สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบาญตาราง	ฎ
สารบาญภาพ	ฏ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ด
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	5
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	9
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและ/หรือเชิงประยุกต์	9
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย	10
1.6 สถานที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูล	11
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ก๊าซชีวภาพ (Biogas)	12
2.1.1 การย่อยสลายไร้อากาศ	13
2.1.2 ลักษณะการเกิดก๊าซชีวภาพในถังหมัก	15
2.1.3 รูปแบบบ่อหมักแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic digester)	15
2.1.4 ประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพ	17
2.1.5 คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ	17
2.1.6 การวัดหาเปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทน	19
2.1.7 การคำนวณหาค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ	19
2.1.8 การคำนวณความหนาแน่นของก๊าซชีวภาพ	21
2.1.9 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ	21
2.2 เครื่องยนต์สันดาปภายใน	22

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.1 หลักการเบื้องต้นของเครื่องยนต์สันดาปภายใน	22
2.2.2 เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ (Biogas Engine)	23
2.2.3 การใช้เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า	26
2.2.4 การวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพรวมของระบบและเครื่องยนต์	27
2.3 การสันดาป	28
2.3.1 สมการการสันดาป	29
2.3.2 การวิเคราะห์การสันดาปโดยมวลและปริมาตร	30
2.3.3 การผสมเชื้อเพลิง	33
2.4 มอเตอร์เหนี่ยวนำ	36
2.4.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	36
2.4.2 หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก	37
2.4.3 การเลือกมอเตอร์เพื่อใช้งาน	39
2.4.4 การเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์แบบกรงกระรอกแบบต่อกับสายโดยตรง (Direct-on-line Starting; DOL)	39
2.5 การวัดความเร็วและอัตราการไหลของของไหลโดยใช้ Pitot Tube	40
2.5.1 การวัดความเร็วของของไหลโดยใช้ Pitot Tube	40
2.5.2 การวัดอัตราการไหลโดยใช้ Pitot Tube	42
2.6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	42
2.6.1 วิธีประเมินโดยคิดระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period)	42
2.6.2 วิธีประเมินโดยคิดอัตราผลตอบแทนการคืนทุน (Internal Rate of Return)	43
บทที่ 3 การออกแบบคาร์บูเรเตอร์	
3.1 หลักการของคาร์บูเรเตอร์	44
3.2 การออกแบบคาร์บูเรเตอร์สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ก๊าซชีวภาพ	45
3.3 วัตถุประสงค์ในการออกแบบคาร์บูเรเตอร์	46
3.4 สมมุติฐานที่ใช้ในการออกแบบ	46
3.5 ขั้นตอนในการออกแบบคาร์บูเรเตอร์ก๊าซชีวภาพ	48
3.6 การคำนวณหาขนาดส่วนประกอบของคาร์บูเรเตอร์ก๊าซชีวภาพ	50

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ(ต่อ)

	หน้า
3.6.1 การคำนวณหาขนาดคอคอดคาร์บูเรเตอร์	50
3.6.2 การคำนวณหาขนาดหัวฉีดหรือนมหนูก๊าซชีวภาพ	51
3.6.3 การออกแบบลักษณะเข็มควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพ	54
3.7 การเขียนและสร้างแบบคาร์บูเรเตอร์	56
3.7.1 แบบลายเส้นคาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 1	57
3.7.2 แบบลายเส้นคาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 2	68
3.8 ความแตกต่างของคาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 1 และ 2	79
3.8.1 เหตุผลที่ต้องสร้างคาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 2	79
3.8.2 ความแตกต่างของชิ้นส่วนคาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 1 และ 2	79
3.8.3 การนำคาร์บูเรเตอร์ไปใช้งาน	80
บทที่ 4 วิธีการและเครื่องมือในการดำเนินงานวิจัย	81
4.1 ขั้นตอนการปรับปรุงคาร์บูเรเตอร์และเครื่องยนต์เพื่อประกอบเป็นชุดผลิตกระแสไฟฟ้า	81
4.2 ขั้นตอนการทดสอบและบันทึกข้อมูล	82
4.3 คุณสมบัติและวิธีการติดตั้งเครื่องมือในการดำเนินงานวิจัย	87
บทที่ 5 ผลการวิจัย	96
5.1 ผลการทดสอบการทำงานของคาร์บูเรเตอร์	96
5.2 ผลการทดสอบที่สภาวะการทำงาน 3,000 rpm	97
5.3 ผลการทดสอบสภาวะการทำงาน 1,500 rpm	98
5.4 การเปรียบเทียบที่สภาวะการทำงาน 3,000 rpm และ 1,500 rpm	99
5.5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบที่สภาวะการทำงาน 3,000 rpm และ 1,500 rpm	99
5.6 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์	107
บทที่ 6 บทสรุปการวิจัย	112
6.1 สรุปผลการวิจัย	112
6.1.1 สรุปผลการทดสอบการทำงานของคาร์บูเรเตอร์	112
6.1.2 สรุปผลการทดสอบการทำงานของชุดผลิตกระแสไฟฟ้า	113
6.1.3 สรุปผลทางด้านเศรษฐศาสตร์	113

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ(ต่อ)

	หน้า
6.2 วิจารณ์ผลการวิจัย	114
6.3 ข้อเสนอแนะ	115
บรรณานุกรม	118
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ	122
ภาคผนวก ข ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์และมอเตอร์เหนี่ยวนำ	139
ภาคผนวก ค ข้อมูลทางเทคนิคของตู้ควบคุมการทำงาน	141
ภาคผนวก ง คู่มือประกอบการใช้งานและกำหนดการณ์การบำรุงรักษา ชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ	145
ภาคผนวก จ CD-ROM ตารางบันทึกข้อมูลดิบและกราฟผลการทดสอบ	147
ประวัติผู้เขียน	148

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ค่าเฉลี่ยก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ต่อมูลสัตว์แต่ละชนิดใน 1 กิโลกรัม	13
2.2 ชนิดและคุณสมบัติของเชื้อเพลิง	18
2.3 การเปรียบเทียบค่าความร้อนเทียบเท่ากับก๊าซชีวภาพ (60%CH_4) ปริมาตร 1m^3	18
2.4 คุณสมบัติของเครื่องยนต์ดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ	24
2.5 ปริมาณออกซิเจนและไนโตรเจนที่มีอยู่ในอากาศสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์	29
2.6 น้ำหนักอะตอมและน้ำหนักโมเลกุลของสารบางชนิด	30
3.1 สัญลักษณ์แสดงค่าความเป็นมันในลักษณะของค่าความหยาบและชั้นความหยาบ	56
3.2 ชิ้นส่วนและรายละเอียดของคาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 1	57
3.3 ชิ้นส่วนและรายละเอียดของคาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 2	68
5.1 การเปรียบเทียบการทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ 3,000 rpm และ 1,500 rpm ภายใต้สภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุด (optimum)	101
5.2 Cash Flow เปรียบเทียบผลต่างระหว่างการเลือกใช้ชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพที่ปรับปรุง ที่สภาวะการทำงาน 3,000 rpm กับชุดผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้อยู่เดิม ที่สภาวะการทำงาน 1,500 rpm	110
5.3 Cash Flow เปรียบเทียบผลต่างระหว่างการเลือกใช้ชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพที่ปรับปรุง ที่สภาวะการทำงาน 1,500 rpm กับชุดผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้อยู่เดิม ที่สภาวะการทำงาน 1,500 rpm	110
5.4 Cash Flow แสดงผลของการเลือกใช้ชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพที่ปรับปรุง ที่สภาวะการทำงาน 3,000 rpm	111
5.5 Cash Flow แสดงผลของการเลือกใช้ชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพที่ปรับปรุง ที่สภาวะการทำงาน 1,500 rpm	111

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ

รูป	หน้า
2.1 วงจรระบบก๊าซชีวภาพ	13
2.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนขบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ	14
2.3 ลักษณะการเกิดก๊าซชีวภาพในถังหมัก	15
2.4 บ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบรางขนาด 1,000 m^3 ที่เล่งเค็งฟาร์ม จ. นครปฐม และขนาด 100m^3 ที่สถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ต. แม่เหียะ จ. เชียงใหม่	16
2.5 บ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบ UASB ที่สถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ต. แม่เหียะ จ. เชียงใหม่	17
2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันของไอน้ำ, ความชื้นสัมพัทธ์ กับอุณหภูมิในก๊าซชีวภาพ	20
2.7 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานจากเครื่องยนต์ (power), แรงบิด (torque) และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (sfc) ของเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้น้ำมันเบนซิน และใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง	25
2.8 รูปแบบการต่อไดนาโมหรือมอเตอร์เหนี่ยวนำเข้ากับเครื่องยนต์	27
2.9 การต่อเพลามอเตอร์เข้ากับเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ	28
2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิง, แรงบิด และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซและ/หรือก๊าซโซลีน โดยทั่วไป	34
2.11 ผลของการวิเคราะห์การสันดาปของเชื้อเพลิงแบบ Dry flue exhaust gas	36
2.12 มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก	37
2.13 หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	37
2.14 สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส	38
2.15 วงจรการเริ่มเดินเครื่องแบบต่อกับสายโดยตรง (DOL)	40
2.16 Pitot tube และผลมาจากความดันไดนามิคส์	40
2.17 Pitot-Statictube แบบรวม	41
2.18 การหาอัตราการไหลโดยใช้ Pitot-Statictube	42
3.1 ความดันของอากาศที่ไหลผ่านคอคอด	44

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ(ต่อ)

รูป		หน้า
3.2	รูปแบบหัวฉีดเชื้อเพลิงซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณคอคอดของคาร์บูเรเตอร์สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ	45
3.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของก๊าซชีวภาพที่ผ่านหัวฉีด (c_t) กับความแตกต่างของความดันก๊าซชีวภาพในท่อและที่หัวฉีด	49
3.4	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอคอดกับความจุกระบอกสูบที่สภาวะการทำงาน 3,000 rpm และ 1,500 rpm	53
3.5	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนมหนูหรือหัวฉีดก๊าซชีวภาพกับความจุกระบอกสูบที่สภาวะการทำงาน 3,000 rpm และ 1,500 rpm	53
3.6	สัดส่วนของเข็มควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพ	55
3.7	แบบลายเส้นภาพรวมคาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 1	58
3.8	แบบลายเส้นชิ้นส่วนหมายเลข 1 (Venturi mix) คาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 1	59
3.9	แบบลายเส้นชิ้นส่วนหมายเลข 2 (Venturi holding) คาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 1	60
3.10	แบบลายเส้นชิ้นส่วนหมายเลข 3 (Cylinder) คาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 1	61
3.11	แบบลายเส้นชิ้นส่วนหมายเลข 4 (Needle housing) คาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 1	62
3.12	แบบลายเส้นชิ้นส่วนหมายเลข 5 (Lock nut) คาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 1	63
3.13	แบบลายเส้นชิ้นส่วนหมายเลข 6 (Needle adjust screw) คาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 1	64
3.14	แบบลายเส้นชิ้นส่วนหมายเลข 7 (Needle) คาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 1	65
3.15	แบบลายเส้นชิ้นส่วนหมายเลข 8 (Main jet) คาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 1	66
3.16	ภาพถ่ายทั้งหมดของส่วนประกอบคาร์บูเรเตอร์ 1 ที่สร้างขึ้นตามแบบ	67
3.17	ภาพถ่ายของส่วนควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพของคาร์บูเรเตอร์ 1 ที่สร้างขึ้นตามแบบ	67
3.18	แบบลายเส้นภาพรวมคาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 2	69
3.19	แบบลายเส้นชิ้นส่วนหมายเลข 1 (Venturi mix) คาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 2	70
3.20	แบบลายเส้นชิ้นส่วนหมายเลข 2 (Venturi holding) คาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 2	71
3.21	แบบลายเส้นชิ้นส่วนหมายเลข 3 (Cylinder) คาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 2	72
3.22	แบบลายเส้นชิ้นส่วนหมายเลข 4 (Main jet housing) คาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 2	73
3.23	แบบลายเส้นชิ้นส่วนหมายเลข 5 (Needle housing) คาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 2	74

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ(ต่อ)

รูป หน้า

3.24 แบบลายเส้นชิ้นส่วนหมายเลข 6 (Needle adjust screw) คาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 2 75
3.25 แบบลายเส้นชิ้นส่วนหมายเลข 7 (Needle) คาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 2 76
3.26 แบบลายเส้นชิ้นส่วนหมายเลข 8 (Main jet) คาร์บูเรเตอร์ชุดที่ 2 77
3.27 ภาพถ่ายทั้งหมดของส่วนประกอบคาร์บูเรเตอร์ 2 ที่สร้างขึ้นตามแบบ 78
3.28 ภาพถ่ายของส่วนควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพของคาร์บูเรเตอร์ 2 ที่สร้างขึ้นตามแบบ 78
4.1 flow chart แสดงขั้นตอนการทดสอบและบันทึกข้อมูลที่สภาวะการทำงาน 3,000 rpm 85
4.2 flow chart แสดงขั้นตอนการทดสอบและบันทึกข้อมูลที่สภาวะการทำงาน 1,500 rpm 86
4.3 การติดตั้งเครื่องมือเข้ากับระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ 87
4.4 เครื่องยนต์และมอเตอร์เหนี่ยวนำซึ่งติดตั้งเรียบร้อยพร้อมที่จะทำการทดสอบ 88
4.5 คาร์บูเรเตอร์ก๊าซชีวภาพที่ติดตั้งเข้ากับเครื่องยนต์และคอคอดที่ทำการทดสอบ 89
4.6 ตู้ควบคุมการทำงานของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์ภายใน 89
4.7 เครื่องวัดอุณหภูมิ และการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิบรรยากาศ, อุณหภูมิก๊าซชีวภาพ, อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น และอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง 90
4.8 Digital Manometer with Pitot tube and Humidity และการติดตั้ง Pitot tubeเพื่อวัดความดันก๊าซชีวภาพ, อากาศเข้าเครื่องยนต์ และความชื้นสัมพัทธ์ 91
4.9 เครื่องวิเคราะห์เครื่องยนต์และการติดตั้งหัวจับสัญญาณต่างๆ เข้ากับเครื่องยนต์ 92
4.10 เครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า และการติดตั้งสายวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเข้ากับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 93
4.11 เครื่องมือวัดปริมาณ CO และ HC จากก๊าซไอเสีย และการติดตั้งหัววัดปริมาณก๊าซและอุณหภูมิก๊าซไอเสีย 94
4.12 เครื่องมือวัดปริมาณ CO_2 ในก๊าซชีวภาพ 95
4.13 การติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือทั้งหมดเข้ากับชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพพร้อมที่จะทำการทดสอบและบันทึกข้อมูล 95
5.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง excess air ratio; λ กับระยะการเปิดเข็มควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพ 97

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ(ต่อ)

รูป หน้า

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก๊าซไอเสีย, ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่เกิดจาก ไอเสีย, อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ,ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ และกำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตได้ กับองศาการจุดระเบิดที่เปลี่ยนไป ขณะที่เข็มควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพเปิด 48.3% 102

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก๊าซไอเสีย, ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่เกิดจาก ไอเสีย, ประสิทธิภาพเครื่องยนต์และกำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตได้ กับอัตราส่วนอากาศส่วนเกิน ที่เปลี่ยนไป ขณะที่เข็มควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพเปิด 36.7 ถึง 61.7 % 103

5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก๊าซไอเสีย, ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่เกิดจาก ไอเสีย, อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ, ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ และกำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตได้ กับองศาการจุดระเบิดที่เปลี่ยนไป ขณะที่เข็มควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพเปิด 38.3 % 104

5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก๊าซไอเสีย, ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่เกิดจาก ไอเสีย, ประสิทธิภาพเครื่องยนต์และกำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตได้ กับอัตราส่วนอากาศส่วนเกิน ที่เปลี่ยนไป ขณะที่เข็มควบคุมปริมาณก๊าซชีวภาพเปิด 26.7 ถึง 51.7 % 105

5.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ (engine efficiency), องศาการจุดระเบิด (ignition angle) และ อัตราส่วนอากาศส่วนเกิน (excess air ratio; λ) ที่สภาวะการทำงานที่ ความเร็วรอบ 3,000 rpm และ 1,500 rpm 106

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A	พื้นที่หน้าตัด	m^2, mm^2
AFR	อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง	–
A_g	พื้นที่หน้าตัดของหัวฉีดหรือท่อก๊าซ	m^2, mm^2
A_i	พื้นที่หน้าตัดภายในของฐานคอคอดก่อนเข้าเครื่องยนต์	m^2, mm^2
A_v	พื้นที่หน้าตัดของคอคอด	m^2, mm^2
BDC	จุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงมาต่ำสุดหรือศูนย์ตายล่าง	–
^{0}BTDC	องศาก่อนศูนย์ตายบน	องศา
C_g	ความเร็วของก๊าซที่ผ่านหัวฉีดก๊าซ	m/s
C_i	ความเร็วอากาศที่ไหลเข้าห้องเผาไหม้เฉลี่ย	m/s
C_v	ความเร็วอากาศที่คอคอด	m/s
C:N	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	–
$\cos\phi$	เพาเวอร์แฟกเตอร์	–
d	ความโตของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในกระบอกสูบ	m, mm
d_i	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของฐานคอคอดก่อนเข้าเครื่องยนต์	m, mm
d_v	เส้นผ่านศูนย์กลางของคอคอด	m, mm
E	แรงดันไฟฟ้า	Volt; V
f	ความถี่ของแรงดันไฟฟ้า	Hz
f_c	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	m^3/hr
H	ความแตกต่างของระดับน้ำในหลอดมาโนมิเตอร์	นิ้วน้ำ; in. WG
HP	กำลังม้า	–
$H_{u,act}$	ค่าความร้อนที่มีอยู่จริง	kJ/m^3, kJ/kg
$H_{u,std}$	ค่าความร้อนที่สภาวะมาตรฐาน	kJ/m^3, kJ/kg
I	กระแสไฟฟ้า	Ampare; A
i	อัตราผลตอบแทนการคืนทุน	–

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อักษรย่อและสัญลักษณ์(ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
L	ระยะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น-ลงภายในกระบอกสูบหรือระยะชัก	m, mm
M_w	น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของก๊าซชีวภาพ	kg/kmol
N	อายุการใช้งานของอุปกรณ์	ปี
NCF_n	กระแสเงินสดสุทธิของปีที่ n	บาท
NTP	สภาวะอุณหภูมิและความดันปกติ (0 ^{0}C และ 1.013 bar ตามลำดับ)	--
N_n	ค่าความเร็วพิกัดของมอเตอร์	rpm
N_s	ความเร็วรอบของสนามแม่เหล็กหมุนหรือความเร็วซิงโครนัส	rpm
n	ความเร็วรอบ	rpm
P	ความดัน	bar, mbar, N/m^2
P_{bg}	ความดันก๊าซชีวภาพ	bar, mbar, N/m^2
P_{EL}	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้	kW, Watt
$P_{EL,ave}$	กำลังไฟฟ้ารวมที่เกิดขึ้นเฉลี่ย	kW, Watt
P_i	กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในสายแต่ละเส้น	kW, Watt
P_{match}	ขนาดกำลังที่ต้องการหรือผลิตได้	kW, Watt
P_O	จำนวนขั้วของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่เกิดจากรูปแบบการวางขดลวด	–
P_{std}	ความดันที่สภาวะมาตรฐาน	bar, mbar, N/m^2
P_t	ความดันรวม	bar, mbar, N/m^2
$P_{t,act}$	ความดันรวมที่มีอยู่จริง	bar, mbar, N/m^2
P'	ความดันไอน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นสัมพัทธ์	bar, mbar, N/m^2
pH	ค่าความเป็นกรดและด่าง	–
ppm	หน่วยของปริมาตร	Parts per million
Q	อัตราการไหลของของไหล	m^2/hr, m^2/s
R_u	ค่าคงที่ของก๊าซสากล	N.m/kmol.^{0}K
S	ค่าความแตกต่างของความเร็วหรือเรียกว่าสลิป	%
SPB	ระยะเวลาคืนทุน	ปี
STD	สภาวะอุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่)	–

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อักษรย่อและสัญลักษณ์(ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
sfc	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ	m^3/kWh
T	อุณหภูมิ	^0C, ^0K
TDC	จุดสูงสุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ไปถึงหรือศูนย์ตายบน	–
TIC	มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนทั้งหมด	บาท
T_{act}	อุณหภูมิที่แท้จริง	^0C, ^0K
T_{bg}	อุณหภูมิก๊าซชีวภาพ	^0C, ^0K
T_{max}	แรงบิดเต็มพิกัดของมอเตอร์	kg-m
T_{std}	อุณหภูมิที่สภาวะมาตรฐาน	^0C, ^0K
V	ความเร็วเนื่องจากการไหลของของไหล	ft/min
V_a	ปริมาตรอากาศ	m^3, mm^3
V_C	ปริมาตรห้องเผาไหม้	m^3, mm^3
$\frac{V_{CH_4}}{V_{tot}}$	เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ	%
V_{dc}	ปริมาตรระยะชัก	m^3,mm^3
V_f	ปริมาตรเชื้อเพลิง	m^3, mm^3
V_h	ปริมาตรความจุทั้งหมดของเครื่องยนต์	lite, cc, m^3, mm^3
$\dot{V}_i$, V_i	ปริมาณอากาศทั้งหมดที่เครื่องยนต์ต้องการ	m^3/hr, m^3/s
V_{tot}	ปริมาตรรวม	m^3, mm^3
Δh	ระยะการเพิ่มหรือลดอัตราส่วนการอัด (ความหนาของประเก็นฝาสูบ)	m, mm
ΔV	ความแตกต่างของปริมาตรห้องเผาไหม้	m^3, mm^3
η_{eng}	ประสิทธิภาพเครื่องยนต์	%
η_{Motor}	ประสิทธิภาพมอเตอร์เหนี่ยวนำ	%
η_{tot}	ประสิทธิภาพรวม	%
η_{vol}	ประสิทธิภาพเชิงดูดของเครื่องยนต์สันดาปภายใน	%
ρ_{bg}	ความหนาแน่นของก๊าซชีวภาพ	kg/m^3
$\rho_{CH_4,act}$	ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่มีอยู่จริง	kg/m^3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อักษรย่อและสัญลักษณ์(ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
$\rho_{CH_4,std}$	ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนที่สภาวะมาตรฐาน	kg/m^3
ρ_f	ความหนาแน่นของของไหล	lb/ft^3
ε	อัตราส่วนการอัด	–
λ	อัตราส่วนอากาศส่วนเกิน	–

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved