สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงาน	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
ลำดับสัญลักษณ์	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการดำเนินงาน	3
1.6 งบประมาณ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 วัฏจักรในอุดมคติของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ (Brayton Cycle)	4
2.2 ความเบี่ยงเบนของวัฏจักรกังหันก๊าซจริงจากวัฏจักรอุดมคติ	7
2.3 การเผาไหม้เชื้อเพลิงกับอากาศชื้น	8
2.3.1 ส่วนผสมของก๊าซธรรมชาติที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์กังหันก๊าซ	9
2.3.2 สมการการเผาไหม้เชื้อเพลิงกับอากาศชื้น	10
2.4 การสร้างแบบจำลองของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ	11
2.4.1 การสร้างแบบจำลองของเครื่องอัดอากาศ	11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.2 การสร้างแบบจำลองของห้องเผาไหม้ 13

2.4.3 การสร้างแบบจำลองของกังหันก๊าซ 15

2.4.4 ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 16

2.4.5 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ 16

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน

3.1 ขอบเขตการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 18

3.1.1 ประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ $(\eta_{comp.})$ 19

3.1.2 ประสิทธิภาพของห้องเผาไหม้ $(\eta_{comb.})$ 20

3.1.3 ประสิทธิภาพของกังหันก๊าซ $(\eta_{turb.})$ 21

3.1.4 ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า $(\eta_{gen.})$ 22

3.1.5 ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ $(\eta_{GT.})$ 23

3.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 23

3.3 การประมาณค่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ 24
โดยใช้จำลองทางคณิตศาสตร์

3.3.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคอมเพรสเซอร์ 26

3.3.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้ 27

3.3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกังหันก๊าซ 27

3.3.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 28

3.3.5 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ 28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการคำนวณและผลการวิเคราะห์
4.1 ผลการคำนวณประสิทธิภาพ 29
4.2 ผลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 30
4.3 ผลการประมาณค่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ 33
4.4 วิเคราะห์ผลการประมาณค่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ 39
4.5 วิจารณ์ผลการประมาณค่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ 39

บทที่ 5 สรุปผลการคำนวณ และข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการคำนวณ 42
5.2 ข้อเสนอแนะ 42
5.4 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน 43

บรรณานุกรม 45
ภาคผนวก ก 46
ภาคผนวก ข 49
ภาคผนวก ค 51
ภาคผนวก ง 75
ประวัติผู้จัดทำโครงงาน 89

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลจำเพาะของกังหันก๊าซยี่ห้อ GE รุ่น MS9001 FA+ 6

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนผสมของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในโรงไฟฟ้า Tri Energy 9

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการคำนวณประสิทธิภาพ 29

ตารางที่ ก-1 แสดงการคำนวณคุณสมบัติของเชื้อเพลิง 40

ตารางที่ ข-1 คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของอากาศชื้น 49

ตารางที่ ค-1 ตารางบันทึกผลการคำนวณที่ 1 51
เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ η_{GT} กับ ϕ ที่ %RH ต่าง ๆ
: %RH = 0

ตารางที่ ค-2 ตารางบันทึกผลการคำนวณที่ 1 53
เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ η_{GT} กับ ϕ ที่ %RH ต่าง ๆ
: %RH = 20

ตารางที่ ค-3 ตารางบันทึกผลการคำนวณที่ 1 55
เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ η_{GT} กับ ϕ ที่ %RH ต่าง ๆ
: %RH = 40

ตารางที่ ค-4 ตารางบันทึกผลการคำนวณที่ 1 57
เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ η_{GT} กับ ϕ ที่ %RH ต่าง ๆ
: %RH = 60

ตารางที่ ค-5 ตารางบันทึกผลการคำนวณที่ 1 59
เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ η_{GT} กับ ϕ ที่ %RH ต่าง ๆ
: %RH = 80

ตารางที่ ค-6 ตารางบันทึกผลการคำนวณที่ 1 61
เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ η_{GT} กับ ϕ ที่ %RH ต่าง ๆ
: %RH = 100

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ค-7 ตารางบันทึกผลการคำนวณที่ 1 63
เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ η_{GT} กับ ϕ ที่ %RH ต่าง ๆ
: Design Condition
ตารางที่ ค-8 ตารางบันทึกผลการคำนวณที่ 2 65
เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ η_{GT} กับ ϕ ที่ %RH ต่างๆ
: Equivalent ratio = 0.30
ตารางที่ ค-9 ตารางบันทึกผลการคำนวณที่ 2 67
เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ η_{GT} กับ ϕ ที่ %RH ต่างๆ
: Equivalent ratio = 0.45
ตารางที่ ค-10 ตารางบันทึกผลการคำนวณที่ 2 70
เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ η_{GT} กับ ϕ ที่ %RH ต่างๆ
: Equivalent ratio = 0.60
ตารางที่ ค-11 ตารางบันทึกผลการคำนวณที่ 2 71
เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ η_{GT} กับ ϕ ที่ %RH ต่างๆ
: Equivalent ratio = 0.75
ตารางที่ ค-12 ตารางบันทึกผลการคำนวณที่ 2 73
เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ η_{GT} กับ ϕ ที่ %RH ต่างๆ
: Equivalent ratio = 0.90
ตารางที่ ง-1 ค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณ : %RH=0 76
ตารางที่ ง-2 ค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณ : %RH=20 77
ตารางที่ ง-3 ค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณ : %RH=40 78
ตารางที่ ง-4 ค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณ : %RH=60 79
ตารางที่ ง-5 ค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณ : %RH=80 80

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ง-6 ค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณ : %RH=100 81
ตารางที่ ง-7 ค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณ : Design Condition 82
ตารางที่ ง-8 ค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณ : Equivalent ratio = 0.30 83
ตารางที่ ง-9 ค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณ : Equivalent ratio = 0.45 84
ตารางที่ ง-10 ค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณ : Equivalent ratio = 0.60 85
ตารางที่ ง-11 ค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณ : Equivalent ratio = 0.75 86
ตารางที่ ง-12 ค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณ : Equivalent ratio = 0.90 87
ตารางที่ ง-13 สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ในการคำนวณ 88

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 เครื่องยนต์กังหันก๊าซที่ทำงานในลักษณะวงจรเปิด 4

รูปที่ 2.2 เครื่องยนต์กังหันก๊าซที่ทำงานในลักษณะวัฏจักรปิด 5

รูปที่ 2.3 แผนภาพ T-s และ P-v ของวัฏจักรอุดมคติ Brayton 6

รูปที่ 2.4 แสดง Ideal Close Brayton Cycle 7

รูปที่ 2.5 ความเบี่ยงเบนของวัฏจักรกังหันก๊าซจริงจากวัฏจักรอุดมคติ Brayton เนื่องจากปัจจัย irreversiblities 8

รูปที่ 2.6 แสดงแบบจำลองของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ 11

รูปที่ 2.7 แสดงแบบจำลองของเครื่องอัดอากาศ (รูป a) และ T-s Diagram ของ Compressor (รูป b) 11

รูปที่ 2.8 แสดงแบบจำลองของห้องเผาไหม้ 13

รูปที่ 2.9 แสดง T-s Diagram (a) และแบบจำลองของกังหันก๊าซ (b) 15

รูปที่ 3.1 แสดงวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ 18

รูปที่ 3.2 แสดง Ts-Diagram ของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ 18

รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างกราฟที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 24

รูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการประมาณค่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 25

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของคอมเพรสเซอร์ที่วัดได้จริงและจากการคำนวณ 30

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่วัดได้จริงและจากการคำนวณ 31

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของกังหันก๊าซที่วัดได้จริงและจากการคำนวณ 31

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่วัดได้จริงและจากการคำนวณ 31

รูปที่ 4.5 แสดงการเดินท่อเชื้อเพลิงจากแหล่งเชื้อเพลิง สู่โรงไฟฟ้าบริษัท ไตรเอนเนอจี้ จำจัด 32

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ กับอุณหภูมิทางเข้าคอมเพรสเซอร์ที่สภาวะออกแบบกับ %RH สภาวะต่างๆ (Equivalent ratio คงที่ = 0.45) 34

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซกับ Equivalent Ratio (%RH คงที่ = 70) ที่อุณหภูมิต่างๆ 35

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบงานที่คอมเพรสเซอร์กับอุณหภูมิทางเข้า คอมเพรสเซอร์ที่สภาวะออกแบบกับ %RH สภาวะต่างๆ (Equivalent ratio คงที่ = 0.45) 36

รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบงานที่กังหันก๊าซกับอุณหภูมิทางเข้า คอมเพรสเซอร์ที่สภาวะออกแบบกับ %RH สภาวะต่างๆ (Equivalent ratio คงที่ = 0.45) 37

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ทางออกห้องเผาไหม้กับEquivalent Ratio (%RH คงที่ = 70%) ที่อุณหภูมิทางเข้าของคอมเพรสเซอร์ต่างๆ 38

รูปที่ ข-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดันไอน้ำอิ่มตัว 50

ลำดับสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
CH_4	มีเทน	-
C_2H_6	อีเทน	-
C_3H_8	โพรเพน	-
$I\text{-}C_4H_{10}$	ไอโซบิวเทน	-
$N\text{-}C_4H_{10}$	เอ็นบิวเทน	-
$I\text{-}C_5H_{12}$	ไอโซเพนเทน	-
$N\text{-}C_5H_{12}$	เอ็นเพนเทน	-
C_{6+}	คาร์บอน	-
CO_2	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	-
$\overline{C}_{p,fuel}$	ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ของเชื้อเพลิง	kg/kmol-K
$\overline{C}_{p,H_2O}$	ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ของไอน้ำ	kg/kmol-K
$\overline{C}_{p,N_2}$	ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ของก๊าซไนโตรเจน	kg/kmol-K
$\overline{C}_{p,O_2}$	ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ของก๊าซออกซิเจน	kg/kmol-K
$\overline{C}_{p,exhaust}$	ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ของไอเสีย	kg/kmol-K
$\overline{C}_{p,fuel}$	ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ของเชื้อเพลิง	kg/kmol-K
$\overline{C}_{p,H_2O}$	ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ของไอน้ำ	kg/kmol-K
$(\overline{C}_p)_{wet,air}$	ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่	kJ/kg K

ลำดับสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
$(C_v)_{wet_air}$	ความร้อนจำเพาะที่ปริมาตรคงที่	kg/kmol-K
h_1	เอนทัลปีของอากาศขาเข้า	kJ/kg
h_{2s}	เอนทัลปีของอากาศขาเข้าห้องเผาไหม้แบบไอเซนทรอปิค	kJ/kg
h_{2a}	เอนทัลปีของอากาศขาเข้าห้องเผาไหม้จริง	kJ/kg
h_3	เอนทัลปีของอากาศที่ออกจากห้องเผาไหม้	kJ/kg
h_{4a}	เอนทัลปีของไอเสียที่ออกจากกังหันก๊าซจริง	kJ/kg
h_{4s}	เอนทัลปีของไอเสียที่ออกจากกังหันก๊าซแบบไอเซนทรอปิค	kJ/kg
h_1	เอนทัลปีของอากาศขาเข้า	kJ/kg
h_{2s}	เอนทัลปีของอากาศขาเข้าห้องเผาไหม้แบบไอเซนทรอปิค	kJ/kg
h_{2a}	เอนทัลปีของอากาศขาเข้าห้องเผาไหม้จริง	kJ/kg
h_3	เอนทัลปีของอากาศที่ออกจากห้องเผาไหม้	kJ/kg
$\bar{h}_f^\circ$	เอนทัลปีของการรวมตัว	kJ/kmol
$\Delta\bar{h}$	ผลต่างเอนทัลปี	kJ/s
$\bar{h}_{f,e}^\circ$	เอนทัลปีของการรวมตัวขาออกห้องเผาไหม้	kJ/kmol
$\bar{h}_f^\circ$	เอนทัลปีของการรวมตัว	kJ/kmol

ลำดับสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
$\Delta\bar{h}$	ผลต่างเอนทัลปี	kJ/s
$\bar{h}^{\circ}_{f,e}$	เอนทัลปีของการรวมตัวขาออกห้องเผาไหม้	kJ/kmol
H_2O	น้ำ	-
k_{wet_air}	ค่าคงที่ของอากาศชื้น	-
N_2	ก๊าซไนโตรเจน	-
$\dot{n}_{exhasut}$	อัตราการไหลโดยมวลของไอเสีย	kg/s
$\dot{n}_{fuel}$	อัตราการไหลโดยมวลของเชื้อเพลิง	kg/s
$\dot{n}_{H_2O}$	อัตราการไหลโดยมวลของน้ำ	kg/s
$\dot{n}_{N_2}$	อัตราการไหลโดยมวลของก๊าซไนโตรเจน	kg/s
$\dot{n}_{O_2}$	อัตราการไหลโดยมวลของก๊าซออกซิเจน	kg/s
$\dot{n}_{wet,air}$	อัตราการไหลโดยมวลของอากาศเปียก	kg/s
O_2	ก๊าซออกซิเจน	-
P_1	ความดันอากาศขาเข้าของคอมเพรสเซอร์	kPa
P_2	ความดันอากาศขาออกของคอมเพรสเซอร์	kPa
P_3	ความดันอากาศขาเข้าของกังหันก๊าซ	kPa
P_4	ความดันอากาศขาออกของกังหันก๊าซ	kPa

ลำดับสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
$q_{c.v.}$	ความร้อนถ่ายเทข้ามขอบเขตของระบบ	kJ/s
$\overline{R}$	ค่าคงที่สากลของก๊าซ	kg/kmol-K
T_1	อุณหภูมิของอากาศขาเข้า	K
T_2	อุณหภูมิอากาศทางเข้าห้องเผาไหม้	K
T_3	อุณหภูมิอากาศทางออกห้องเผาไหม้	K
T_4	อุณหภูมิไอเสียที่ออกจากกังหันก๊าซ	K
w_s	งานที่ได้จากกังหันก๊าซในกระบวนการผลิตแบบไอเซนทรอปิค	kJ
w_a	งานที่ได้จากกังหันก๊าซในกระบวรการผลิตจริง	kJ
$W_{s_turb.}$	งานไอเซนทรอปิกของคอมเพรสเซอร์	kJ/kmol
$\dot{W}_{S_comp}$	งานที่ให้กับคอมเพรสเซอร์แบบไอเซนทรอปิค	kJ/s
y_{O_2}	เศษส่วนโดยโมลของก๊าซออกซิเจน	-
y_{N_2}	เศษส่วนโดยโมลของก๊าซไนโตรเจน	-
y_{H_2O}	เศษส่วนโดยโมลของไอน้ำ	-
η_c	ประสิทธิภาพของเครื่องคอมเพรสเซอร์	-

ลำดับสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
$\eta_{GT.}$	ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ	-
η_{T}	ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ	-
ω	อัตราส่วนความชื้น	-
ϕ	อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง	-