

บทที่ 4

ผลการคำนวณและผลการวิเคราะห์

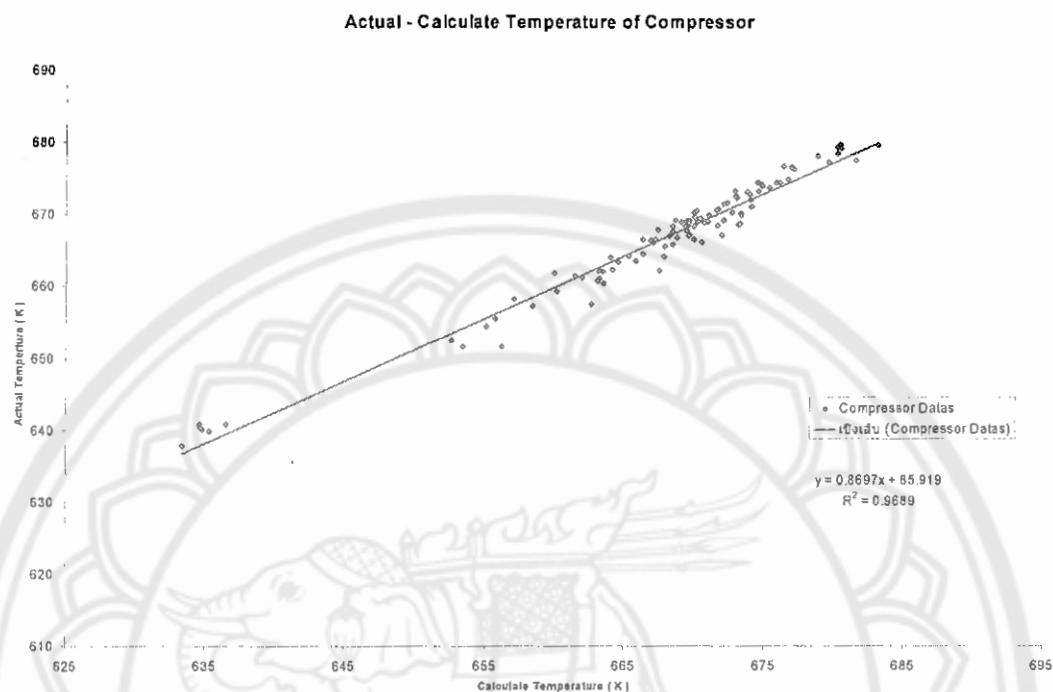
4.1 ผลการคำนวณประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการคำนวณประสิทธิภาพ

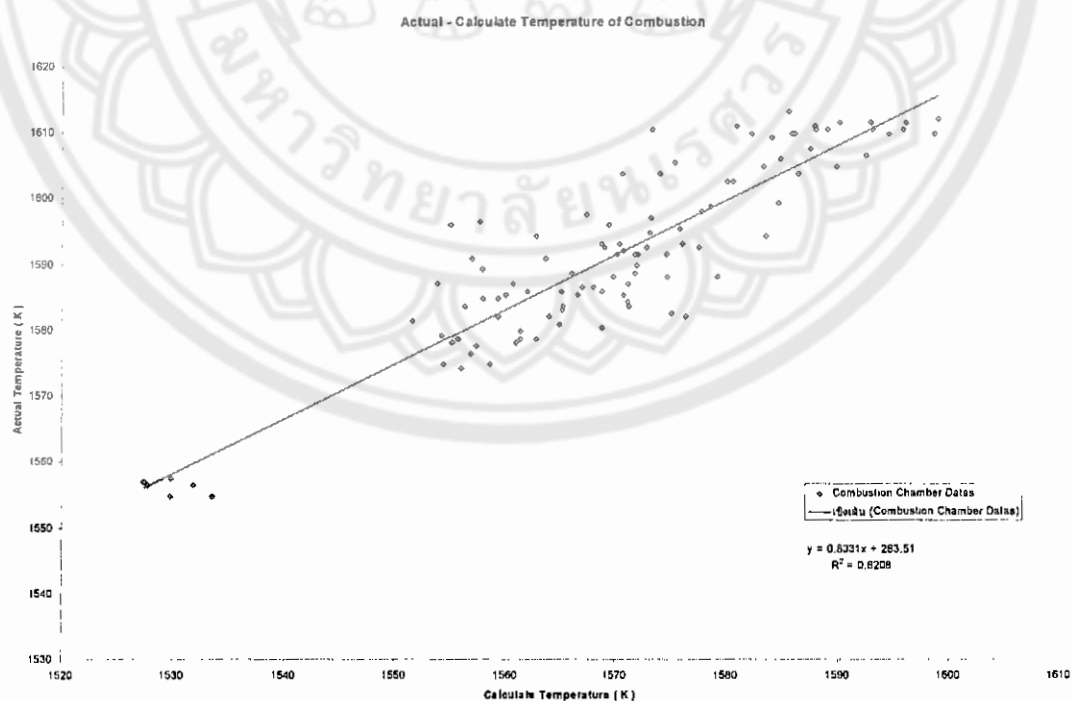
อุปกรณ์ต่าง ๆ	ประสิทธิภาพ
คอมเพรสเซอร์	0.9662
ห้องเผาไหม้	0.9568
กังหันก๊าซ	0.9061
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	0.9199
เครื่องยนต์กังหันก๊าซ	0.3169

จากผลการคำนวณประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์, ห้องเผาไหม้, กังหันก๊าซ, และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พบว่าประสิทธิภาพมีค่า 96.62%, 95.68%, 90.61%, และ 91.99% ตามลำดับ ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซมีค่าเท่ากับ 31.69% โดยค่าที่ออกแบบไว้ตามคู่มืออยู่ที่ 35.7% และบริษัทโรงไฟฟ้า ไตรเอนเอนจี จำกัด เริ่มผลิตกระแสไฟฟ้า เมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2542 จากข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพซึ่งเป็นข้อมูลของวันที่ 4 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2548 ถึง 26 เดือนธันวาคม พ.ศ.2548 ดังนั้นเครื่องยนต์กังหันก๊าซของโรงไฟฟ้าได้มีปฏิบัติงานมาแล้วทั้งสิ้นเป็นระยะเวลา 6 ปี อีกทั้งเป็นการทำงานที่สภาวะจริง เครื่องยนต์กังหันก๊าซจึงมีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่ออกแบบ

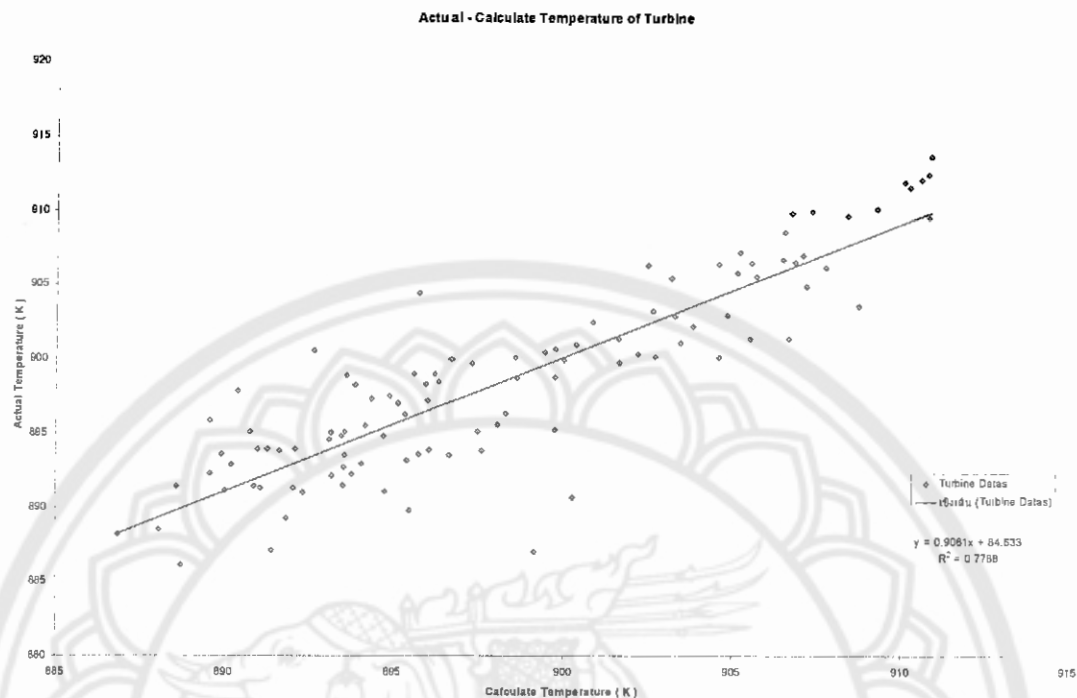
4.2 ผลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของคอมเพรสเซอร์
ที่วัดได้จริงและจากการคำนวณ

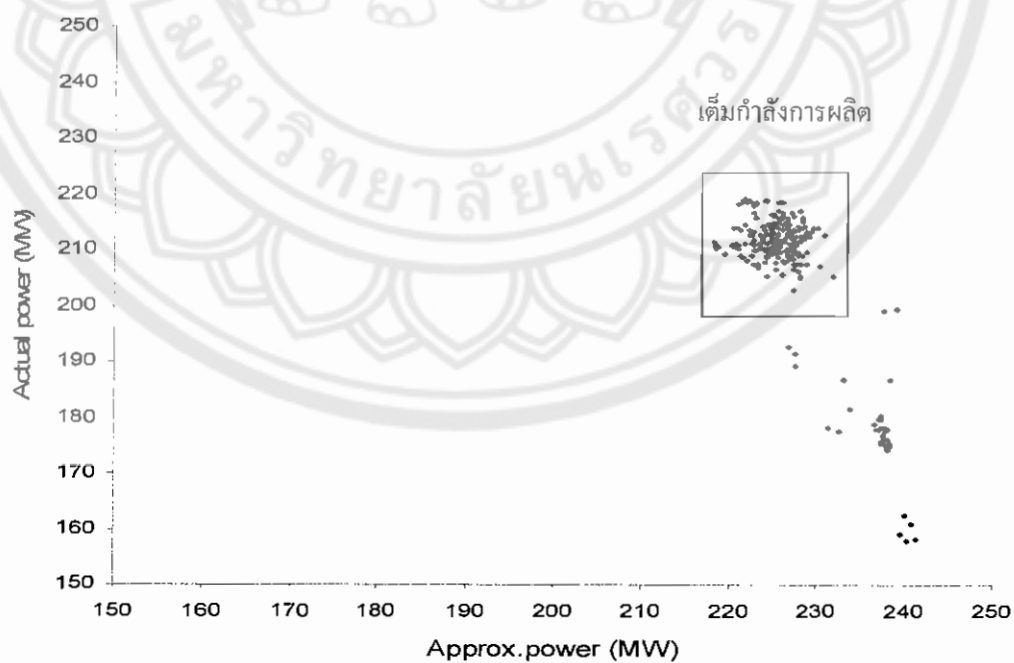


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของห้องเผาไหม้
ที่วัดได้จริงและจากการคำนวณ



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของกังหันก๊าซ
ที่วัดได้จริงและจากการคำนวณ

Actual-Approx power of generator



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
ที่วัดได้จริงและจากการคำนวณ

วิเคราะห์ผลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

4.2. จากกราฟที่ 4.1 พบว่าความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของคอมเพรสเซอร์มีค่า 0.8697 และค่า R-Squared (R^2) = 0.9689 มีค่าเข้าใกล้ 1 หมายความว่าสมการที่ประมาณได้เป็นตัวแทนที่ดีของประชากรทั้งหมด ค่าความชันที่ได้เป็นที่น่าสนใจ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคอมเพรสเซอร์มีความถูกต้อง

4.2.2 จากกราฟที่ 4.2 ความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของห้องเผาไหม้มีค่า 0.8331 และค่า R-Squared (R^2) = 0.8208 พบว่าความชันของกราฟและค่า R-Squared (R^2) มีค่าไม่เข้าใกล้ 1 เนื่องจากการประมาณสัดส่วนเชื้อเพลิงระหว่างยาดานา (Yatana) คือ ยetakun (Yetakun) ในโครงการนี้เป็น 0.2 : 0.8 แต่การทำงานของเครื่องยนต์กังหันก๊าซจริงสัดส่วนเชื้อเพลิงไม่เป็นสัดส่วนที่คงที่ เนื่องจากการต่อท่อเชื้อเพลิงจากแหล่งเชื้อเพลิงมาสู่บริษัท โรงไฟฟ้า ไตรเอนเนอจี จำกัด เป็นการต่อท่อส่งเชื้อเพลิงดังรูปที่ 4.5 ซึ่งสัดส่วนของเชื้อเพลิงอาจเปลี่ยนแปลงไปตามกำลังการผลิตของแหล่งเชื้อเพลิงทั้งสอง ซึ่งมีความไม่แน่นอน มีผลให้คุณสมบัติของเชื้อเพลิงมีค่าไม่คงที่ และจากการประมาณอุณหภูมิของเชื้อเพลิงให้เท่ากับอุณหภูมิขาเข้าของคอมเพรสเซอร์ (จุดที่ 1) ทำให้การประมาณอุณหภูมิกายในห้องเผาไหม้ไม่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิการทำงานจริงของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ ดังนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้จึงมีความถูกต้องต่ำกว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคอมเพรสเซอร์



รูปที่ 4.5 แสดงการเดินท่อเชื้อเพลิงจากแหล่งเชื้อเพลิงสู่โรงไฟฟ้าบริษัท ไตรเอนเนอจี จำกัด

4.2.3 จากกราฟที่ 4.3 พบว่าความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของกังหันก๊าซมีค่า 0.9061 และค่า R-Squared (R^2) = 0.7788 พบว่าความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกังหันก๊าซมีความถูกต้องต่ำกว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคอมเพรสเซอร์ เนื่องจากอุณหภูมิขาเข้าของกังหันก๊าซประมาณมาจากอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้

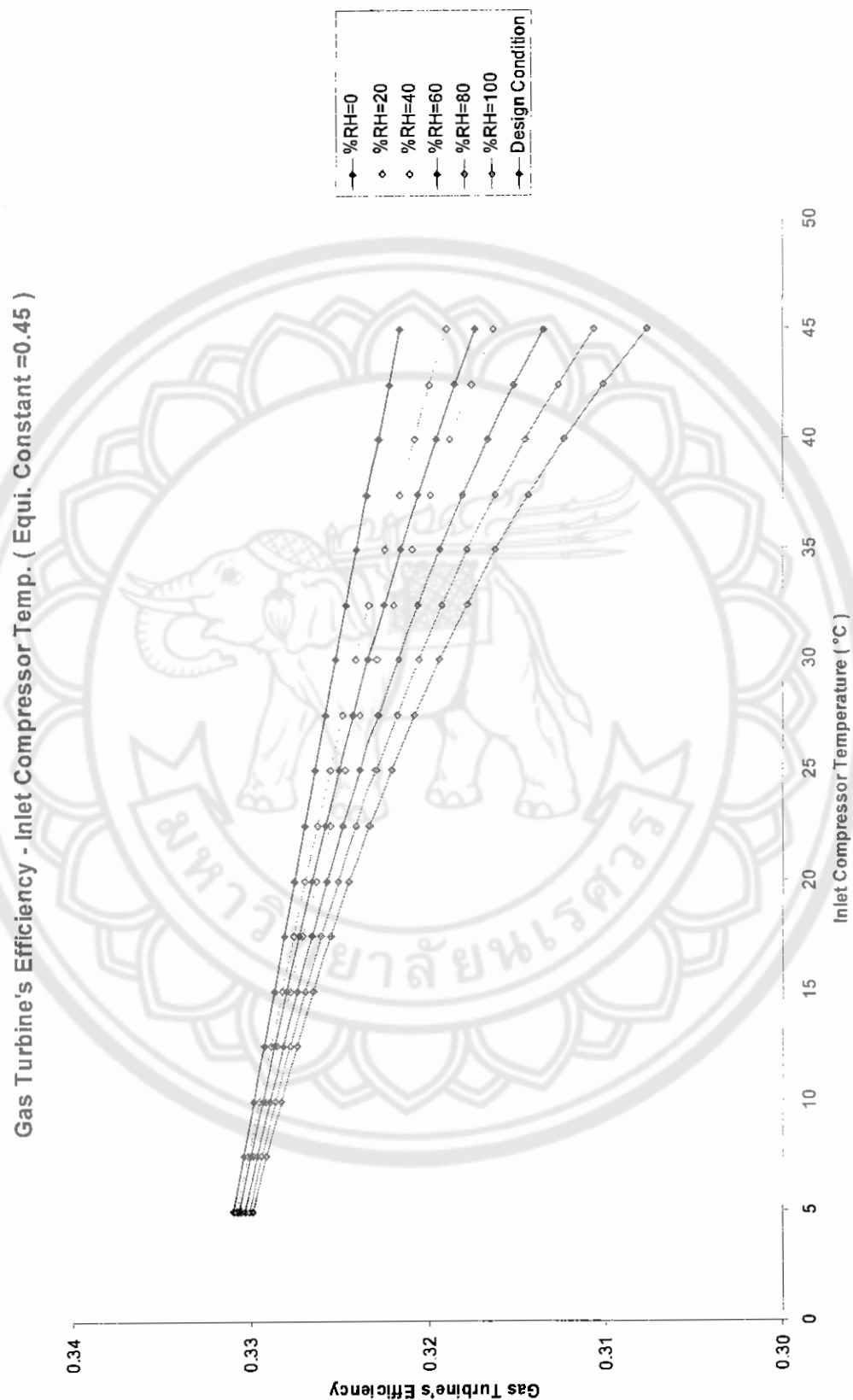
4.2.4 จากกราฟที่ 4.4 พบว่าข้อมูลไม่แสดงความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันทั้งนี้เนื่องจากช่วงของกำลังที่จ่ายจากกังหันมีช่วงแคบดังนั้นจึงไม่สามารถวิเคราะห์ความถูกต้องโดยวิธีที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.2 แต่จากการสังเกตจากกราฟพบว่าในช่วงที่เดินเต็มกำลัง (Full capacity) แบบจำลองสามารถประมาณค่าได้ใกล้เคียง แต่ในช่วงที่มีการเดินเครื่องอย่างไม่เต็มกำลังแบบจำลองไม่สามารถประมาณค่าได้อย่างถูกต้องเนื่องจากการสร้างแบบจำลองไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบในส่วนนี้เนื่องจากการปรับอัตราการผลิตของโรงไฟฟ้าให้สอดคล้องกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าสามารถทำได้โดยการลดความเข้มของสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าแสดงว่าประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้ไฟฟ้า เมื่อพิจารณาความถูกต้องของแบบจำลองในกรณีที่เดินเต็มกำลังพบว่าความผิดพลาดของแบบจำลองเท่ากับ 5 – 15 % ซึ่งเพียงพอในการใช้ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลกับประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ

4.3 ผลการประมาณค่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ

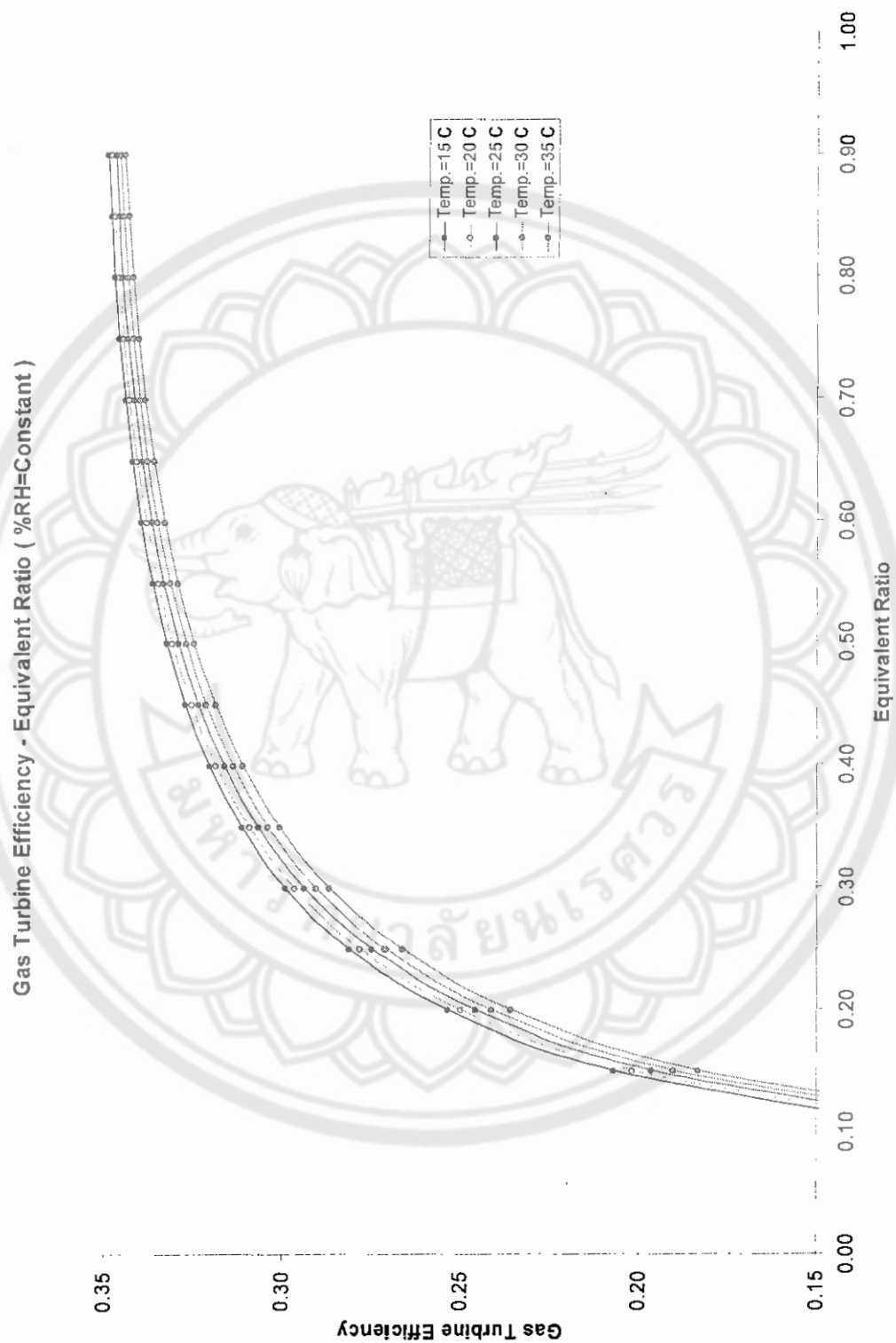
จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคอมเพรสเซอร์ ห้องเผาไหม้ กังหันก๊าซ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และเครื่องยนต์กังหันก๊าซที่ได้ ทำการเปลี่ยนค่าสถานะขาเข้าที่จุด (1) อันได้แก่

- อุณหภูมิเข้าคอมเพรสเซอร์
- ความชื้นสัมพัทธ์
- อัตราส่วนเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ทางทฤษฎีต่อเชื้อเพลิงส่วนที่เผาไหม้จริง

แล้วใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซจะทำให้ทราบถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซอันเนื่องมาจากอิทธิพลของตัวแปรที่ได้ทำการศึกษา ดังนี้



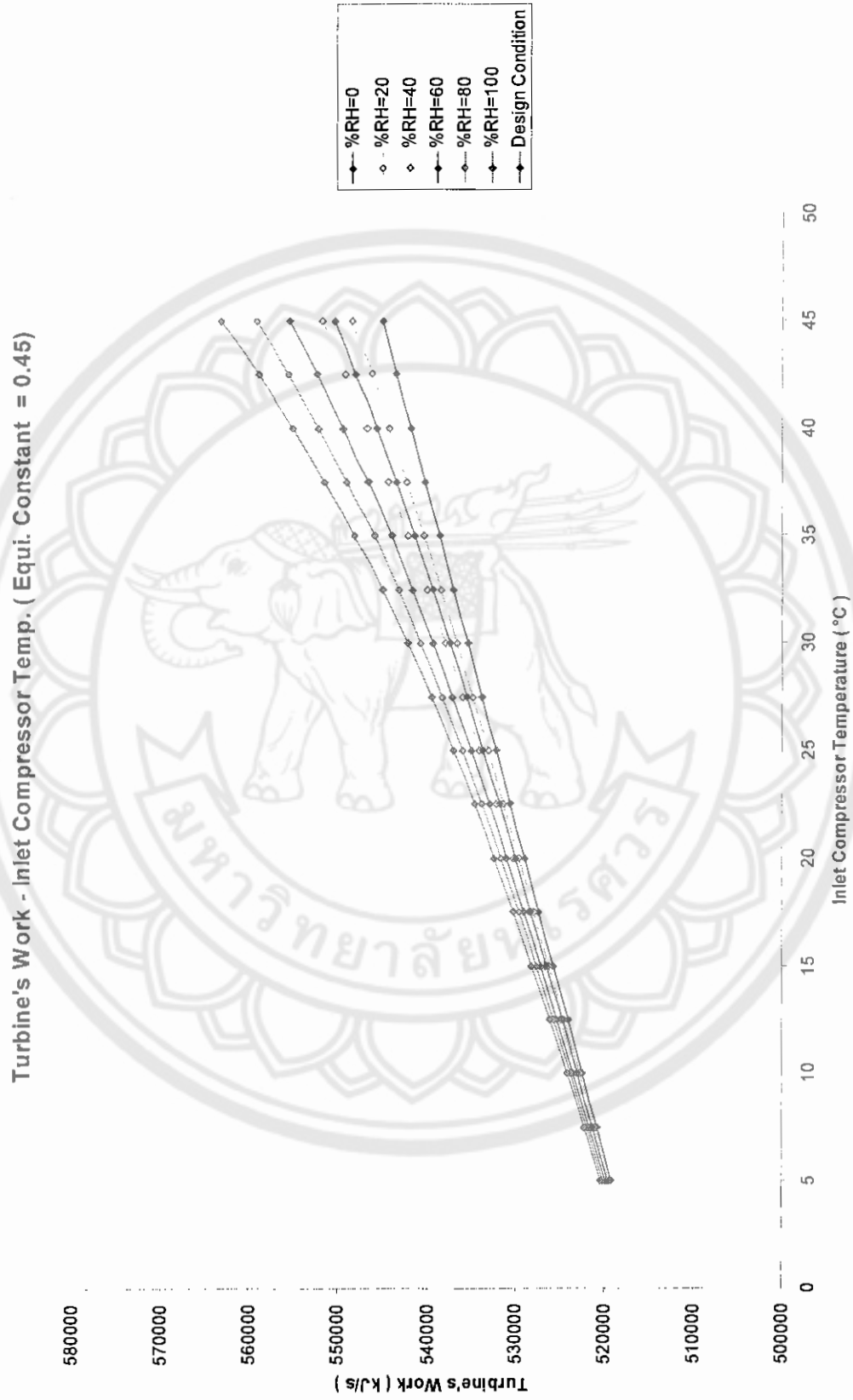
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องยนตกังหันก๊าซกับอุณหภูมิทางเข้าคอมเพรสเซอร์ที่ %RH ต่าง ๆ (Equivalent ratio คงที่ = 0.45)



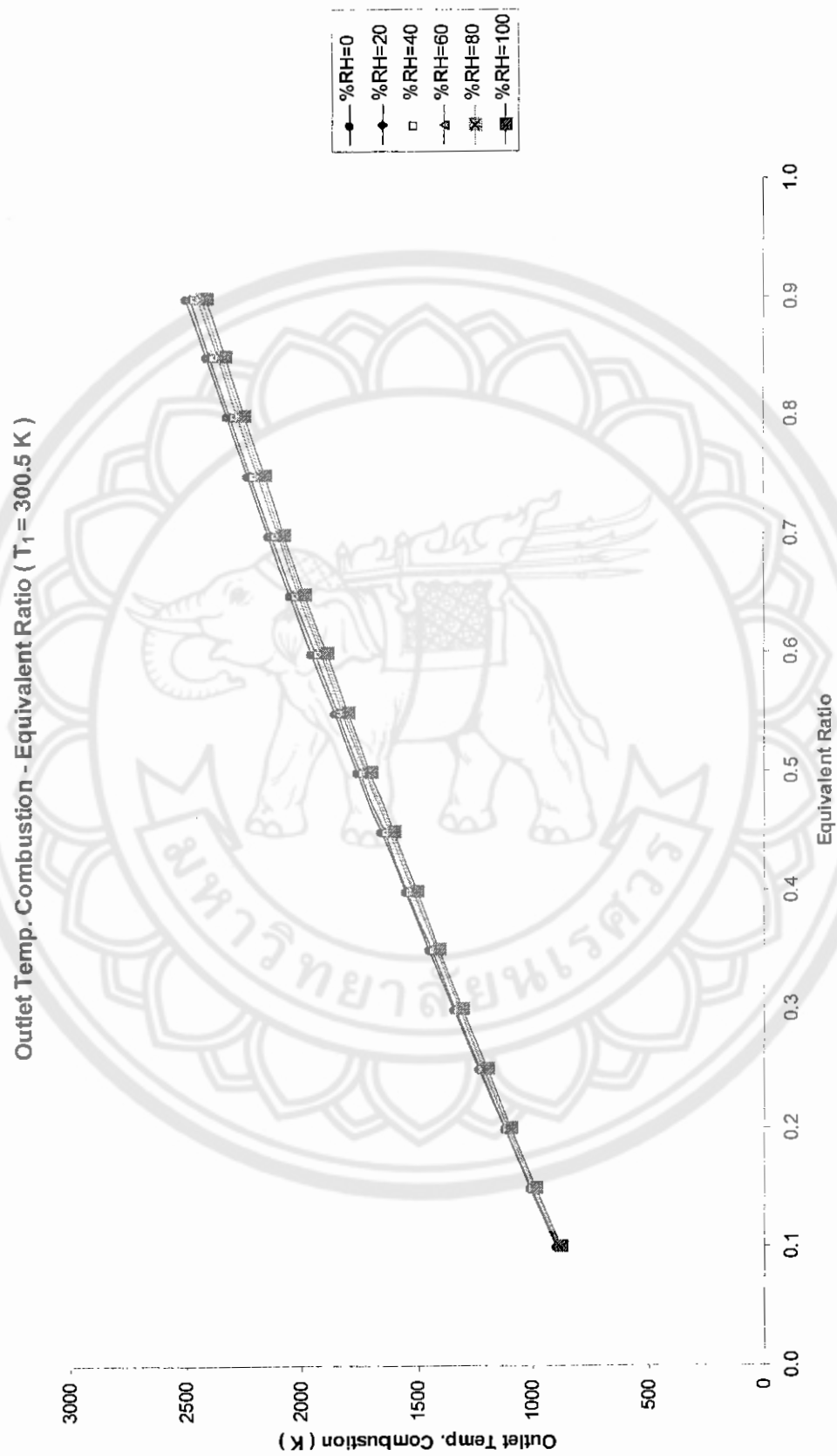
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซกับ Equivalent Ratio (%RH คงที่ = 70) ที่อุณหภูมิต่างๆ



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบงานที่คอมเพรสเซอร์ทำงานที่อุณหภูมิทางเข้าคอมเพรสเซอร์ที่ %RH ต่าง ๆ (Equivalent ratio คงที่ = 0.45)



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบงานที่กังหันก๊าซกับอุณหภูมิทางเข้าคอมเพรสเซอร์ที่ %RH ต่าง ๆ (Equivalent ratio คงที่ = 0.45)



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ทางออกห้องเผาไหม้กับ Equivalent Ratio (T_1 คงที่ = 300.5 K) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ

4.4 วิเคราะห์ผลการประมาณค่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ

4.4.1 จากรูปที่ 4.5 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กับอุณหภูมิของอากาศที่ป้อนเข้าเครื่องอัดอากาศ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ค่าต่างๆ จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิอากาศเข้ามีค่าสูงขึ้น ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซจะลดลง และเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ป้อนเข้ามีค่าสูงขึ้น ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซจะต่ำลง

4.4.2 จากรูปที่ 4.6 เป็นการเปรียบเทียบกันระหว่างประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซกับ Equivalent Ratio ที่อุณหภูมิทางเข้าเครื่องอัดอากาศค่าต่างๆ จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มค่า Equivalent ratio (ลดการใช้อากาศเกินให้น้อยลง) ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซจะเพิ่มขึ้น โดยที่ Equivalent ratio 0.2 – 0.6 ความชันของกราฟจะมีค่ามากกว่า Equivalent ratio 0.6-0.9 และถึงแม้จะเปลี่ยนอุณหภูมิทางเข้าเครื่องอัดอากาศแนวโน้มของกราฟ ยังคงเหมือนเดิม

4.4.3 จากรูปที่ 4.7 เป็นการเปรียบเทียบงานที่ป้อนให้กับเครื่องอัดอากาศกับอุณหภูมิของอากาศที่ป้อนเข้าเครื่องอัดอากาศ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ค่าต่างๆ จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิอากาศเข้ามีค่าสูงขึ้น งานที่ต้องจ่ายให้กับเครื่องอัดอากาศจะเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ป้อนเข้าให้มีความสูงขึ้นงานที่ต้องจ่ายให้กับเครื่องอัดอากาศจะเพิ่มขึ้นด้วย

4.4.4 จากรูปที่ 4.9 เป็นการเปรียบเทียบงานที่ได้จากกังหันก๊าซกับอุณหภูมิของอากาศที่ป้อนเข้าเครื่องอัดอากาศ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ค่าต่างๆ จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิอากาศเข้ามีค่าสูงขึ้นงานที่ได้จากกังหันก๊าซจะเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ป้อนเข้าให้มีความสูงขึ้นงานที่ได้จากกังหันก๊าซจะเพิ่มขึ้นด้วย

4.4.5 จากรูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ทางออกห้องเผาไหม้กับ Equivalent Ratio (อุณหภูมิอากาศคอมเพรสเซอร์ลงที่) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ค่าต่างๆ จะเห็นได้ว่าถ้า Equivalent Ratio สูงขึ้น (ใช้อากาศเกินให้น้อยลง) อุณหภูมิที่ทางออกของห้องเผาไหม้ก็จะสูงขึ้น และการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ให้สูงขึ้นก็ส่งผลให้อุณหภูมิทางออกห้องเผาไหม้มีค่าลดลง

4.5 วิเคราะห์ผลการประมาณค่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ

4.5.1 จากผลการประมาณค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์กังหันก๊าซโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่สถานะทางเข้าให้สูงขึ้นโดยกำหนดให้ความชื้นสัมพัทธ์และ Equivalent ratio คงที่ จะพบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์กังหันก๊าซมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความหนาแน่นของอากาศจะลดลงทำให้สูญเสียงานที่เครื่องอัดอากาศจะเพิ่มขึ้นถึงแม้ว่างานที่ได้จากกังหันจะเพิ่มขึ้นก็ตามแต่งานสุทธิยังคง

ลดลง ดังนั้นการลดอุณหภูมิทางเข้าให้ต่ำลงจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนให้กับเครื่องยนต์กังหันก๊าซได้

4.5.2 จากผลการประมาณค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์กังหันก๊าซโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น เมื่อเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศให้สูงขึ้น โดยกำหนดให้ Equivalent ratio และอุณหภูมิที่ทางเข้าคอมเพรสเซอร์คงที่ จะพบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์กังหันก๊าซมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่อความชื้นสูงขึ้นจะทำให้สัดส่วนมวลของอากาศแห้งในอากาศมีค่าน้อยลง กล่าวคือสัดส่วนออกซิเจนที่อยู่ในอากาศที่มีความชื้นสูงจะน้อยกว่าสัดส่วนออกซิเจนที่อยู่ในอากาศที่มีความชื้นต่ำ (เมื่อคิดต่ออัตราการไหลโดยมวลของอากาศชื้นที่เท่ากัน) ดังนั้นเพื่อให้ได้ออกซิเจนในการเผาไหม้เท่าเดิม มวลของอากาศที่ไหลผ่านคอมเพรสเซอร์เพื่อใช้ในการเผาไหม้จึงมีค่ามากขึ้น ดังนั้นเครื่องยนต์กังหันก๊าซจึงใช้งานในการป้อนคอมเพรสเซอร์มากขึ้น งานสุทธิจากเครื่องยนต์กังหันก๊าซจึงมีค่าลดลงเนื่องจากต้องส่งกำลังไปขับในส่วนของคอมเพรสเซอร์มากขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซมีค่าลดลงตามไปด้วย

4.5.3 จากผลการประมาณค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์กังหันก๊าซโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น เมื่อเพิ่ม Equivalent ratio ให้สูงขึ้น (ใช้อากาศเกินน้อยลง) โดยกำหนดให้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิทางเข้าคงที่ จะพบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์กังหันก๊าซมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้น้อยจะทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง งานสุทธิจากเครื่องยนต์กังหันก๊าซจึงมีค่ามากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซสูงขึ้น แต่การเผาไหม้โดยใช้ Equivalent ratio สูง ๆ จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ทำให้เชื้อเพลิงปนมากับไอเสีย ซึ่งถือว่าเป็นมลพิษและถ้าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูงกว่า 2000°C ก็อาจทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ขึ้นได้

นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อใช้ Equivalent ratio สูง ๆ จะทำให้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูงขึ้น เนื่องจากถ้าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูงเกินไปอาจทำให้เกิด NO_x ซึ่งเป็นมลพิษ และอาจทำให้ใบพัดของกังหันเกิดการหลอมละลายได้

เนื่องจาก ใบพัดของกังหันก๊าซใช้วัสดุซึ่งทำมาจาก Titanium Alloys (Ti6Al2Sn4Zr6Mo) ซึ่งมีคุณสมบัติทนต่อความร้อนได้มากที่สุดประมาณ 1635°C (1908.15 K) ดังนั้นเพื่อไม่ให้ใบพัดเกิดการเสียหายโดยการถูกความร้อนหลอมละลายจึงจำเป็นต้องควบคุมอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงให้มีค่าไม่เกิน 0.6

เนื่องจาก การเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 2200°F (1480 K) จะทำให้เกิด NO_x แต่จากข้อมูลเก่าพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย ของการเผาไหม้อยู่ที่ประมาณ 1590 K และ Equivalent ratio เฉลี่ยอยู่ที่ 0.45

ซึ่งจะทำให้เกิด NOx น้อยลง แต่ทางโรงไฟฟ้าได้มีการแก้ปัญหาโดยการติดตั้งเครื่องกำจัด NOx แล้ว ถ้าถือว่าการเกิด NOx ไม่ใช่อุปสรรคในการเพิ่มประสิทธิภาพ เราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์กังหันก๊าซในอีกแนวทางหนึ่งโดยการเพิ่ม Equivalent ratio ให้เข้าใกล้ 0.6 เช่นถ้าเพิ่ม Equivalent ratio จาก 0.45 เป็น 0.55 จะทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เพิ่มขึ้นประมาณ 1 – 2 %

4.5.4 จากกราฟและผลการประมาณประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซพบว่า Equivalent Ratio มีผลต่อประสิทธิภาพมากที่สุด เนื่องจากกราฟประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซกับ Equivalent Ratio (รูปที่ 4.7) ความชันของกราฟนี้มีค่ามากกว่ากราฟประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซกับอุณหภูมิขาเข้าคอมเพรสเซอร์ ดังนั้นอุณหภูมิขาเข้าของคอมเพรสเซอร์จึงมีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องยนต์กังหันก๊าซรองมาจาก Equivalent Ratio และหลังจากนั้นจึงเป็นความชันสัมพัทธ์ตามลำดับ

