บทที่ 4
วิธีการและเครื่องมือในการดำเนินงานวิจัย

จากวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัยนี้ จะทำการปรับปรุงคาร์บูเรเตอร์เพื่อใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งระบบผลิตกระแสไฟฟ้านี้จะใช้วิธีการต่อกำลังเพลาตรงจากเครื่องยนต์เข้ากับมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อเครื่องยนต์หมุนทำงานชนะความเร็วซิงโคนัสของมอเตอร์ มอเตอร์ก็จะทำหน้าที่เป็นไดนาโม จึงต้องทำการออกแบบและสร้างคาร์บูเรเตอร์ขึ้นใหม่ โดยออกแบบให้ขนาดคอคอดเหมาะสมกับขนาดความจุและความเร็วรอบทำงานของเครื่องยนต์ รวมถึงการออกแบบให้สามารถปรับปริมาณก๊าซชีวภาพโดยการหมุนปรับด้วยมือให้มีช่วงในการหมุนปรับที่กว้างขึ้นกว่าเดิมจาก 4.44% ของระยะการเปิดทั้งหมดของบอลวาล์วให้กว้างขึ้นไม่ต่ำกว่า 20% ของระยะการเปิดทั้งหมดของเข็ม โดยใช้วิธีการเปลี่ยนพื้นที่หน้าตัดของนมหนูก๊าซโดยเข็มควบคุมปริมาณก๊าซแทนการใช้บอลวาล์ว ซึ่งชุดผลิตกระแสไฟฟ้านี้จะใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในแบบ 4 สูบ 4 จังหวะ ขนาดความจุ 1,171 cc เป็นต้นกำลังขับหมุนเพื่อเอาชนะความเร็วซิงโคนัสของมอเตอร์ และใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 2 Pole 380/660 V 50 Hz 25 HP ความเร็วรอบทำงาน 3,000 rpm และมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 4 Pole 380/660 V 50 Hz 25 HP ความเร็วรอบทำงาน 1,500 rpm ทำหน้าที่เป็นไดนาโม รวมถึงการปรับปรุงเครื่องยนต์ในส่วนของการระบายความร้อน, อัตราส่วนการอัด และองศาการจุดระเบิด เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงด้วย จากนั้นจึงทำการทดสอบเปรียบเทียบการทำงานที่ความเร็วรอบ 3,000 rpm และ 1,500 rpm เพื่อสรุปให้ได้ว่าที่สภาวะการทำงานรูปแบบใดจะเหมาะสมที่สุด โดยถือเอาการให้ประสิทธิภาพสูงสุดเป็นหลัก ทั้งนี้มีวิธีการและเครื่องมือในการดำเนินงาน ซึ่งอธิบายโดยลำดับได้ดังนี้

4.1 ขั้นตอนการปรับปรุงคาร์บูเรเตอร์และเครื่องยนต์เพื่อประกอบเป็นชุดผลิตกระแสไฟฟ้า

4.1.1 ทำการออกแบบคาร์บูเรเตอร์สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบ 4 สูบ 4 จังหวะ ขนาดความจุกระบอกสูบ 1,171 cc โดยต่อกำลังเพลาตรงจากเครื่องยนต์เข้ากับมอเตอร์เหนี่ยวนำและทำงานที่ความเร็วคงที่ ซึ่งได้กล่าวถึงวิธีการและรายละเอียดในการคำนวณและออกแบบไว้ในบทที่ 3 โดยในส่วนของคอคอดจะออกแบบและสร้างขึ้นทดสอบที่ความเร็วรอบ 3,000 rpm และ 1,500 rpm รวม 2 ชิ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.2 ทำการ Overhaul เครื่องยนต์ เนื่องจากเครื่องยนต์ที่ในในงานวิจัยนี้เป็นเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน ยี่ห้อ NISSAN sunny A-12 ซึ่งมีสภาพเก่าผ่านการใช้งานมาแล้ว เพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ที่สุด จึงต้องทำการ Overhaul เครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพที่เหมือนใหม่ รวมถึงทำการปรับอัตราส่วนการอัดจาก 9:1 ไปเป็น 11:1 โดยการเจียรนัยฝาสูบ เนื่องจากอัตราส่วนการอัด(ε) ที่เหมาะสมของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพจะอยู่ในช่วง 10-12:1 เพื่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่สมบูรณ์ [16] ฉะนั้นเมื่อคำนวณหาระยะการเจียรนัยฝาสูบแล้วพบว่า การปรับอัตราส่วนการอัดไว้ที่ 11:1 จะเหลือระยะห่างระหว่างลิ้นไอดี-ไอเสียกับหัวลูกสูบของเครื่องยนต์ในตำแหน่ง Overlap ที่เพียงพอแก่การขยายตัวในขณะเกิดความร้อนสูงในห้องเผาไหม้

4.1.3 ทำการติดตั้งระบบระบายความร้อนแบบปิดเข้ากับเครื่องยนต์บนแท่นโลหะ 2 ชั้นขนาด 60×150 cm เพื่อแก้ปัญหาการเกิดตะกรันอันเนื่องจากสารแขวนลอยที่ปะปนมากับน้ำและน้ำระเหยไปเมื่อใช้ระบบระบายความร้อนแบบเปิดซึ่งใช้อยู่เดิม เป็นสาเหตุให้เกิดการสะสมตะกรันภายในช่องทางของระบบระบายความร้อนทำให้การระบายความร้อนไม่ดีพอและเกิดปัญหาเครื่องยนต์ร้อนจัด (Overheat)

4.1.4 ทำการติดตั้งมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 2 pole 380/660 V 50 Hz 25 HP เพื่อให้ทำงานที่ความเร็วรอบ 3,000 rpm และสลับเปลี่ยนมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 4 pole 380/660 50 Hz 25 HP เพื่อให้ทำงานที่ความเร็วรอบ 1,500 rpm ลงบนแท่นโลหะเดียวกันกับเครื่องยนต์ และต่อกำลังขับตรงจากเพลาเครื่องยนต์มายังเพลามอเตอร์โดยหน้าแปลนต่อตรงไม่มีข้อต่อเปลี่ยนมุมใดๆ พร้อมทั้งติดตั้งระบบควบคุมการทำงาน

4.2 ขั้นตอนการทดสอบและบันทึกข้อมูล

4.2.1 ทำการเดินระบบโดยกดปุ่ม START จากตู้ควบคุมการทำงานเพื่อเริ่มเดินเครื่อง และปรับมุมดเวลให้อยู่ในค่ากำหนดของเครื่องยนต์ (ในที่นี้ปรับตั้งไว้ที่ 55^0) จากนั้นปรับปริมาณก๊าซชีวภาพโดยสกรูควบคุมปริมาณก๊าซในชุดคาร์บูเรเตอร์ให้มีปริมาณก๊าซที่พอเพียงทำให้เครื่องยนต์เริ่มทำงาน (ในที่นี้เข็มควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพเปิด 36.7% สำหรับการทำงานที่ 3,000 rpm และเปิด 26.7% สำหรับการทำงานที่ 1,500 rpm)

4.2.2 ทำการปรับองศาการจุดระเบิดให้อ่อนสุดเท่าที่เครื่องยนต์สามารถทำงานอยู่ได้ (ในที่นี้สามารถปรับองศาจุดระเบิดได้อ่อนสุด 30 ^{0}BTDC ที่สภาวะการทำงาน 3,000 rpm และ 37 ^{0}BTDC ที่สภาวะการทำงาน 1,500 rpm)

4.2.3 หลังจากเดินเครื่องตามเงื่อนไขในขั้นตอนที่ 4.2.1 และ 4.2.2 แล้ว จนเข้าสู่สภาวะ Steady state (จะใช้เวลาประมาณ 10 นาที) จากนั้นบันทึกค่าอุณหภูมิบรรยากาศ, อุณหภูมิก๊าซชีวภาพ,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิเครื่องยนต์หรือน้ำหล่อเย็น, อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์, ความดันความเร็วของของก๊าซชีวภาพและอากาศเข้าเครื่องยนต์, องศาการจุดระเบิด, ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ และไฮโดรคาร์บอนจากก๊าซไอเสีย และค่าทางไฟฟ้า ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า และเพาเวอร์แฟกเตอร์จากมอเตอร์เหนี่ยวนำ

4.2.4 เปลี่ยนองศาการจุดระเบิดเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 องศา และทำตามเงื่อนไขในขั้นตอนที่ 4.2.3 จนกระทั่งเครื่องยนต์เริ่มจะทำงานต่อไปไม่ได้เนื่องจากองศาการจุดระเบิดแก่มาก (ในที่นี้องศาการจุดระเบิดสูงสุด 68 ^{0}BTDC ที่สภาวะการทำงาน 3,000 rpm และ 60 ^{0}BTDC ที่สภาวะการทำงาน 1,500 rpm)

4.2.5 ปรับปริมาณก๊าซชีวภาพโดยสกรูควบคุมก๊าซในชุดคาร์บูเรเตอร์ให้มีปริมาณก๊าซเข้าเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นครั้งละ 1 step (ใน 1 step คือการหมุนสกรูควบคุมก๊าซในชุดคาร์บูเรเตอร์ทวนเข็มนาฬิกา 90 องศา หรือ 1.6%) และทำตามขั้นตอนตั้งแต่ขั้นตอนที่ 4.2.2 ถึงขั้นตอนที่ 4.2.4 จนกระทั่งเครื่องยนต์ไม่สามารถทำงานต่อไปได้ เนื่องจากปริมาณก๊าซชีวภาพที่เข้าเครื่องยนต์มากเกินไป (ส่วนผสมหนามาก) ในที่นี้สามารถปรับสกรูควบคุมปริมาณก๊าซได้ทั้งสิ้น 16 step ที่สภาวะการทำงาน 3,000 rpm และ 1,500 rpm (เข็มควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพเปิด 36.7% ถึง 61.7% สำหรับการทำงานที่ 3,000 rpm และเปิด 26.7% ถึง 51.7% สำหรับการทำงานที่ 1,500 rpm)

ในขั้นตอนการทดสอบที่ 4.2.1 ถึง 4.2.4 จะใช้เวลาทั้งสิ้น 6 ชั่วโมง 20 นาที และในขั้นตอนการทดสอบที่ 4.2.1 ถึง 4.2.5 จะใช้เวลาทั้งสิ้น 101.3 ชั่วโมง หรือ 16 วันทดสอบที่สภาวะการทำงาน 3,000 rpm และในขั้นตอนการทดสอบที่ 4.2.1 ถึง 4.2.4 จะใช้เวลาทั้งสิ้น 3 ชั่วโมง 50 นาที และในขั้นตอนการทดสอบที่ 4.2.1 ถึง 4.2.5 จะใช้เวลาทั้งสิ้น 61.3 ชั่วโมง หรือ 16 วันทดสอบที่สภาวะการทำงาน 1,500 rpm

4.2.6 ในแต่ละครั้งที่มีการบันทึกผลการทดสอบในขั้นตอนที่ 4.2.3 จะนำข้อมูลจากการทดสอบมาใช้คำนวณค่าต่างๆ ดังนี้ (แสดงค่าจากการคำนวณในตารางบันทึกผลการทดสอบในภาคผนวก จ)

4.2.6.1 ปริมาณอากาศต่อชั่วโมงที่ใช้ในการเดินเครื่องยนต์ (Air Consumption)

4.2.6.2 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Biogas Consumption)

4.2.6.3 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Biogas Consumption)

4.2.6.4 อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่แท้จริง (Actual Air-fuel ratio; AFR_{act})

4.2.6.5 อัตราส่วนอากาศส่วนเกิน (excess air ratio; λ)

4.2.6.6 กำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตได้ (Appearance Electric power output)

4.2.6.7 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ (Engine efficiency; η_{eng})

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.6.8 ประสิทธิภาพรวมของระบบ (Overall efficiency; η_{tot})

จากนั้นจะนำค่าต่างๆ ที่คำนวณได้ในแต่ละครั้งที่มีการปรับสกรูควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพมาแสดงในรูปของกราฟแสดงความสัมพันธ์ต่างๆ เมื่อองศาการจุดระเบิดเปลี่ยนไป ดังนี้

4.2.6.9 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิก๊าซไอเสีย(T_{fg}), ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์(CO), อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ, ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ และกำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตได้ เมื่อองศาการจุดระเบิดเปลี่ยนไป ดังแสดงในรูปที่ จ.1-จ.16 สำหรับ 3,000 rpm และ จ.19-จ.34 สำหรับ 1,500 rpm (ภาคผนวก จ)

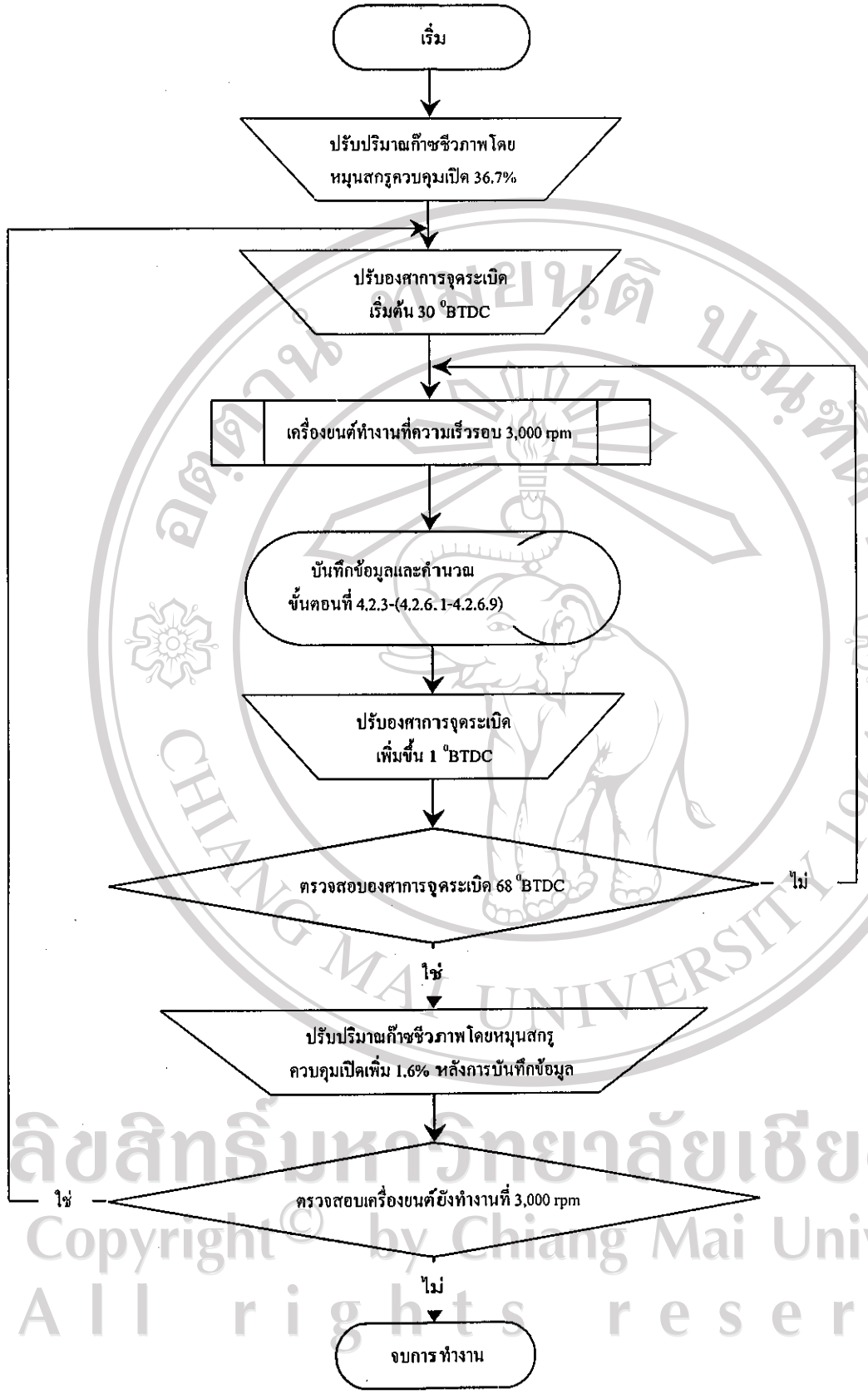
จากนั้นจะพิจารณาเพื่อหาจุดที่เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของแต่ละครั้งที่มีการปรับสกรูควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพ และรวบรวมมาแสดงในรูปของกราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิก๊าซไอเสีย(T_{fg}), ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์(CO), ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ และกำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตได้ เมื่อตำแหน่งเข็มควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพและอัตราส่วนอากาศส่วนเกิน(λ)เปลี่ยนไป เพื่อแสดงตำแหน่งที่ทำให้เกิดสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุด และมีประสิทธิภาพสูงสุดในการเดินระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพที่ความเร็วรอบคงที่ที่ 3,000 rpm และ 1,500 rpm ดังแสดงในรูปที่ จ.17 สำหรับ 3,000 rpm และ จ.35 สำหรับ 1,500 rpm (ภาคผนวก จ)

4.2.6.10 เมื่อพบตำแหน่งที่ทำให้เกิดสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุด (optimum) โดยถือเอาจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเป็นหลักแล้ว จะทำการทดสอบการทำงาน ณ จุด optimum เป็นเวลาทั้งสิ้น 30 ชั่วโมง โดยแบ่งเป็น 5 วัน วันละ 6 ชั่วโมง ต่อเนื่องกัน ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจได้ว่าระบบสามารถทำงานที่จุด optimum ได้อย่างแท้จริง

จากขั้นตอนที่ 4.2.6.10 จะทำการบันทึกผลการทดสอบทุกๆ 10 นาที ในแต่ละวันเพื่อนำมาคำนวณ เพื่อดูความต่อเนื่องของการทำงานของระบบ และแสดงผลในรูปของกราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิก๊าซไอเสีย(T_{fg}), ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์(CO), ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ และกำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตได้ ในแต่ละวัน ทั้งสิ้น 5 วัน ดังแสดงในรูปที่ จ.18 สำหรับ 3,000 rpm และ จ.36 สำหรับ 1,500 rpm (ภาคผนวก จ)

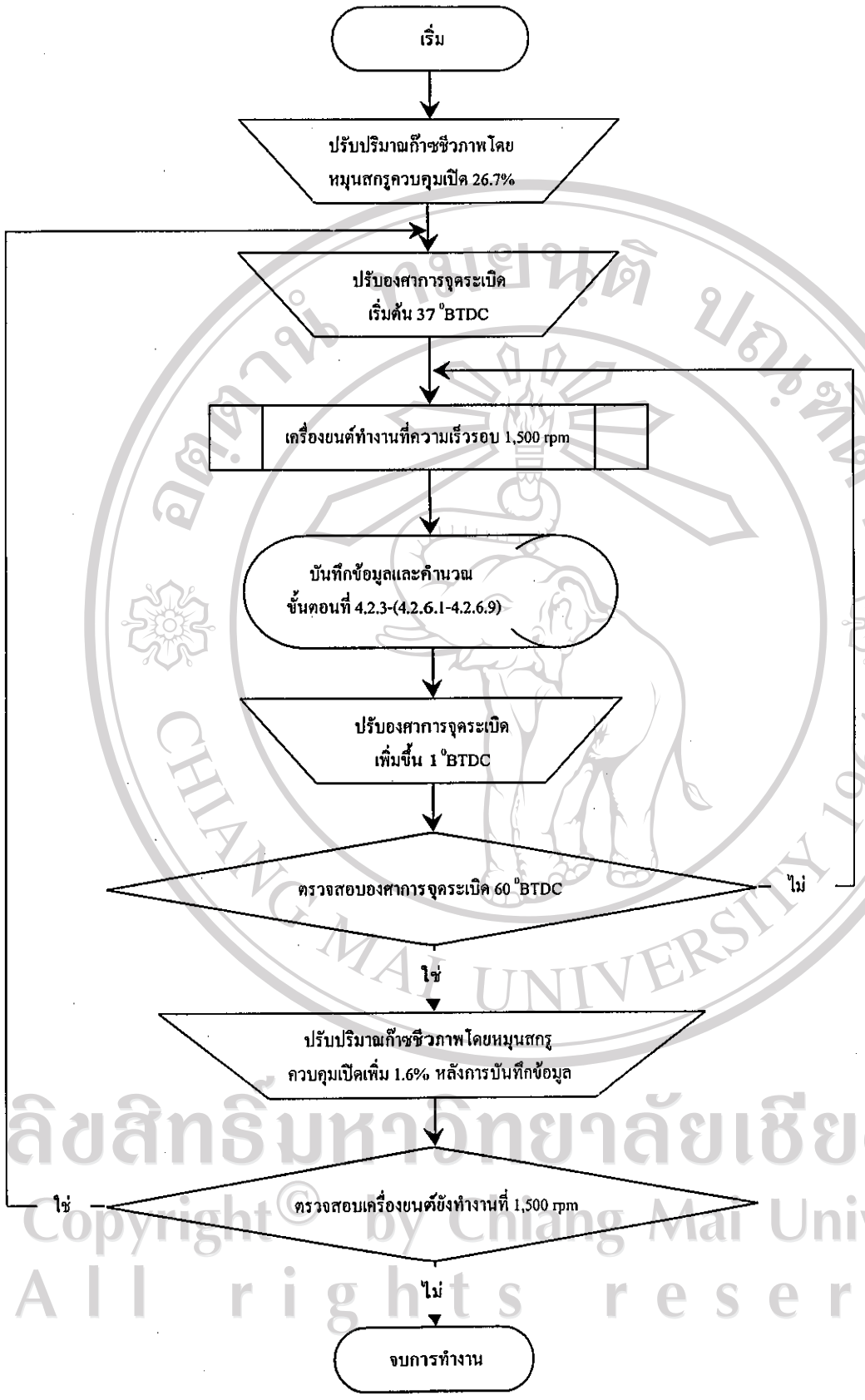
จากนั้นจะทำการเปลี่ยนมอเตอร์เหนี่ยวนำจากแบบ 2 pole 3,000 rpm ไปเป็นแบบ 4 pole 1,500 rpm และเริ่มทำการทดสอบตั้งแต่ขั้นตอนที่ 4.2.1 ถึงขั้นตอนที่ 4.2.6.10 เช่นกัน ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบและสรุปให้ได้ว่าการทำงานที่รูปแบบใดจะให้ประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งนี้วิธีการดำเนินการทดสอบซึ่งกล่าวมาทั้งหมดนี้จะใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 222.6 ชั่วโมง หรือ 42 วัน โดยได้เขียนแผนผังแสดงการทดสอบในรูปของ Flow Chart การทดสอบที่ความเร็วรอบคงที่ 3,000 rpm และ 1,500 rpmไว้ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.1 flow chart แสดงขั้นตอนการทดสอบและบันทึกข้อมูลที่สภาวะการทำงาน 3,000 rpm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

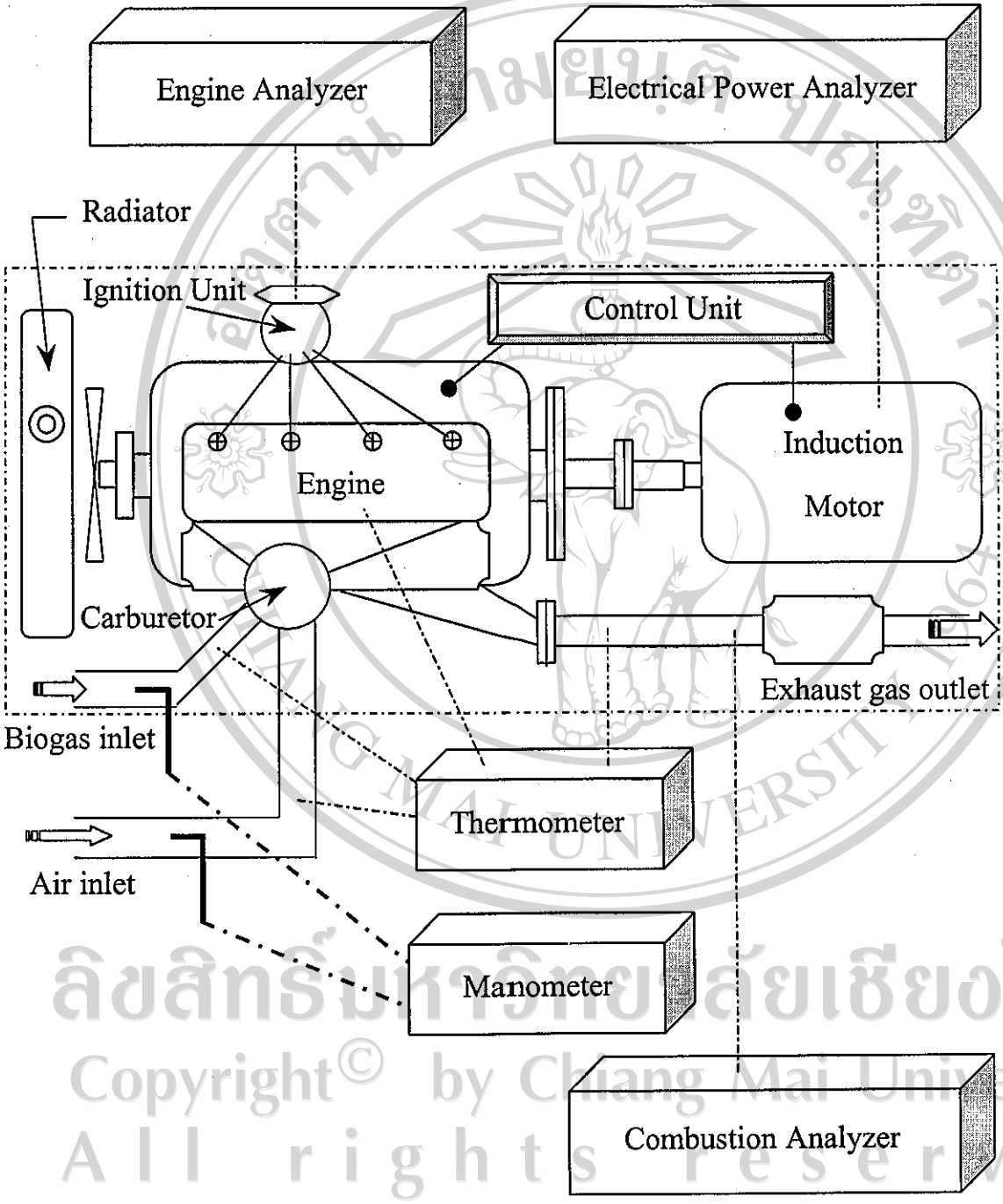


รูปที่ 4.2 flow chart แสดงขั้นตอนการทดสอบและบันทึกข้อมูลที่สภาวะการทำงาน 1,500 rpm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 คุณสมบัติและวิธีการติดตั้งเครื่องมือในการดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องมือและติดตั้งเข้ากับระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 4.3



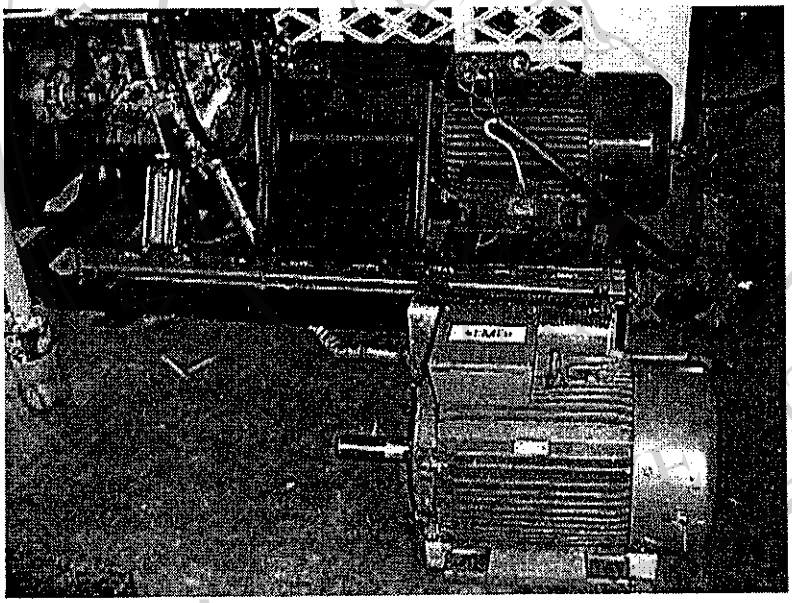
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 4.3 การติดตั้งเครื่องมือเข้ากับระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

รายละเอียดของเครื่องมือและระบบผลิตกระแสไฟฟ้าและวิธีการติดตั้ง

4.3.1 เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพโดยดัดแปลงมาจากเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนขนาดความจุ 1,171 cc 4 จังหวะ 4 สูบ ยี่ห้อ NISSAN sunny A-12 ทำการปรับอัตราส่วนการอัดจาก 9:1 ไปเป็น 11:1 โดยการเจียรนัยฝาสูบ พร้อมการติดตั้งระบบหล่อเย็น และระบบจุดระเบิด ติดตั้งลงบนแท่นโลหะ 2 ชั้น ขนาด 60×150 cm ค้ำด้วยยางแท่นเครื่อง 6 ตัวเพื่อดูดซับแรงสั่นสะเทือน (ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์แสดงในภาคผนวก ข)

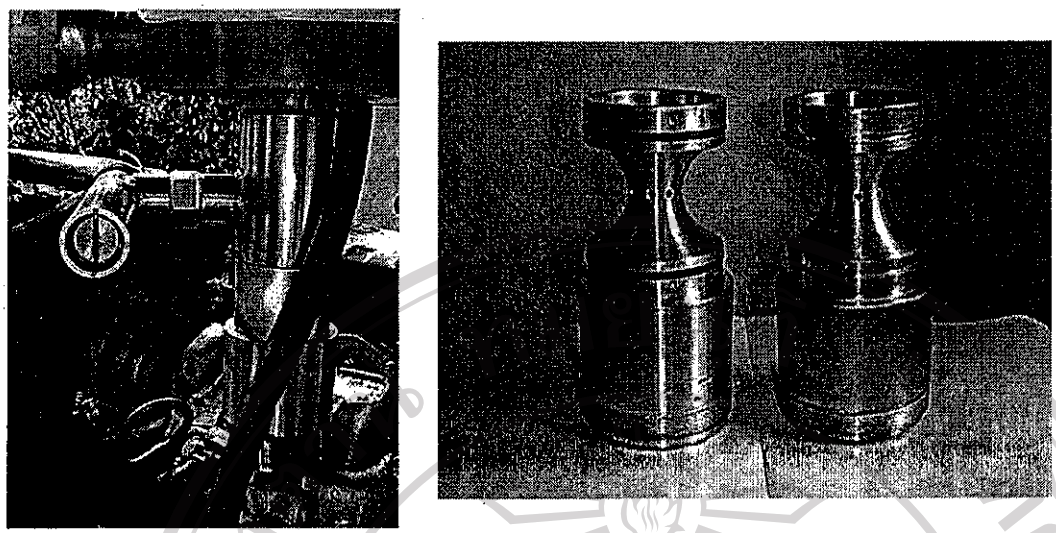
4.3.2 มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 2 pole 380/660 V 50 Hz 25 HP ความเร็วรอบ 3,000 rpm ผลิตในประเทศโปแลนด์ และมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 4 pole 380/660 50 Hz 25 HP ความเร็วรอบ 1,500 rpm ผลิตในประเทศโปแลนด์ (ข้อมูลทางเทคนิคของมอเตอร์เหนี่ยวนำแสดงในภาคผนวก ข) ติดตั้งลงบนแท่นโลหะเดียวกันกับเครื่องยนต์ และต่อกำลังขับตรงจากเพลาเครื่องยนต์มายังเพลามอเตอร์โดยหน้าแปลนต่อตรงไม่มีข้อต่อเปลี่ยนมุมใดๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 เครื่องยนต์และมอเตอร์เหนี่ยวนำซึ่งติดตั้งเรียบร้อยพร้อมที่จะทำการทดสอบ

4.3.3 คาร์บูเรเตอร์ที่ได้ทำการปรับปรุงโดยการออกแบบใหม่ เพื่อให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพได้ 100% และทำงานได้ดีที่ความเร็วรอบคงที่ที่ 3,000 rpm และ 1,500 rpm โดยติดตั้งเข้ากับท่อร่วมไอดีของเครื่องยนต์แทนที่คาร์บูเรเตอร์ดั้งเดิมที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงดังแสดงในรูปที่ 4.5(ก) และแสดงคอคอด (Venturi) สำหรับการทดสอบที่ความเร็วรอบ 3,000 rpm และ 1,500 rpm แสดงในรูปที่ 4.5(ข)

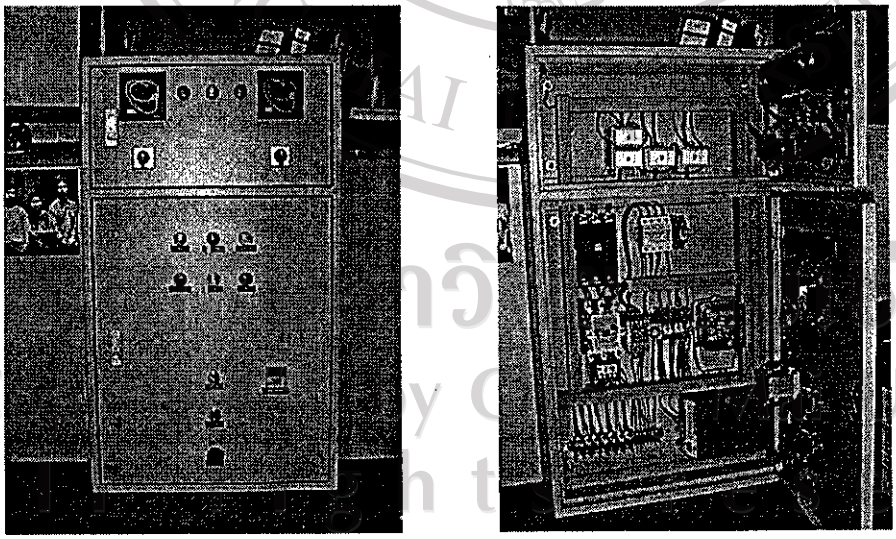
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



(ก) (ข)

รูปที่ 4.5 คาร์บูเรเตอร์ก๊าซชีวภาพที่ติดตั้งเข้ากับเครื่องยนต์และคอคอดที่ทำการทดสอบ

4.3.4 ตู้ควบคุมการทำงาน (Control Unit) เป็นชุดควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์และมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยประกอบขึ้นเป็นตู้ควบคุมการทำงาน ซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยแสดงผลการผลิตกระแสไฟฟ้าในลักษณะจอแสดงผลดิจิตอล พร้อมด้วยระบบป้องกันความเสียหายจากสภาวะการทำงานที่ไม่เหมาะสมได้แก่ ก๊าซชีวภาพหมด, เครื่องยนต์ร้อนจัด, น้ำมันหล่อลื่นไม่หมุนเวียนขณะเครื่องยนต์ทำงาน และแรงดันไฟฟ้าตกหรือไม่ครบเฟสเป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 4.6(ข) (ข้อมูลทางเทคนิคของตู้ควบคุมการทำงานในภาคผนวก ค)



(ก) (ข)

รูปที่ 4.6 ตู้ควบคุมการทำงานของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์ภายใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.5 เครื่องวัดอุณหภูมิ (Digital thermometer) ยี่ห้อ Kane-May รุ่น KM330

- Measurement Range : -50^{0}C to 1300^{0}C, (-58^{0}F to 1999^{0}F)
- Resolution : 1^{0}C or 1^{0}F, 0.1^{0}C or 0.1^{0}F
- Display : 3 ½ digit liquid crystal display (LCD) with maximum reading of 1999
- Battery : Standard 9V PP3 battery (NEDAIEC 6F22)
- Battery Life : 200 hours typical with ALKALINE battery)

ในการติดตั้งจะทำการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิโดยใช้สาย Thermocouple ในการตรวจวัดดังนี้

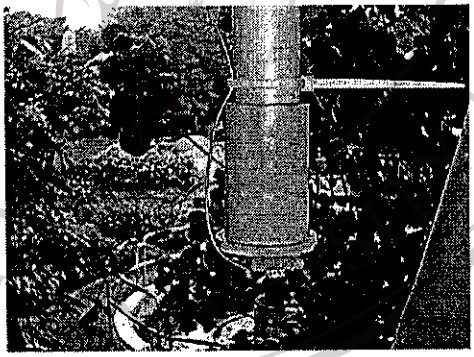
ก.วัดอุณหภูมิบรรยากาศ(T_{amb}) ด้วยสาย Thermocouple ณ บริเวณที่ทำการทดสอบที่มีสภาวะอากาศที่ค่อนข้างสงบนิ่งและอุณหภูมิเครื่องยนต์ไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิบรรยากาศ

ข.วัดอุณหภูมิก๊าซชีวภาพ(T_{bg}) ด้วยการสอดสาย Thermocouple เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับก๊าซชีวภาพในท่อดังแสดงในรูปที่ 4.7(ข)

ค.วัดอุณหภูมิเครื่องยนต์หรือน้ำหล่อเย็น(T_{eng}) ด้วยการสอดสาย Thermocouple เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับน้ำหล่อเย็นบริเวณเครื่องยนต์ดังแสดงในรูปที่ 4.7(ค)

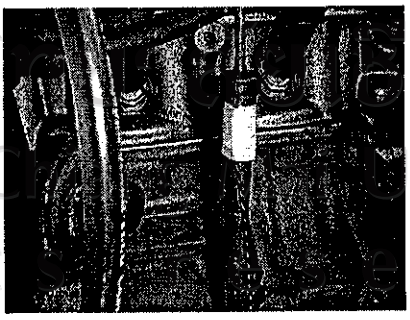
ง. วัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์(T_{oil}) ด้วยการสอดสาย Thermocouple เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับน้ำมันหล่อลื่นบริเวณท้องอ่างดังแสดงในรูปที่ 4.7(ง)

(ก)



(ข)

(ค)



(ง)

รูปที่ 4.7 เครื่องวัดอุณหภูมิ และการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิบรรยากาศ, อุณหภูมิก๊าซชีวภาพ, อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น และอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

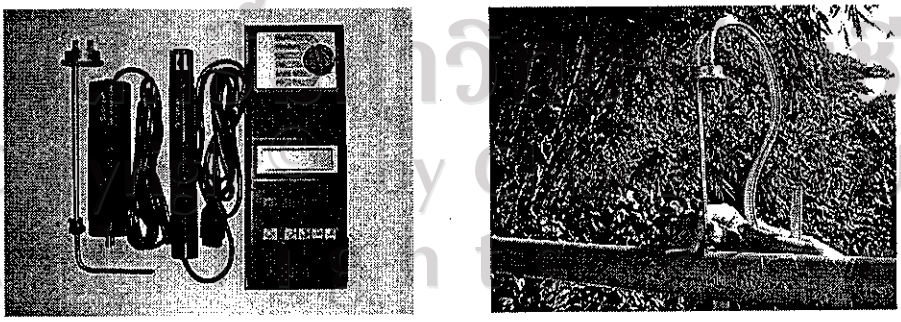
4.3.6 Digital Manometer with Pitot tube and Humidity ยี่ห้อ Solomat รุ่น MPM 500 e

- Pressure unit : in.H_2O
- Humidity and Dewpoint unit : %RH
- Measurement Range : 0 – 9.999 in.H_2O and 0 – 99.99 %RH
- Resolution : 0.001 in.H_2O and 0.01 %RH
- Display : Liquid crystal display (LCD)
- Battery : Standard 9V PP3 battery
- Battery Life : 70 hours typical with ALKALINE

ในการติดตั้งจะทำการติดตั้งหัววัดความดัน (Pitot tube) และความชื้นสัมพัทธ์ของก๊าซชีวภาพจะมีวิธีการดังนี้

ก. ในการทดสอบนี้ได้ใช้ Pitot tube ในการวัดความดันในรูปของ Static pressure และ total pressure โดยผลความแตกต่างของความดันทั้ง 2 นี้จะแสดงออกมาในรูปของความดันความเร็วในหน่วยนิ้วน้ำ โดยจุดที่ติดตั้ง Pitot tube จะอยู่ห่างจากข้อต่อ ข้องอ หรือจุดที่อาจจะทำให้เกิดการไหลปั่นป่วนเป็นระยะ 10 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อดังแสดงในรูปที่ 4.8(ข และ ค) และทำการวัดทั้งสิ้น 5 จุด จากแนวรัศมีท่ออากาศและท่อก๊าซ โดยจะแบ่งพื้นที่หน้าตัดของท่อออกเป็นรูปวงแหวน 4 ส่วนเท่าๆกัน และจุดการวัดความดันเฉลี่ยจะอยู่ที่จุดเส้นแบ่งพื้นที่ของวงแหวนออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน (โดยมีการคำนวณหาระยะของจุดทั้ง 5 จุด และความดันความเร็วในตัวอย่างการคำนวณภาคผนวก ก)

ข. การวัดหาความชื้นสัมพัทธ์ของก๊าซชีวภาพ จะใช้หัววัดความชื้นโดยต่อเข้ากับข้อต่อเกลียว PVC ขนาด ½ นิ้ว เพื่อวัดความชื้นโดยตรงของก๊าซที่วิ่งผ่านท่อ ณ บริเวณกลางท่อดังแสดงในรูปที่ 4.8(ง) โดยทั้งนี้การวัดหาความชื้นสัมพัทธ์ของก๊าซชีวภาพ ได้ทำการตรวจวัดและหาค่าเฉลี่ยไว้ก่อนหน้าการทดสอบเครื่องยนต์ ทั้งนี้เพื่อใช้ในการออกแบบคาร์บูเรเตอร์ด้วย

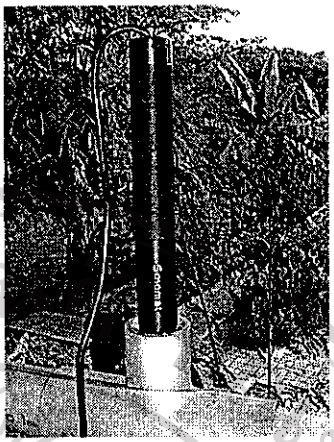


(ก) (ข)

รูปที่ 4.8 Digital Manometer with Pitot tube and Humidity และการติดตั้ง Pitot tube เพื่อวัดความดันก๊าซชีวภาพ, อากาศเข้าเครื่องยนต์ และความชื้นสัมพัทธ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(ค)



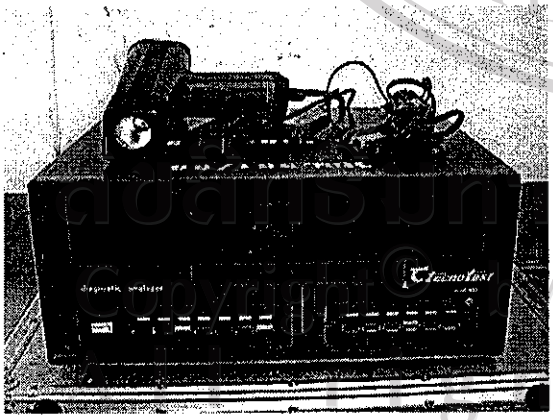
(ง)

รูปที่ 4.8(ต่อ) การติดตั้ง Pitot tube เพื่อวัดอากาศเข้าเครื่องยนต์ และความชื้นสัมพัทธ์

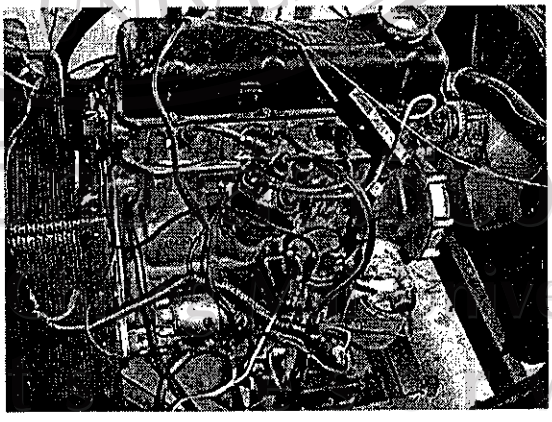
4.3.7 เครื่องวิเคราะห์เครื่องยนต์ (Engine Diagnostic) ยี่ห้อ Technotest รุ่น 8020

- Tachometer : 0 – 19,999 rpm
- Dwell : 0 – 199.9^0 or 0 – 100%
- Advance timing light : -4^0 – 90^0 BTDC
- Supply : 12 Volt DC

ในการติดตั้งจะทำการติดตั้งหัวจับสัญญาณความเร็วรอบและองศาการจุดระเบิดจากสายไฟแรงสูงของหัวเทียนสูบที่ 1 และตรวจจับองศาการจุดระเบิดโดย Trimming Light และติดตั้งหัวจับสัญญาณมุมดเวลจากชุดจุดระเบิด (Ignitor) ของคอล์ยจุดระเบิด ดังแสดงในรูปที่ 4.9(ข)



(ก)



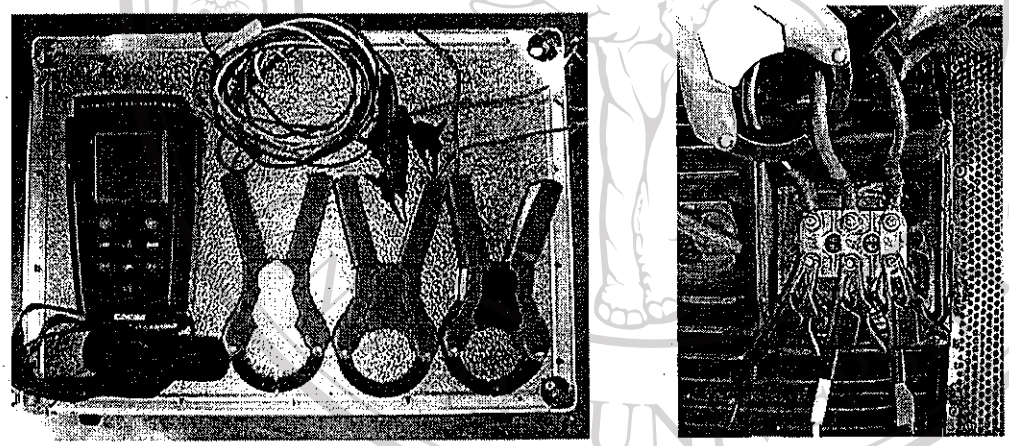
(ข)

รูปที่ 4.9 เครื่องวิเคราะห์เครื่องยนต์และการติดตั้งหัวจับสัญญาณต่างๆ เข้ากับเครื่องยนต์

4.3.8 เครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า (Supply Network Analyzer) ยี่ห้อ CIRCUTOR รุ่น AR5

- Measuring circuit : Three phase, ARON
- Measuring Range : 20 to 500 V a.c. (phase-neutral)
  20 to 866 V a.c. (between phase)
- Accuracy Class
  Voltage 0.5 % of readout ± 2 digit
  Current 0.5 % of readout ± 2 digit
  Active Power 1.0 % of readout ± 2 digit
  Reactive power 1.0 % of readout ± 2 digit

ในการติดตั้งจะทำการติดตั้งเครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าจะใช้ Clamp-on ขนาดไม่น้อยกว่า 18 kW โดยการคล้องเข้ากับสายไฟฟ้าที่ต่อเข้ามอเตอร์ในแต่ละเฟสเพื่ออ่านค่ากระแสไฟฟ้าและเพาเวอร์แฟกเตอร์ในแต่ละเฟส (phase to phase) และอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเฟส (V_{P-P}) โดยการใช้ปากคีบแรงดันไฟฟ้าเข้าที่ขั้วไฟฟ้าของมอเตอร์ทั้ง 3 ขั้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.10(ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 4.10 เครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า และการติดตั้งสายวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเข้ากับมอเตอร์เหนี่ยวนำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.9 เครื่องมือวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์(CO) และไฮโดรคาร์บอน(HC) จากก๊าซไอเสีย (Combustion Analyzer) ยี่ห้อ KANE-MAY รุ่น KM9106

- Flue Temperature
  Resolution : 0.1^0(C/F)
  Accuracy : 1.0^0C ± 0.3% of reading

Range : 0 – 1,100^{0}C, 32 – 2,140^{0}F

- Carbon Monoxide Measurement

Resolution : 0.01%

Accuracy : ± 5% of reading from 0.1% to 10%

Range : 0 – 10%

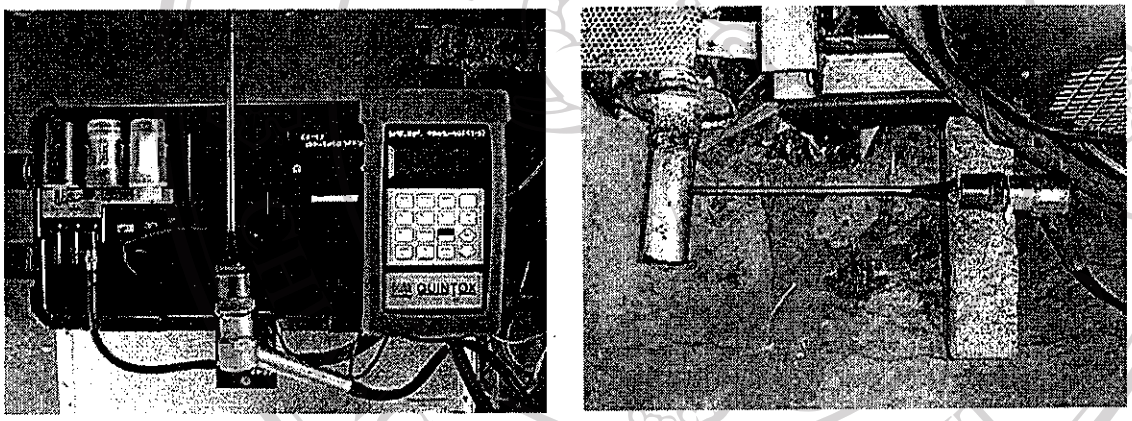
- Hydrocabons (HC) Measurement

Resolution : 0.01%

Accuracy : ± 5% of reading

Range : 0 – 5,000 ppm

เครื่องวัดปริมาณ CO และ HC จากก๊าซไอเสียนี้สามารถวัดอุณหภูมิก๊าซไอเสียได้ในเวลาเดียวกัน โดยทำการติดตั้งหัววัดเข้าทางด้านข้างท่อไอเสีย ดังแสดงในรูปที่ 4.11(ข)



(ก) (ข)

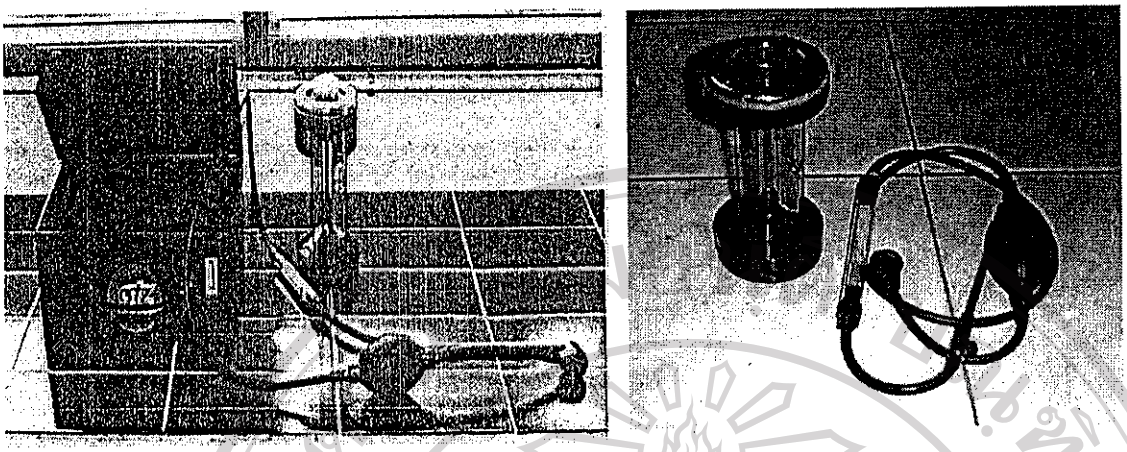
รูปที่ 4.11 เครื่องมือวัดปริมาณ CO และ HC จากก๊าซไอเสีย และการติดตั้งหัววัดปริมาณก๊าซและอุณหภูมิก๊าซไอเสีย

4.3.10 เครื่องวัดปริมาณ CO_2 ในก๊าซชีวภาพ ยี่ห้อ BRIGON รุ่น IND 60

เป็นเครื่องมือใช้ตรวจวัดหาเปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) โดยปริมาตร สามารถวัดคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 0-60%โดยปริมาตร ผลิตโดยบริษัท BRIGON MESSTECHNIK MICHAELIHRIFG

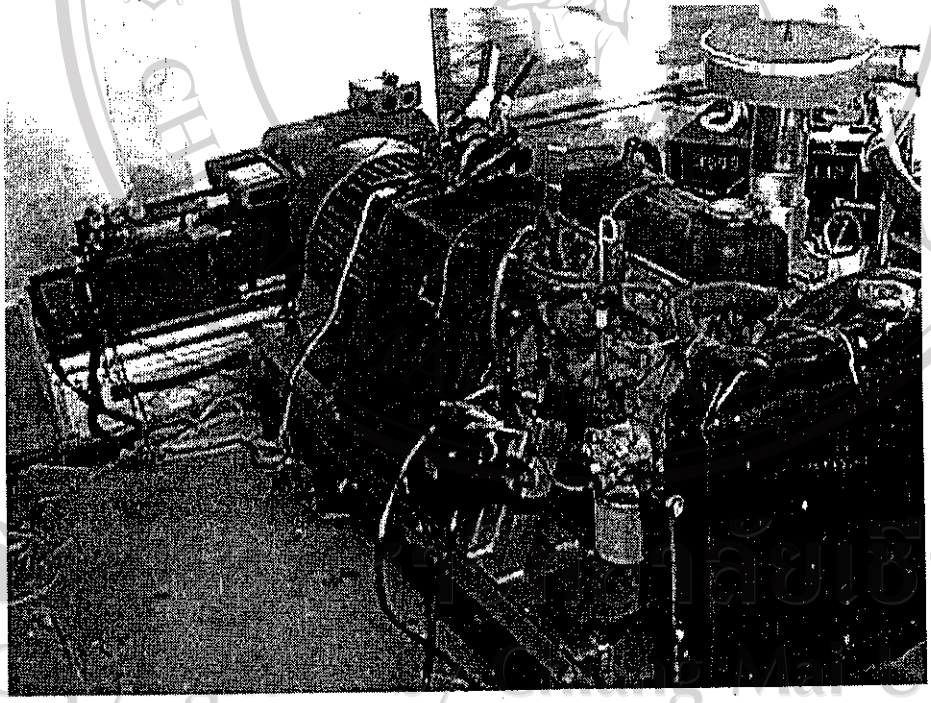
ทั้งนี้ได้ทำการตรวจวัดโดยการสุ่มตัวอย่างหลายครั้งก่อนการออกแบบคาร์บูเรเตอร์ เนื่องจากเป็นข้อมูลส่วนหนึ่งของการออกแบบคาร์บูเรเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.12 เครื่องวัดปริมาณ CO_2 ในก๊าซชีวภาพ

เมื่อติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือทั้งหมดเข้ากับชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพแล้วพร้อมที่จะทำการทดสอบและบันทึกข้อมูลการทำงานทุกๆ 10 นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 การติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือทั้งหมดเข้ากับชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพพร้อมที่จะทำการทดสอบและบันทึกข้อมูล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved