

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการรวบรวมข้อมูลการชำรุดของระบบการกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ 1 ถึง 4 ระหว่างปี พ.ศ. 2543 ถึง 2551 เพื่อนำไปคำนวณหาค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (β) และพารามิเตอร์แสดงขนาด (η) ด้วยโปรแกรม Weibull++ คำนวณหาค่าโอกาสที่จะเกิดการชำรุด (Probability of Failure) , ค่าความเชื่อถือได้ (Reliability) , ระยะเวลาเฉลี่ยการชำรุด (Mean Time to Failure) และอัตราการชำรุด (Failure Rate) จากนั้นจึงกำหนดแผนและหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการบำรุงรักษา

4.1 การรวบรวมข้อมูล

การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง และพารามิเตอร์แสดงขนาดต้องใช้ข้อมูล 2 ส่วนคือ

4.1.1 ข้อมูลการชำรุด (Failure Mode) รวบรวมจากข้อมูลการชำรุดของระบบการกระตุ้นสนามแม่เหล็ก ตามหลักการ PMO (Preventive Maintenance Optimization) โดยแบ่งตามอุปกรณ์ที่ทำให้ระบบชำรุด ส่งผลกระทบกับการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลการชำรุดของระบบการกระตุ้นสนามแม่เหล็กที่รวบรวมได้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการชำรุดของระบบการกระตุ้นสนามแม่เหล็ก

ข้อมูลการชำรุด	สาเหตุการชำรุด	งานบำรุงรักษา	จำนวนครั้ง
รีเลย์ หรือ อุปกรณ์	เซนเซอร์รีเลย์ชำรุด	Static test	4
ควบคุมทำงานผิดพลาด	เพาเวอร์ซัพพลายชำรุด	Static test	4
	เอซี เซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่ทำงาน	Electrical and Mechanism Test	4
	Auto and Manual Setter ชำรุด	Adjust setting value	13

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่า การชำรุดของระบบการกระตุ้นสนามแม่เหล็กเกิดจาก อุปกรณ์ คือ เซนเซอร์รีเลย์ เพาเวอร์ซัพพลาย เอซี เซอร์กิตเบรกเกอร์ และ Auto & Manual Setter และการรวบรวมงานบำรุงรักษาเดิมที่ทำกับอุปกรณ์ ซึ่งเป็นส่วนที่จะต้องทำการปรับปรุงเพื่อให้ การชำรุดหมดไป รวมถึงจำนวนครั้งของการเกิดการชำรุด

4.1.2 ระยะเวลาการชำรุด (Time to Failure) คืออายุการใช้งานนับตั้งแต่อุปกรณ์เริ่มใช้งานจนเกิดการชำรุด หาได้โดยการรวบรวมชั่วโมงการเดินเครื่องจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Service Hour) ในแต่ละวัน

4.1.2.1 เซนเซอร์รีเลย์ชำรุด จำนวนการเกิดทั้งหมด 4 ครั้งแสดงค่าตามตารางที่

4.2

ตารางที่ 4.2 ระยะเวลาการชำรุดของเซนเซอร์รีเลย์จำนวน 4 ครั้ง

Unit	Time to Failure (hours)
1	2364
2	6134
3	6583
4	18927

4.1.2.2 เพาเวอร์ซัพพลายชำรุด จำนวนการเกิดทั้งหมด 4 ครั้งแสดงค่าตาม

ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ระยะเวลาการชำรุดของเพาเวอร์ซัพพลายจำนวน 4 ครั้ง

Unit	Time to Failure (hours)
1	2646
2	3511
3	6128
4	11877

4.1.2.3 เอซี เซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่ทำงาน จำนวนการเกิดทั้งหมด 4 ครั้งแสดงค่า

ตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ระยะเวลาการชำรุดของเอซี เซอร์กิตเบรกเกอร์จำนวน 4 ครั้ง

Unit	Time to Failure (hours)
1	3068
1	3074
1	3079
4	8668

4.1.2.4 Auto & Manual Setter ชำรุด จำนวนการเกิดทั้งหมด 13 ครั้ง
แสดงค่าตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ระยะเวลาการชำรุดของ Auto & Manual Setter จำนวน 13 ครั้ง

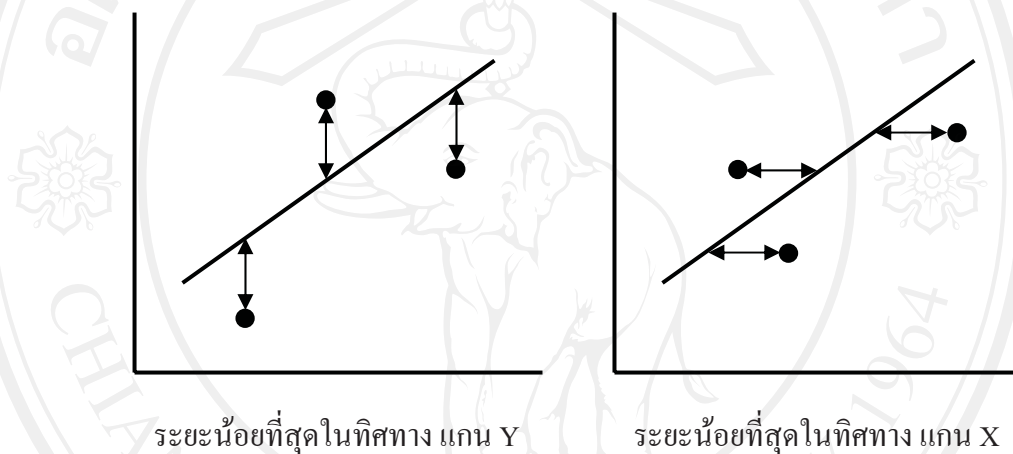
Unit	Time to Failure (hours)
1	856
1	5804
1	3470
1	5652
2	5906
2	2429
2	2442
3	7729
3	7732
3	7740
4	7817
4	7825
4	7834

4.2 การคำนวณค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (β) และพารามิเตอร์แสดงขนาด (η)

การคำนวณสามารถหาได้โดยใช้หลักการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) คือการลากเส้นตรงผ่านจุดหลายๆจุด และทุกจุดมีค่าน้อยที่สุด มีอยู่ด้วยกัน 2 วิธีคือ

4.2.1 X Regression คือการพยายามให้ระยะระหว่างจุด และเส้นตรงตามแนวแกน X มีค่าน้อยที่สุด

4.2.2 Y Regression คือการพยายามให้ระยะระหว่างจุด และเส้นตรงตามแนวแกน Y มีค่าน้อยที่สุด



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงระยะที่น้อยที่สุดของวิธี Y และ X Regression

จากสมการเส้นตรง $y = ax + b$ (4.1)

เมื่อใช้หลายๆจุดจะได้ว่า $\sum y_i = a \sum x_i + bN$ (4.2)

$$b = \frac{\sum y_i - a \sum x_i}{N} \quad (4.3)$$

ในกรณีที่เป็น Y Regression

$$yx = ax^2 + bx \quad (4.4)$$

$$\sum yx_i = a \sum x_i^2 + b \sum x_i \quad (4.5)$$

นำสมการที่ (4.2) แทนใน (4.5) จะได้

$$\frac{\sum yx_i - a \sum x_i^2}{\sum x_i} = \frac{\sum y_i - a \sum x_i}{N} \quad (4.6)$$

$$\beta = a = \frac{\sum y_i \sum x_i - N \sum yx_i}{(\sum x_i)^2 - N \sum x_i^2} \quad (4.7)$$

$$\eta = e^{-\left(\frac{b}{a}\right)} = e^{-\left(\frac{\sum y_i - a \sum x_i}{N \cdot a}\right)} \quad (4.8)$$

ในกรณีที่เป็น X Regression

$$y^2 = ayx + by \quad (4.9)$$

$$\sum y_i^2 = a \sum yx_i + b \sum y_i \quad (4.10)$$

นำสมการที่ (4.3) แทนใน (4.10) จะได้

$$\frac{\sum y_i - a \sum x_i}{N} = \frac{\sum y_i^2 - a \sum yx_i}{\sum y_i} \quad (4.11)$$

$$\beta = a = \frac{(\sum y_i)^2 - N \sum y_i^2}{\sum x_i \sum y_i - N \sum yx_i} \quad (4.12)$$

กำหนดให้

A = ข้อมูลการชำรุดของเซนเซอร์รีเลย์

B = ข้อมูลการชำรุดของเพาเวอร์สวิตช์

C = ข้อมูลการชำรุดของเอซีเซอร์กิตเบรกเกอร์

D = ข้อมูลการชำรุดของ Auto & Manual Setter

จากการข้อมูลระยะเวลาการชำรุดที่ได้ นำมาคำนวณด้วยโปรแกรม Weibull++ ได้

ค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่างและขนาดดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (β) และขนาด (η) ที่คำนวณด้วยวิธี X และ Y Regression

Failure Mode	X Regression		Y Regression	
	β	η	β	η
A	1.137	9125.6	1.053	9433.53
B	1.6527	5679.95	1.57	5828.83
C	2.6988	4754.65	1.4	5601.73
D	1.8023	6479	1.579	6755.29

จากการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (β) และขนาด (η) ทั้งวิธีการ X Regression และ Y Regression จะเห็นว่าได้ว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกัน โดยในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง ที่ต่ำกว่า คือค่าที่ได้จากวิธีการ Y Regression เนื่องจากการนำไปคำนวณระยะเวลาเฉลี่ยของการชำรุดจะได้ค่าที่มากกว่าซึ่งจะเหมาะสมในการเริ่มต้นกำหนดแผนงานบำรุงรักษา ดังนั้นจากข้อมูลในตารางที่ 4.6 สามารถอธิบายรูปแบบการชำรุด และลักษณะงานบำรุงรักษาที่เหมาะสมดังนี้

รูปแบบการชำรุด A มีค่า β เท่ากับ 1 แสดงว่ามีรูปแบบการชำรุดแบบสุ่ม (Random Failure) ไม่สามารถปรับปรุงงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อเพิ่มค่าความเชื่อถือได้ให้กับระบบได้ ในการปรับปรุงงานบำรุงรักษาจะต้องเลือกใช้การออกแบบใหม่จึงจะสามารถปรับปรุงค่าความเชื่อถือได้ของระบบให้เพิ่มสูงขึ้นได้

รูปแบบการชำรุด B , C และ D มีค่า β มากกว่า 1 แสดงว่ามีรูปแบบการชำรุดอยู่ในช่วงการเสื่อมสภาพ (Wear Out) รูปแบบการชำรุดนี้สามารถป้องกันได้ด้วยงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเนื่องจากอัตราการชำรุดที่จะเกิดขึ้นแปรผันตามอายุการใช้งานของอุปกรณ์ ดังนั้นการกำหนดระยะเวลาและความถี่ของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสมจะทำให้โอกาสที่อุปกรณ์จะชำรุดลดลง

4.3 การคำนวณหาค่าความเชื่อถือได้, อัตราการชำรุด และค่าระยะเวลาเฉลี่ยของการชำรุด

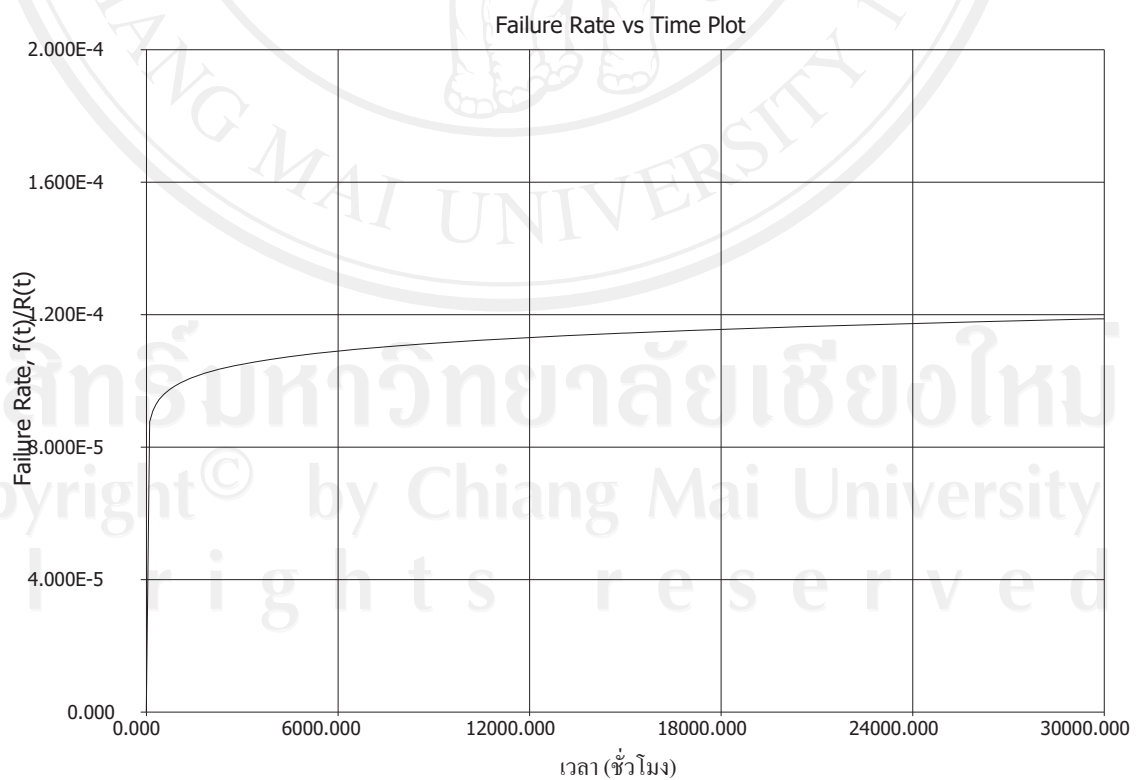
ในการคำนวณค่าความเชื่อถือได้ (Reliability) อัตราการชำรุด (Failure Rate) โอกาสการชำรุด (Probability of Failure) และ ระยะเวลาเฉลี่ยการชำรุด (MTTF) นำค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (β) และขนาด (η) ที่ได้จากตารางที่ 4.7 นำไปแทนค่าในสมการที่ (3.3) ถึง (3.6) ในบทที่ 3 ซึ่งค่าที่

ได้จะเป็นตัวแสดงผลที่ได้จากการดำเนินงานของแผนการบำรุงรักษาเดิมของระบบการกระตุ้นสนามแม่เหล็ก จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Weibull++ จะได้ผลตามตารางที่ 4.7

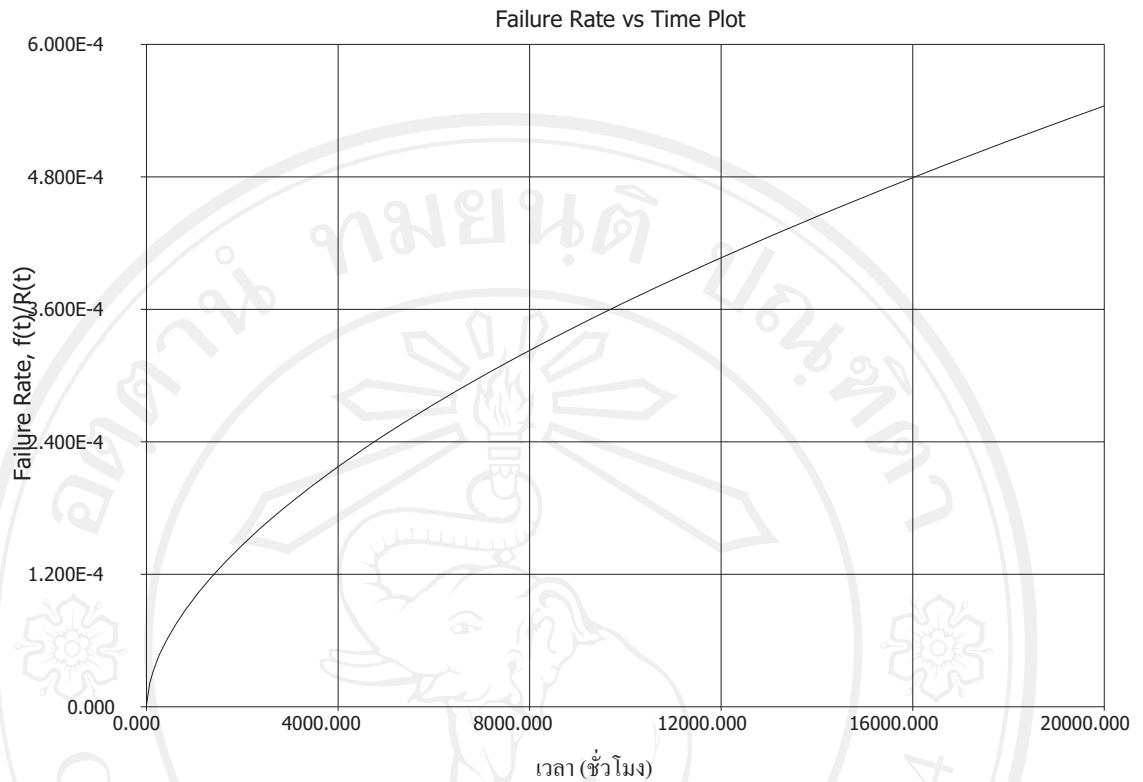
ตารางที่ 4.7 ค่าความเชื่อถือได้ อัตราการชำรุดโอกาสเกิดการชำรุด และระยะเวลาเฉลี่ยการชำรุด (MTTF)

รูปแบบการชำรุด	อัตราการชำรุด	MTTF (ชั่วโมง)	ความเชื่อถือได้	โอกาสเกิดการชำรุด
A	0.0001	9241.73	0.3758	0.6242
B	0.0003	5235.367	0.4296	0.57
C	0.0002	5104.82	0.4156	0.5844
D	0.0002	6064	0.4303	0.5697

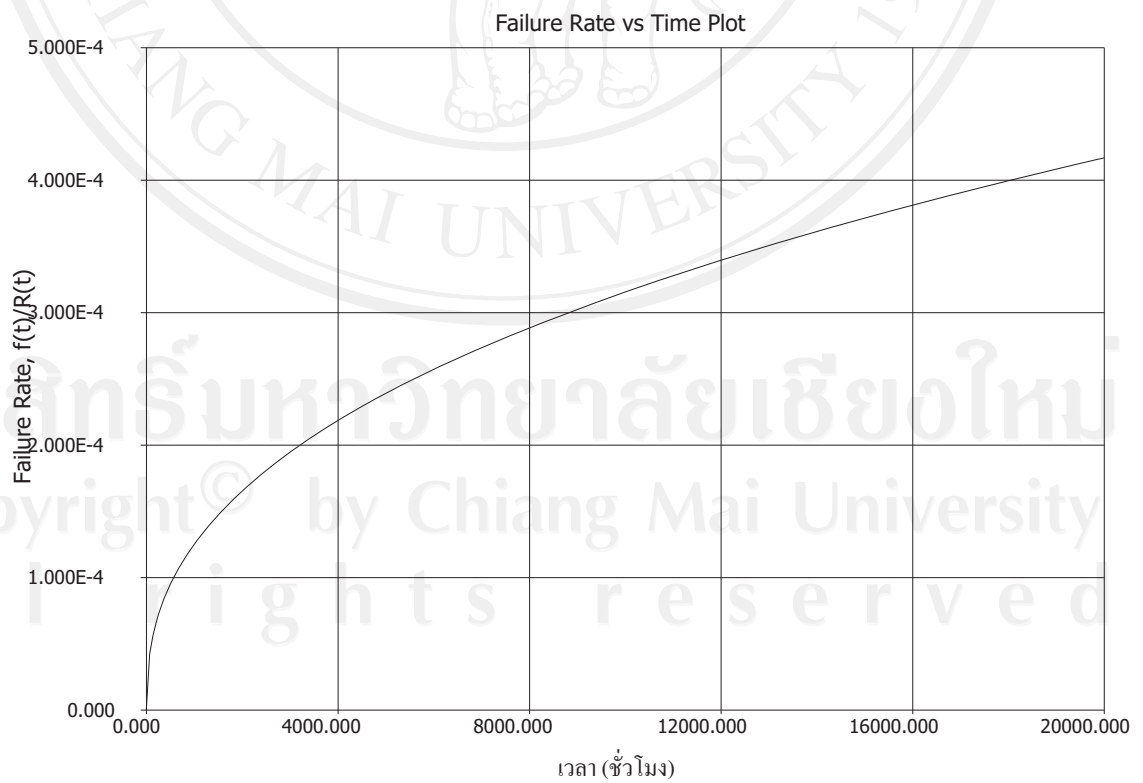
ทำการวาดกราฟด้วยโปรแกรม Weibull++ เพื่อใช้กราฟในการแสดงลักษณะอัตราการชำรุดของแต่ละรูปแบบการชำรุดแสดงดังรูปที่ 4.2 ถึง 4.5



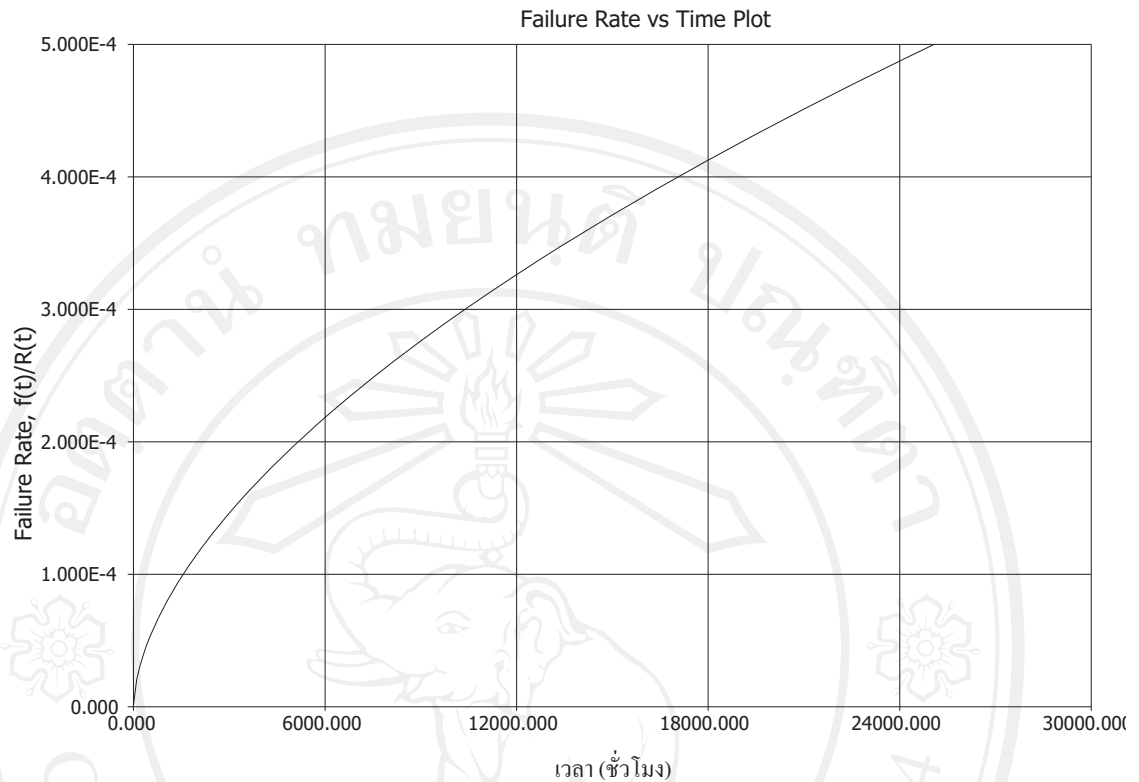
รูปที่ 4.2 กราฟอัตราการชำรุดของรูปแบบการชำรุด A



รูปที่ 4.3 กราฟอัตราการชำรุดของรูปแบบการชำรุด B

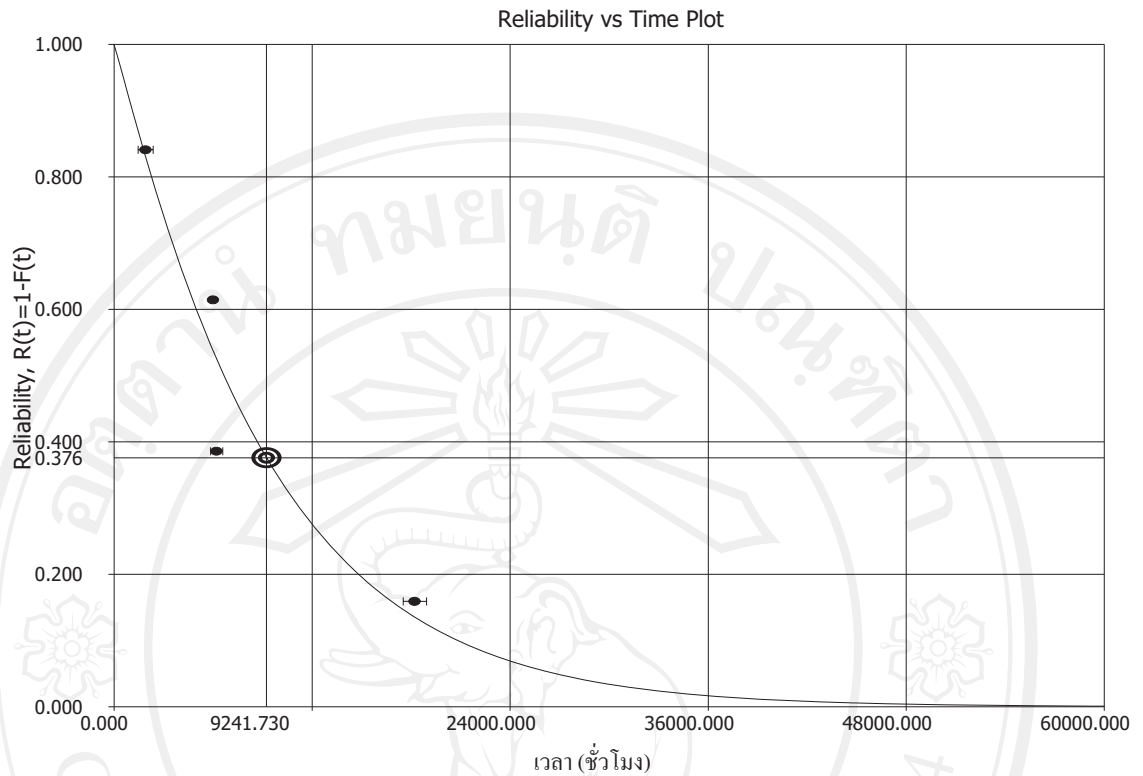


รูปที่ 4.4 กราฟอัตราการชำรุดของรูปแบบการชำรุด C

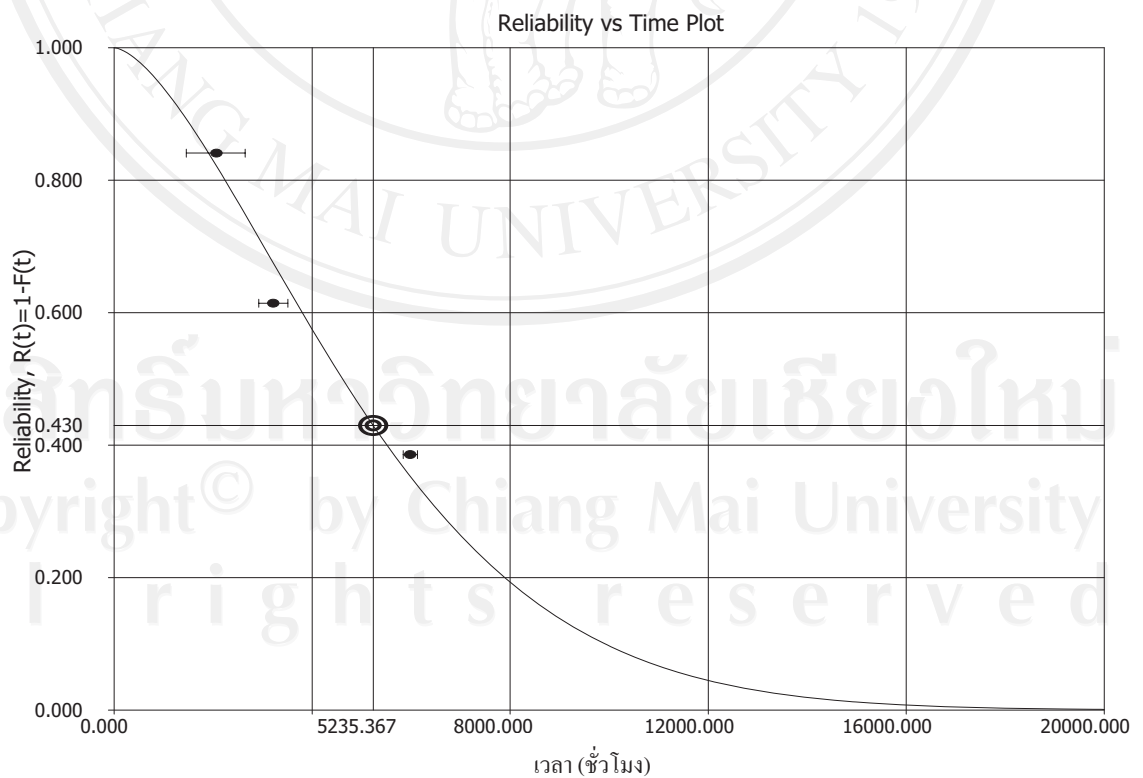


รูปที่ 4.5 กราฟอัตราการชำรุดของรูปแบบการชำรุด D

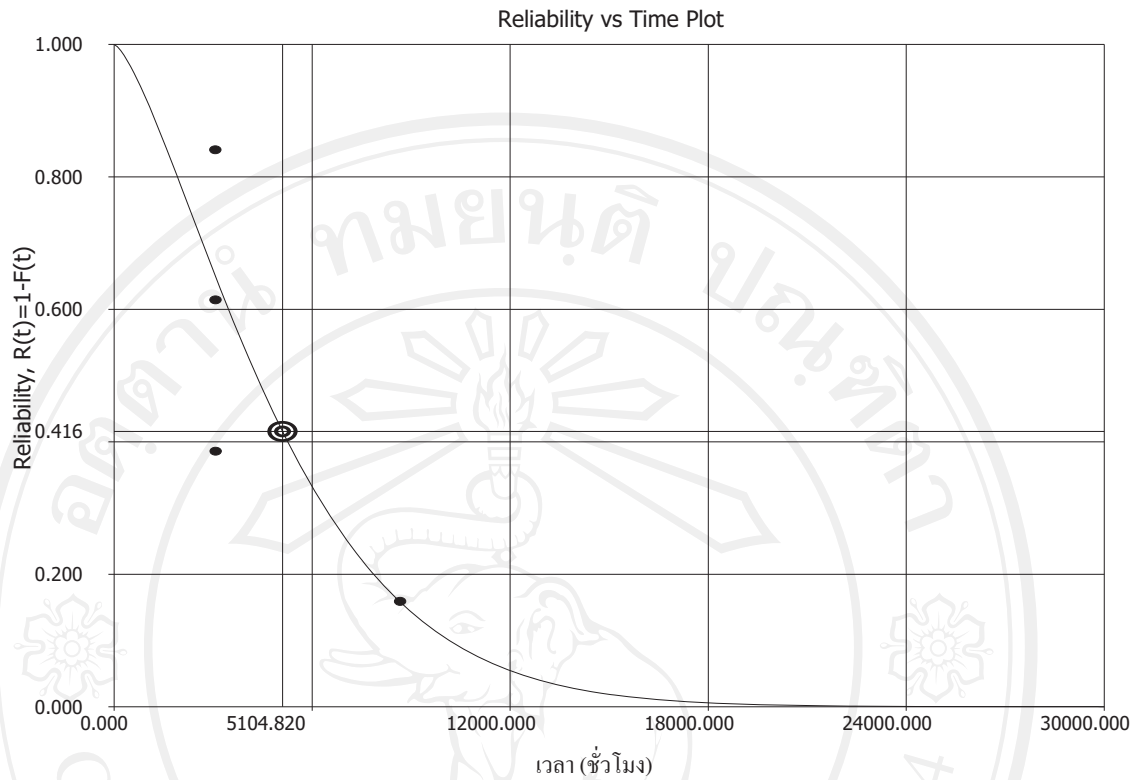
จากกราฟแสดงอัตราการชำรุดที่ได้จะเห็นว่ารูปแบบการชำรุด A ที่มีค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (β) เท่ากับ 1.053 ซึ่งหมายถึงลักษณะของรูปแบบการชำรุดแบบสุ่ม คือ มีอัตราการชำรุดที่ค่อนข้างคงที่เมื่อเทียบกับรูปแบบการชำรุดอื่น ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงระยะเวลาในการทำงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ส่วนรูปแบบการชำรุด B , C และ D มีค่า β มากกว่า 1 แสดงว่าอัตราการชำรุดของอุปกรณ์ จะเพิ่มสูงขึ้นตามอายุการใช้งานของอุปกรณ์ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.3 ถึง 4.5



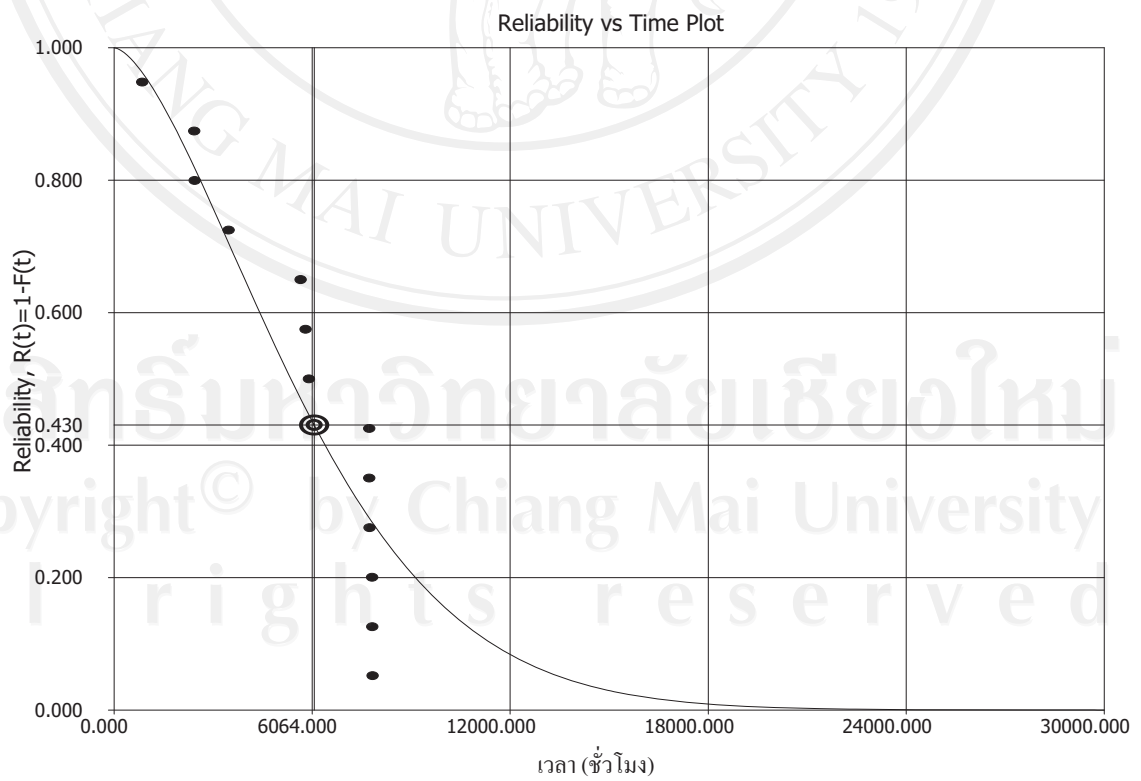
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าความเชื่อถือได้ของรูปแบบการชำรุด A



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าความเชื่อถือได้ของรูปแบบการชำรุด B



รูปที่ 4.8 กราฟค่าความเชื่อถือได้ของรูปแบบการชำรุด C



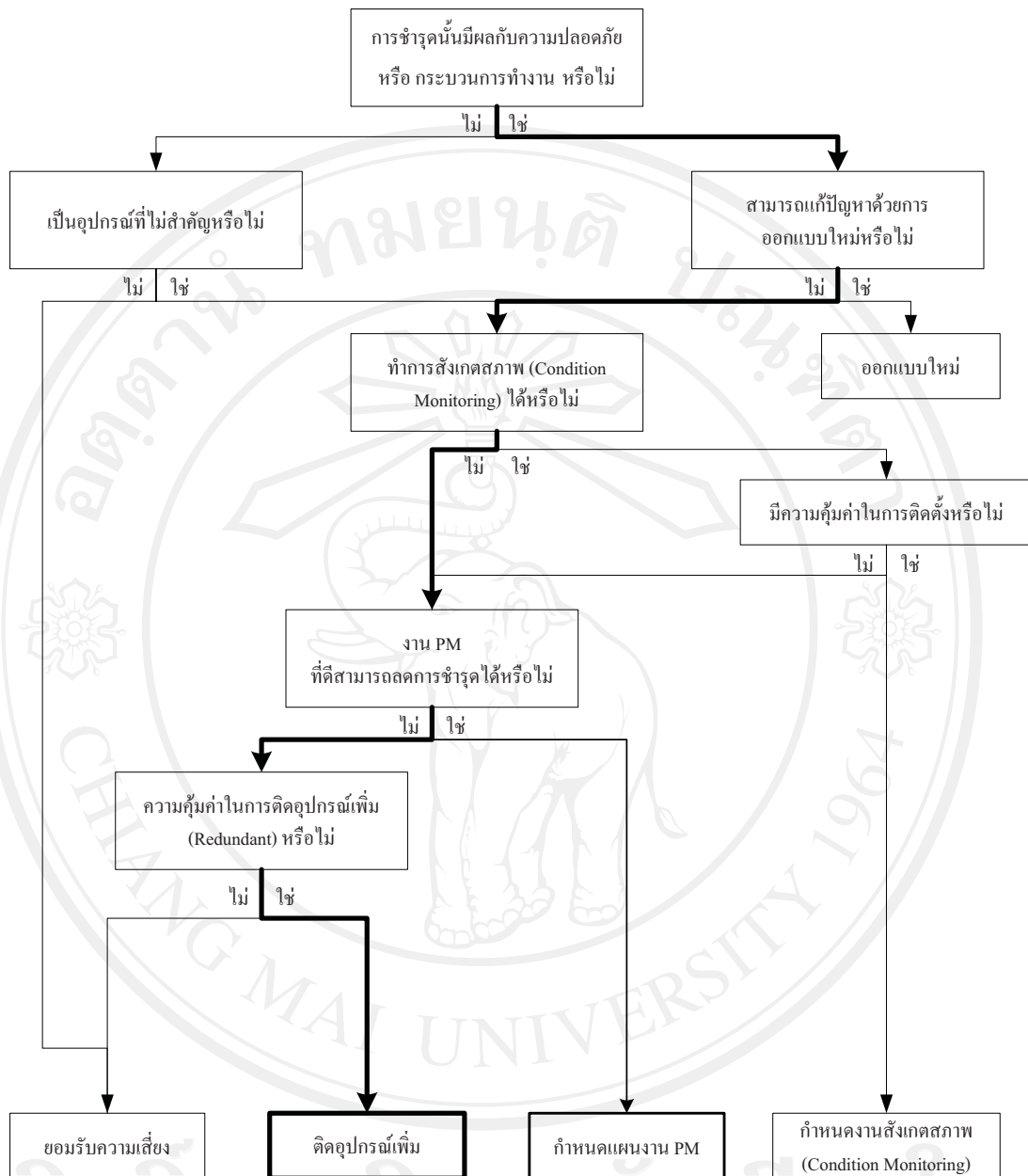
รูปที่ 4.9 กราฟค่าความเชื่อถือได้ของรูปแบบการชำรุด D

กราฟค่าความเชื่อถือได้ที่ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเชื่อถือได้กับอายุของอุปกรณ์ ยกเว้นการรูปแบบการชำรุด A ซึ่งเป็นการชำรุดแบบสุ่ม ที่การเปลี่ยนแปลงระยะเวลาไม่มีผลกับการชำรุดของอุปกรณ์ ส่วนรูปแบบการชำรุด B , C และ D จะเห็นได้ว่าที่ตำแหน่งจุดวงกลมบนเส้นกราฟ คือเวลาเฉลี่ยที่อุปกรณ์เกิดการชำรุดทำให้ได้ค่าความเชื่อถือได้ตามตารางที่ 4.8 ดังนั้นในการกำหนดงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ต้องการเพิ่มค่าความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ให้เพิ่มมากขึ้น ระยะเวลาในการทำงานบำรุงรักษาจะต้องลดลง

4.4 การปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาให้เหมาะสมกับรูปแบบการชำรุด

การคัดเลือกงานบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะพิจารณาจาก 2 ส่วนคือ การกำหนดงานบำรุงรักษาโดยใช้แผนผังการตัดสินใจด้วยวิธี RCM และการพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (β) ที่คำนวณได้จากตารางที่ 4.7

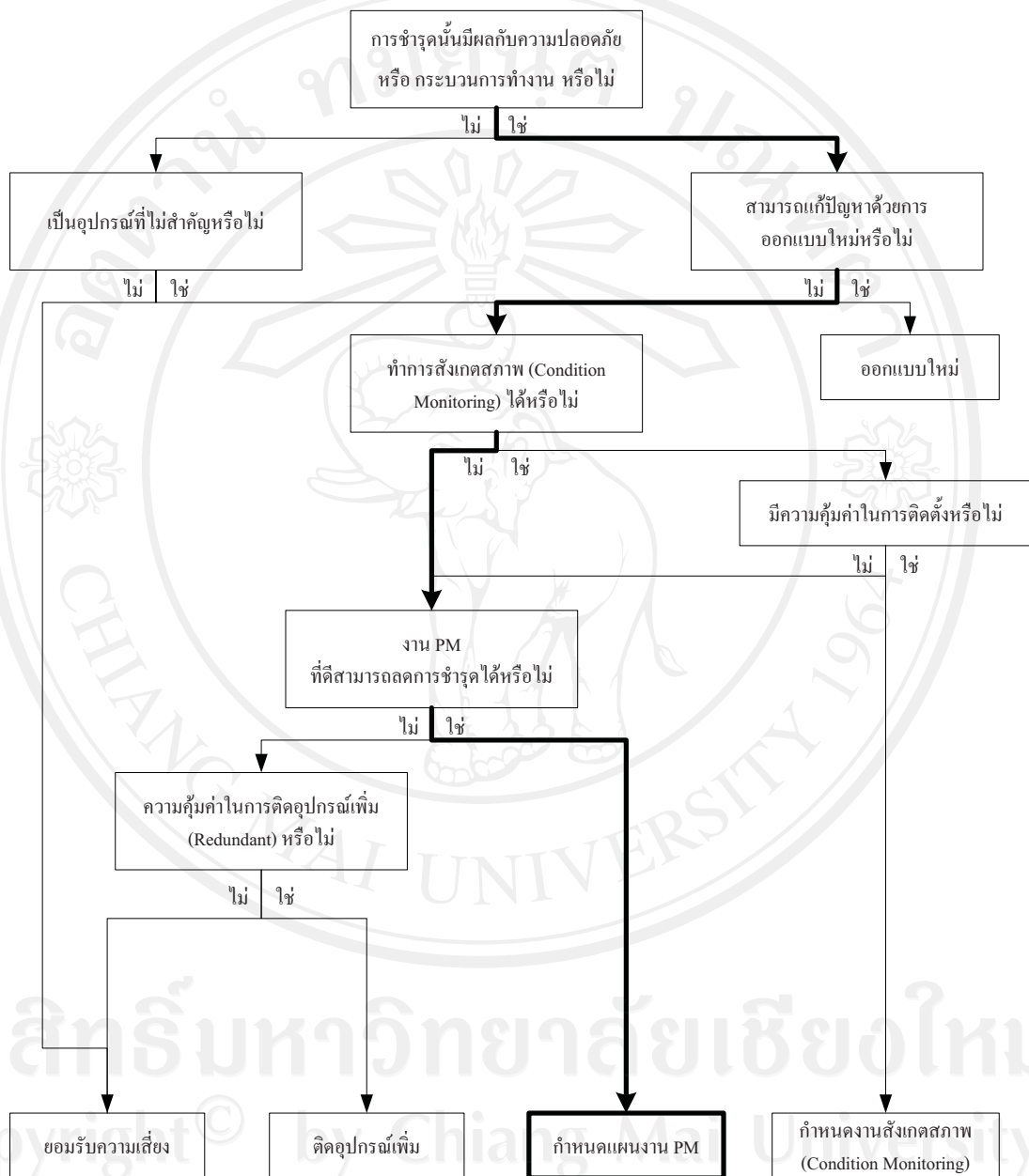
รูปแบบการชำรุด A พิจารณาคัดเลือกงานบำรุงรักษาด้วยแผนผังการตัดสินใจด้วยวิธี RCM ดังรูปที่ 3.3 ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การกำหนดงานบำรุงรักษาของรูปแบบการชำรุด A

จากค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ของรูปแบบการชำรุด A ค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (β) มีค่าเท่ากับ 1.0532 แสดงว่างานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) ไม่สามารถแก้ไขการชำรุดรูปแบบนี้ได้ ดังนั้นเมื่อไม่สามารถทำงาน PM ได้จึงต้องเลือกการปรับปรุงหรือการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่ม (Redundant) โดยที่ค่าพารามิเตอร์แสดงขนาด (η) จะมีค่าเท่ากับ ค่าระยะเวลาเฉลี่ยของการชำรุด

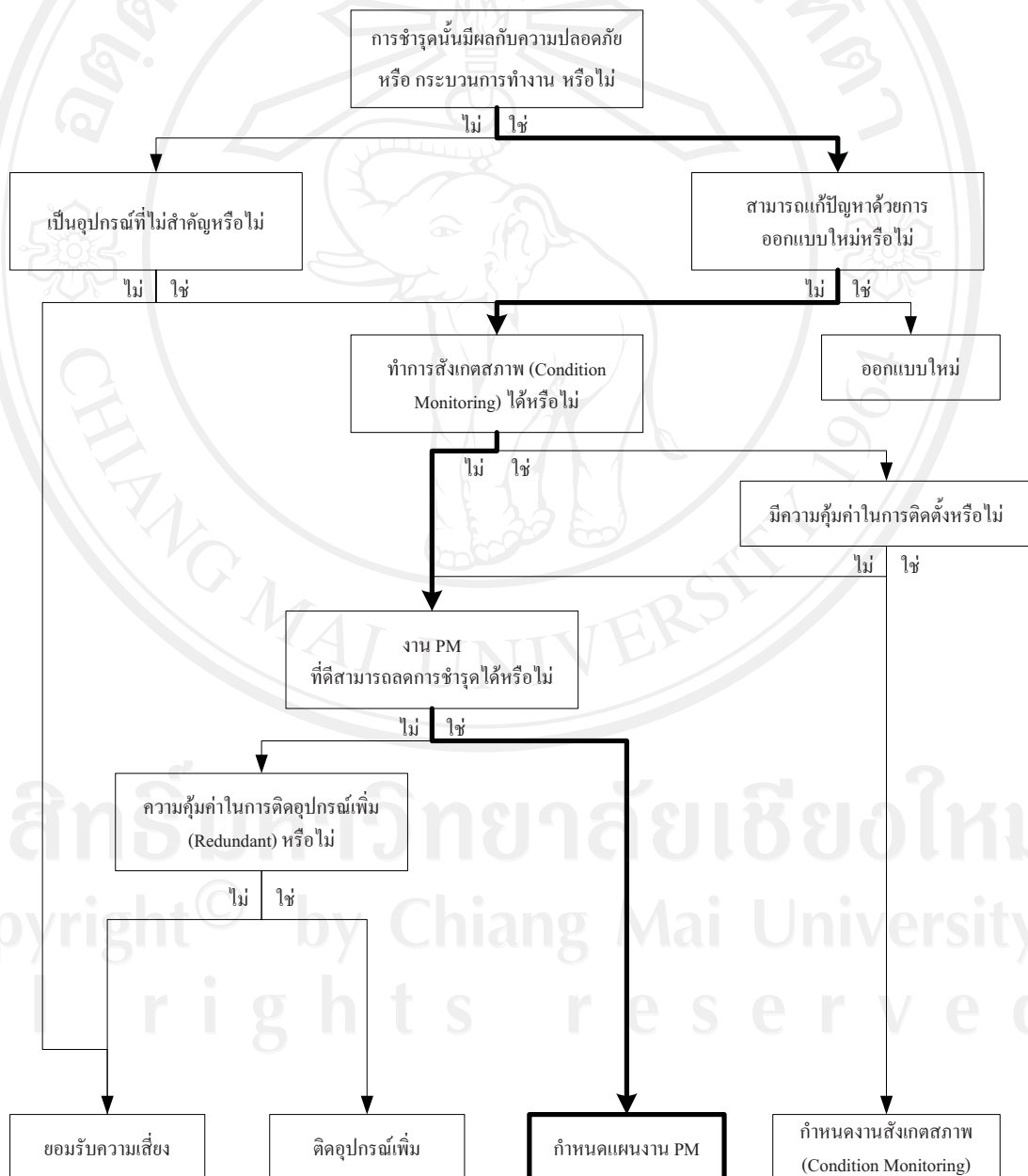
รูปแบบการชำรุด B พิจารณาคัดเลือกงานบำรุงรักษาด้วยแผนผังการตัดสินใจด้วยวิธี RCM ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การกำหนดงานบำรุงรักษาของรูปแบบการชำรุด B

จากค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ของรูปแบบการชำรุด B ค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (β) มีค่าเท่ากับ 1.57 แสดงว่าการกำหนดแผนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) สามารถแก้ไขรูปแบบการชำรุด B ได้ จากนั้นจึงพิจารณาเลือกงานบำรุงรักษา จากเดิมเป็นการทดสอบแบบ Static Test ซึ่งไม่ส่งผลกับรูปแบบการชำรุดที่เกิดขึ้น จึงปรับเปลี่ยนเป็นงานเปลี่ยนชิ้นส่วนตามกำหนดเวลาเพื่อให้อัตราการชำรุดตามรูปที่ 4.3 กลับไปเริ่มที่ค่าศูนย์ ทำให้ระบบมีความเชื่อถือได้เพิ่มขึ้น

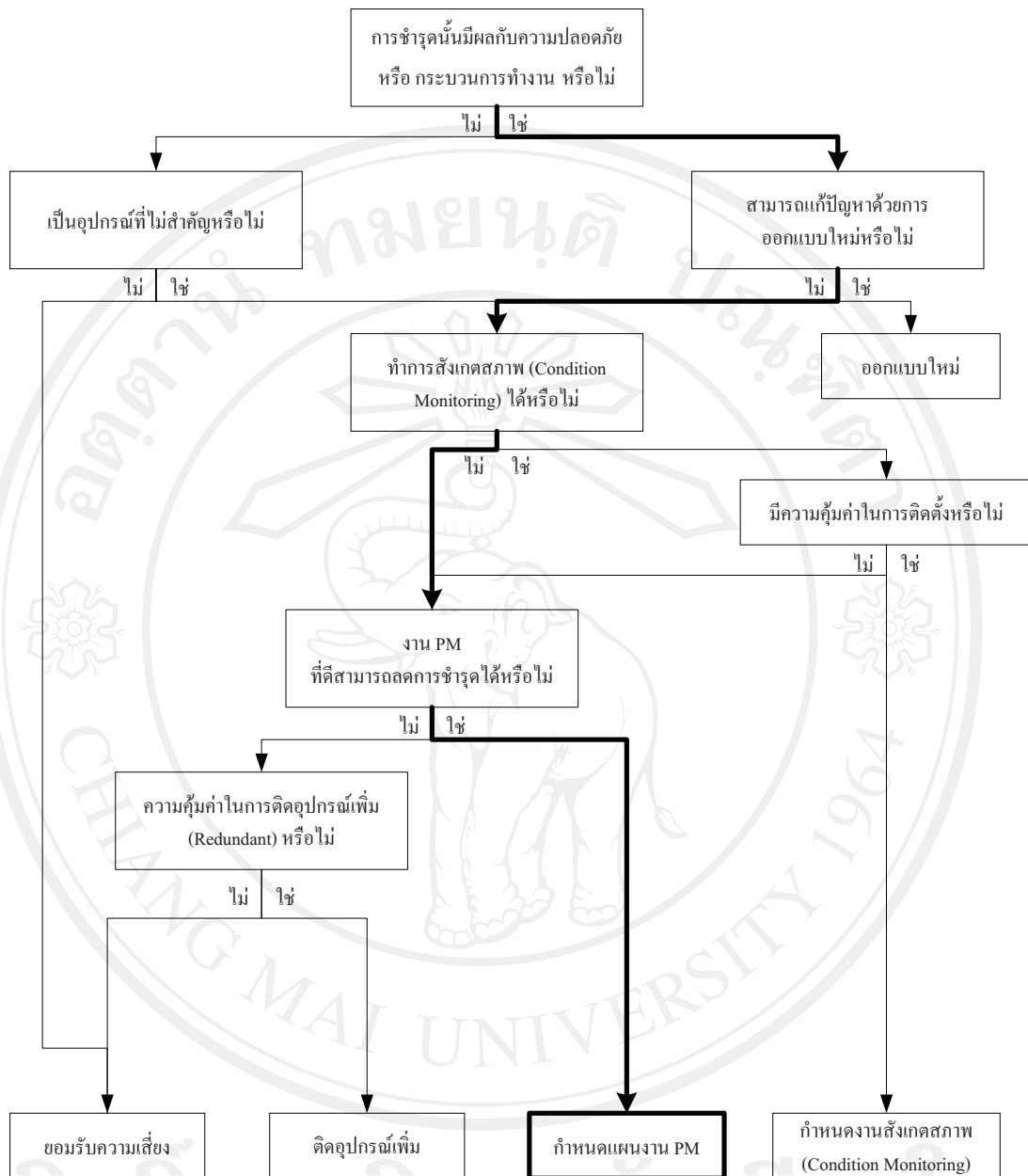
รูปแบบการชำรุด C พิจารณาคัดเลือกงานบำรุงรักษาด้วยแผนผังการตัดสินใจด้วยวิธี RCM ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 การกำหนดงานบำรุงรักษาของรูปแบบการชำรุด C

จากค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ของรูปแบบการชำรุด C ค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (β) มีค่าเท่ากับ 1.4 แสดงว่าการกำหนดแผนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) สามารถแก้ไขรูปแบบการชำรุด C ได้ จากนั้นจึงพิจารณาเลือกงานบำรุงรักษา จากเดิมเป็นการทดสอบแบบค่าทางไฟฟ้า (Electrical Test) ได้แก่ ความค่าเป็นฉนวน (Insulation Resistance Test) และค่าความต้านทานของหน้าสัมผัส (Contact Resistance Test) และ การทดสอบทางกล (Mechanism Test) ปรับค่าเวลาในการเปิดและปิดวงจร (Closing and Opening Time) ซึ่งไม่ส่งผลกับรูปแบบการชำรุดที่เกิดขึ้น จึงปรับเปลี่ยนเป็นงานเปลี่ยนชิ้นส่วนตามกำหนดเวลา เพื่อให้อัตราการชำรุดตามรูปที่ 4.4 กลับไปเริ่มที่ค่าศูนย์ ทำให้ระบบมีความเชื่อถือได้เพิ่มขึ้น

รูปแบบการชำรุด D พิจารณาคัดเลือกงานบำรุงรักษาด้วยแผนผังการตัดสินใจด้วยวิธี RCM ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 การกำหนดงานบำรุงรักษาของรูปแบบการชำรุด D

จากค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ของรูปแบบการชำรุด D ค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (β) มีค่าเท่ากับ 1.5795 แสดงว่าการกำหนดแผนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) สามารถแก้ไขรูปแบบการชำรุด D ได้ จากนั้นจึงพิจารณาเลือกงานบำรุงรักษา จากเดิมเป็นการทดสอบแบบ Static Test ซึ่งไม่ส่งผลกับรูปแบบการชำรุดที่เกิดขึ้น จึงปรับเปลี่ยนเป็นงานเปลี่ยนชิ้นส่วนตามกำหนดเวลา เพื่อให้อัตราการชำรุดตามรูปที่ 4.5 กลับไปเริ่มที่ค่าศูนย์ ทำให้ระบบมีความเชื่อถือได้เพิ่มขึ้น

4.5 การหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเปลี่ยนชิ้นส่วน

ระยะเวลาการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เหมาะสมที่สุดสามารถหาได้จากสมการที่ 3.9 โดยในการคำนวณจะประกอบด้วยค่าใช้จ่ายสองส่วนได้แก่ ค่าใช้จ่ายเมื่ออุปกรณ์เกิดการชำรุด (C_p) ได้แก่ ค่าปรับจากศูนย์ควบคุมการเดินเครื่องในกรณีที่มีการหยุดเครื่องนอกแผนโดยไม่ได้มีการแจ้งล่วงหน้า (Unplanned Outage) มีค่าเท่ากับ 411,000 บาทต่อครั้ง เปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอุปกรณ์ในการทำงานบำรุงรักษา 1 ครั้ง (C_p) ได้แก่ รูปแบบการชำรุด A เท่ากับ 3,000 บาท รูปแบบการชำรุด B เท่ากับ 20,000 บาท รูปแบบการชำรุด C เท่ากับ 150,000 บาท และ รูปแบบการชำรุด D เท่ากับ 20,000 บาท โดยคิดจากค่าระยะเวลาในการบำรุงรักษาด้วยค่าชั่วโมงการเดินเครื่องเฉลี่ยของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 4 เครื่อง ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2551 หาได้จากสมการที่ 4.13

$$SH = \frac{SH_1 + SH_2 + SH_3 + SH_4}{N} \quad (4.13)$$

โดยที่

SH = ชั่วโมงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยรวม

SH_1 = ชั่วโมงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยเครื่องที่ 1

SH_2 = ชั่วโมงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยเครื่องที่ 2

SH_3 = ชั่วโมงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยเครื่องที่ 3

SH_4 = ชั่วโมงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยเครื่องที่ 4

N = จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ตารางที่ 4.8 ค่าชั่วโมงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยตามระยะเวลา

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ระยะเวลา 12 เดือน	ระยะเวลา 1 เดือน
1	2946.36	245.53
2	2907.21	242.26
3	2911.9	242.65
4	2914.48	242.87
ค่าเฉลี่ย	2920.24	243.35

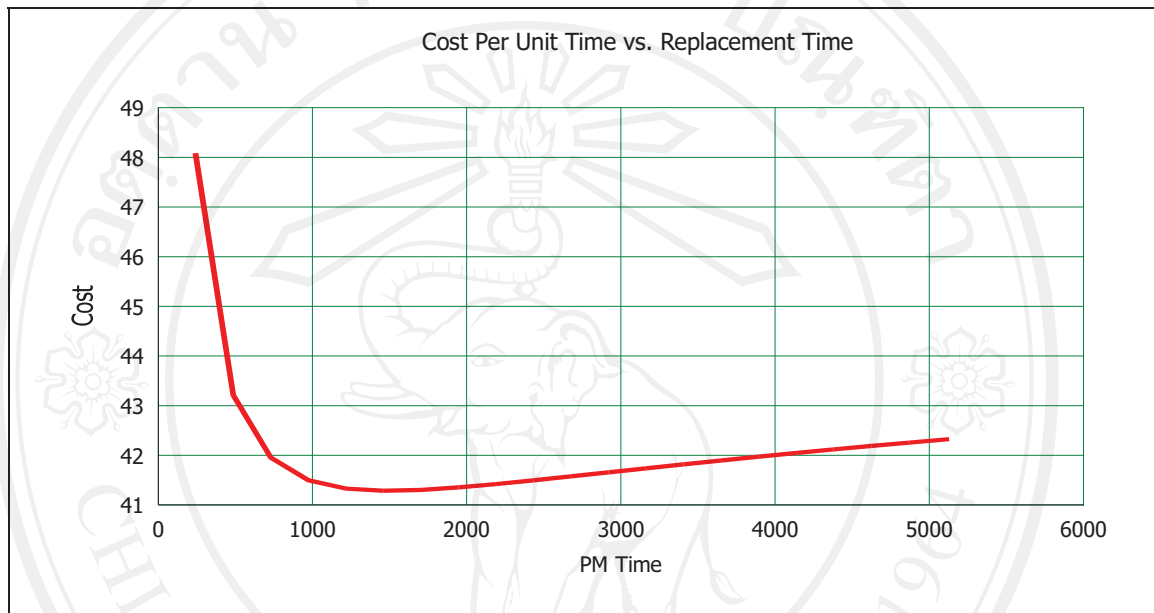
จากตารางที่ 4.8 นำค่าชั่วโมงการเดินเครื่องเฉลี่ยที่ระยะเวลา 1 เดือน ตามแผนการหยุดเครื่องของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพล โดยแทนค่าเวลา SH หรือ (t) เท่ากับ 243.35 ชั่วโมง ในสมการที่ 3.9 โดยเพิ่มจำนวนเท่าของเวลาขึ้น จนกว่าจะได้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา $C(tp)$ ที่ต่ำที่สุด

รูปแบบการชำรุด A ในการเปลี่ยนอุปกรณ์ซึ่งงบประมาณ 3,000 บาท แทนค่าในสมการที่ 3.9 หาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหน่วยเวลาที่ต่ำที่สุด เทียบกับระยะเวลาในการทำงานบำรุงรักษา ได้ค่าตามตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อหน่วยเวลาของรูปแบบการชำรุด A

ระยะเวลา	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหน่วยเวลา
243.35	48.04263
486.7	43.21093
730.05	41.95375
973.4	41.49914
1216.75	41.33016
1460.1	41.28633
1703.45	41.30387
1946.8	41.35341
2190.15	41.42000
2433.5	41.49550
2676.85	41.57529
2920.2	41.65661
3163.55	41.73784
3406.9	41.81797
3650.25	41.89639
3893.6	41.97277
4136.95	42.04690
4380.3	42.11870
4623.65	42.18814
4867	42.25523
5110.35	42.32004

จากตารางที่ 4.9 ได้ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเวลาที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 41.28633 ดังนั้นจะได้ค่าเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเปลี่ยนชิ้นส่วน มีค่าเท่ากับ 1460.1 ชั่วโมงซึ่งเป็นจุดที่ต่ำที่สุดของกราฟที่แสดงในรูปที่ 4.14 ดังนั้นระยะเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดคือการเปลี่ยนชิ้นส่วนทุก 6 เดือน



รูปที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อหน่วยเวลาของรูปแบบการชำรุด A

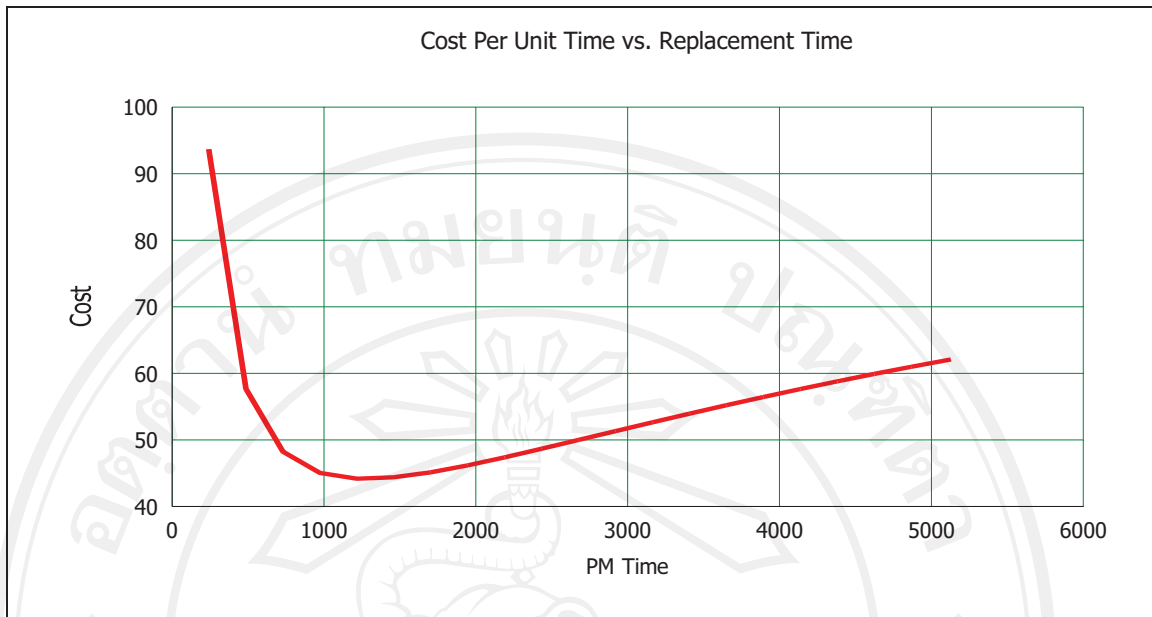
รูปแบบการชำรุด B ในการเปลี่ยนอุปกรณ์ใช้ประมาณ 20,000 บาท แทนค่าในสมการที่ 3.9 หาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหน่วยเวลาที่ต่ำที่สุด เทียบกับระยะเวลาในการทำงานบำรุงรักษาได้ค่าตามตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อหน่วยเวลาของรูปแบบการชำรุด B

ระยะเวลา	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหน่วยเวลา
243.35	93.35779
486.7	57.65753
730.05	48.22924
973.4	45.03762
1216.75	44.17685

ระยะเวลา	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหน่วยเวลา
1460.1	44.3834
1703.45	45.13413
1946.8	46.17762
2190.15	47.38027
2433.5	48.6659
2676.85	49.98871
2920.2	51.3201
3163.55	52.64168
3406.9	53.94141
3650.25	55.2113
3893.6	56.44605
4136.95	57.64219
4380.3	58.7975
4623.65	59.91062
4867	60.98087

จากตารางที่ 4.10 ได้ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเวลาที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 44.17685 ดังนั้นจะได้ค่าเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเปลี่ยนชิ้นส่วนมีค่าเท่ากับ 1216.75 ชั่วโมงซึ่งเป็นจุดที่ต่ำที่สุดของกราฟที่แสดงในรูปที่ 4.15 ดังนั้นระยะเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดคือการเปลี่ยนชิ้นส่วนทุก 5 เดือน



รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อหน่วยเวลาของรูปแบบการชำรุด B

รูปแบบการชำรุด C ในการเปลี่ยนอุปกรณ์ใช้งบประมาณ 150,000 บาทแทนค่าในสมการที่ 3.9 หากค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหน่วยเวลาที่ต่ำที่สุด เทียบกับระยะเวลาในการทำงานบำรุงรักษา ได้ค่าตามตารางที่ 4.11

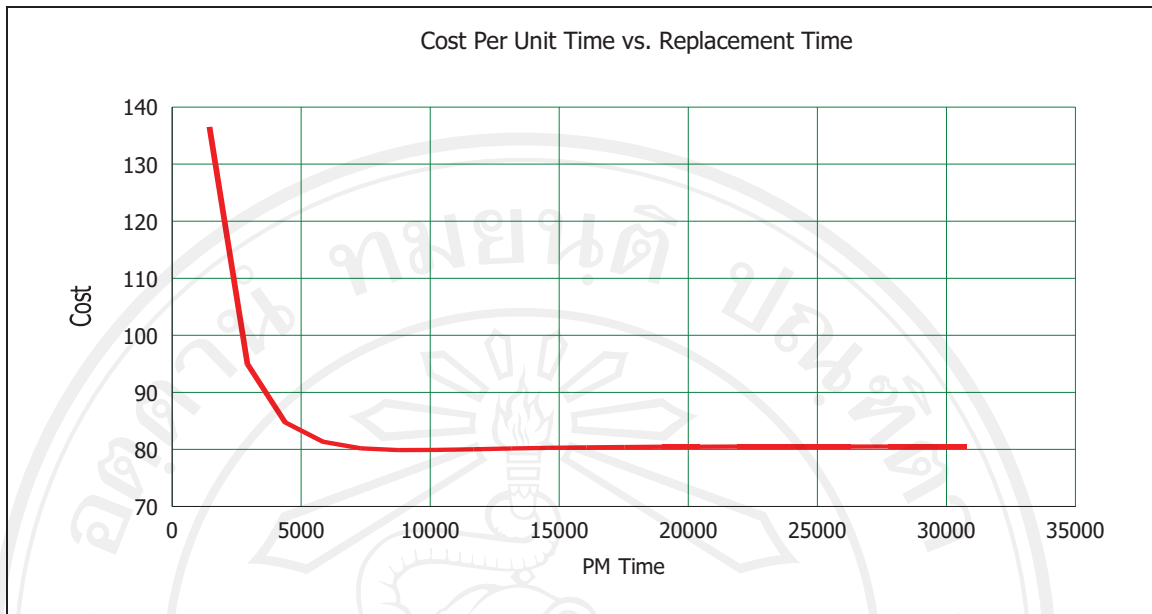
ตารางที่ 4.11 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อหน่วยเวลาของรูปแบบการชำรุด C

ระยะเวลา	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหน่วยเวลา
243.35	632.79374
486.7	329.83009
730.05	230.88796
973.4	182.59255
1216.75	154.39366
1460.1	136.15266
1703.45	123.54512
1946.8	114.41987
2190.15	107.58836
2433.5	102.34157

ระยะเวลา	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหน่วยเวลา
2676.85	98.23106
2920.2	94.95981
3163.55	92.32357
3406.9	90.17746
3650.25	88.41605
3893.6	86.96086
4136.95	85.75237
4380.3	84.74469
4623.65	83.9019
4867	83.19554
5110.35	82.6028
5353.7	82.10522
5597.05	81.68771
5840.4	81.33783
6083.75	81.0453
6327.1	80.8015
6570.45	80.5992
6813.8	80.43232
7057.15	80.29568
7300.5	80.18487
7543.85	80.09614
7787.2	80.02627
8030.55	79.97247
8273.9	79.93236
8517.25	79.90389
8760.6	79.88527
9003.95	79.87495
9247.3	79.87162

ระยะเวลา	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหน่วยเวลา
9490.65	79.8741
9734	79.8814
9977.35	79.89265
10220.7	79.90711
10464.05	79.92411
10707.4	79.94311
10950.75	79.96362
11194.1	79.98522
11437.45	80.00757
11680.8	80.03037
11924.15	80.05335
12167.5	80.07631
12410.85	80.09906
12654.2	80.12145
12897.55	80.14337
13140.9	80.16471

จากตารางที่ 4.11 ได้ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเวลาที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 79.87612 ดังนั้นจะได้ค่าเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเปลี่ยนชิ้นส่วนมีค่าเท่ากับ 9247.3 ชั่วโมง ซึ่งเป็นจุดที่ต่ำที่สุดของกราฟที่แสดงในรูปที่ 4.16 ดังนั้นระยะเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดคือการเปลี่ยนชิ้นส่วนทุก 38 เดือน



รูปที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อหน่วยเวลาของรูปแบบการชำรุด C

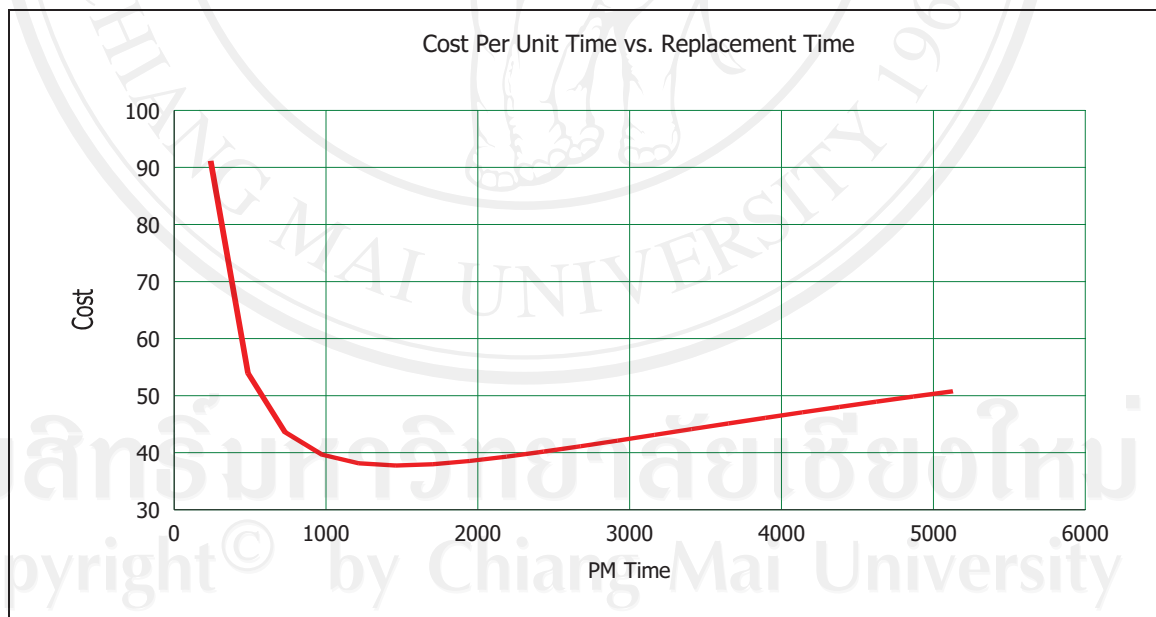
รูปแบบการชำรุด D ในการเปลี่ยนอุปกรณ์ใช้ประมาณ 20,000 บาท แทนค่าในสมการที่ 3.9 หาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหน่วยเวลาที่ต่ำที่สุด เทียบกับระยะเวลาในการทำงานบำรุงรักษาได้ค่าตามตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อหน่วยเวลาของรูปแบบการชำรุด D

ระยะเวลา	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหน่วยเวลา
243.35	90.78517
486.7	53.92744
730.05	43.60385
973.4	39.65945
1216.75	38.14138
1460.1	37.76176
1703.45	37.98291
1946.8	38.54385
2190.15	39.30433

ระยะเวลา	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหน่วยเวลา
2433.5	40.18328
2676.85	41.13117
2920.2	42.11648
3163.55	43.11846
3406.9	44.12311
3650.25	45.1208
3893.6	46.10483

จากตารางที่ 4.12 ได้ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเวลาที่เกิดขึ้น มีค่าเท่ากับ 37.76176 ดังนั้นจะ ได้ค่าเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเปลี่ยนชิ้นส่วนมีค่าเท่ากับ 1460.1 ชั่วโมง ซึ่งเป็นจุดที่ต่ำที่สุดของกราฟที่แสดงในรูปที่ 4.17 ดังนั้นระยะเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดคือการเปลี่ยนชิ้นส่วนทุก 6 เดือน

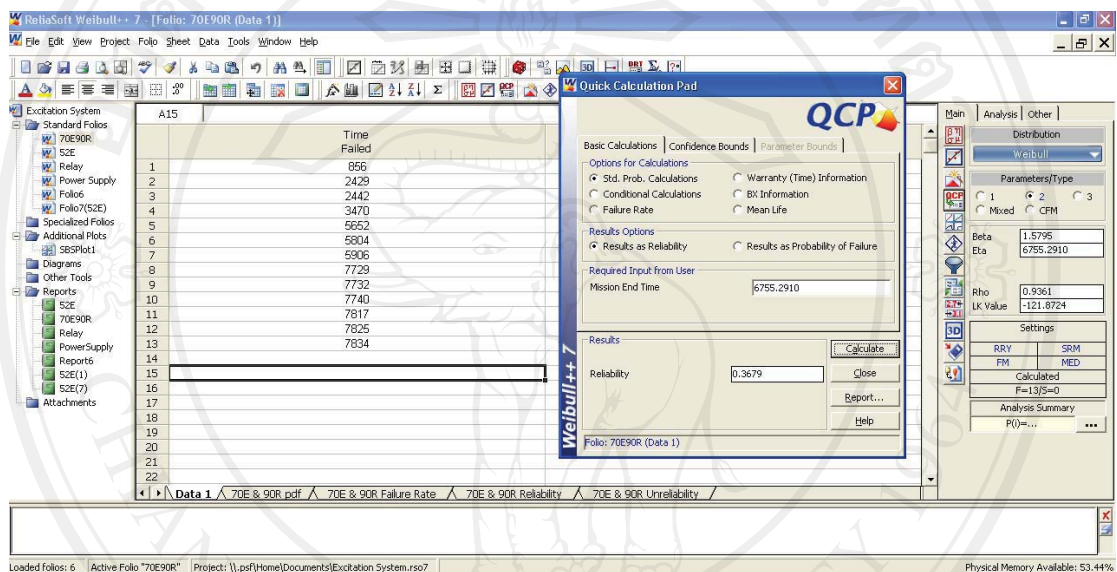


รูปที่ 4.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อหน่วยเวลาของรูปแบบการ

ชำรุด D

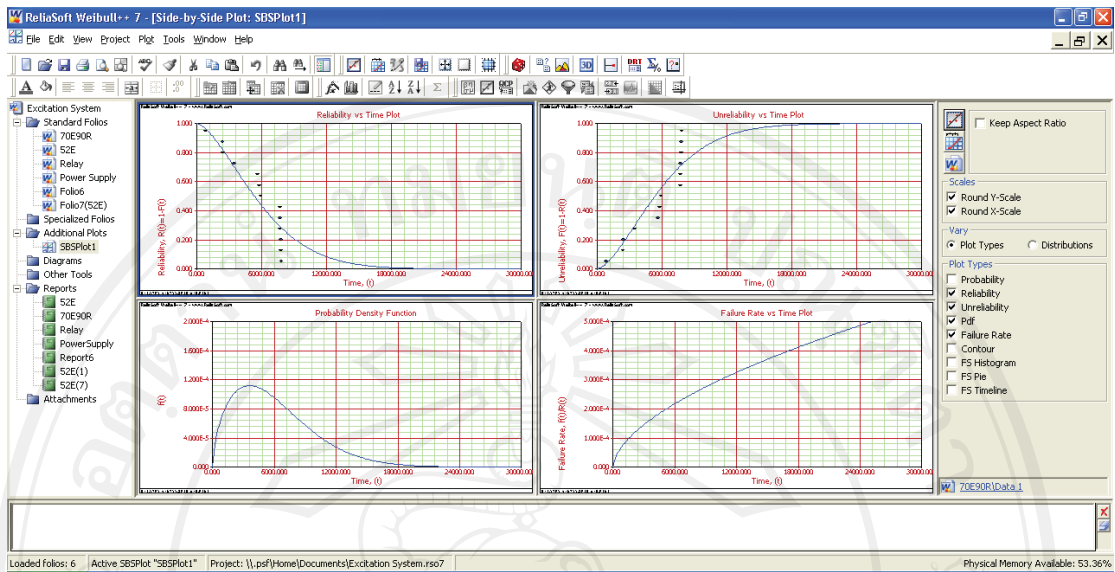
4.6 โปรแกรม Weibull++

โปรแกรมที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ ชื่อว่า โปรแกรม Weibull++ เวอร์ชัน 7.5.8 เป็นโปรแกรมคำนวณหาค่าความเชื่อถือได้ วิเคราะห์อายุการใช้งานของอุปกรณ์ และคำนวณหาช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานบำรุงรักษา สามารถดาวน์โหลดโปรแกรมเวอร์ชันทดลองได้ที่ www.reliasoft.com โดยโปรแกรมในเวอร์ชันทดลองจะมีอายุใช้งาน 30 วันและไม่สามารถเซฟค่าต่างๆออกไปใช้งานได้ หน้าจอโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 แสดงหน้าจอโปรแกรม Weibull++

หน้าจอโปรแกรม Weibull++ ในรูปที่ 4.18 ประกอบด้วย 3 ส่วน โดยส่วนแรกคือข้อมูลระยะเวลาการชำรุดที่ใช้การกรอกข้อมูลในลักษณะตารางเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณ ส่วนที่สองทางด้านขวาคือค่าพารามิเตอร์แสดงขนาด (η) และพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (β) ที่คำนวณได้จากค่าในตาราง และส่วนสุดท้ายคือ Calculation Pad ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความเชื่อถือได้ (Reliability) อัตราการชำรุด (Failure Rate) ระยะเวลาเฉลี่ยการชำรุด (Mean Time to Failure) และ โอกาสในการชำรุด (Probability of Failure) ซึ่งค่าที่ได้สามารถนำไปวาดกราฟได้ดังแสดงในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 แสดงการวาดกราฟด้วยโปรแกรม Weibull++