

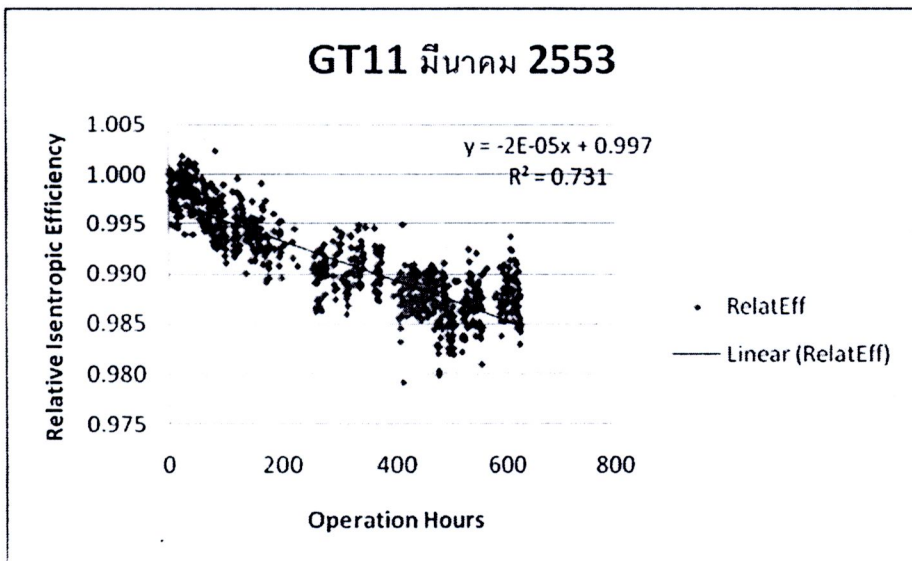
บทที่ 5

การพัฒนาโปรแกรม

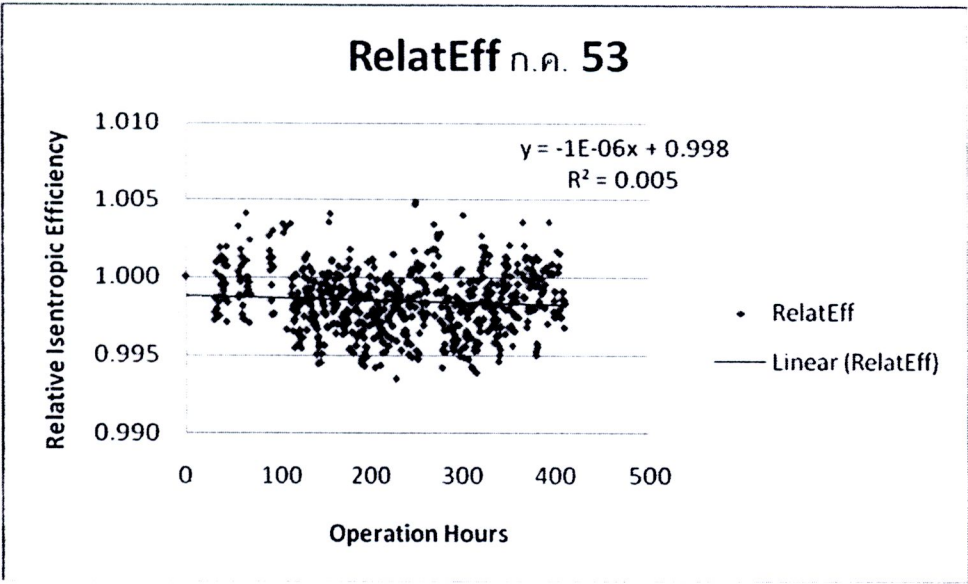
ในบทนี้จะกล่าวถึงที่มาของค่าคงที่และสมการต่างๆ ที่นำมาใช้ในโปรแกรมเพื่อกำหนดแผนที่เหมาะสมในการทำความสะดวกคอมพิวเตอร์ในเครื่องยนต์กังหันก๊าซแบบออฟไลน์

5.1 การลดลงของประสิทธิภาพคอมเพรสเซอร์ของเครื่องกังหันก๊าซโรงไฟฟ้าน้ำพอง

โรงไฟฟ้าน้ำพองมีเครื่องกังหันก๊าซทั้งหมด 4 เครื่อง แบ่งออกเป็น 2 เครื่องต่อ 1 ชุด (Block) ได้แก่ Block I ประกอบด้วยเครื่องกังหันก๊าซ GT11, GT12 และ Block II ประกอบด้วยเครื่องกังหันก๊าซ GT21, GT22 โดยในแต่ละเครื่องจะมีประสิทธิภาพและมีฟังก์ชันการลดลงของประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน อีกทั้งยังแตกต่างกันไปในแต่ละเดือนของปีอีกด้วย ภาพที่ 5.1 และ 5.2 แสดงให้เห็นประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกที่ลดลงในบางเดือนของ GT11 นั้นแตกต่างกัน โดยใช้วิธีเพิ่มเส้นแนวโน้มในข้อมูลจริงที่มาจากโรงไฟฟ้าน้ำพองทั้งสิ้น 3 ปี (พ.ศ.2551-2553) มาทำการวิเคราะห์ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกแบบสัมพัทธ์ (Relative Isentropic Efficiency) ต่อชั่วโมง มาอธิบายการลดลงของประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ของเครื่องกังหันก๊าซ เนื่องจากในแต่ละเครื่องกังหันก๊าซจะมีประสิทธิภาพเริ่มต้นในแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกันไป



ภาพที่ 5.1 ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกสัมพัทธ์ที่ลดลงต่อชั่วโมงในเดือน มีนาคม 2553
เครื่อง GT11



ภาพที่ 5.2 ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกสัมพัทธ์ที่ลดลงต่อชั่วโมงในเดือนกรกฎาคม 2553 เครื่อง GT11

5.1.1 ประสิทธิภาพที่ลดลงของเครื่องกังหันก๊าซ GT11

จากตารางที่ 5.1 แสดงให้เห็นว่าในแต่ละเดือนและแต่ละปี ประสิทธิภาพที่ลดลงของเครื่องกังหันก๊าซ GT11 นั้นไม่เท่ากัน โดยจะลดลงมากในเดือน มกราคม – เมษายน และเดือน ธันวาคม ส่วนเดือน พฤษภาคม – พฤศจิกายน จะมีสัดส่วนการลดลงของประสิทธิภาพที่น้อยกว่า การนำค่าประสิทธิภาพที่ลดลงไปใช้ในโปรแกรมจะใช้ค่าเฉลี่ย (Average) ในแต่ละเดือน

ตารางที่ 5.1 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ที่ลดลงต่อชั่วโมงในเครื่องกังหันก๊าซ GT11 (%/hr)

No	Month	2008	2009	2010	Average
1	Jan	No Data	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-05
2	Feb	3.00E-06	3.00E-05	1.00E-05	1.43E-05
3	Mar	2.00E-05	1.00E-05	2.00E-05	1.67E-05
4	Apr	1.00E-05	5.00E-06	3.00E-05	1.50E-05
5	May	3.00E-06	5.00E-07	5.00E-06	2.83E-06
6	Jun	9.00E-07	No Data	3.00E-06	1.95E-06
7	Jul	6.00E-06	No Data	1.00E-06	3.50E-06
8	Aug	3.00E-06	No Data	3.00E-06	3.00E-06
9	Sep	3.00E-06	7.00E-07	2.00E-05	7.90E-06
10	Oct	5.00E-06	1.00E-06	2.00E-05	8.67E-06
11	Nov	1.00E-05	2.00E-07	No Data	5.10E-06
12	Dec	7.00E-06	5.00E-05	No Data	2.85E-05

5.1.2 ประสิทธิภาพที่ลดลงของเครื่องกังหันก๊าซ GT12

จากตารางที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าในแต่ละเดือนและแต่ละปี ประสิทธิภาพที่ลดลงของเครื่องกังหันก๊าซ GT12 นั้นไม่เท่ากัน โดยจะลดลงมากในเดือน มกราคม, มีนาคม – เมษายน และเดือน ตุลาคม - ธันวาคม ส่วนเดือน กุมภาพันธ์, พฤษภาคม – กันยายน จะมีสัดส่วนการลดลงของประสิทธิภาพที่น้อยกว่า การนำค่าประสิทธิภาพที่ลดลงไปใช้ในโปรแกรมจะใช้ค่าเฉลี่ย (Average) ในแต่ละเดือน

ตารางที่ 5.2 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ที่ลดลงต่อชั่วโมงในเครื่องกังหันก๊าซ GT12 (%/hr)

No	Month	2008	2009	2010	Average
1	Jan	No Data	3.00E-05	4.00E-05	3.50E-05
2	Feb	1.00E-05	7.00E-06	1.00E-05	9.00E-06
3	Mar	4.00E-07	2.00E-05	5.00E-05	2.35E-05
4	Apr	5.00E-06	2.00E-05	2.00E-05	1.50E-05
5	May	5.00E-06	8.00E-06	4.00E-06	5.67E-06
6	Jun	4.00E-06	No Data	1.00E-05	7.00E-06
7	Jul	8.00E-06	No Data	7.00E-06	7.50E-06
8	Aug	4.00E-06	No Data	3.00E-06	3.50E-06
9	Sep	7.00E-06	1.00E-06	6.00E-06	4.67E-06
10	Oct	2.00E-05	4.00E-06	4.00E-05	2.13E-05
11	Nov	2.00E-05	2.00E-05	No Data	2.00E-05
12	Dec	2.00E-05	5.00E-05	No Data	3.50E-05

5.1.3 ประสิทธิภาพที่ลดลงของเครื่องกังหันก๊าซ GT21

จากตารางที่ 5.3 แสดงให้เห็นว่าในแต่ละเดือนและแต่ละปี ประสิทธิภาพที่ลดลงของเครื่องกังหันก๊าซ GT21 นั้นไม่เท่ากัน โดยจะลดลงมากในเดือน มกราคม – มีนาคม และเดือน พฤศจิกายน - ธันวาคม ส่วนเดือน เมษายน – ตุลาคม จะมีสัดส่วนการลดลงของประสิทธิภาพที่น้อยกว่า การนำค่าประสิทธิภาพที่ลดลงไปใช้ในโปรแกรมจะใช้ค่าเฉลี่ย (Average) ในแต่ละเดือน

ตารางที่ 5.3 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ที่ลดลงต่อชั่วโมงในเครื่องกังหันก๊าซ GT21 (%/hr)

No	Month	2008	2009	2010	Average
1	Jan	No Data	No Data	2.00E-05	2.00E-05
2	Feb	No Data	No Data	2.00E-05	2.00E-05
3	Mar	3.00E-05	1.00E-05	2.00E-05	2.00E-05
4	Apr	3.00E-06	4.00E-06	2.00E-05	9.00E-06
5	May	3.00E-06	6.00E-06	7.00E-07	3.23E-06
6	Jun	7.00E-07	No Data	No Data	7.00E-07
7	Jul	6.00E-06	No Data	6.00E-06	6.00E-06
8	Aug	2.00E-06	No Data	2.00E-06	2.00E-06
9	Sep	4.00E-06	6.00E-06	3.00E-06	4.33E-06
10	Oct	8.00E-06	1.00E-05	1.00E-05	9.33E-06
11	Nov	2.00E-05	2.00E-05	No Data	2.00E-05
12	Dec	2.00E-05	2.00E-05	No Data	2.00E-05

5.1.4 ประสิทธิภาพที่ลดลงของเครื่องกังหันก๊าซ GT22

จากตารางที่ 5.4 แสดงให้เห็นว่าในแต่ละเดือนและแต่ละปี ประสิทธิภาพที่ลดลงของเครื่องกังหันก๊าซ GT22 นั้นไม่เท่ากัน โดยจะลดลงมากในเดือน มกราคม – มีนาคม และเดือน พฤศจิกายน - ธันวาคม ส่วนเดือน เมษายน – ตุลาคม จะมีสัดส่วนการลดลงของประสิทธิภาพที่น้อยกว่า การนำค่าประสิทธิภาพที่ลดลงไปใช้ในโปรแกรมจะใช้ค่าเฉลี่ย (Average) ในแต่ละเดือน

ตารางที่ 5.4 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ที่ลดลงต่อชั่วโมงในเครื่องกังหันก๊าซ GT22 (%/hr)

No	Month	2008	2009	2010	Average
1	Jan	No Data	No Data	1.00E-05	1.00E-05
2	Feb	1.00E-05	No Data	3.00E-05	2.00E-05
3	Mar	1.00E-05	2.00E-05	2.00E-05	1.67E-05
4	Apr	4.00E-07	2.00E-05	9.00E-06	9.80E-06
5	May	5.00E-06	2.00E-08	1.00E-05	5.01E-06
6	Jun	4.00E-07	No Data	4.00E-06	2.20E-06
7	Jul	2.00E-06	No Data	No Data	2.00E-06
8	Aug	3.00E-06	No Data	2.00E-06	2.50E-06
9	Sep	3.00E-06	7.00E-06	3.00E-06	4.33E-06
10	Oct	6.00E-06	1.00E-05	3.00E-06	6.33E-06
11	Nov	2.00E-05	2.00E-05	No Data	2.00E-05
12	Dec	2.00E-05	2.00E-05	No Data	2.00E-05

5.2 ค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกใบพัดคอมเพรสเซอร์ด้วยวิธีออฟไลน์

การทำความสะดวกใบพัดคอมเพรสเซอร์ด้วยวิธีออฟไลน์ (Off-line cleaning) นั้นจำเป็นที่จะต้องหยุดเดินเครื่องกังหันก๊าซ ทำให้สูญเสียโอกาสในการขายกระแสไฟฟ้า ทำให้ทางโรงไฟฟ้าจำเป็นต้องหยุดเดินเครื่องเพื่อทำความสะอาดเฉพาะวันเสาร์และวันอาทิตย์เท่านั้น นอกจากนี้การทำความสะอาดด้วยวิธีออฟไลน์ ยังมีค่าสารเคมีทำความสะอาดและค่าไฟฟ้าเพื่อใช้เดินอุปกรณ์และคอมเพรสเซอร์ในระหว่างการทำความสะดวกอีกด้วย ดังนี้

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \tag{5.1}$$

- เมื่อ C คือ ค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวก (บาท/ครั้ง)
- C₁ คือ ค่าสารเคมีที่ใช้ในการทำความสะดวก (บาท/ครั้ง)
- C₂ คือ ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินอุปกรณ์ในระหว่างการทำความสะดวก (บาท/ครั้ง)
- C₃ คือ ค่าพลังไฟฟ้าที่ถูกปรับลดเนื่องจากหยุดเดินเครื่อง (บาท/ครั้ง)
- C₄ คือ ค่าเสียโอกาสผลิตพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากหยุดเดินเครื่อง (บาท/ครั้ง)

5.2.1 ค่าสารเคมีที่ใช้ในการทำความสะดวก

ในส่วนของมูลค่าสารเคมีที่ใช้ในการทำความสะดวกแบบออฟไลน์แต่ละครั้งสามารถแบ่งออกได้เป็นสองค่าหลักๆ คือ 1.มูลค่าน้ำยาที่ใช้ล้างในการทำความสะดวกแบบออฟไลน์ 2. ค่าน้ำที่ล้างสารทำความสะอาด (Demineralised water) โดยสมการอยู่ในรูปของ

$$C_1 = AC + DM \tag{5.2}$$

- เมื่อ
- C₁ คือ ค่าสารเคมีที่ใช้ในการทำความสะดวก (บาท)
- AC คือ ค่าน้ำยาที่ใช้ในการทำความสะดวกแบบออฟไลน์ (บาท)
- DM คือ ค่าน้ำที่ล้างสารทำความสะอาด (บาท)

5.2.1.1 มูลค่าน้ำยาที่ใช้ในการทำความสะอาดแบบออฟไลน์

ในการทำความสะอาดแบบออฟไลน์จำเป็นต้องมีสารทำความสะอาดที่ใช้นี้ฉีดเข้าไปเพื่อใช้ล้างใบพัด โดยมูลค่าของน้ำยาทำความสะอาดต่อการทำความสะอาดแบบออฟไลน์หนึ่งครั้งทำการคิดจาก

$$AC = I_1 \times AG \times Cy \quad (5.3)$$

เมื่อ

AC คือ ค่าน้ำยาที่ใช้ในการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ (บาท)

I_1 คือ ปริมาณน้ำยาที่ใช้ (ลิตร)

AG คือ ราคาน้ำยา (บาท/ลิตร)

Cy คือ จำนวนรอบที่ทำการล้าง (รอบ)

จากข้อมูลการทำความสะอาดได้ว่าในการทำความสะอาดแบบออฟไลน์หนึ่งครั้งโรงไฟฟ้าน้ำพองใช้น้ำยาทั้งสิ้น 16 ลิตร ต่อการทำการหนึ่งรอบโดยในการทำแต่ละครั้งโรงไฟฟ้าน้ำพองทำการล้างทั้งสิ้นสามรอบ ซึ่งราคาน้ำยาลิตรละ 820 บาท เมื่อนำค่าที่ได้แทนในสมการ 5.3 ได้ค่าน้ำยาที่ใช้ในการล้างต่อครั้งได้เป็น

$$AC = 16 \times 820 \times 3 = 39,360 \text{ บาท}$$

5.2.1.2 ค่าน้ำที่ใช้ล้างสารทำความสะอาด (Demineralised water Cost)

การทำความสะอาดแบบออฟไลน์หลังจากที่ฉีดสารทำความสะอาดเข้าไปเพื่อใช้ล้างใบพัดแล้วต้องทำการฉีดน้ำเข้าไปเพื่อทำการล้างสารทำความสะอาดออก โดยสามารถเขียนสมการได้เป็น

$$DM = I_2 \times WC \times Cy \quad (5.4)$$

เมื่อ

DM คือ ค่าน้ำที่ใช้ล้างสารทำความสะอาด (บาท)

I_2 คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ (ลิตร)

WC คือ ราคาน้ำที่ใช้ (บาท/ลิตร)

Cy คือ จำนวนรอบที่ทำการล้าง (รอบ)

ในการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ หนึ่งครั้ง โรงไฟฟ้าน้ำพองใช้น้ำในการล้าง 650 ลิตร ต่อการทำหนึ่งรอบ โดยในการทำแต่ละครั้ง โรงไฟฟ้าน้ำพองทำการล้างทั้งสิ้นสามรอบ ซึ่งราคาน้ำ 33 บาทต่อ 1000 ลิตร สามารถหาราคาน้ำที่ใช้ในการทำ ความสะอาดแบบออฟไลน์ ต่อครั้งได้โดยการแทนค่าลงในสมการที่ 5.4

$$DM = 650 \times \frac{33}{1000} \times 3 = 64.35 \text{ บาท}$$

ดังนั้นสามารถหาค่าค่าสารเคมีที่ใช้ในการทำ ความสะอาด ได้เท่ากับ

$$C_1 = AC + DM = 39,360 + 64.35 = 39,424.35 \text{ บาท} \quad (5.5)$$

5.2.2 ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินอุปกรณ์ในระหว่างการทำงาน

ในการทำ ความสะอาดแบบออฟไลน์หนึ่งครั้ง โรงไฟฟ้าต้องทำการหยุดเดินเครื่องกังหันแก๊ส แต่ในขณะที่ทำความสะอาดแบบออฟไลน์ต้องใช้มอเตอร์ ช่วยในการขับเคลื่อนเพรสเซอร์ให้หมุนที่ความเร็วรอบหนึ่งขณะทำการฉีดน้ำทำความสะอาด ค่าไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์นี้คิดได้จาก

$$C_2 = P_m \times t_m \times E_c \quad (5.6)$$

เมื่อ

C_2 คือ ค่าไฟฟ้าที่ใช้เดินมอเตอร์ (บาท)

P_m คือ กำลังที่มอเตอร์ใช้ (kW)

t_m คือ เวลาที่ใช้เดินมอเตอร์ (ชั่วโมง)

E_c คือ ราคาไฟฟ้า (บาท/kWh)

เมื่อมีการทำความสะอาดแบบออฟไลน์หนึ่งครั้ง โรงไฟฟ้าน้ำพองต้องทำการหยุดเดินเครื่องกังหันแก๊ส แต่ในขณะที่ต้องใช้มอเตอร์ขนาด 1,450 kW ในการขับเคลื่อนเครื่องอัดอากาศที่ 600 rpm ในการทำความสะอาดแบบออฟไลน์หนึ่งครั้งใช้เวลาทั้งสิ้น 2.5 ชั่วโมง หากคิดค่าไฟฟ้าที่หน่วยละ 2.01 บาท ได้ค่าไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องอัดอากาศต่อการทำความสะอาดแบบออฟไลน์หาได้โดยการแทนค่าลงในสมการ 5.6

$$C_2 = 1,450 \times 2.5 \times 2.01 = 7,300.75 \text{ บาท} \quad (5.7)$$



5.2.3 ค่าพลังไฟฟ้าที่ถูกปรับลดเนื่องจากหยุดเดินเครื่อง

ค่าพลังไฟฟ้าที่ถูกปรับลดนี้มาจากระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก [15] โดยตามระเบียบหากหยุดเดินเครื่องเพื่อทำความสะอาดคอมเพรสเซอร์แบบออฟไลน์จะถูกปรับลดจากปริมาณพลังไฟฟ้าคิดเงินร้อยละ 20 ของส่วนต่างระหว่างปริมาณพลังไฟฟ้าตามสัญญา กับพลังไฟฟ้าเสมือนจริง ดังสมการที่ 5.8

$$\text{ปริมาณพลังไฟฟ้าคิดเงิน} = \text{ปริมาณพลังไฟฟ้าจริง} - 0.2 (\text{ปริมาณพลังไฟฟ้าตามสัญญา} - \text{ปริมาณพลังไฟฟ้าเสมือนจริง}) \quad (5.8)$$

โดย ปริมาณพลังไฟฟ้าจริง คือ พลังงานไฟฟ้าจ่ายจริงหารด้วยจำนวนชั่วโมง Peak ในเดือนนั้นๆ (kW)

ปริมาณพลังไฟฟ้าตามสัญญา คือ ในกรณีนี้ให้เท่ากับพลังไฟฟ้าที่เครื่องกังหันก๊าซ โรงไฟฟ้าน้ำพองเดินในช่วง Peak คือ 105 MW หรือ 105000 kW (kW)

ปริมาณพลังไฟฟ้าเสมือนจริง คือ พลังงานไฟฟ้าจ่ายจริงหารด้วยจำนวนชั่วโมง Peak ในเดือนนั้น ๆ ลบด้วยชั่วโมงหยุดเครื่องเพื่อซ่อมบำรุงรักษาตามแผนการดำเนินงานประจำปี (kW)

ดังนั้นหากจำนวนชั่วโมง Peak ในเดือนหนึ่งคือ 480 ชั่วโมง และจำนวนชั่วโมง Peak ที่หยุดทำความสะอาดคือ 32 ชั่วโมง และอัตราพลังไฟฟ้าเท่ากับ 420 บาท/kW/เดือน [15] แทนค่าในสมการที่ 5.8 แล้วค่าพลังไฟฟ้าที่ถูกปรับลดเนื่องจากหยุดเดินเครื่องจะเท่ากับ

$$C_3 = \left\{ 105000 - \left[\left(\frac{105000 \times 448}{480} \right) - 0.2 \left(\frac{105000 \times 480}{480} - \frac{105000 \times 448}{480} \right) \right] \right\} \times 420 = 3,528,000.00 \quad \text{บาท} \quad (5.9)$$

5.2.4 ค่าเสียโอกาสผลิตพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากหยุดเดินเครื่อง

เมื่อทำการหยุดเครื่องกังหันก๊าซ เพื่อทำความสะอาดคอมเพรสเซอร์แบบออฟไลน์ ทำให้เสียโอกาสในการผลิตพลังงานไฟฟ้าไป หากจำนวนชั่วโมง Peak ในเดือนหนึ่งคือ 480 ชั่วโมง ชั่วโมง Off-peak ในเดือนหนึ่งคือ 240 ชั่วโมง และจำนวนชั่วโมง Peak และ Off-peak ที่หยุดทำความสะอาดในเดือนหนึ่งคือ 32 และ 16 ชั่วโมงตามลำดับ โดยพลังไฟฟ้าในชั่วโมง Peak คือ 105

MW, พลังไฟฟ้าในชั่วโมง Off-peak คือ 65 MW และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1.85 บาท/kWh [15] ดังนั้นค่าเสียโอกาสผลิตพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากหยุดเดินเครื่องมีค่าตามสมการ 5.10

$$C_4 = \left\{ \begin{aligned} &[(105000 \times 480) + (65000 \times 240)] \\ &- [(105000 \times 448) + (65000 \times 224)] \end{aligned} \right\} \times 1.85 = 8,140,000 \text{ บาท} \quad (5.10)$$

จากสมการ 5.5, 5.7, 5.9 และ 5.10 แทนค่าในสมการ 5.1 แล้วค่าใช้จ่ายในการทำ ความสะอาดคอมเพรสเซอร์แบบออฟไลน์ต่อครั้งจะเท่ากับสมการ 5.11

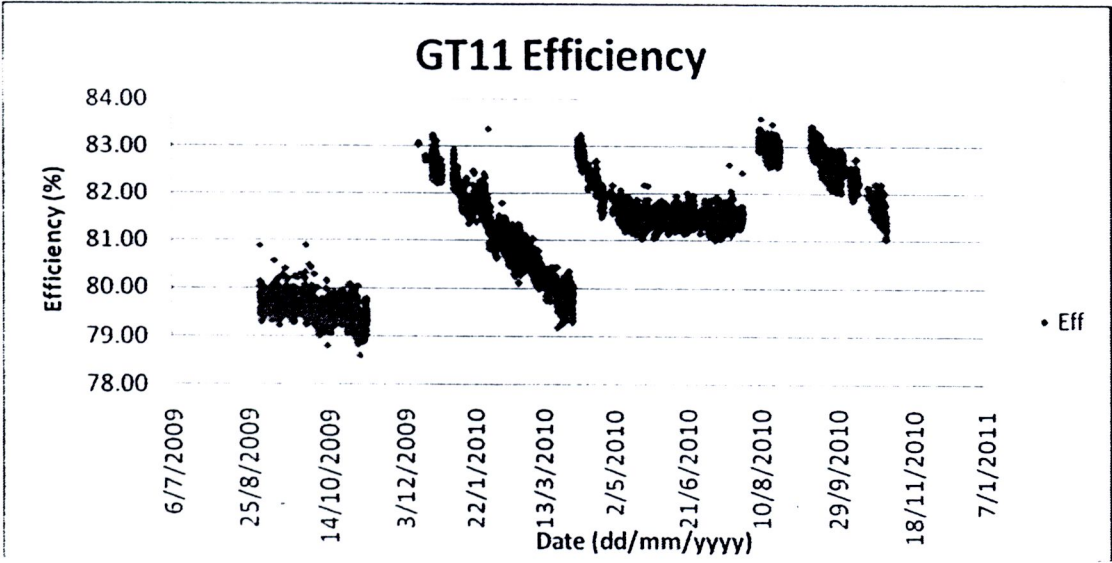
$$C = 39,424.35 + 7,300.75 + 3,528,000.00 + 8,140,000.00 = 11,714,725.10 \text{ บาท} \quad (5.11)$$

5.3 การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพคอมเพรสเซอร์หลังจากการทำความสะอาดแบบ ออฟไลน์

หลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกของคอมเพรสเซอร์ที่ สูญเสียไปเนื่องจากความสกปรกบนใบพัดจะกลับคืนมา ซึ่งแต่ละเครื่องจะแตกต่างกัน ดังนี้

5.3.1 การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพคอมเพรสเซอร์ของเครื่องกังหันก๊าซ GT11

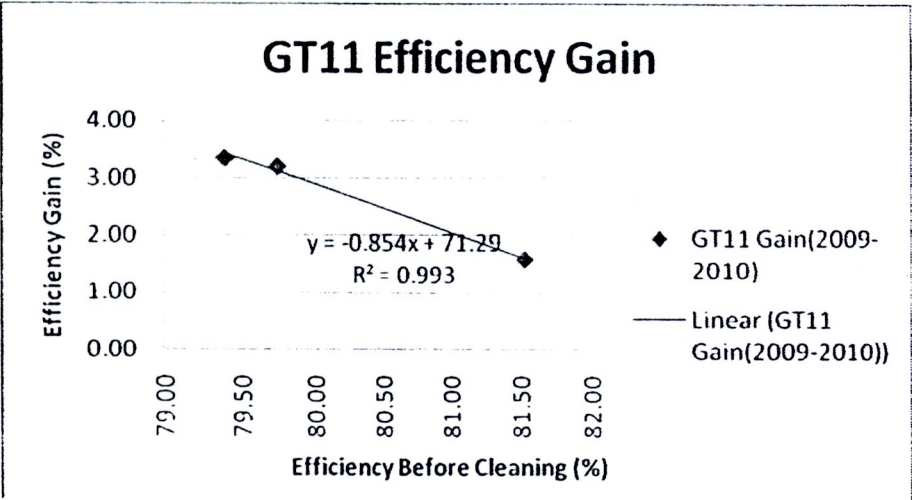
จากข้อมูลจริงของเครื่องกังหันก๊าซโรงไฟฟ้าน้ำพอง ภาพที่ 5.3 แสดงให้เห็นว่าในปี 2552-2553 เครื่องกังหันก๊าซ GT11 มีการทำความสะอาดออฟไลน์ 3 ครั้ง ตารางที่ 5.5 แสดงให้เห็น ว่าก่อนหน้าและหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกของ คอมเพรสเซอร์เพิ่มขึ้นเท่าไร และภาพที่ 5.4 แสดงถึงสมการที่ใช้ในโปรแกรมที่มาจากการเพิ่ม เส้นแนวโน้มของข้อมูลในตารางที่ 5.5



ภาพที่ 5.3 ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกของเครื่องกังหันก๊าซ GT11 ในปี 2552-2553

ตารางที่ 5.5 ประสิทธิภาพที่เพิ่มหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ของเครื่องกังหันก๊าซ GT11

Clean	Before (%)	After (%)	GT11 Efficiency Gain
First	79.40	82.75	3.35
Second	79.75	82.96	3.21
Third	81.54	83.12	1.58
Average			2.71



ภาพที่ 5.4 สมการจากข้อมูลในตารางที่ 5.5 เพื่อนำไปใช้ในโปรแกรม

ดังนั้นสมการการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกภายหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ของเครื่องกังหันก๊าซ GT11 ที่นำไปคำนวณในโปรแกรมเพื่อกำหนดแผนที่เหมาะสมในการทำความสะอาดเพรสเซอร์คือ

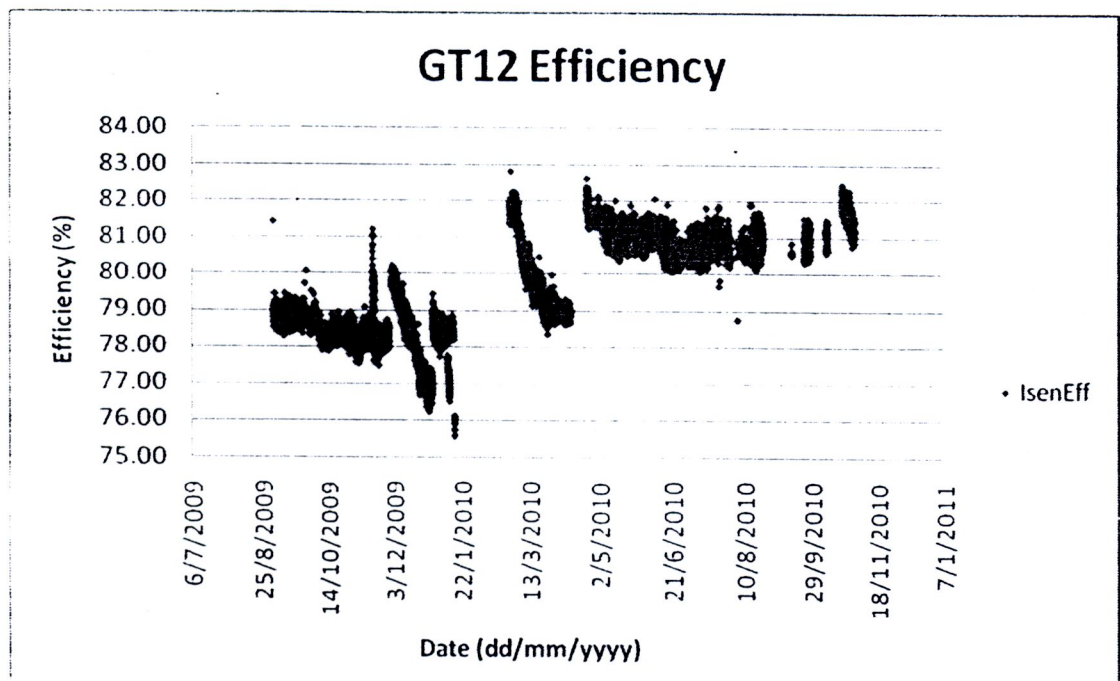
$$\eta_{GT11} = -0.8548\eta + 71.294 \quad (5.12)$$

เมื่อ η_{GT11} คือ ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกที่เพิ่มขึ้นของคอมเพรสเซอร์
เครื่องกังหันก๊าซ GT11 (%)

η คือ ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกก่อนการทำความสะอาด (%)

5.3.2 การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพคอมเพรสเซอร์ของเครื่องกังหันก๊าซ GT12

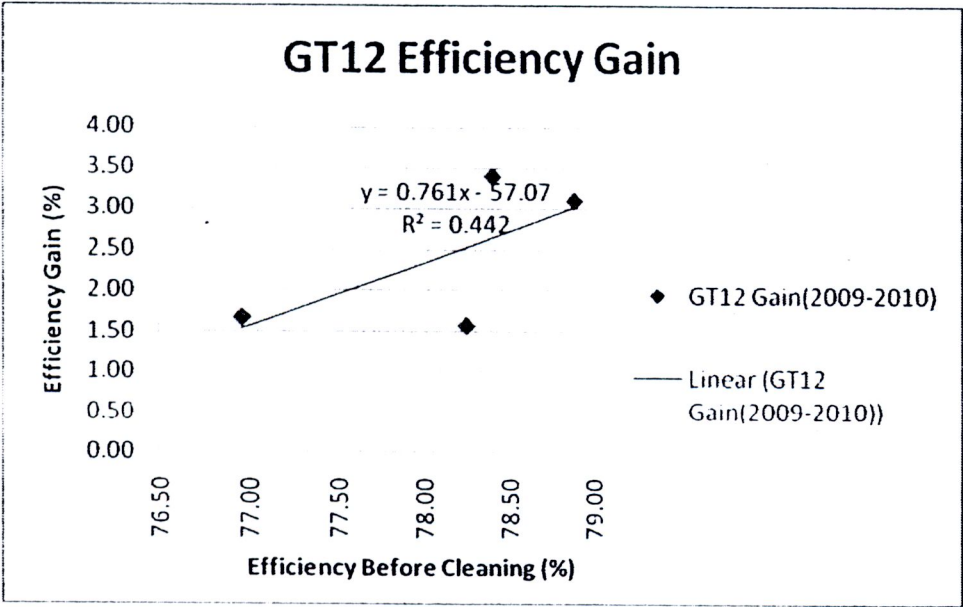
จากข้อมูลจริงของเครื่องกังหันก๊าซโรงไฟฟ้าน้ำพอง ภาพที่ 5.5 แสดงให้เห็นว่าในปี 2552-2553 เครื่องกังหันก๊าซ GT12 มีการทำความสะอาดออฟไลน์ 4 ครั้ง ตารางที่ 5.6 แสดงให้เห็นว่าก่อนหน้าและหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกของคอมเพรสเซอร์เพิ่มขึ้นเท่าไร และภาพที่ 5.6 แสดงถึงสมการที่ใช้ในโปรแกรมที่มาจากการเพิ่มเส้นแนวโน้มของข้อมูลในตารางที่ 5.6



ภาพที่ 5.5 ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกของเครื่องกังหันก๊าซ GT12 ในปี 2552-2553

ตารางที่ 5.6 ประสิทธิภาพที่เพิ่มหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ของเครื่องกังหันก๊าซ GT12

Clean	Before (%)	After (%)	GT12 Efficiency Gain
First	78.24	79.82	1.58
Second	76.96	78.64	1.68
Third	78.40	81.78	3.39
Fourth	78.88	81.97	3.09
Average			2.43



ภาพที่ 5.6 สมการจากข้อมูลในตารางที่ 5.6 เพื่อนำไปใช้ในโปรแกรม

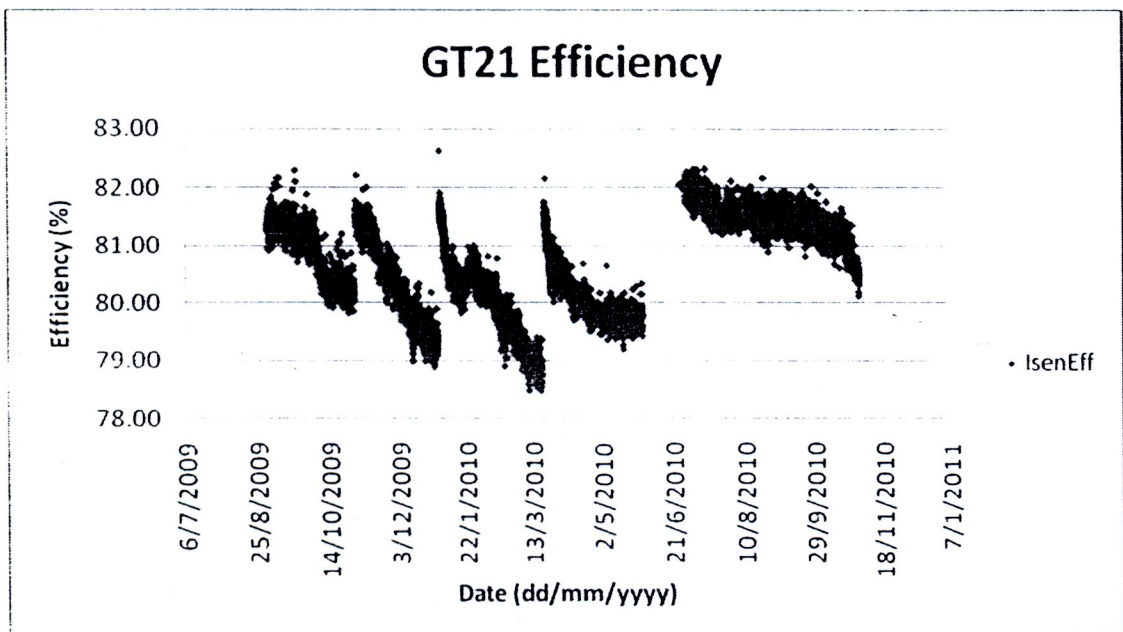
ดังนั้นสมการการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกภายหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ของเครื่องกังหันก๊าซ GT12 ที่นำไปคำนวณในโปรแกรมเพื่อกำหนดแผนที่เหมาะสมในการทำความสะอาดคอมเพรสเซอร์คือ

$$\eta_{GT12} = 0.7618\eta - 57.079 \tag{5.13}$$

- เมื่อ η_{GT12} คือ ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกที่เพิ่มขึ้นของคอมเพรสเซอร์เครื่องกังหันก๊าซ GT12 (%)
- η คือ ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกก่อนการทำความสะอาด (%)

5.3.3 การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพคอมเพรสเซอร์ของเครื่องกังหันก๊าซ GT21

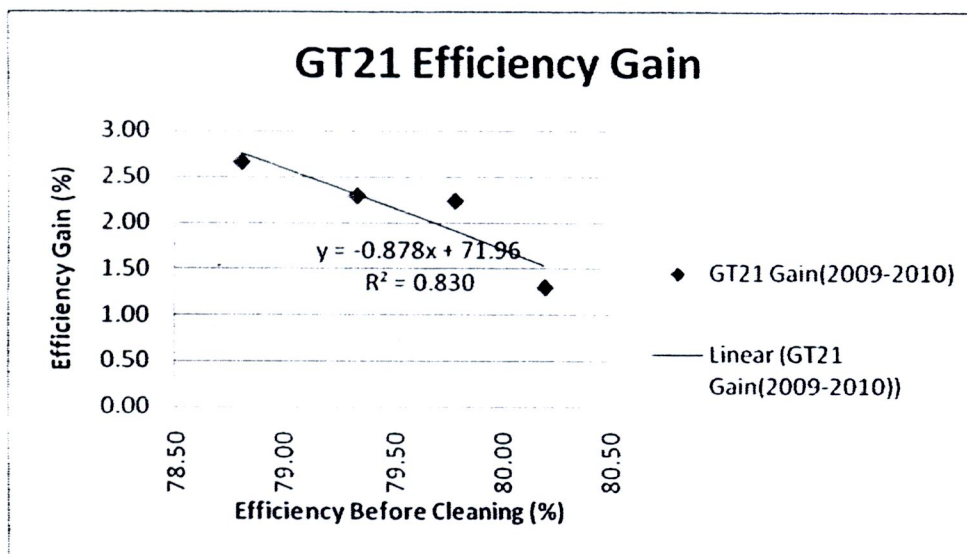
จากข้อมูลจริงของเครื่องกังหันก๊าซโรงไฟฟ้าน้ำพอง ภาพที่ 5.7 แสดงให้เห็นว่าในปี 2552-2553 เครื่องกังหันก๊าซ GT21 มีการทำความสะอาดบอยเลอร์ 4 ครั้ง ตารางที่ 5.7 แสดงให้เห็นว่าก่อนหน้าและหลังการทำความสะอาดบอยเลอร์ ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกของคอมเพรสเซอร์เพิ่มขึ้นเท่าไร และภาพที่ 5.8 แสดงถึงสมการที่ใช้ในโปรแกรมที่มาจากการเพิ่มเส้นแนวโน้มของข้อมูลในตารางที่ 5.7



ภาพที่ 5.7 ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกของเครื่องกังหันก๊าซ GT21 ในปี 2552-2553

ตารางที่ 5.7 ประสิทธิภาพที่เพิ่มหลังการทำความสะอาดบอยเลอร์ของเครื่องกังหันก๊าซ GT21

Clean	Before (%)	After (%)	GT21 Efficiency Gain
First	80.20	81.50	1.30
Second	79.32	81.61	2.29
Third	78.81	81.46	2.66
Fourth	79.77	82.01	2.23
Average			2.12



ภาพที่ 5.8 สมการจากข้อมูลในตารางที่ 5.7 เพื่อนำไปใช้ในโปรแกรม

ดังนั้นสมการการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกภายหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ของเครื่องกังหันก๊าซ GT21 ที่นำไปคำนวณในโปรแกรมเพื่อกำหนดแผนที่เหมาะสมในการทำความสะอาดคอมเพรสเซอร์คือ

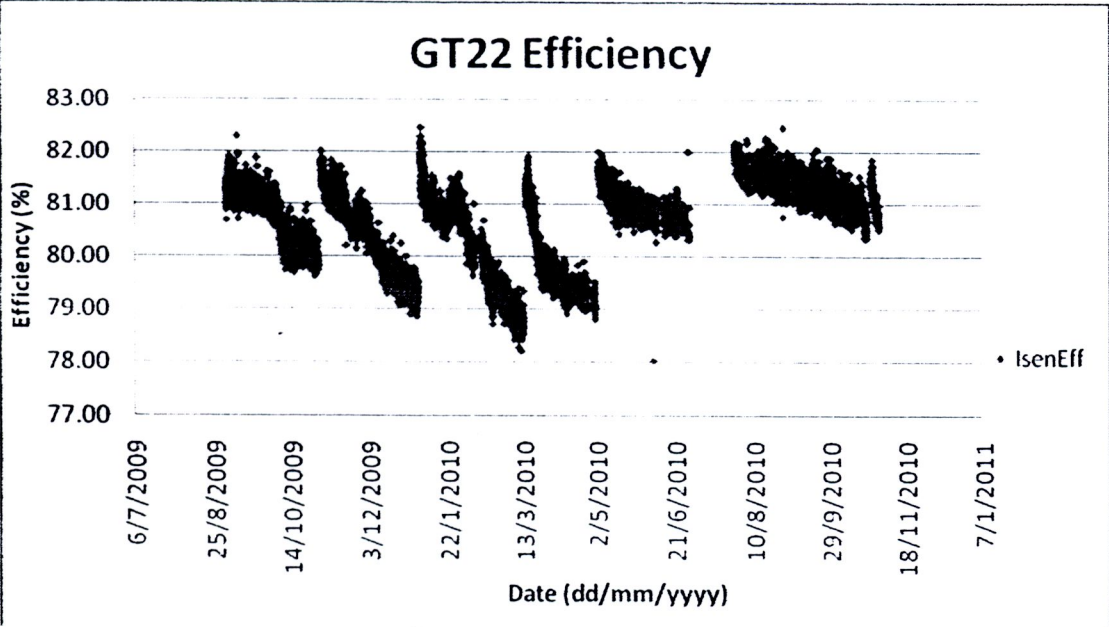
$$\eta_{GT21} = -0.8782\eta + 71.963 \quad (5.14)$$

เมื่อ η_{GT21} คือ ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกที่เพิ่มขึ้นของคอมเพรสเซอร์เครื่องกังหันก๊าซ GT21 (%)

η คือ ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกก่อนการทำความสะอาด (%)

5.3.4 การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพคอมเพรสเซอร์ของเครื่องกังหันก๊าซ GT22

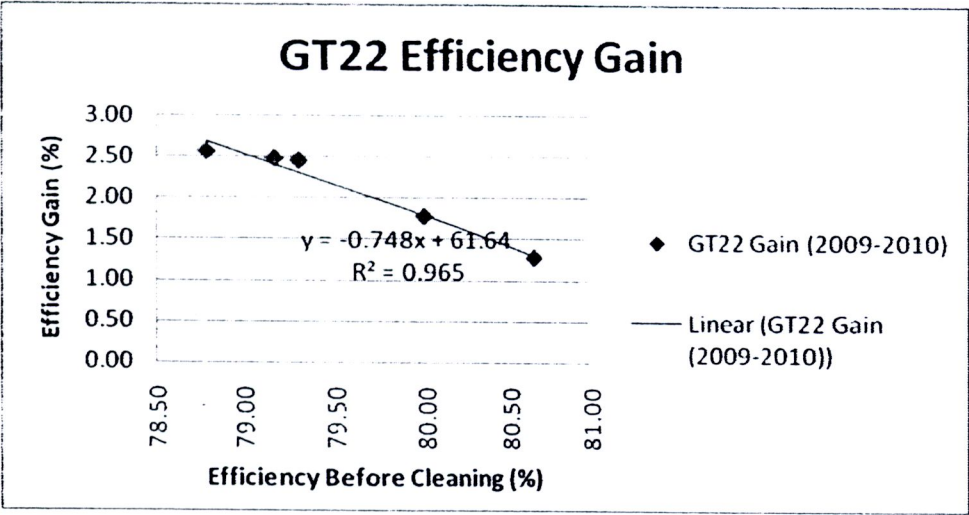
จากข้อมูลจริงของเครื่องกังหันก๊าซโรงไฟฟ้าน้ำพอง ภาพที่ 5.9 แสดงให้เห็นว่าในปี 2552 – 2553 เครื่องกังหันก๊าซ GT21 มีการทำความสะอาดออฟไลน์ 5 ครั้ง ตารางที่ 5.8 แสดงให้เห็นว่าก่อนหน้าและหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกของคอมเพรสเซอร์เพิ่มขึ้นเท่าไร และภาพที่ 5.10 แสดงถึงสมการที่ใช้ในโปรแกรมที่มาจากการเพิ่มเส้นแนวโน้มของข้อมูลในตารางที่ 5.8



ภาพที่ 5.9 ประสิทธิภาพไอเซนโทรปีของเครื่องกังหันก๊าซ GT22 ในปี 2552-2553

ตารางที่ 5.8 ประสิทธิภาพที่เพิ่มหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ของเครื่องกังหันก๊าซ GT22

Clean	Before (%)	After (%)	GT22 Efficiency Gain
First	79.99	81.76	1.77
Second	79.30	81.75	2.45
Third	78.78	81.34	2.56
Fourth	79.16	81.64	2.48
Fifth	80.65	81.92	1.27
Average			2.11



ภาพที่ 5.10 สมการจากข้อมูลในตารางที่ 5.8 เพื่อนำไปใช้ในโปรแกรม

ดังนั้นสมการการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกภายหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ของเครื่องกังหันก๊าซ GT22 ที่นำไปคำนวณในโปรแกรมเพื่อกำหนดแผนที่เหมาะสมในการทำความสะอาดคอมเพรสเซอร์คือ

$$\eta_{GT22} = -0.7482\eta + 61.642 \tag{5.15}$$

- เมื่อ η_{GT22} คือ ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกที่เพิ่มขึ้นของคอมเพรสเซอร์เครื่องกังหันก๊าซ GT22 (%)
- η คือ ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกก่อนการทำความสะอาด (%)

5.4 โปรแกรมเพื่อกำหนดแผนที่เหมาะสมในการทำความสะอาดคอมเพรสเซอร์ในเครื่องยนต์กังหันก๊าซแบบออฟไลน์

Visual basic application (VBA) บน Microsoft Excel เป็นโปรแกรมภาษาเบสิก สามารถเขียนโปรแกรมได้หลากหลาย ง่ายต่อการใช้งาน เพราะอยู่บน Microsoft Excel ซึ่งหาได้ง่ายในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไป และ Microsoft Excel เองก็ยังมีข้อดีที่สำคัญคือสามารถจัดรูปแบบบันทึก ย้าย ข้อมูลตัวเลขหรือข้อมูลอื่น ๆ ได้ง่าย และสะดวก รวดเร็ว ทั้งยังแปลงไปเป็นรูปแบบไฟล์ต่าง ๆ ได้ เพื่อนำไปใช้งานในโปรแกรมอื่นๆได้

โปรแกรมเพื่อกำหนดแผนที่เหมาะสมในการทำความสะดวกคอมพิวเตอร์ในเครื่องชนิดกังหันก๊าซแบบออฟไลน์นั้นมีแนวคิดมาจาก ต้องการปรับปรุงวิธีการคำนวณหาผลประหยัของจรัส พิสัยพันธ์[10] ที่ไม่สอดคล้องกับค่ากำลังการผลิตที่เกิดขึ้นจริงจากการใช้สูตรฟูเรียร์ระดับ $n = 4$ และยุ่งยากเนื่องจากต้องอินทิเกรตสมการฟูเรียร์ใหม่ทุกครั้งในการคำนวณ อีกทั้งยังสุ่มช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำความสะดวก ซึ่งทำให้ไม่ได้ผลประหยัสูงสุดที่แท้จริง

โปรแกรมที่ทำการปรับปรุงขึ้นมาในครั้งนี้ได้อาศัยข้อมูลการเดินเครื่องกังหันก๊าซโรงไฟฟ้าน้ำพองที่แบ่งออกเป็น 2 ช่วงใน 1 วัน คือ ช่วง Peak load เริ่มตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 24.00 น. เดินกำลังการผลิตที่ 105 MW และช่วง Off-Peak load เริ่มตั้งแต่เวลา 00.00 น. ถึง 08.00 น. เดินกำลังการผลิตที่ 65 MW กำลังการผลิตในแต่ละช่วงนี้จะนำไปคำนวณหาค่าต่างๆ ดังนี้

5.4.1 ค่า Heat rate

จากข้อมูลจริงของเครื่องกังหันก๊าซโรงไฟฟ้าน้ำพอง ค่า Heat rate ของเครื่องกังหันก๊าซจะแตกต่างกันไป ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$HR_{RT11} = 34697.24 - 25.8384P - 254.8083\eta \quad (5.16)$$

$$HR_{GT12} = 26676.83 - 46.0732P - 132.3345\eta \quad (5.17)$$

$$HR_{GT21} = 23526.29 - 28.5106P - 110.4053\eta \quad (5.18)$$

$$HR_{GT22} = 29796.04 - 22.5305P - 192.8253\eta \quad (5.19)$$

- เมื่อ HR_{GT} คือ Heat rate ของแต่ละเครื่อง (BTU/kWh)
 P คือ กำลังการผลิต (MW)
 η คือ ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกของเครื่องอัดอากาศ (%)

5.4.2 ค่า Heat input

เมื่อรู้ค่า Heat rate สามารถนำไปคำนวณหาค่า Heat input ได้จากสมการ

$$H_{input} = P \cdot HR \times 10^3 \quad (5.20)$$

- เมื่อ H_{input} คือ Heat input ของแต่ละเครื่อง (BTU/hr)
 P คือ กำลังการผลิต (MW)
 HR คือ Heat rate (BTU/kWh)

5.4.3 ค่า Fuel Cost

เมื่อรู้ค่า Heat input ก็จะสามารถหาค่าเชื้อเพลิง (Fuel cost) ที่ใช้ไปในแต่ละเครื่องกังหันก๊าซได้จากสมการ

$$\text{Fuel cost} = H_{\text{input}} \cdot \text{hr} \left[\frac{F_r}{10^6} \right] \quad (5.21)$$

เมื่อ	H_{input}	คือ	Heat input ของแต่ละเครื่อง (BTU/hr)
	Hr	คือ	ชั่วโมงการทำงาน (ชั่วโมง) ได้แก่ช่วง Off-peak = 8 ชั่วโมง และช่วง Peak = 16 ชั่วโมง
	F_r	คือ	Fuel cost rate อัตราค่าเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติที่โรงไฟฟ้าซื้อขายกับแหล่งก๊าซซึ่งอยู่ที่ 175 บาท/ ล้านBTU

5.4.3 ผลประหยัด

การผลประหยัดที่สุดโดยมีประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกสูงสุดถูกนำมาเป็นข้อกำหนดหลักในการหาแผนที่เหมาะสมในการทำความสะอาดคอมเพรสเซอร์ในเครื่องยนต์กังหันก๊าซแบบออฟไลน์วิธีในการหาผลประหยัดนั้นคือการรวมเอาค่า Fuel cost ในกรณีที่มีการทำความสะอาดตลอดทั้งปีแล้วนำไปหักออกจากค่า Fuel cost กรณีที่ไม่ได้มีการทำความสะอาดเลย จากนั้นลบด้วยค่าใช้จ่ายที่ใช้ในในการทำความสะอาด ก็จะได้ผลประหยัดรวมสูงสุด หรือแสดงดังสมการ

$$S_{\text{total}} = [F_1 - F_2] - C \quad (5.22)$$

เมื่อ	S_{total}	คือ	ผลประหยัดรวมของแต่ละเครื่อง (บาท)
	F_1	คือ	Fuel cost กรณีที่ไม่ได้มีการทำความสะอาดเลย (บาท)
	F_2	คือ	Fuel cost กรณีที่มีการทำความสะอาด (บาท)
	C	คือ	ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดทั้งหมด (บาท)

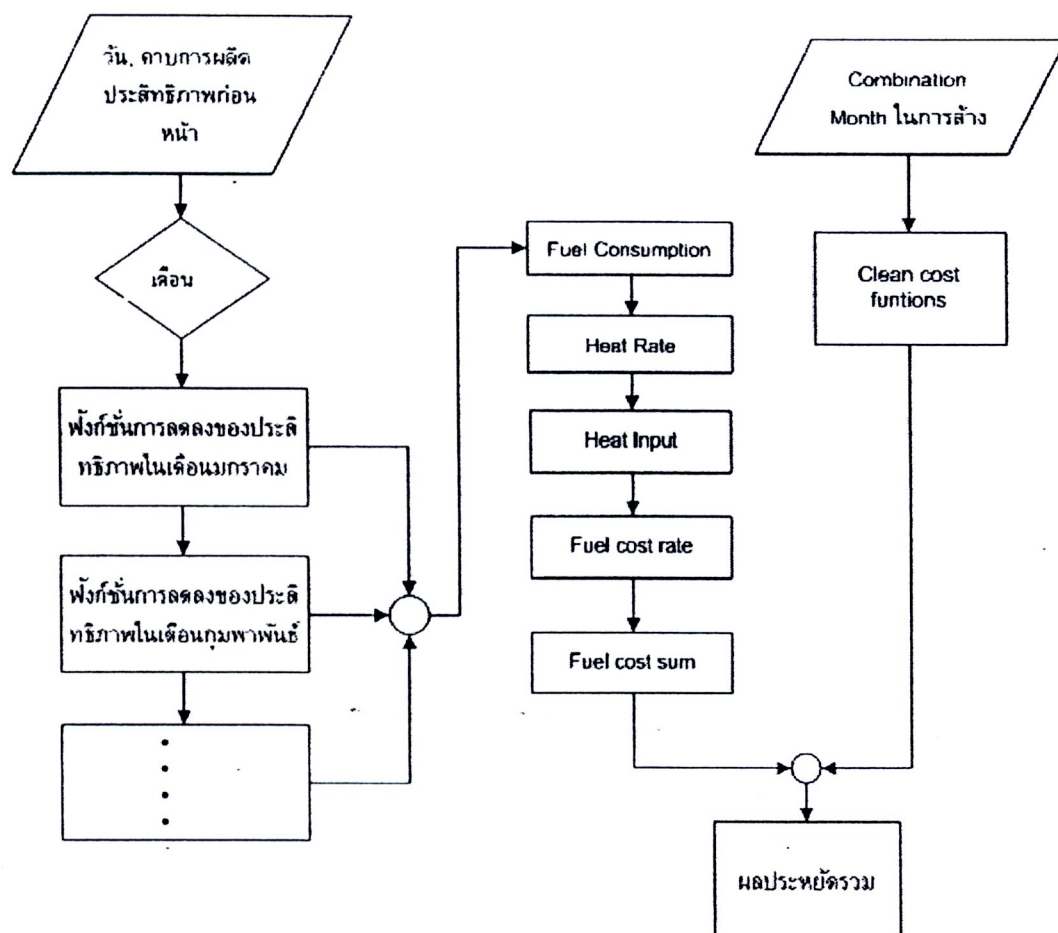
ทั้งหมดที่กล่าวมาจะถูกนำมาเขียนโปรแกรมโดยใช้ VBA บน MS Excel โดยให้ค่าของข้อมูลต่างๆ ถูกจัดอยู่บนตารางคำนวณ และคำนวณในโปรแกรมที่เขียนไว้ใน Module ซึ่งถูกซ่อนอยู่ และแสดงค่าที่คำนวณได้กลับขึ้นมาบนตารางอีกครั้ง เป็นวันต่อวันไปตลอดทั้งปี ทั้งนี้ใน

สัปดาห์ที่มีการล้างนั้นจะถูกกำหนดโดยวิธีการจัดหมู่ (Combination) โดยจะล้างในสัปดาห์สุดท้ายของเดือนเป็นรูปแบบ (Case) การทำความสะอาดที่แตกต่างกันที่จะนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาผลประหยัดที่สุด เริ่มตั้งแต่ล้างเพียงครั้งเดียวเลยไปถึงล้างทุกเดือน (1-12 ครั้ง/ปี) ดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 จำนวนรูปแบบ (Case) การทำความสะอาดที่จะนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาผลประหยัดที่สุด ที่การล้าง ครั้ง/ปี

Clean(Time/Year)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Case	12	66	220	495	792	924	792	495	220	66	12	1

โปรแกรมสามารถเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ได้ง่าย เพราะอยู่บนตารางคำนวณ และเป็นระบบคำนวณอัตโนมัติ โดยผู้ใช้งานเพียงแค่คีย์ปุ่มเพียงปุ่มเดียวก็สามารถใช้งานได้ ซึ่งแตกต่างจากวิธีการคำนวณหาผลประหยัดของจรัส พิสัยพันธ์ที่ใช้อนุกรมฟูเรียร์ในการหาค่ากำลังการผลิตและหาผลประหยัดจากการสู่มช่วงเวลาโดยทำการสร้างสมการเป็นครั้ง ๆ ไป ซึ่งจะยุ่งยากกว่าเพราะต้องสร้างและอินทิเกรตสมการใหม่ทุกครั้ง ทั้งนี้โปรแกรมเพื่อกำหนดแผนที่เหมาะสมในการทำความสะอาดคอมเพรสเซอร์ในเครื่องชนิดกังหันก๊าซแบบออฟไลน์ทั้งหมดเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้



ภาพที่ 5.11 แผนภาพของโปรแกรมเพื่อกำหนดพื้นที่เหมาะสมในการทำความสะดวก
คอมเพรสเซอร์ในเครื่องบดกังหันก๊าซแบบออฟไลน์