงาน ที่สภาวะภาระบางส่วน ภายใต้การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2100 rpm เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ



รูปที่ 6-96 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

จากรูปที่ 6-92ถึงรูปที่ 6-95 แสดงสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้ ที่สภาวะภาระบางส่วน ของเชื้อเพลิง DME-PME ในสัดส่วน 40% DME โดยเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ พบว่า หากปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้จะมีค่าสูงที่สุด เนื่องจากมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงที่สุด แต่การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วง ADV2 ส่งผลให้ค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้มีค่าต่ำที่สุดในทุกช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์และตลอดทุกช่วงภาระการทดสอบ

เมื่อพิจารณาในแต่ละความเร็วรอบเครื่องยนต์ พบว่า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm ที่สภาวะภาระการทำงาน 10, 15 และ 20 Nm การปรับใช้ใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วง ADV4 มีค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้สูงสุด กล่าวคือมีค่า 0.902, 0.936 และ 0.869 ตามลำดับ

ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 rpm ที่สภาวะภาระการทำงาน 10, 15 และ 20 Nm การปรับใช้ใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วง ADV4 มีค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้สูงสุด กล่าวคือมีค่า 0.931, 0.959 และ 0.932 ตามลำดับ

ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 rpm ที่สภาวะภาระการทำงาน 10, 15 และ 20 Nm การปรับใช้ใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วง ADV4 มีค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้สูงสุด กล่าวคือมีค่า 0.940, 0.941 และ 0.925 ตามลำดับ

ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2100 rpm ที่สภาวะภาระการทำงาน 10, 15 และ 20 Nm การปรับใช้ใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วง ADV4 มีค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้สูงสุด กล่าวคือมีค่า 0.951, 0.923 และ 0.915 ตามลำดับ

จากรูปที่ 6-96 แสดงสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้ ที่สภาวะภาระสูงสุด ของเชื้อเพลิง DME-PME ในสัดส่วน 40% DME โดยเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ พบว่า ผลการทดสอบในแต่ละความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm การใช้เพลาลูกเบี้ยวค่ามาตรฐาน STD มีค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูงสุด และเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ไปที่ ตั้งแต่ 1400 rpm จนถึง 2100 rpm สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้จะมีค่าสูงที่สุด หากปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 แต่การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วง ADV2 ส่งผลให้ค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้มีค่าต่ำที่สุดในทุกช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์

จากรูปที่ 6-92ถึงรูปที่ 6-95 แสดงสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้ ที่สภาวะภาระบางส่วน ของเชื้อเพลิง DME-PME ในสัดส่วน 40% DME โดยเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-56

ตารางที่ 6-56 สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้ ที่สภาวะภาระบางส่วน เปรียบเทียบระหว่าง การใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

Speed	Torque	Fuel	Mass Fraction Burn		
rpm	Nm		STD	ADV2	ADV4
1000	10	60% PME +40% DME	0.864	0.736	0.902
	15		0.854	0.761	0.936
	20		0.821	0.777	0.869
1400	10		0.825	0.759	0.931
	15		0.849	0.746	0.959
	20		0.854	0.789	0.932
1700	10		0.885	0.809	0.940
	15		0.919	0.803	0.941
	20		0.875	0.801	0.925
2100	10		0.891	0.836	0.951
	15		0.903	0.823	0.923
	20		0.896	0.783	0.915

จากตารางที่ 6-56 เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์มีค่าคงที่ ไม่พบว่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้มีการเปลี่ยนแปลงแบบมีแนวโน้มชัดเจน เมื่อภาระการทำงานเพิ่มสูงขึ้น

จากรูปที่ 6-96 แสดงสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้ ที่สภาวะภาระสูงสุด ของเชื้อเพลิง DME-PME ในสัดส่วน 40% DME โดยเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 6-57

ตารางที่ 6-57 สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้ ที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบระหว่าง การใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาต่างๆ

Speed rpm	Torque Nm	Fuel	Cam Shaft Setting	Mass Fraction Burn
1000	29.22	60% PME +40% DME	STD	0.855
	28.43		ADV2	0.741
	27.26		ADV4	0.800
1400	31.35		STD	0.844
	29.84		ADV2	0.814
	29.05		ADV4	0.891
1700	32.06		STD	0.852
	31.94		ADV2	0.800
	32.19		ADV4	0.852
2100	31.64		STD	0.831
	31.54		ADV2	0.765
	31.45		ADV4	0.904

จากตารางที่ 6-57 เมื่อพิจารณาในแต่ละความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm การใช้เพลาลูกเบี้ยวค่ามาตรฐาน STD จะมีสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้สูงสุด และเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบไปตั้งแต่ 1400 rpm จนถึง 2100 rpm พบว่าการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้สูงที่สุด แต่การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV2 จะมีสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้ที่มีค่าต่ำที่สุดในทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์

จากตารางที่ 6-56 ถึง ตารางที่ 6-57 สามารถพิจารณาหาว่าการใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาใดที่เชื้อเพลิงมีการเผาไหม้ดีที่สุดในแต่ละจุดทดสอบ ซึ่งสรุปไว้ในตารางที่ 6-58

ตารางที่ 6-58 องศาการฉีดเชื้อเพลิงที่มีการเผาไหม้ดีที่สุดในแต่ละจุดทดสอบ

Speed	Torque	Fuel	Mass Fraction Burn		
rpm	Nm		STD	ADV2	ADV4
1000	10	60% PME +40% DME			√
1000	15				√
1000	20				√
1000	Full		√		
1400	10				√
1400	15				√
1400	20				√
1400	Full				√
1700	10				√
1700	15				√
1700	20				√
1700	Full				√
2100	10				√
2100	15				√
2100	20				√
2100	Full				√

จากตารางที่ 6-58 โดยภาพรวมพบว่า การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูงที่สุด ซึ่งเป็นไปได้ว่าการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าที่มาก ในขณะที่อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้มีค่าต่ำ และมีอัตราการผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศในอัตราส่วนที่เหมาะสมในช่วงล่าช้าการจุดระเบิดทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ จึงเป็นผลให้สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้มีค่าสูงและอุณหภูมิไอเสียมีค่าต่ำ แต่เมื่อมีการฉีดเชื้อเพลิงมีค่าล่วงหน้าที่น้อยกว่า อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ก่อนเริ่มต้นการเผาไหม้มีค่าสูง ดังนั้นช่วงล่าช้าการจุดระเบิดสั้นลงทำให้อัตราการผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศมีอัตราส่วน

ไม่เหมาะสม ทำให้เชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกจากรูหัวฉีดเกิดการเผาไหม้ทันทีและเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เป็นผลให้สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้มีค่าต่ำและอุณหภูมิไอเสียมีค่าสูง

6.3 สรุปผลการทดสอบสมรรถนะและปรากฏการณ์การเผาไหม้

จากผลการทดสอบของสมรรถนะและปรากฏการณ์การเผาไหม้ โดยการวิเคราะห์การปล่อยความร้อนเนื่องจากการเผาไหม้จากข้อมูลความดันภายในกระบอกสูบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ส่วนแรกสรุปผลการทดสอบสมรรถนะและปรากฏการณ์การเผาไหม้ที่สภาวะการใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ประกอบด้วย น้ำมันดีเซล, น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล และน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME (DME-PME) ในสัดส่วน 40% DME และส่วนสุดท้าย สรุปผลการทดสอบสมรรถนะและปรากฏการณ์การเผาไหม้จากการศึกษาอิทธิของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่อสมรรถนะและปรากฏการณ์การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง DME-PME ในสัดส่วน 40% DME โดยสรุปผลได้ดังนี้

6.3.1 สรุปผลการทดสอบสมรรถนะจากเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิดเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน

6.3.1.1 สรุปผลทดสอบสมรรถนะที่สภาวะภาระสูงสุด

ก. ค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่สภาวะภาระสูงสุดที่ความเร็วรอบ 1700 rpm เป็นตำแหน่งที่ได้ค่าแรงบิดเบรกสูงสุดของเครื่องยนต์มีค่าสูงที่สุดและลดลงเมื่อปรับความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นเป็น 2100 rpm ซึ่งมีแนวโน้มลักษณะเดียวกันในการทดสอบของทุกเชื้อเพลิง โดยผลของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะได้ค่าแรงบิดเบรกสูงสุดมีค่ามากที่สุดในทุกความเร็วรอบ และเมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME จะมีแรงบิดแบรกสูงสุดมีค่าน้อยที่สุดในทุกความเร็วรอบ หากพิจารณาค่าแรงบิดเบรกสูงสุดกับความสอดคล้องของค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงพบว่าแนวโน้มของค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้มีค่าลดต่ำลงไปตามปริมาณสัดส่วน ปริมาณพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง (Heating Value) ที่ลดค่าต่ำลง

ข. อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาระสูงสุดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิด เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน (STD 20 CA BTDC) พบว่าการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ในอัตราส่วนโดยมวล 40% DME จะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำที่สุดในทุกความเร็วรอบ และการใช้น้ำมันดีเซล จะมีค่า

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะสูงที่สุดในเกือบทุกความเร็วรอบ ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1000 rpm การใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะสูงที่สุด

ค. ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระสูงสุดจะมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ที่สัดส่วนโดยมวล 40% DME เป็นเชื้อเพลิง ในทุกความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และการใช้น้ำมันดีเซล จะมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงต่ำที่สุดในเกือบทุกความเร็วรอบ ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1000 rpm การใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงต่ำที่สุด

ง. อุณหภูมิไอเสีย ที่สภาวะภาระสูงสุดจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความเร็วรอบมีค่าสูงขึ้นในทุกเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ และเมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม DME ที่อัตราส่วนโดยมวล 40% DME จะทำให้อุณหภูมิไอเสียมีค่าลดลงในทุกความเร็วรอบ แต่การใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าอุณหภูมิไอเสียสูงที่สุดในทุกความเร็วรอบ

6.3.1.2 สรุปผลทดสอบสมรรถนะที่สภาวะภาระบางส่วน

ก. อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาระบางส่วน ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm และที่ภาระ 10 Nm และ 15 Nm การเลือกใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำที่สุด และเมื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1400 rpm จนถึง 2100 rpm การเลือกใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำที่สุด

ข. ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm ที่ภาระ 10 Nm และ 15 Nm การเลือกใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงที่สุด และเมื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1400 rpm จนถึง 2100 rpm การเลือกใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงที่สุด

ค. อุณหภูมิไอเสีย ที่สภาวะภาระสูงสุดจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อความเร็วรอบมีค่าสูงขึ้นในทุกเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ และเมื่อใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าอุณหภูมิไอเสียสูงที่สุดในทุกความเร็วรอบ

6.3.2 สรุปผลการศึกษาอิทธิพลของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่อสมรรถนะที่ใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง

6.3.2.1 สรุปผลทดสอบสมรรถนะที่สภาวะภาระสูงสุด

ก. ค่าแรงบิดเบรกสูงสุด การใช้ DME-PME (ที่สัดส่วน 40%DME) เป็นเชื้อเพลิง ผลการเปรียบเทียบค่าแรงบิดเบรกสูงสุดจากการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (STD) จะได้ค่าแรงบิดเบรกสูงที่สุดในทุกความเร็วรอบ อย่างไรก็ตามเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์มีค่ามากกว่า 1400 rpm การปรับเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า จะทำให้ค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้ใกล้เคียงกันกับที่เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (STD) โดยสังเกตุได้จากการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่วงหน้า (ADV4) นั้นไม่ส่งผลต่อช่วงความแตกต่างและมีแนวโน้มของค่าแรงบิดเบรกสูงสุดใกล้เคียงกันกับการใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (STD) แต่ในกรณีของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่าช้า (RTD2) พบว่าค่าแรงบิดเบรกสูงสุดของเครื่องยนต์มีค่าลดลงในทุกความเร็วรอบ

ข. อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาระสูงสุด การใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (STD) จะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำที่สุดเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ ไปในช่วงความเร็วรอบตั้งแต่ 1000 จนถึง 1700 rpm ซึ่งที่ความเร็วรอบ 1700 rpm ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะมีค่าใกล้เคียงกันในทุกค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิง และเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบไปที่ 2100 rpm การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะทำให้อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะมีค่าต่ำที่สุด และที่ ADV4 จะให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำกว่า ADV2 ทุกช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ และในส่วนกรณีของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่าช้า (RTD2) พบว่ามีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะสูงที่สุดในทุกความเร็วรอบของเครื่องยนต์

ค. ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่สภาวะภาระสูงสุดจะมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อใช้ใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (STD) เมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ ไปในช่วงความเร็วรอบตั้งแต่ 1000 จนถึง 1700 rpm ซึ่งที่ความเร็วรอบ 1700 rpm ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมีค่าใกล้เคียงกันในทุกค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงและเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบไปที่ 2100 rpm การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะทำให้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมีค่าสูงที่สุด และที่ ADV4 จะให้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงกว่า ADV2 ทุกช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ แต่ในส่วนกรณีของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่าช้า (RTD2) พบว่ามีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงต่ำที่สุดในทุกความเร็วรอบของเครื่องยนต์

ง. อุณหภูมิไอเสีย ที่สภาวะภาระสูงสุดจะมีค่าลดต่ำลง เมื่อปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้า (RTD2) แต่ในกรณีการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่วงหน้า (ADV2) พบว่ามีค่าอุณหภูมิไอเสีย สูงที่สุดในทุกความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และพบว่าการปรับใช้ ADV2 ส่งผลให้อุณหภูมิไอเสียมีค่าสูงกว่าการใช้ STD แต่การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิง ADV4 ส่งผลให้อุณหภูมิไอเสียมีค่าต่ำกว่า ADV2

6.3.2.2 สรุปผลทดสอบสมรรถนะที่สภาวะภาระบางส่วน

ก. อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาระบางส่วน พบว่าที่ความเร็วรอบ 1000 rpm การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าค่ามากขึ้นมีผลช่วยลดค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะเฉพาะที่ภาระการทำงานปานกลางและภาระสูง (15 Nm และ 20 Nm) แต่ในกรณีของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่าช้า (RTD2) พบว่าค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะกลับเพิ่มสูงขึ้นตลอดช่วงภาระการทำงานของเครื่องยนต์ และเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ตั้งแต่ 1400 rpm จนถึง 2100 rpm การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวที่เพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าค่ามากขึ้น (ADV4) มีผลช่วยลดค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะลดต่ำลงทุกช่วงภาระการทำงาน

ข. ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง พบว่าที่ความเร็วรอบ 1000 rpm การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าค่ามากขึ้นมีผลช่วยเพิ่มค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเฉพาะที่ภาระการทำงานปานกลางและภาระสูง (15 Nm และ 20 Nm) แต่ในกรณีของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงให้ล่าช้า (RTD2) พบว่าค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงกลับลดต่ำลงตลอดช่วงภาระการทำงานของเครื่องยนต์ และเมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ตั้งแต่ 1400 rpm จนถึง 2100 rpm การปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวที่เพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าค่ามากขึ้น (ADV4) มีผลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงให้มีค่าสูงที่สุดในทุกช่วงภาระการทำงาน

ค. อุณหภูมิไอเสีย ที่สภาวะภาระบางส่วนจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อความเร็วรอบมีค่าสูงขึ้นในทุกเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ และที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 rpm การใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐานจะให้ค่าอุณหภูมิไอเสียต่ำที่สุดและในช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ตั้งแต่ 1400 rpm จนถึง 2100 rpm การเลือกปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าค่ามากขึ้น ADV4 ส่งผลให้ค่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ลดต่ำลง

6.3.3 สรุปผลของปรากฏการณ์การเผาไหม้

ในงานวิจัยนี้ได้นำทฤษฎีการวิเคราะห์ปรากฏการณ์การเผาไหม้ที่ใช้ในเชื้อเพลิง conventional diesel สำหรับจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงจะพิจารณาจากความดันในท่อส่งเชื้อเพลิงร่วมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงความดันภายในห้องเผาไหม้พบว่า ความดันในท่อส่งเชื้อเพลิงจะมีลักษณะเป็นคลื่นความดัน เนื่องจากคุณสมบัติของการอัดตัวได้ของเชื้อเพลิง DME-PME มีค่าสูงเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล และตำแหน่งการติดตั้ง Pressure Tranducer ของความดันในท่อส่งเชื้อเพลิงจะถูกติดตั้งก่อนบริเวณทางเข้าของหัวฉีดอยู่ที่ 8 เซนติเมตร เมื่อเชื้อเพลิงถูกฉีดออกจากรูหัวฉีดอาจจะพบจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้ากว่าความเป็นจริง ในกรณีเดียวกันขณะที่เข็มหัวฉีดถูกยกและกดเพื่อควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงที่ออกจากรูหัวฉีดเข้าไปภายในห้องเผาไหม้อาจจะทำให้เกิดคลื่นความดัน ที่ไหลสะท้อนไปมา (wave) อยู่ภายในท่อส่งเชื้อเพลิงได้

6.3.3.1 สรุปผลของปรากฏการณ์การเผาไหม้ จากเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิดเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน

จากผลการทดสอบเพื่อบันทึกข้อมูลความดันสามารถสรุปได้ดังนี้

ก. จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิง (Start of Injection, SOI)

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุดและสภาวะภาระบางส่วน พบว่า เมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงเกิดขึ้นก่อน ส่วนการใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงจะมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นล่าช้าที่สุด

ข. จุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิง (End of Injection, EOI)

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุด พบว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะทำให้จุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิงสิ้นสุดเร็ว ส่วนการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มีจุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้าที่สุด

กรณีที่สภาวะภาระบางส่วน พบว่าเมื่อใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงจะทำให้จุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิงสิ้นสุดเร็ว ส่วนการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล และน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน คือมีจุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้าที่สุด

ค. ช่วงการฉีดเชื้อเพลิง

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุด พบว่า เมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะได้ช่วงการฉีดเชื้อเพลิงที่มีช่วงยาวที่สุด แต่การใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงจะได้ช่วงการฉีดเชื้อเพลิงที่มีช่วงสั้นที่สุด

กรณีที่สภาวะภาระบางส่วน พบว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะได้ช่วงการฉีดเชื้อเพลิงที่มีช่วงสั้นที่สุด แต่การใช้ น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะได้ช่วงการฉีดเชื้อเพลิงที่มีช่วงยาวที่สุด

ง. ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง จะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่ต่ำที่สุด ส่วนการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรสูงที่สุด

กรณีที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่ต่ำที่สุด ส่วนการใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง จะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรสูงที่สุด

จ. ความดันในห้องเผาไหม้

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุดและที่สภาวะภาระบางส่วน พบว่าเมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มีความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้ที่มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนการใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงมีความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้ต่ำที่สุด

ฉ. งานอินดิเคท

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุดและที่สภาวะภาระบางส่วน พบว่าเมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มีงานอินดิเคทที่แก๊สในกระบอกสูบถ่ายทอดให้กับลูกสูบที่มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนการใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิงมีงานอินดิเคทที่แก๊สในกระบอกสูบถ่ายทอดให้กับลูกสูบต่ำที่สุด

ช. อัตราการปล่อยความร้อน

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุดและกรณีที่สภาวะภาระบางส่วน การใช้น้ำมันดีเซล พบรูปแบบของการปล่อยความร้อนในช่วงของ premixed combustion phase คือ ค่าอัตราการปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงมีค่าความชันสูงสุด ส่วนกรณีของการใช้ DME-PME นั้นมีค่าอัตราการปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงมีค่าความชันต่ำที่สุดแต่มีแนวโน้มค่าความชันสูงสุดเกิดขึ้นใกล้บริเวณจุดศูนย์ตายบน

ซ. จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ (Start of Combustion, SOC)

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง จะมีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้เกิดขึ้นเข้าใกล้จุดศูนย์ตายบนของกระบอกสูบมากขึ้น ส่วนการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล และน้ำมันดีเซล เป็นเชื้อเพลิง พบว่ามีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นล่วงหน้า

ก่อนจุดศูนย์ตายบนห่างออกไปมากขึ้น โดยน้ำมันดีเซลจะมีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้เกิดขึ้นล่วงหน้าก่อนการใช้ปาล์มไบโอดีเซล เพียงเล็กน้อย

กรณีที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง จะมีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้เกิดขึ้นเข้าใกล้จุดศูนย์ตายบนของกระบอกสูบมากขึ้น ส่วนการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล และน้ำมันดีเซล เป็นเชื้อเพลิง พบว่ามีแนวโน้มใกล้เคียงกัน คือมีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นล่วงหน้าก่อนจุดศูนย์ตายบนห่างออกไปมากขึ้น

ฌ. จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ (End of Combustion, EOC)

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะมีจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ล่าช้าที่สุด ส่วน DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง มีจุดสิ้นสุดการเผาไหม้เร็วที่สุด

กรณีที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล และน้ำมันดีเซล เป็นเชื้อเพลิงจะมีจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ใกล้เคียงกันในเกือบทุกความเร็วรอบ แต่การใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง มีจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ล่าช้าที่สุด

ญ. ช่วงล่าช้าการจุดเบิด

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง พบว่ามีแนวโน้มลักษณะเดียวกัน คือมีช่วงล่าช้าการจุดเบิดสั้นลง แต่ส่วนของการใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง มีช่วงล่าช้าการจุดเบิดยาวขึ้น

กรณีที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง พบว่ามีแนวโน้มลักษณะเดียวกัน คือมีช่วงล่าช้าการจุดเบิดยาวขึ้น แต่ส่วนของการใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง มีช่วงล่าช้าการจุดเบิดสั้นลง

ฎ. การปล่อยความร้อนสุทธิ

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง พบว่ามีการปล่อยความร้อนสุทธิสูงที่สุด และการใช้ DME-PME มีการปลดปล่อยความร้อนสุทธิต่ำที่สุด

กรณีที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง พบว่ามีแนวโน้มลักษณะเดียวกัน มีการปล่อยความร้อนสุทธิใกล้เคียงกัน แต่การใช้ DME-PME มีการปลดปล่อยความร้อนสุทธิต่ำที่สุด ในเกือบทุกจุดทดสอบ

ฏ. สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุด การใช้ DME-PME มีสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงเผาไหม้สูงที่สุดในทุกความเร็วรอบ และการใช้ น้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซลมีสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ใกล้เคียงกัน

กรณีที่สภาวะภาระบางส่วน การใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูงที่สุด ในเกือบทุกจุดทดสอบ ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1000 rpm ภาระ 10 และ 15Nm ซึ่งการใช้ DME-PME จะมีสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูงสุดในช่วงภาระดังกล่าว

6.3.3.2 สรุปผลการศึกษาอิทธิพลของการปรับค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่อปรากฏการณ์การเผาไหม้ เมื่อใช้ DME-PME ในสัดส่วน 40% DME เป็นเชื้อเพลิง

จากผลการทดสอบเพื่อบันทึกข้อมูลความดันสามารถสรุปได้ดังนี้

ก. จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิง (Start of Injection, SOI)

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุดและสภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงมีค่าล่วงหน้ามากขึ้น จะมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงเกิดขึ้นก่อน โดยการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะมีจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นก่อน

ข. จุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิง (End of Injection, EOI)

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุดและสภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าค่ามากขึ้น จะมีจุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิงเกิดขึ้นก่อน โดยการปรับใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศา ADV4 จะมีจุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิงเกิดขึ้นก่อน ส่วนการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศามาตรฐาน STD จะมีจุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้าที่สุด

ค. ช่วงการฉีดเชื้อเพลิง

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุดและสภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 จะได้ช่วงการฉีดเชื้อเพลิงที่มีช่วงยาวที่สุด ส่วนการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศามาตรฐาน STD จะได้ช่วงการฉีดเชื้อเพลิงที่มีช่วงสั้นที่สุด

ง. ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุดและกรณีที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 มีแนวโน้มปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่ต่ำที่สุด

จ. ความดันในห้องเผาไหม้

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุดและสภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 มีแนวโน้มความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้มีค่าเพิ่มสูงสุด ส่วนการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศามาตรฐาน STD จะมีความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้ที่มีค่าต่ำลง

ฉ. งานอินดิเคท

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุดและสภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 มีแนวโน้มได้งานอินดิเคทที่แก๊สในกระบอกสูบถ่ายทอดให้แก่ลูกสูบมีค่าสูงที่สุด ในเกือบทุกความเร็วรอบ แต่เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV2 มีแนวโน้มได้งานอินดิเคทที่แก๊สในกระบอกสูบถ่ายทอดให้แก่ลูกสูบมีค่าต่ำที่สุด ในทุกช่วงบนจุดการทดสอบ

ช. อัตราการปล่อยความร้อน

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุดและสภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 พบว่ามีรูปแบบการปล่อยความร้อนของช่วงเพลิงในช่วง premixed combustion phase คือมีค่าอัตราการปลดปล่อยความร้อนสูงที่สุดและมีความชันของอัตราการปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงในช่วงเริ่มต้นการเผาไหม้ที่สูงที่สุด แต่ส่วนในกรณีของการใช้เพลาลูกเบี้ยวค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน STD. พบว่ามีรูปแบบการปล่อยความร้อนของช่วงเพลิงในช่วง premixed combustion phase คือมีค่าอัตราการปลดปล่อยความร้อนต่ำที่สุดและมีความชันของอัตราการปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงในช่วงเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ต่ำที่สุด

ซ. จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ (Start of Combustion, SOC)

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุดและสภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 มีแนวโน้มจุดเริ่มต้นการเผาไหม้เกิดขึ้นก่อน ส่วนการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศามาตรฐาน STD มีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นช้าที่สุด แต่เกิดขึ้นเข้าใกล้จุดศูนย์ตายบนมากขึ้น

ฌ. จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ (End of Combustion, EOC)

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุดและสภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 มีแนวโน้ม จะทำให้จุดสิ้นสุดการเผาไหม้เกิดขึ้นก่อน ส่วนการใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ค่าองศามาตรฐาน STD มีจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ล่าช้าที่สุด

ญ. ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุดและกรณีที่สภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 มีแนวโน้มของช่วงล่าช้าการจุดระเบิดยาวขึ้น แต่การใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STD มีแนวโน้มของช่วงล่าช้าการจุดระเบิดสั้นลง

ฎ. การปล่อยความร้อนสุทธิ

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุด มื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 มีแนวโน้มของค่าการปล่อยความร้อนสุทธิสูงที่สุด ในเกือบทุกความเร็วรอบ

ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1000 rpm การใช้เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน STDมีการปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด

กรณีที่สภาวะภาระบางส่วน มื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 มีแนวโน้มของค่าการปล่อยความร้อนสุทธิสูงที่สุด ในทุกจุดทดสอบ แต่การใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV2 มีแนวโน้มของค่าการปล่อยความร้อนสุทธิต่ำที่สุด ในทุกจุดทดสอบ

ฎ. สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้

กรณีที่สภาวะภาระสูงสุดและสภาวะภาระบางส่วน เมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยวที่ปรับแต่งเพื่อเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า ADV4 มีแนวโน้มสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูงที่สุด ตลอดทุกค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์และทุกจุดทดสอบ