

บทที่ 4

ผลการดำเนินการทดลอง

จากการนำข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานจริง มาทำการวิเคราะห์ระบบ ให้แก่หัวหน้าทีมงานซ่อมบำรุงเพื่อหาจุดบกพร่อง และทำการปรับปรุงการทำงาน โดยการนำระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาดำเนินการในการทำงานของส่วนงานซ่อมบำรุงและทำการอบรม รวมทั้งชี้แจงรายละเอียดให้กับทีมงานระบบอากาศยานในอุโมงค์รถไฟ เพื่อจัดทำเอกสารในการตรวจสอบและทดสอบอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบระบบอากาศยานในอุโมงค์รถไฟใต้ดิน สถานีรถไฟใต้ดินสถานีพระรามเก้า ให้มีความสอดคล้องในการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเช่น ขั้นตอนในการตรวจสอบ ความถี่ในการตรวจสอบเครื่องจักร และอุปกรณ์ ตามระยะเวลาที่กำหนด โดยทำการวัดผลการดำเนินการด้วยค่า MTBF (Mean Time Between Failures) และค่า MTTR (Mean Time To Repair)

หลังจากการนำระบบการบำรุงรักษาที่ทำการปรับปรุงใหม่ไปใช้งานจริงกับระบบระบบอากาศยานในอุโมงค์รถไฟใต้ดินสถานีพระรามเก้า โดยการเก็บข้อมูลการทำงาน พบว่าการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน มีความจำเป็นอย่างยิ่ง ในการทำงานของระบบระบบอากาศยานในอุโมงค์ รวมไปถึงเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มมากขึ้น เป็นผลทำให้อัตราการเสียหายลดลงด้วย ทั้งยังเป็นการช่วยเพิ่มความถี่ ความสามารถ รวมไปถึงทักษะให้กับพนักงาน รวมไปถึงเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ให้เห็นถึงประโยชน์ และความสำคัญในการช่วยกันทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จากการอบรมชี้แจงให้แก่หัวหน้างานซ่อมบำรุง เพื่อให้ทราบและเข้าใจถึงระบบสารสนเทศต่างๆ ที่ได้ทำการปรับปรุงขึ้น เพื่อให้เกิดผลในทางปฏิบัติ และบรรลุวัตถุประสงค์ของการดำเนินการ โดยทำการอบรมการใช้งานระบบประกอบด้วย เอกสารดำเนินงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และรูปแบบการดำเนินงานซ่อมบำรุงตามรอบ ที่กำหนดไว้

โดยเครื่องจักรที่ต้องตรวจสอบทั้งหมด ที่หน้าที่ความรับผิดชอบของแผนกซ่อมบำรุงระบบระบบอากาศยานในอุโมงค์รถไฟใต้ดิน เพื่อจัดการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นของเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ จะต้องจัดความถี่ของเครื่องจักร ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการขาดการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ดีพอ ดังนั้นเมื่อเกิดเหตุการณ์ ที่ทำให้ไม่สามารถทำงานของระบบได้ ดังนั้นจึงต้องมีการวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุและปรับปรุงแก้ไข เพื่อยืดอายุการใช้งาน ทำให้ระบบกลับมาใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ของเครื่องจักร และสิ่งที่ต้องคำนึงถึง จะต้องมีการ

ทบทวน ในด้านมาตรฐาน อุปกรณ์ การวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ก่อนที่จะเป็นผลเสียที่ทำให้เครื่องจักรเกิดความเสียหายหนัก จนไม่สามารถทำการซ่อมแซมได้ในเวลาอันสั้น

4.1 ผลการดำเนินการ

จากการดำเนินการจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) เพื่อป้องกันปัญหาซึ่งส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้บริการ และพนักงานที่ต้องทำงานซ่อมบำรุงภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน อันเนื่องมาจากอุปกรณ์ในระบบเกิดการชำรุดเสียหาย จนไม่สามารถแก้ไขในเวลาที่ยกได้ทันเวลาให้บริการ โดยสรุปหัวข้อจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ดังนี้

การจัดแบ่งอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ และนำมาจัดลำดับความสำคัญในการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

การวิเคราะห์ และพิจารณา การซ่อม หรือเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ก่อนที่จะหมดอายุการใช้งาน โดยใช้กิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

การวิเคราะห์ และพิจารณา สาเหตุของการขัดข้อง หรือเสียหายของระบบ เพื่อกำหนดหัวข้อในการทำกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

การใช้ข้อมูลจากการนำค่าระยะเวลาโดยเฉลี่ยระหว่างเกิดเหตุขัดข้อง (MTBF) และเวลาเดินระบบเฉลี่ย (MTTR) มาใช้ในการกำหนด ระยะเวลาในการบำรุงรักษาอุปกรณ์

ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวได้นำมาดำเนินการจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยจะนำมาทำเอกสารประกอบการตรวจสอบ เพื่อนำข้อมูลมาจัดทำเป็นมาตรฐานการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร และจากการเก็บข้อมูลปัญหาเวลาหยุดทำงานของเครื่องจักร อุปกรณ์ ของระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า หยุดทำงานเป็นระยะเวลา 7 ปี นับตั้งแต่ปี 2004 ถึงปี 2010

เมื่อนำข้อมูลปัญหาทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ พบว่าเวลาที่เครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินหยุดทำงานของแต่ละปี พบว่า ภายในปี 2004 ปัญหาที่ทำให้ระบบหยุดทำงานมากที่สุดเกิดจาก Under Platform Extract Fan ส่วนปัญหาที่ใช้เวลาในการซ่อมมากที่สุดคือ Tunnel Ventilation Control Panel ภายในปี 2005 ปัญหาที่ทำให้ระบบหยุดทำงานมากที่สุดเกิดจาก Tunnel Ventilation Fan และ Damper ส่วนปัญหาที่ใช้เวลาในการซ่อมมากที่สุดคือ Tunnel Ventilation Control Panel ภายในปี 2006 ปัญหาที่ทำให้ระบบหยุดทำงานมากที่สุดเกิดจาก Tunnel Ventilation Fan ส่วนปัญหาที่ใช้เวลาในการซ่อมมากที่สุดคือ Tunnel Ventilation Fan ภายในปี 2007 ปัญหาที่ทำให้ระบบหยุดทำงานมากที่สุดเกิดจาก Tunnel Ventilation

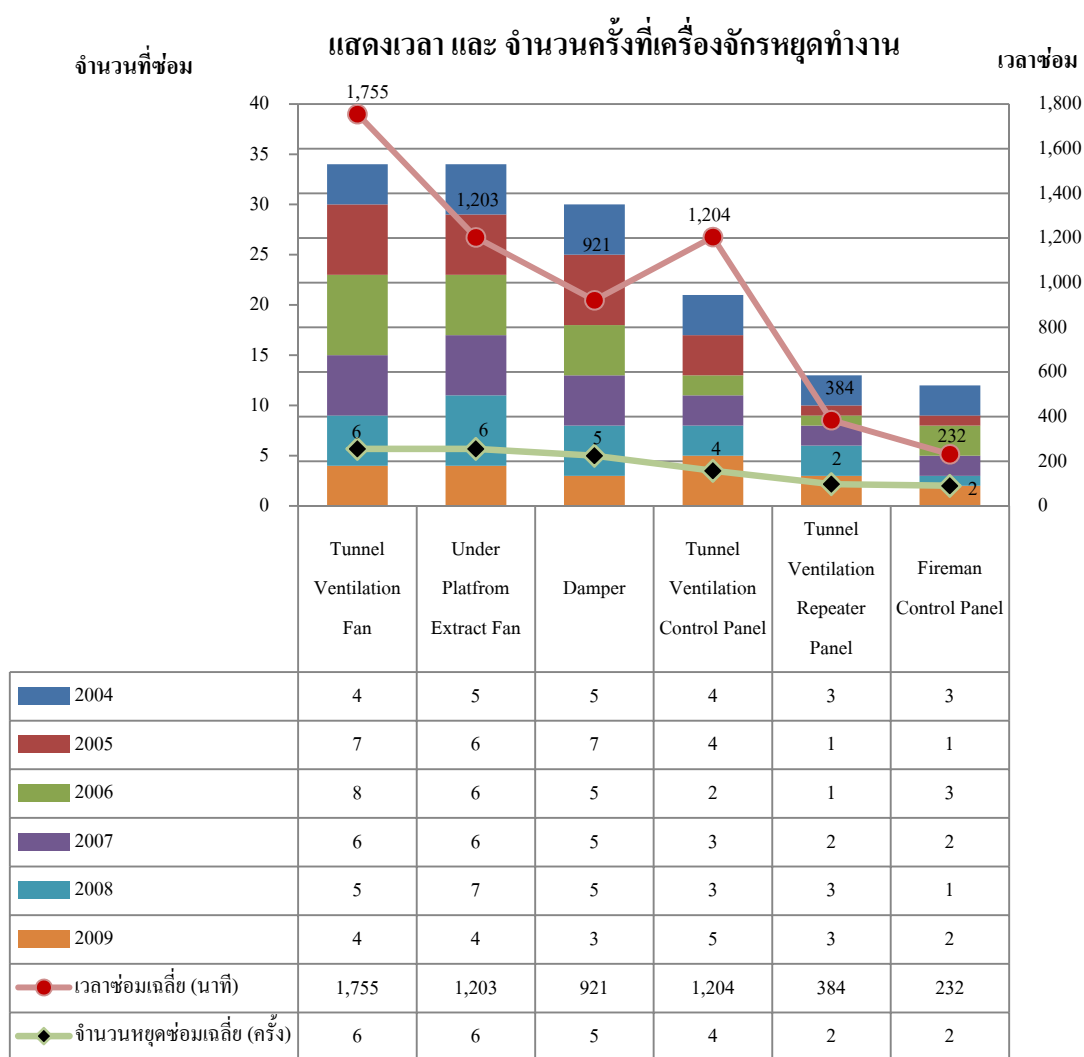
Fan และ Under Platform Extract Fan ส่วนปัญหาที่ใช้เวลาในการซ่อมมากที่สุดคือ Under Platform Extract Fan ภายในปี 2008 ปัญหาที่ทำให้ระบบหยุดทำงานมากที่สุดเกิดจาก Under Platform Extract Fan ส่วนปัญหาที่ใช้เวลาในการซ่อมมากที่สุดคือ Tunnel Ventilation Fan เมื่อพิจารณาจากในปี 2009 พบว่าปัญหาที่ทำให้ระบบหยุดทำงานมากที่สุดเกิดจาก Under Platform Extract Fan ส่วนปัญหาที่ใช้เวลาในการซ่อมมากที่สุดคือ Tunnel Ventilation Fan และภายในปี 2010 ปัญหาที่ทำให้ระบบหยุดทำงานมากที่สุดเกิดจาก Under Platform Extract Fan Damper และ Tunnel Ventilation Control Panel ส่วนปัญหาที่ใช้เวลาในการซ่อมมากที่สุดคือ Tunnel Ventilation Fan ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ประวัติการหยุดทำงานของเครื่องจักรหยุดการก่อนใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันตั้งแต่ปี 2004 ถึง ปี 2010 ของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า

เครื่องจักร และอุปกรณ์												
ปี	Tunnel Ventilation Fan		Under Platform Extract Fan		Damper		Tunnel Ventilation Control Panel		Tunnel Ventilation Repeater Panel		Fireman Control Panel	
	เวลา (นาท)	จำนวน (ครั้ง)	เวลา (นาท)	จำนวน (ครั้ง)	เวลา (นาท)	จำนวน (ครั้ง)	เวลา (นาท)	จำนวน (ครั้ง)	เวลา (นาท)	จำนวน (ครั้ง)	เวลา (นาท)	จำนวน (ครั้ง)
2004	800	4	760	5	638	5	2,284	4	620	3	271	3
2005	2,249	7	1,380	6	1,338	7	2,448	4	43	1	120	1
2006	1,963	8	1,158	6	1,181	5	1,043	2	480	1	408	3
2007	1,180	6	1,201	6	815	5	681	3	591	2	453	2
2008	2,108	5	1,949	7	796	5	419	3	422	3	50	1
2009	2,230	4	770	4	760	3	350	5	150	3	89	2
เฉลี่ย	1,755	6	1,203	6	921	5	1,204	4	384	2	232	2
2010	630	2	410	3	374	3	200	3	101	3	38	1

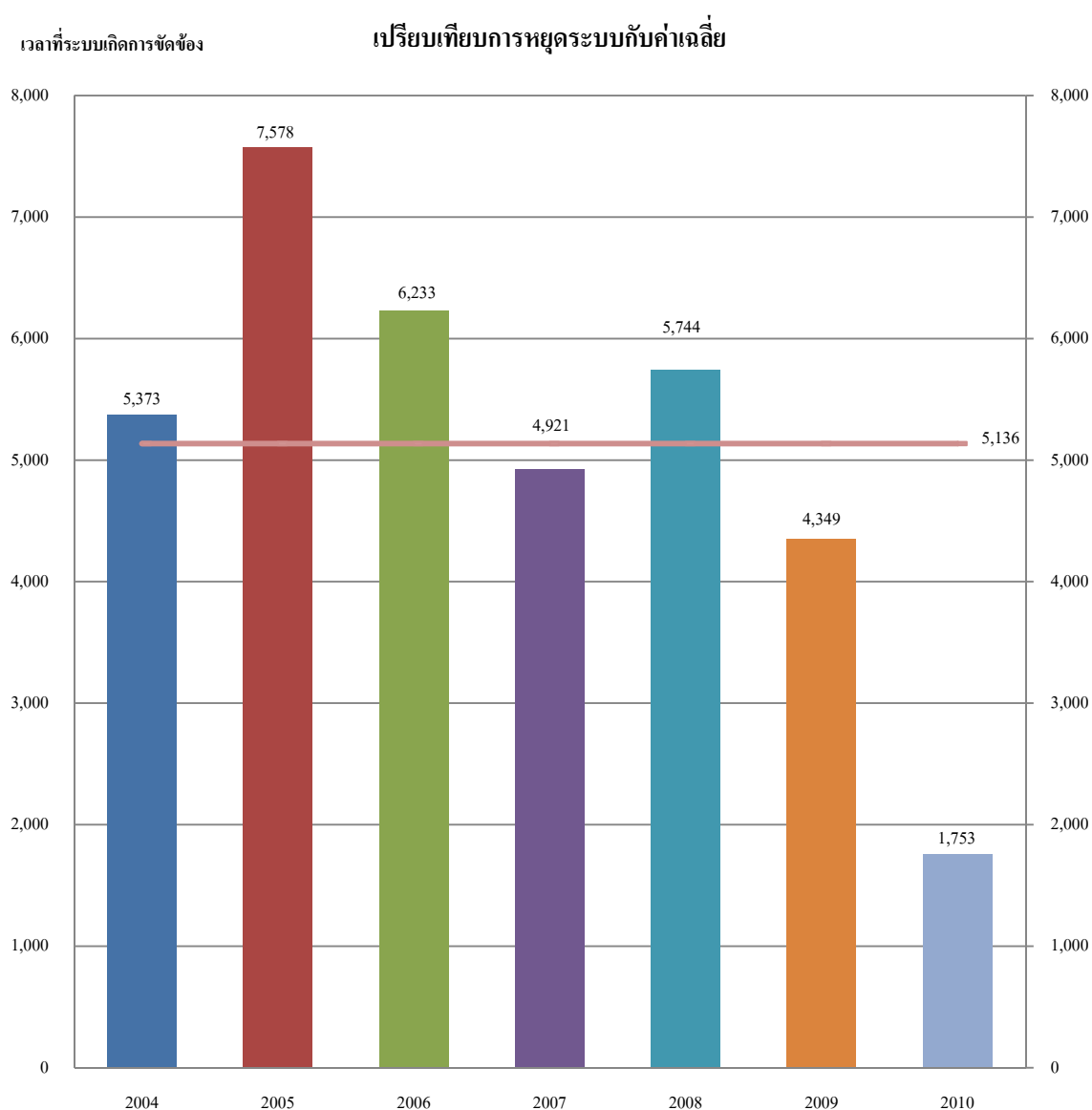
เมื่อพิจารณาถึงจำนวนครั้ง และเวลาที่เครื่องจักร อุปกรณ์หยุดทำงาน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบการเดินรถไฟฟ้าใต้ดิน และหลักความปลอดภัยในการทำงาน เนื่องจากไม่สามารถส่งงานให้ระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินทำงานได้ จากกราฟจะเห็นได้ว่า Tunnel

Ventilation Fan เป็นเครื่องจักรในระบบระบายอากาศรถไฟใต้ดิน ที่ใช้เวลาในการซ่อมแซม นานที่สุด เนื่องจากการตรวจสอบต้องมีการทดสอบโดยเฉพาะ และในกีซ่อมแซมอุปกรณ์ จะทำ การแก้ไขได้เฉพาะหลังจากปิดสถานีแล้วเท่านั้น ส่วน Under Platform Extract Fan เป็นเครื่องจักร ที่เกิดเหตุขัดข้องมากที่สุดเนื่องจากอุปกรณ์เกิดการชำรุด จะต้องการเปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆ เช่น Fuse Control Relay เป็นต้น ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 จำนวนครั้ง และเวลาที่เครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟใต้ดิน หยุดทำงาน

จากข้อมูลเวลาหยุดทำงานของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานี พระรามเก้า โดยได้ทำการเปรียบเทียบกับ ค่าเวลาเกิดเหตุขัดข้องเฉลี่ย ซึ่งค่าเฉลี่ยในการหยุด ซ่อมแซมเครื่องจักร และอุปกรณ์ อยู่ที่ 5,136 นาที ในปี 2005 เกิดเหตุขัดข้องใช้เวลาในการ ซ่อมแซมนานที่สุด 7,578 นาที ส่วนปี 2004, 2006 และ ปี 2008 ค่าเวลาเกิดเหตุขัดข้องสูงเกินกว่า ค่าเฉลี่ย ตามลำดับ ส่วนในปี 2007, 2009 และ 2010 ค่าเวลาเกิดเหตุขัดข้องจะต่ำกว่าค่าเฉลี่ยใช้เวลา ในการซ่อมแซม ดังภาพที่ 4.2



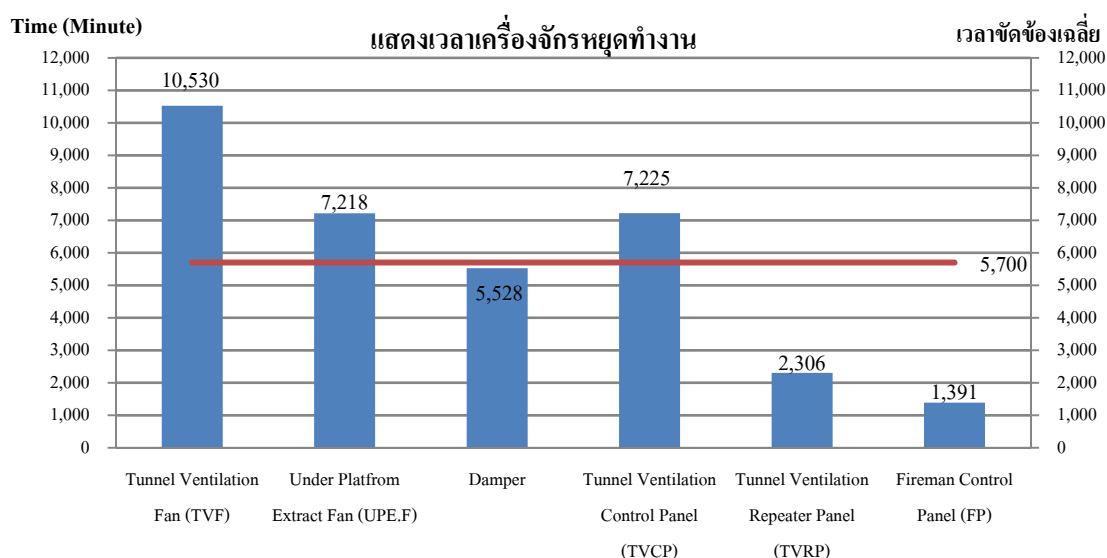
ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบเวลาที่เครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินหยุดทำงาน เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย

เมื่อทำการพิจารณาการ Breakdown Machine ของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า พบว่า Tunnel Ventilation Fan (TVF) เป็นอุปกรณ์ที่ เมื่อเกิดเหตุขัดข้องจะใช้ระยะเวลาในการซ่อมแซมมากที่สุด และอุปกรณ์ Fireman Control Panel (FP) เป็นอุปกรณ์ ที่เกิดเหตุขัดข้องในระบบน้อยที่สุด และสามารถทำการแก้ไขเหตุขัดข้องได้รวดเร็วที่สุด ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เวลาที่เครื่องจักรหยุดการทำงาน ของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน

Breakdown Machine (2004 – 2009)			
No.	Process Machine	Total Time (Minute)	% BDT
1	Tunnel Ventilation Fan (TVF)	10,530	30.79
2	Under Platform Extract Fan (UPE.F)	7,218	21.11
3	Damper	5,528	16.16
4	Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	7,225	21.13
5	Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)	2,306	6.74
6	Fireman Control Panel (FP)	1,391	4.07

ข้อมูลเวลาของเครื่องจักร อุปกรณ์ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน สถานีพระรามเก้าหยุดเดินระบบ อันเนื่องมาจากการเกิดเหตุขัดข้องทำให้ต้องหยุดการทำงานของ อุปกรณ์ และเครื่องจักร โดยได้ทำการเปรียบเทียบกับ ค่าเวลาเกิดเหตุขัดข้องเฉลี่ย ซึ่งค่าเฉลี่ยเวลาหยุดซ่อมแซมเครื่องจักร และอุปกรณ์ อยู่ที่ 5,700 นาที แล้วพบว่า เครื่องจักร และอุปกรณ์ Tunnel Ventilation Fan (TVF) ใช้เวลาในการแก้ไขซ่อมแซมนานที่สุด 10,530 นาที Under Platform Extract Fan (UPE.F) ใช้เวลาในการซ่อมแซม 7,218 นาที และ Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP) ใช้เวลาในการแก้ไขซ่อมแซม 7,225 นาที เวลาในการแก้ไขซ่อมแซมระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 เวลาเครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินหยุดทำงาน

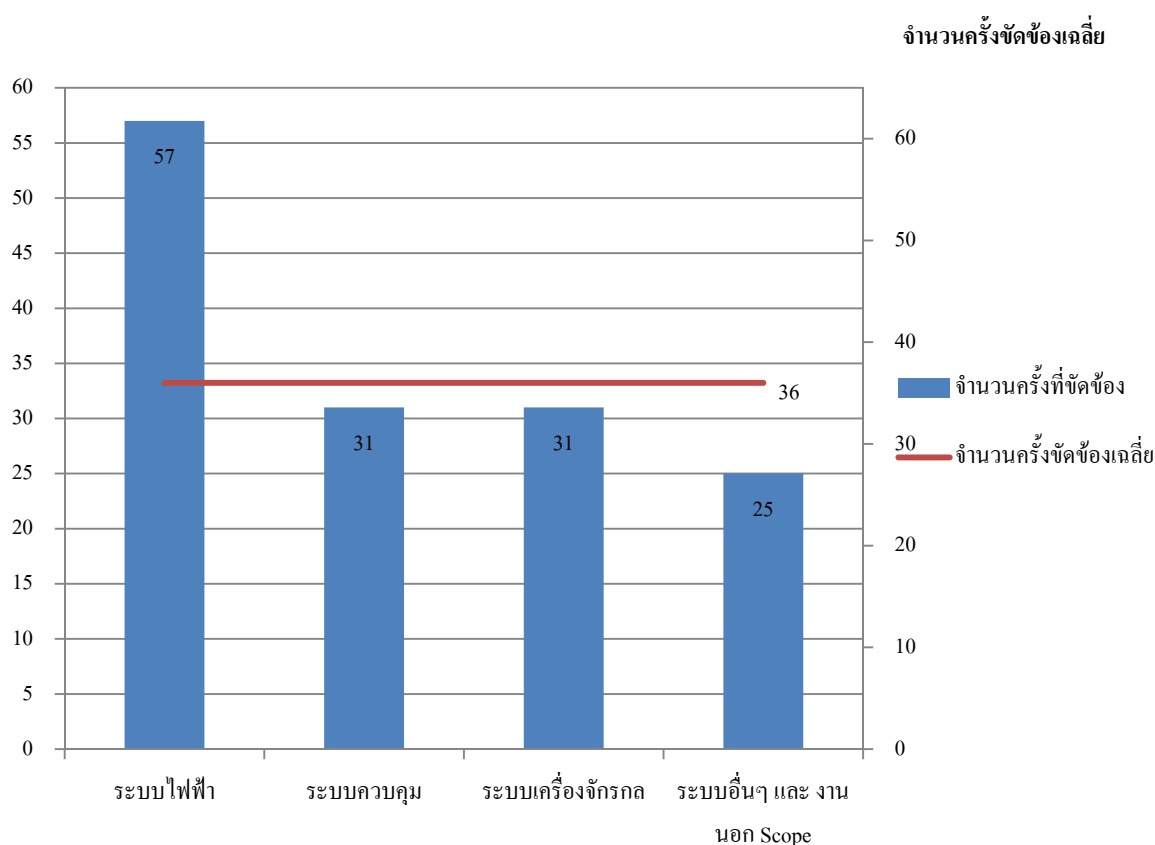
4.1.1 การแยกประเภทของการจัดซื้อของระบบ

การวิเคราะห์ปัญหาจากการวิจัย และศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักร ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน โดยได้มุ่งเน้นในการวิเคราะห์ เฉพาะสาเหตุที่เกิดการจัดซื้อ จากการดำเนินงานของเครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบ โดยจะแสดงสาเหตุของการเกิดเหตุขัดข้องของระบบการทำงานต่างๆ ของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สาเหตุการเกิดเหตุขัดข้องจากการทำงานของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า ปี 2004 ถึง 2009

ลำดับ	การเกิดเหตุขัดข้อง	ความถี่ (ครั้ง)	เวลาซ่อม (นาฬิกา)
1	ระบบไฟฟ้า	57	6,973
2	ระบบควบคุม	31	11,938
3	ระบบเครื่องจักรกล	31	12,368
4	ระบบอื่นๆ และงานนอก Scope	25	2,919
รวม		144	34,198

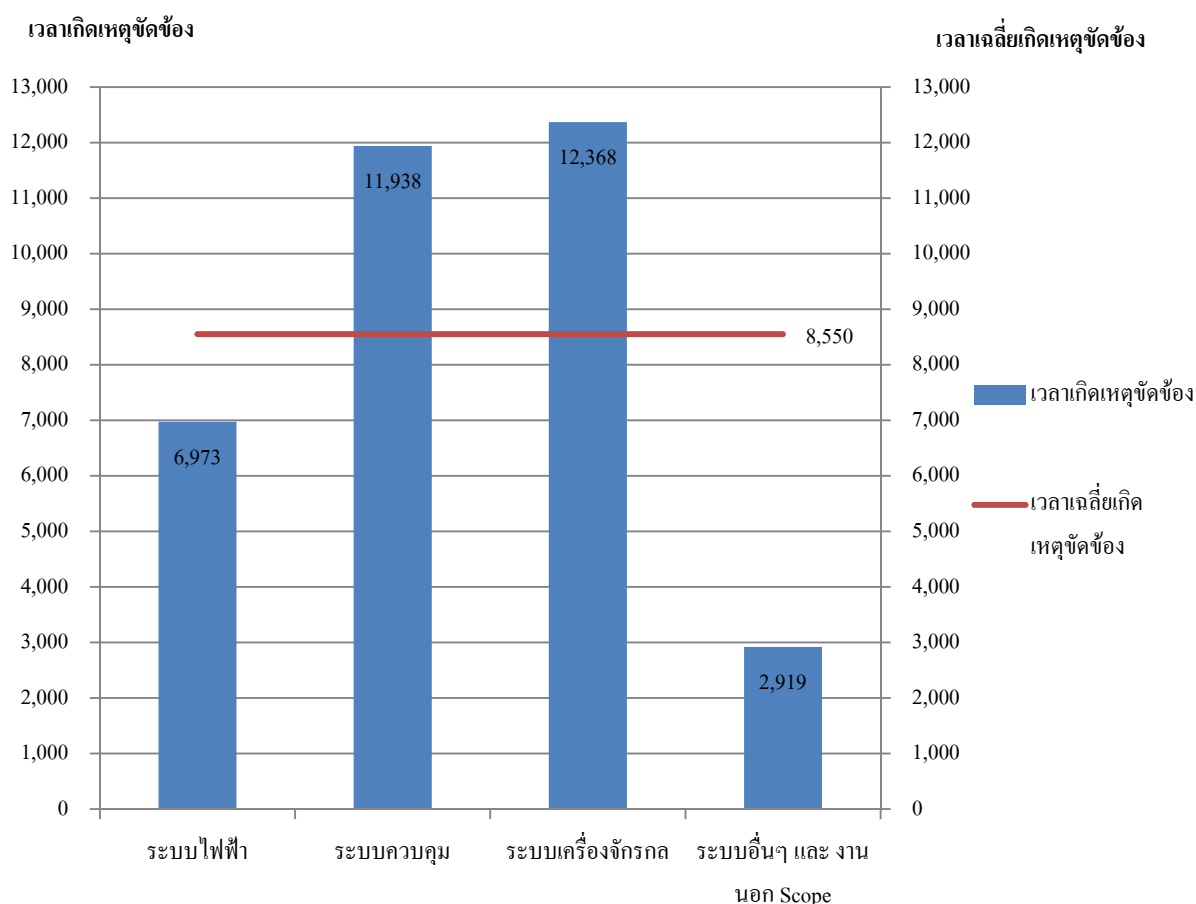
จากข้อมูลสถิติทำให้ทราบจำนวนครั้งที่ทำให้เครื่องจักร อุปกรณ์ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้าหยุดเดินระบบ โดยได้ทำการเปรียบเทียบกับจำนวนครั้งขัดข้องเฉลี่ย ซึ่งค่าเฉลี่ยของการหยุดซ่อมแซมเครื่องจักร และอุปกรณ์ อยู่ที่ 36 ครั้ง จากแผนภูมิพบว่า ระบบไฟฟ้าเกิดเหตุขัดข้องมากที่สุดจำนวน 57 ครั้ง สาเหตุมาจากกระแส และแรงดันไฟฟ้าสูง หรือต่ำ เกินไป ทำให้ต้องทำการ Reset ระบบใหม่ ส่วนระบบอื่นๆ และงานนอก Scope เกิดเหตุขัดข้องน้อยที่สุดจำนวน 25 ครั้ง โดยนำมาเขียนเป็นแผนภูมิ เพื่อแสดงสาเหตุของการเกิดเหตุขัดข้องจากการทำงานจากระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า ตั้งแต่ปี 2004 ถึง 2009 ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 สาเหตุการเกิดเหตุขัดข้องของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า

เมื่อนำข้อมูลสถิติมา เขียนแผนภูมิจะได้เวลาที่ทำให้เครื่องจักร อุปกรณ์ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า หยุดเดินระบบ โดยได้ทำการเปรียบเทียบกับเวลาเกิดเหตุขัดข้องเฉลี่ย เท่ากับ 8,550 นาที ซึ่งอุปกรณ์ในระบบเครื่องกล เป็นระบบที่เครื่องจักร

และอุปกรณ์ ใช้เวลาในการแก้ไขซ่อมแซมนานที่สุดใช้เวลา 12,368 นาที สาเหตุมาจากใบพัดลมแตกหัก มอเตอร์ของพัดลมเสียหาย ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 สาเหตุการเกิดเหตุขัดข้องของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า

จากการศึกษาได้ทำการเก็บข้อมูลต่างๆ ของการทำงานของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า ได้เก็บความถี่ และเวลาที่ระบบหยุดทำงาน เนื่องจากสาเหตุการขัดข้องของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า ระหว่างปี 2004 ถึง ปี 2010 โดยระบบไฟฟ้าที่เกิดเหตุขัดข้องมากที่สุดคือปี 2007 จำนวน 14 ครั้ง สาเหตุเกิดจาก แรงดันกระแสไฟฟ้า Over Voltage ทำให้อุปกรณ์ Tunnel Ventilation Fan (TVF) และ Under Platform Extract Fan (UPE.F) เกิดเหตุขัดข้องมากที่สุด จำนวน 4 ครั้ง ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเกิดเหตุขัดข้องของระบบไฟฟ้า ปี 2004 - 2010

ปี	การเกิดเหตุขัดข้องในระบบไฟฟ้า	ความถี่ (ครั้ง)	เวลาซ่อม (นาที)
2004	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	1	120
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	2	250
	- Fireman Control Panel (FP)	1	101
2005	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	4	504
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	3	370
	- Damper	2	210
	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	2	120
	- Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)	1	43
2006	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	3	420
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	2	230
	- Damper	1	203
	- Fireman Control Panel (FP)	1	90
2007	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	4	530
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	4	450
	- Damper	3	390
	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	1	350
	- Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)	1	371
	- Fireman Control Panel (FP)	1	263
2008	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	4	330
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	3	380
	- Damper	3	346
	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	1	120
	- Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)	1	90
	- Fireman Control Panel (FP)	1	50
2009	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	1	60
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	2	250
	- Damper	1	160

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ปี	การเกิดเหตุขัดข้องในระบบไฟฟ้า	ความถี่ (ครั้ง)	เวลาซ่อม (นาที)
2009	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	1	80
	- Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)	1	60
	- Fireman Control Panel (FP)	1	32
2010	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	1	150
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	1	120
	- Damper	1	130
	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	1	40
	- Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)	1	30
	- Fireman Control Panel (FP)	1	38

การทำงานของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า ที่เกิดเหตุขัดข้องจากระบบควบคุม ที่เกิดเหตุขัดข้อง และเสียเวลาในการซ่อมแซม คือปี 2005 และ ปี 2004 เกิดการขัดข้องมากที่สุดตามลำดับ สาเหตุเกิดจาก Card Control ของอุปกรณ์ Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP) เสียหาย เป็นผลทำให้ไม่สามารถสั่งงานทั้งระบบได้ ซึ่งได้ทำการปรับปรุง โดยการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามหลัก Operation Maintenance Manual (OMM) จากการปรับปรุงพบว่าในปี 2010 การเกิดเหตุขัดข้องได้ลดลง ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การเกิดเหตุขัดข้องของระบบควบคุม ปี 2004 – 2010

ปี	การเกิดเหตุขัดข้องในระบบควบคุม	ความถี่ (ครั้ง)	เวลาซ่อม (นาที)
2004	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	3	2,179
	- Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)	1	460
2005	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	1	575
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	1	410
	- Damper	2	560
	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	2	2,328

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ปี	การเกิดเหตุขัดข้องในระบบควบคุม	ความถี่ (ครั้ง)	เวลาซ่อม (นาที)
2006	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	1	210
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	1	150
2006	- Damper	1	210
	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	1	604
	- Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)	1	480
	- Fireman Control Panel (FP)	1	120
2007	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	1	240
	- Damper	1	205
	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	1	211
	- Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)	1	220
	- Fireman Control Panel (FP)	1	190
2008	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	2	590
	- Damper	1	240
	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	1	209
	- Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)	1	270
2009	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	1	530
	- Damper	1	510
	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	1	120
	- Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)	1	60
	- Fireman Control Panel (FP)	1	57
	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	1	480
	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	1	120
	- Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)	1	40

การทำงานของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า ที่เกิดเหตุขัดข้อง จากระบบเครื่องจักรกล เกิดเหตุขัดข้อง และเสียเวลาในการซ่อมแซมมากที่สุดคือ ปี 2008 และปี 2009 สาเหตุเกิดจากใบพัดลมของอุปกรณ์ Tunnel Ventilation Fan (TVF) เกิดการแตกหัก เป็นผลทำให้มอเตอร์เสียหาย เนื่องจากขดลวดไหม้ จากการวิเคราะห์พบว่าปัญหาที่ทำให้ขดลวดไหม้ มาจากขาดขดลวดมีความร้อนสูง เพราะสารเคลือบขดลวดเสื่อมสภาพ ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การเกิดเหตุขัดข้องของระบบเครื่องจักรกล ปี 2004 – 2010

ปี	การเกิดเหตุขัดข้องในระบบเครื่องจักรกล	ความถี่ (ครั้ง)	เวลาซ่อม (นาที)
2004	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	2	620
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	2	450
	- Damper	4	583
2005	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	2	1,170
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	1	380
	- Damper	3	568
2006	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	3	1,103
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	2	588
	- Damper	2	548
2007	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	1	410
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	2	751
	- Damper	1	220
2008	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	1	1,778
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	2	979
	- Damper	1	210
2009	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	1	1,580
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	1	430
2010	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	1	220
	- Damper	1	184

การทำงานของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า ที่เกิดเหตุขัดข้องกับเครื่องจักร และอุปกรณ์ จากของระบบอื่นๆ และงานนอก Scope เกิดเหตุขัดข้อง และเสียเวลาในการซ่อมแซมมากที่สุดคือปี 2006 สาเหตุเกิดจากทางส่วนงานแจ้งซ่อม แจ้งให้เข้าทำงานแก้ไขระบบที่ไม่เกี่ยวข้องกัน เช่น ประตูเข้าห้องควบคุมชำรุด น็อตยึดฝาตู้หลุดหาย หรือมือจับประตูตู้ควบคุมหัก เป็นต้น ซึ่งปัญหาดังกล่าวได้ถูกนำไปพิจารณา ในการปรับปรุงแก้ไข โดยการจัดฝึกอบรมให้ความรู้กับทีมงาน และพนักงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งพบว่าปัญหาในการแจ้งซ่อมงานที่ไม่เกี่ยวข้องนั้นลดน้อยลง ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การเกิดเหตุขัดข้องของระบบอื่นๆ และงานนอก Scope ปี 2004 – 2010

ปี	การเกิดเหตุขัดข้องของระบบอื่นๆ และงานนอก Scope	ความถี่ (ครั้ง)	เวลาซ่อม (นาที)
2004	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	1	60
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	1	60
	- Damper	1	55
	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	1	105
	- Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)	2	160
	- Fireman Control Panel (FP)	2	170
2005	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	1	220
	- Fireman Control Panel (FP)	1	120
2006	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	1	230
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	1	190
	- Damper	1	220
	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	1	439
	- Fireman Control Panel (FP)	1	198
2007	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	1	120
2008	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	1	90
	- Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)	1	62
2009	- Tunnel Ventilation Fan (TVF)	1	60
	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	1	90
	- Damper	1	90
	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	3	150
	- Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)	1	30
2010	- Under Platform Extract Fan (UPE.F)	1	70
	- Damper	1	60
	- Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	1	40
	- Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)	1	31

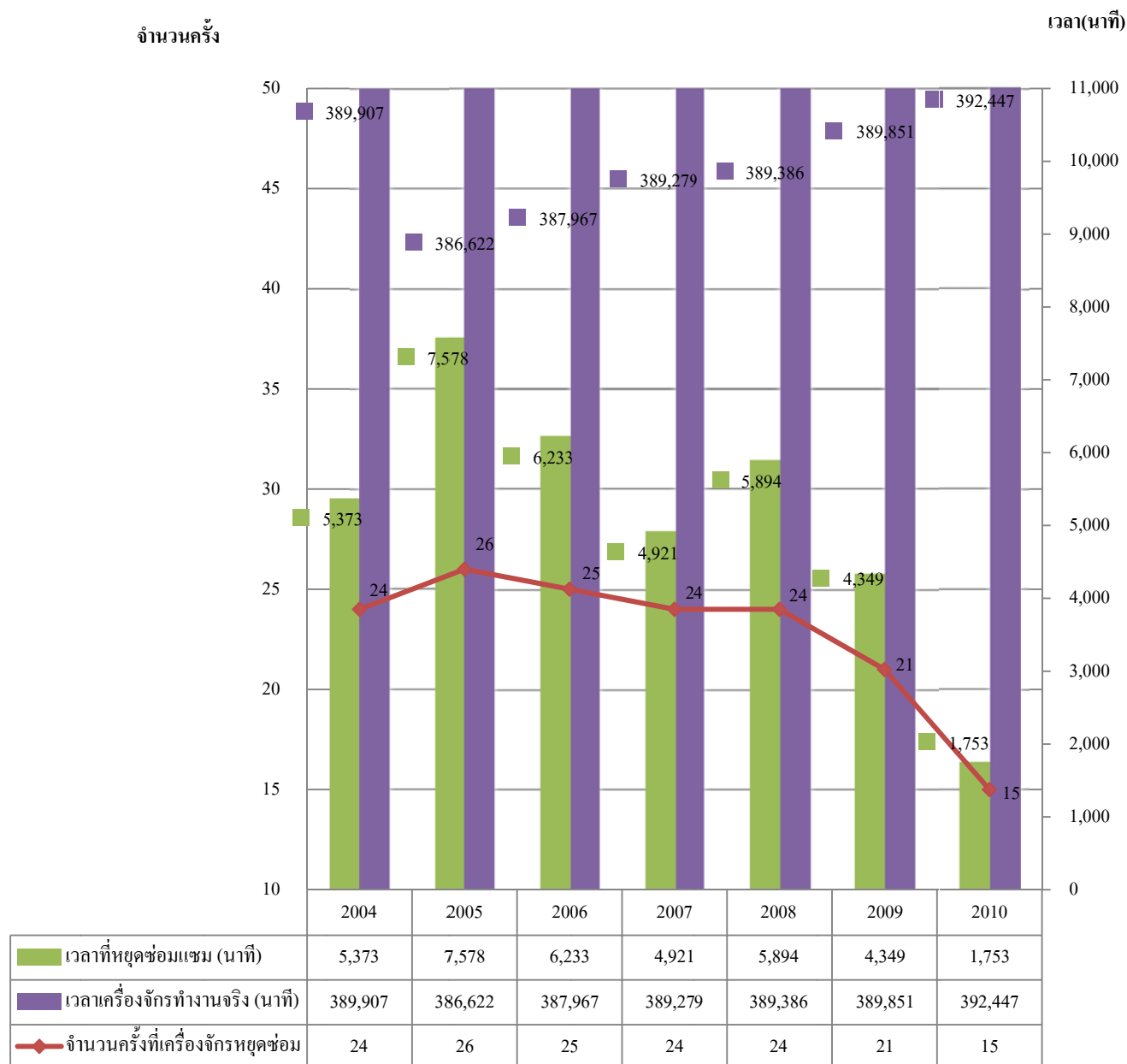
4.2 การวัดผลการบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า

เมื่อทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุ และหาแนวทางแก้ไขปัญหา โดยจะทำการวิเคราะห์ในเชิงประมาณเพื่อทำการเปรียบเทียบ ผลก่อน และหลังการปรับปรุงการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยใช้ค่า MTBF (Mean time between Failures), ค่า MTTR (Mean time to Repair), ความพร้อมของเครื่องจักร และค่าอัตราการเสีย มาใช้ในการเปรียบเทียบ เพื่อนำมาทำการหาวิธีการปรับปรุงแก้ไข และการดำเนินบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน ซึ่งจากการปฏิบัติงานจริงของหน่วยงานซ่อมบำรุงได้บันทึกสถิติการเกิดเหตุขัดข้องก่อน และหลังปรับปรุงระบบด้วยการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สถิติการทำงาน และการเกิดเหตุขัดข้อง ระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน สถานีพระรามเก้า ปี 2004 ถึง ปี 2010

รายละเอียด	2004	2005	2006	2007	2008	2009	ค่าเฉลี่ย	2010
เวลาที่ใช้เครื่องจักรทั้งหมด (นาท)	395,280	394,200	394,200	394,200	395,280	394,200	394,560	394,200
จำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดซ่อม	24	26	25	24	24	21	24	15
เวลาที่หยุดซ่อมแซม (นาท)	5,373	7,578	6,233	4,921	5,894	4,349	5,725	1,753
เวลาเครื่องจักรทำงานจริง (นาท)	389,907	386,622	387,967	389,279	389,386	389,851	388,835	392,447

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเก็บสถิติ จำนวนครั้ง และเวลาในการเกิดเหตุขัดข้อง ดังรูปที่ 4.6 จะพบว่า ในปี 2005 เกิดเหตุขัดข้องมากที่สุด จำเป็นต้องทำการปิดซ่อมแซมเครื่องจักร และอุปกรณ์ นานที่สุด เนื่องจากการทำกิจกรรมบำรุงรักษาเชิงป้องกันภายในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร และตัวพนักงานในหน่วยงานซ่อมบำรุง และในส่วนที่เกี่ยวข้องยังไม่เห็นความสำคัญของงานซ่อมบำรุงเท่าที่ควร ในปี 2010 จากการเปรียบเทียบผลการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันพบว่า ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบดีขึ้น และมีแนวโน้มของการเกิดเหตุ และเวลาซ่อมแซมที่ลดลง



ภาพที่ 4.6 แนวโน้มสถิติการทำงาน และการเกิดเหตุขัดข้อง

4.3 การวิเคราะห์สภาพความใช้งาน และการปรับปรุงของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า

ผู้ทำการศึกษาได้นำข้อมูลที่ได้จริงจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการแจ้งซ่อมของเจ้าหน้าที่ประจำสถานีโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมราชมงคล สถานีพระรามเก้า ซึ่งข้อมูลที่เก็บรวบรวมมา ได้จัดทำแผนงานการบำรุงรักษา และได้ทำเอกสารการตรวจสอบ แผนการเปลี่ยนอะไหล่ของเครื่องจักรไปใช้งานในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า โดยทำการวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ เพื่อเปรียบเทียบผลการปรับปรุงระบบงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของเครื่องจักร ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความน่าเชื่อถือ (MTBF) ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการบำรุงรักษา (MTTR) โดยใช้ข้อมูลก่อนการปรับปรุงระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ในปี 2004 – 2009 ซึ่งจะนำไปเปรียบเทียบกับผลการบำรุงรักษาเครื่องจักร หลังจากที่ได้ทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรแล้ว ในปี 2010 มาทำการคำนวณได้ดัง 4 วิธีนี้

1. อัตราความพร้อมใช้งานเครื่องจักร (% Machine Availability)

$$MA = \left(\frac{T_m}{T_m + T_s} \right) \times 100$$

ตามตารางที่ 4.10 จะพบว่าค่าความใช้งานของเครื่องจักร ซึ่งเป็นผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล ของเครื่องจักรเฉลี่ย ก่อนการปรับปรุงมีค่า ร้อยละ 98.57

2. อัตราการขัดข้องของเครื่องจักร (% Machine Breakdown)

$$MB = \left(\frac{T_s}{T_s + T_m} \right) \times 100$$

ตามตารางที่ 4.10 จะพบว่าอัตราการขัดข้องของเครื่องจักร ในระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน ซึ่งเป็นผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล ของเครื่องจักรเฉลี่ย ก่อนการปรับปรุงมีค่า ร้อยละ 1.43

3. เวลาเดินต่อเนื่องเฉลี่ย (Mean Time between Failures ; MTBF)

$$MTBF = \left(\frac{Tw}{Nmsw} \right)$$

จากข้อมูลจะพบว่าเวลาเดินต่อเนื่องเฉลี่ย ของระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน ซึ่งเป็นผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล ของเครื่องจักรเฉลี่ย ก่อนการปรับปรุงมีค่า 270.02

4. เวลาหยุดซ่อมแซมเฉลี่ย (Mean time to repair ; MTTR)

$$MTTR = \left(\frac{Ts}{Nmsw} \right)$$

จากข้อมูลจะพบว่าเวลาหยุดซ่อมแซมเฉลี่ย ของระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน ซึ่งเป็นผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลของเครื่องจักรก่อนเฉลี่ย การปรับปรุงมีค่า 3.98

จากสูตรการคำนวณทั้ง 4 วิธี สามารถทำการวัดผลได้ต้องทำการเก็บข้อมูล ทั้งก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุง เพื่อทำการเปรียบเทียบ โดยการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า นี้ ไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง ซึ่งเริ่มใช้งานในปี 2010 ดังนั้นการเก็บข้อมูล เพื่อนำมาทำการวัดผลได้แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ

ช่วงก่อนการปรับปรุง ได้ทำการเก็บข้อมูลก่อนเริ่มใช้แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ใช้ระยะเวลา 6 ปี คือตั้งแต่ปี คศ. 2004 – 2009

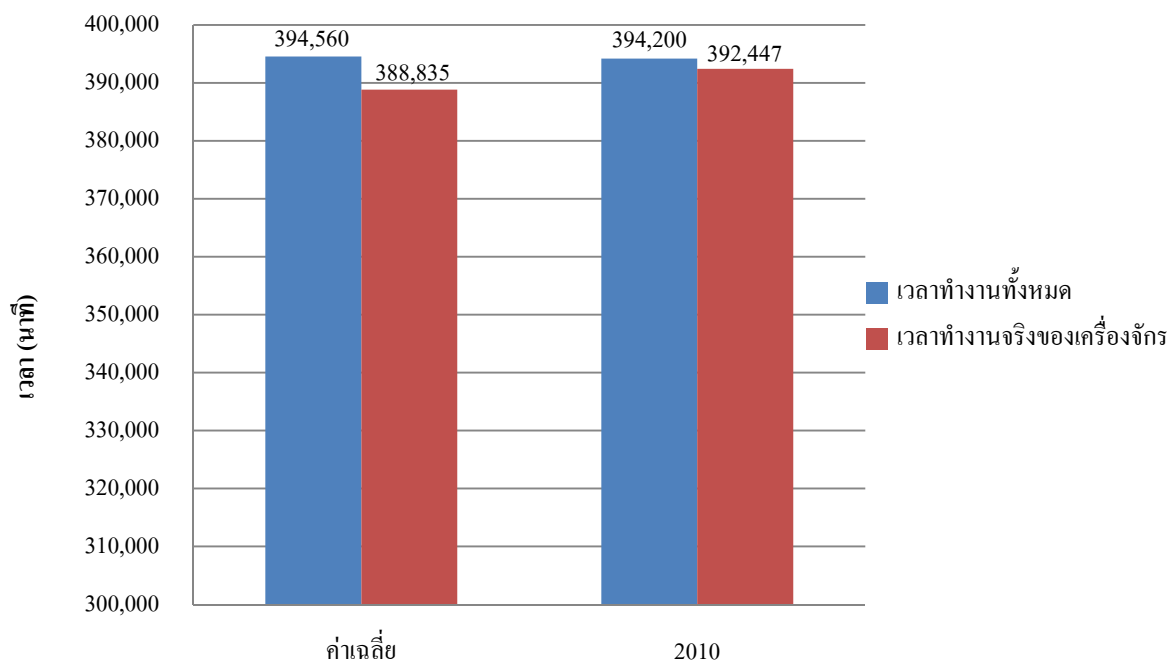
ช่วงหลังการปรับปรุง ได้ทำการเก็บข้อมูลหลังเริ่มใช้แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ใช้ระยะเวลา 1 ปี คือในปี คศ. 2010

เมื่อผู้ปฏิบัติงานจริงของหน่วยงานซ่อมบำรุง ได้ข้อมูลสถิติเวลาการใช้งาน และจำนวนครั้งที่เกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร และอุปกรณ์ ภายในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า เพื่อนำมาคำนวณหาสภาพความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบ จากการวิเคราะห์ผลการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร และอุปกรณ์แบบเดิม เปรียบกับผลการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร และอุปกรณ์ ที่กำลังทำการศึกษาอยู่ มาทำการคำนวณโดยแสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลการวัดผลการปรับปรุงระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานี
พระรามเก้า

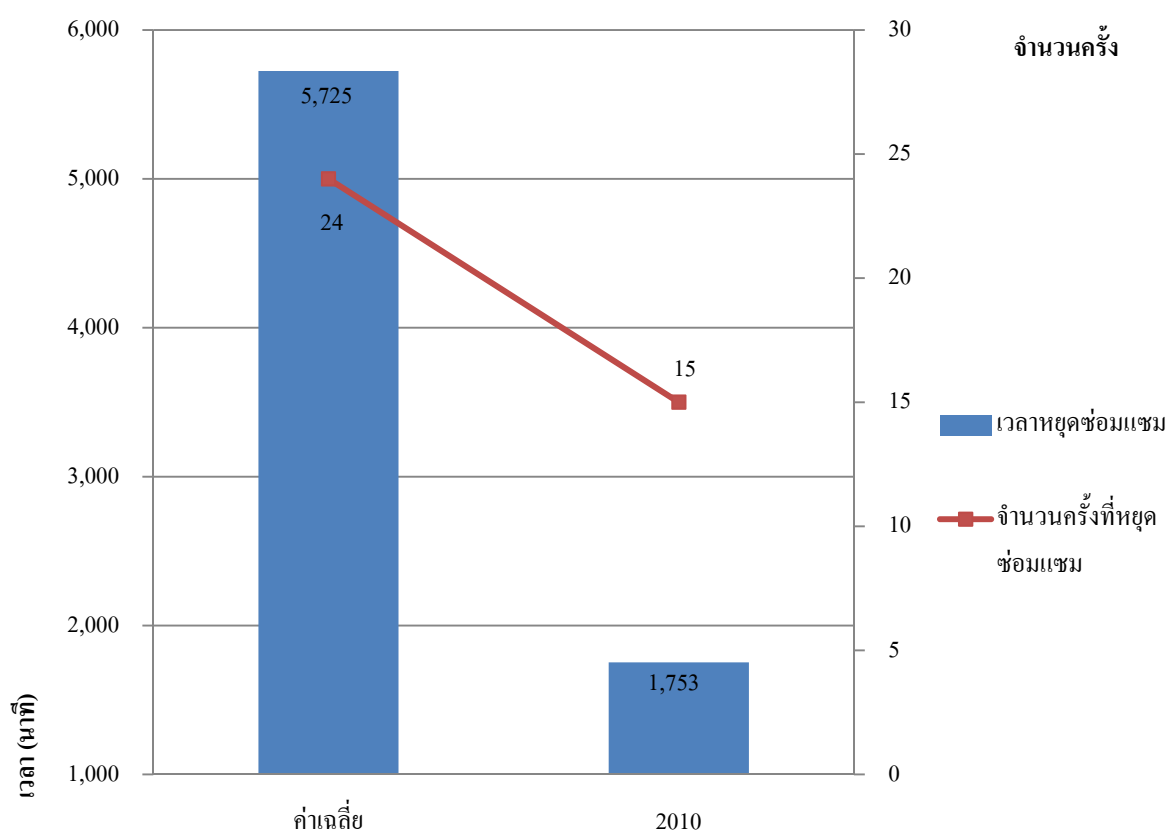
ข้อมูล	ก่อนการปรับปรุง							หลังการ ปรับปรุง
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	ค่าเฉลี่ย	2010
เวลาทำงานทั้งหมด	395,280	394,200	394,200	394,200	395,280	394,200	394,560	394,200
เวลาทำงานจริง	389,907	386,622	387,967	389,279	389,386	389,851	388,835	392,447
เวลาหยุดซ่อมแซม	5,373	7,578	6,233	4,921	5,894	4,349	5,725	1,753
จำนวนครั้งที่หยุดซ่อมแซม	24	26	25	24	24	21	24	15
% Machine Availability	98.66	98.11	98.44	98.77	98.53	98.91	98.57	99.56
% Machine Breakdown	1.34	1.89	1.56	1.23	1.47	1.09	1.43	0.44
MTBF	270.77	247.83	258.64	270.81	270.41	309.41	270.02	436.05
MTTR	3.73	4.86	4.16	3.42	4.09	3.45	3.98	1.95

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลก่อน และ หลังการทำงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จากภาพที่ 4.7 จะพบว่า แนวโน้มของการทำงานของเครื่องจักร และอุปกรณ์ ภายในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า มีแนวโน้มที่สูงมากขึ้น กว่าก่อนที่จะเริ่มดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน



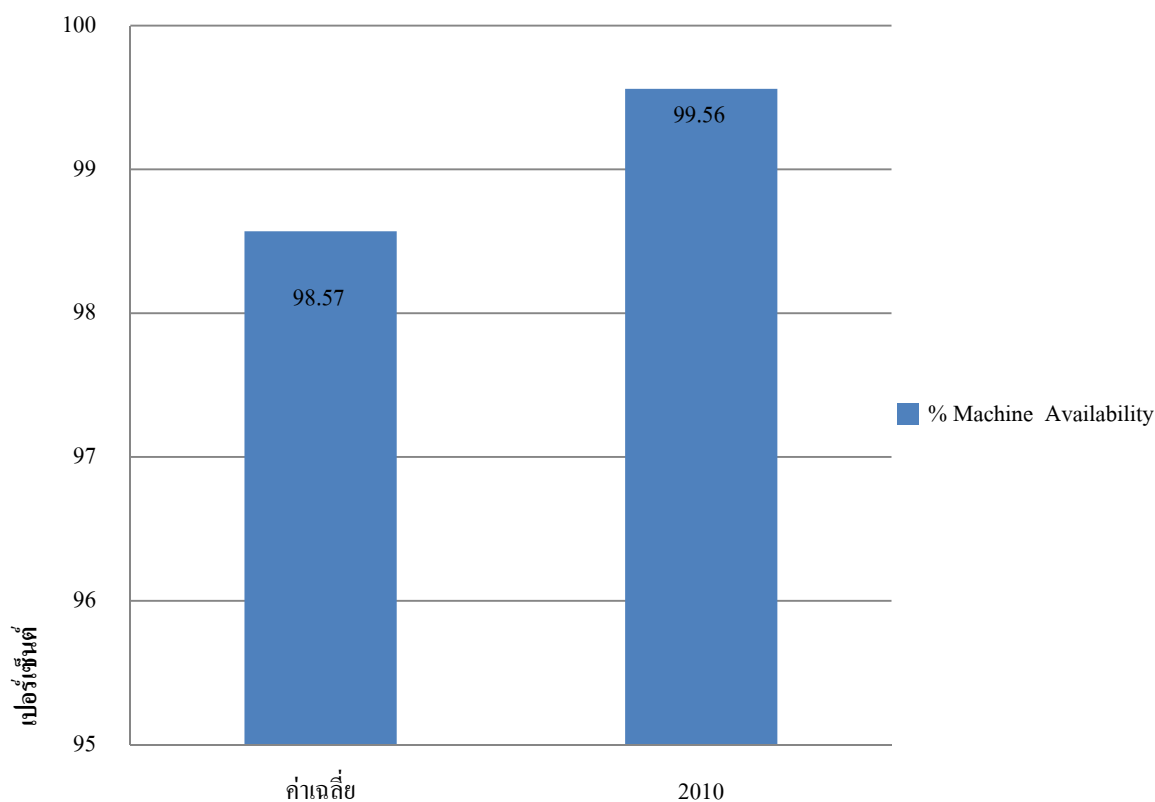
ภาพที่ 4.7 การเปรียบเทียบระหว่างเวลาการทำงานกับการทำงานจริง ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง

จากผลการวิเคราะห์สถิติจำนวนครั้งที่เกิดเหตุขัดข้องของ และเวลาในการซ่อมแซม เครื่องจักร และอุปกรณ์ ผู้ศึกษานำข้อมูลก่อน และหลังการทำงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ที่ได้ เพื่อ มาทำการหาแนวโน้มของการขัดข้องของเครื่องจักร และอุปกรณ์ ภายในระบบระบายอากาศ ภายในอุโมงค์รถไฟใต้ดินสถานีพระรามเก้า หลังจากรับการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแล้ว พบว่า จำนวนครั้ง และเวลาในการซ่อมแซมเครื่องจักร และอุปกรณ์ มีแนวโน้มที่อย่างเห็นได้ชัดเจน ดัง ภาพที่ 4.8



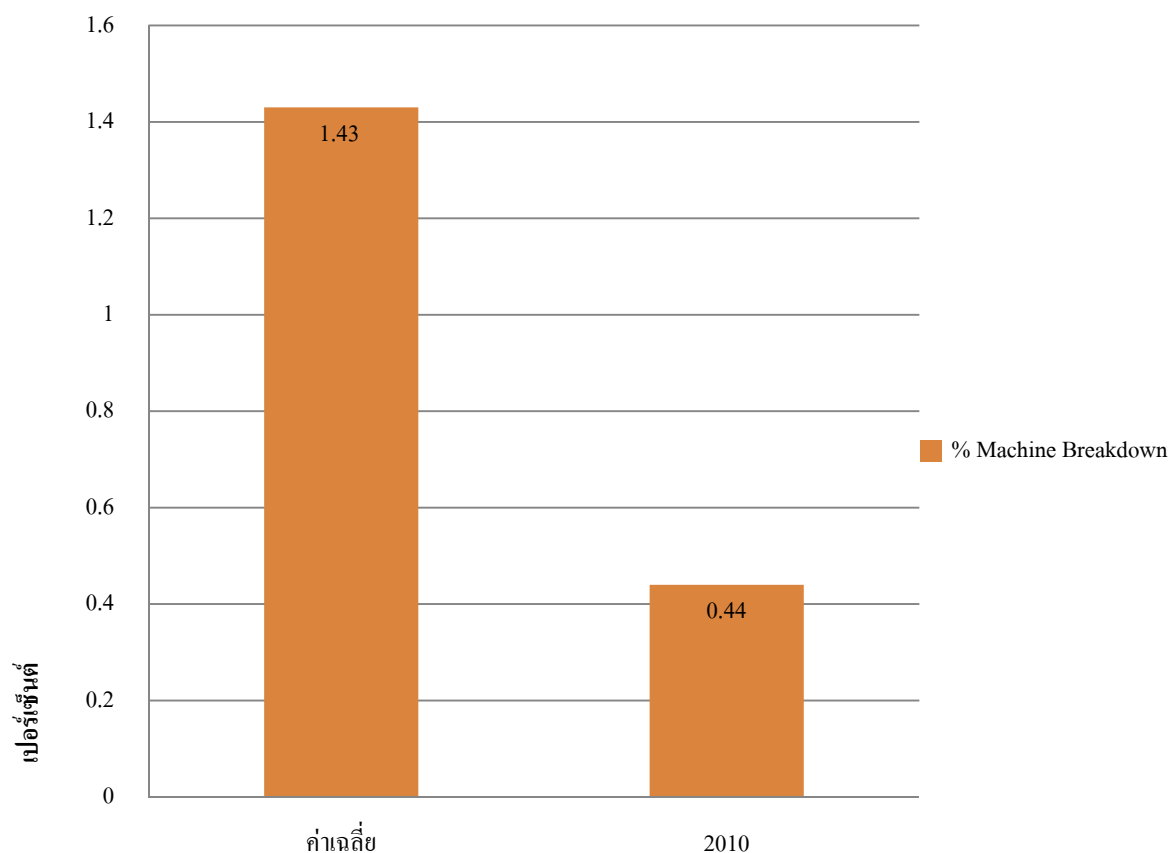
ภาพที่ 4.8 การเปรียบเทียบระหว่างเวลาหยุดเดินระบบ กับจำนวนครั้งที่หยุดเดินระบบ ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณหาค่า อัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า ก่อนทำการปรับปรุงระบบนั้น เวลาหยุดเครื่องจักร ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการซ่อมบำรุงรักษา ถ้าหยุดซ่อมมาก และใช้เวลานานเท่าไรก็จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักร และอุปกรณ์ลดต่ำลงไปด้วย โดยปกติแล้ว ค่าอัตราความพร้อมใช้งานเครื่องจักร จะใช้ในการตั้งเป้าหมายให้หน่วยงานซ่อมบำรุง หลังจากวิศวกรได้ทำการวางแผนงานเรียบร้อยแล้ว ซึ่งพบว่าหลังทำการปรับปรุงระบบในปี 2010 นั้น ระยะเวลาในการหยุดซ่อมเครื่องจักร และอุปกรณ์ นั้นน้อยลงมาก เป็นผลทำให้มีอัตราความพร้อมใช้งานที่สูงขึ้นเป็น 99.56% ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 การเปรียบเทียบค่าอัตราการขัดข้องของเครื่องจักร ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณหาค่า อัตราความขัดข้องของเครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟใต้ดินสถานีพระรามเก้า ก่อนทำการปรับปรุงระบบนั้น เวลาหยุดเครื่องจักร ส่วนใหญ่เป็นงานบำรุงรักษาที่เป็นงานแก้ไขซ่อมแซม เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่เกิดการชำรุดเสียหายในระหว่างที่ใช้งานอยู่ โดยอาจจะซ่อมแซมชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรทำการเปลี่ยน อะไหล่ ใหม่ที่เกิดการชำรุดเสียหาย เพื่อที่จะทำให้เครื่องจักร และอุปกรณ์อยู่ในสภาพเดิม และระบบสามารถกลับมาทำงานได้ดีดังเดิม อัตราการขัดข้องยิ่งมากก็มีผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักร และอุปกรณ์ ต่ำลงไปด้วย หลังจากทำการปรับปรุงระบบในปี 2010 นั้นพบว่าเกิดการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร และอุปกรณ์นั้นน้อยลงไปด้วย เป็นผลทำให้มีอัตราความขัดข้องของเครื่องจักร และอุปกรณ์ ลดน้อยลงเหลือ 0.44% ดังภาพที่ 4.10



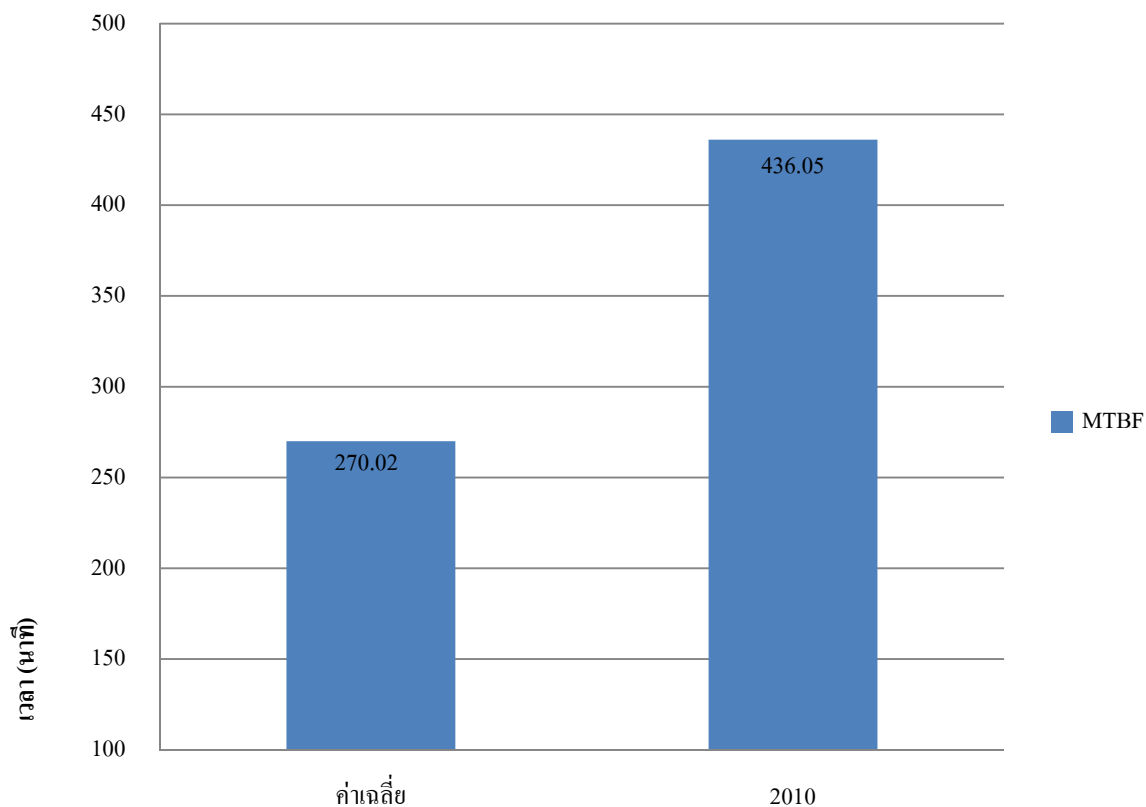
ภาพที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าอัตราความขัดข้องของเครื่องจักร ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง

จากการนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ ค่าเวลาเดินต่อเนื่องเฉลี่ย (MTRF) และค่าเวลาหยุดซ่อมแซมเฉลี่ย (MTTR) ก่อนการดำเนินงาน ระหว่างปี 2004 – 2009 และหลังดำเนินงาน ในปี 2010 ซึ่งจากการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์อัตราการเพิ่มขึ้น และลดลงของค่า MTBF และ MTTR ที่ใช้ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้าแล้ว พบว่า ค่า MTBF ของระบบมีอัตราที่เพิ่มสูงขึ้น 61.49% ส่วนค่าของ MTTR นั้น ลดลง 51.01% ทำให้สามารถลดปริมาณความเสียหายของอุปกรณ์ที่ใช้ในการซ่อมบำรุงระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินลง 65.06% ต่อปี ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 อัตราของค่า MTBF และค่า MTTR ของระบบอากาศภายในอุโมงค์รถไฟใต้ดิน สถานีพระรามเก้า

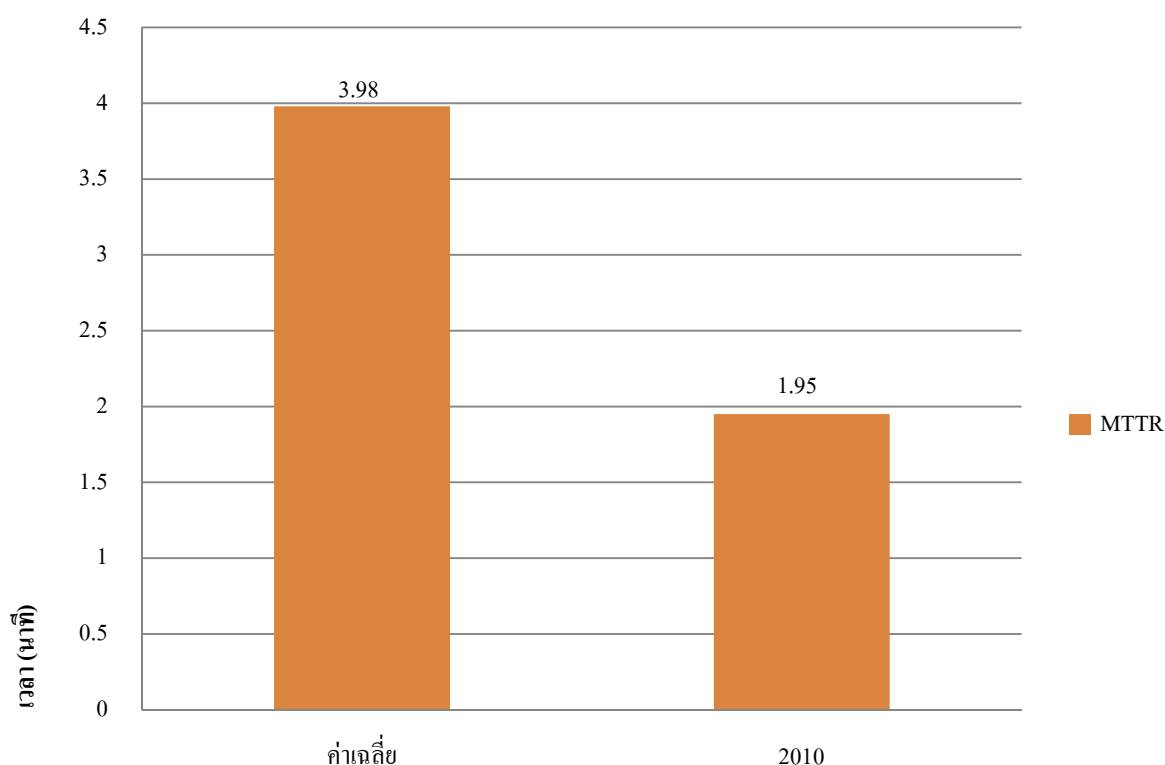
ค่าที่ทำการวัด	ก่อนดำเนินงาน	หลังดำเนินงาน	อัตราเปอร์เซ็นต์	
	ค่าเฉลี่ย		อัตราเพิ่มขึ้น	อัตราลดลง
MTBF	270.02	436.05	61.49	-
MTTR	3.98	1.95	-	51.01

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณหาค่า เวลาเดินต่อเนื่องเฉลี่ย (MTBF) ที่ใช้ในการวัดค่าความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร และอุปกรณ์ ในระบบระบบอากาศภายในอุโมงค์รถไฟใต้ดิน สถานีพระรามเก้า ก่อนทำการปรับปรุงระบบนั้น ว่าเครื่องจักร และอุปกรณ์ส่วนใหญ่ใช้เวลาในการเดินระบบ หรือใช้งานนานเท่าไร จนกระทั่งต้องทำการแก้ไขซ่อมแซม เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่เกิดการชำรุดเสียหาย ซึ่งก่อนปรับปรุงมีค่า MTBF เท่ากับ 270.02 แต่หลังจากทำการปรับปรุงแล้วพบว่า ค่า MTBF ได้เพิ่มสูงขึ้นเป็น 436.05 ซึ่งผลจากการที่ค่า MTBF หลังการปรับปรุงด้วยการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันทำให้เครื่องจักร และอุปกรณ์ สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพโดยรวมเพิ่มสูงขึ้น กว่าก่อนดำเนินการปรับปรุงด้วยการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน 37 นาทีต่อครั้ง ดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่า MTBF ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณหาค่า ค่าเวลาหยุดซ่อมแซมเฉลี่ย (MTTR) ที่ใช้ในการวัดค่าความพร้อมต่อการใช้งานของเครื่องจักร และอุปกรณ์ ในระบบระบายอากาศภายใน อุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า ก่อนทำการปรับปรุงระบบนั้น ว่าใช้เวลาตั้งแต่เริ่มมีการ Breakdown จนกระทั่งทำการแก้ไขซ่อมแซมเครื่องจักร และอุปกรณ์ จนแล้วเสร็จ และสามารถใช้งานได้เป็นปกติ ซึ่งก่อนปรับปรุงมีค่า MTTR เท่ากับ 3.98 แต่หลังจากทำการปรับปรุงแล้วพบว่า ค่า MTTR ได้ลดต่ำลงเหลือ 1.95 ซึ่งผลจากการที่ค่า MTTR หลังการปรับปรุงด้วยการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันทำให้สามารถลดเวลาในการซ่อมแซมเครื่องจักร และอุปกรณ์ กว่าก่อนดำเนินการปรับปรุงด้วยการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน 31 นาทีต่อครั้ง ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 เปรียบเทียบค่า MTTR ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง

จากการนำค่าของดัชนีการชี้วัดการดำเนินงานดังกล่าวทำให้รู้ว่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินของสถานีพระรามเก้า เป็นระบบที่มี Availability ที่สูงพอสมควร (วัฒนา เชียงกุล และเกรียงไกร ดำรงรัตน์ MAINTANANCE THE PROFIT MAKET บำรุงรักษา งานเพิ่มกำไรบริษัท) เครื่องจักรที่มี Availability สูงไม่ได้หมายความว่ามีความ Reliability สูงมันอาจจะเสียบ่อยมาก เดินแล้วไม่รู้จะเสียเมื่อไร แต่เสียแล้วซ่อมง่าย ใช้เวลาสั้น จะมี Availability สูง ดังนั้นประเด็นหลักใน Availability คือ MTTR คือสามารถซ่อมได้เร็ว ในทำนองเดียวกัน Availability ที่สูงเท่ากันแต่อัตราการเสียต่ำ คือ Reliability สูง แต่ใช้เวลาซ่อมนานกว่า ดังนั้นประเด็นหลักใน Availability สูง คือ MTBF คือไม่ค่อยเสีย

ซึ่งหลังจากทำการปรับปรุง ด้วยการทำการศึกษางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า จากการวิเคราะห์ พบว่า หลังจากทำการปรับปรุงค่า MTBF มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ค่า MTTR มีค่าที่ลดลง ทำให้เครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า มีค่าอัตราความพร้อมใช้งานเครื่องจักรสูงขึ้น และอัตราการขัดข้องของเครื่องจักรลดต่ำลงด้วย ส่งผลให้สามารถลดปริมาณ

ความเสียหายของอุปกรณ์ที่ใช้ในการซ่อมแซม เครื่องจักร ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน ลงได้ 65.06% ต่อปี

4.4 การสรุปการปรับปรุงการทำงานของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า

4.4.1 รายละเอียดในการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบ Tunnel Ventilation System มีอุปกรณ์ที่ต้องทำการ Preventive Maintenance โดยสามารถจัดทำ Task List ได้ดังต่อไปนี้

4.4.1.1 FAN

1 Monthly Checking

- Check vibration attenuators proper operation against mechanical vibration
- Check by measuring the mechanical vibration on the bearing and/or the motor

- Check bearing vibration, noise and temperature development

- Check to relubricating the bearing (greasing 20g/ 4000 HR)

- Check abrasion, corrosion or dirt deposits on the impeller

1 Yearly Checking

- Check to replacing the bearing (20,000-80,000 Hrs.)

- Check roller bearings, sealing rings and abrasion of the coupling.(8000 Hrs. operation)

- Cleaning and repeated balancing

- Check antistall ring connection is not any damage of loose

4.4.1.2 Damper

1 monthly Checking

- Operate the damper to ensure its fully open and fully close position correctly

- Check actuator & micro switch during operate the damper to ensure its work properly 6 monthly Checking

- Check the damper for any signs of deterioration

4.4.1.3 TVCP

Main Control Board

4 Monthly Checking

- Check dust, dirt, moisture of other contamination
- Check enclosure, door and mechanical moving part (e.g. hinges, fasteners, etc.)
- Check ventilation fan operate properly
- Check filter is free from dirt and dust
- Check bus bar connection and support there is not any damaged or loose of bolting
- Check cable and wiring termination its no loose of tightening
- Check Metering & Indicators are still in function correctly

1 Yearly Checking

- Check for proper of ACB, MCCB, CB functioning and free from sticking and no damaged or broken
- Check contact for excessive wear and dirt accumulations
- Check termination that no loose of power and control circuits can cause control malfunction

- Check sequence check for control circuit (Open, Close, Trip etc.)

Motor Control Panel

4 Monthly Checking

- Check dust, dirt, moisture or other contamination
- Check enclosure, door and mechanical moving part (e.g. hinges, fasteners, etc.)
- Check ventilation fan operate properly
- Check filter is free from dirt and dust
- Check Monitoring & Control are still in function correctly
- Check wiring and termination no loose fasteners

1 Yearly Checking

- Check for proper of PLC and relays functioning and free from fault
- Check contact for excessive wear and dirt accumulations
- Check termination that no loose of power and control circuits can cause control malfunction
- Check sequence check for control circuit

4.4.1.4 TVCP

4 Monthly Checking

- Check dust, dirt, moisture or other contamination
- Check enclosure, door and mechanical moving part (e.g. hinges, fasteners, etc.)
- Check monitoring & control are still in function correctly
- Check wiring and termination no loose fasteners

1 Yearly Checking

- Check contract for excessive wear and dirt accumulations
- Check termination that no loose of power and control circuits can cause control

malfunction

- Check sequence check for control circuit
- Check for proper of PLC and relays functioning and free from fault

4.4.1.5 FP

4 Monthly Checking

- Check dust, dirt, moisture or other contamination
- Check enclosure, door and mechanical moving part (e.g. hinges, fasteners, etc.)
- Check monitoring & control are still in function correctly
- Check wiring and termination no loose fasteners

1 Yearly Checking

- Check contract for excessive wear and dirt accumulations
- Check termination that no loose of power and control circuits can cause control

malfunction

- Check sequence check for control circuit
- Check for proper of PLC and relays functioning and free from fault

4.4.2 สรุปปัญหาจากความขัดข้องของอุปกรณ์ ภายในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์สถานีรถไฟฟ้ามหานครสายเฉลิมรัชมงคล

จากการศึกษา และทำการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้ามหานครสายเฉลิมรัชมงคล พบว่ายังขาดการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ดีพอ ทำให้อุปกรณ์ในระบบเกิดการชำรุดเสียหาย ทำให้ระบบหยุดทำงาน ซึ่งอุปกรณ์ ที่เกิดเหตุขัดข้อง ทำให้

เกิดความเสียหาย และทำให้ใช้ระยะเวลาในการแก้ไขซ่อมแซมนานที่สุดได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำการปรับปรุงแก้ไขได้ โดยระบุลงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การแก้ไขปัญหาจากความเสียหายของอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศรถไฟฟ้ายานใต้ดิน

ลำดับ	รายละเอียด	ผลกระทบที่เกิด	ข้อปฏิบัติ	ระยะเวลา	ปรับปรุงเพื่อ
1	เทอร์มินอลมอเตอร์ไหม้	เป็นผลนำไปสู่การชำรุดของ Motor	ทำการตรวจเช็คสภาพของเทอร์มินอล โดยทำการ Monitor (วัดค่ากระแส แรงดัน ความเป็นฉนวน และความชื้นสะท้อน) และเพิ่มความละเอียดในการกวดขันจุดเชื่อมต่อต่างๆ	ทุก 1 เดือน	ค้นพบปัญหาก่อนเกิดการชำรุดที่รุนแรง
2	ลูกปืนสึกหรอหรือแตก	เป็นผลทำให้ขดลวดขาด และนำมาสู่การชำรุดของ Motor	ทำ SPM Test (Shock Pulse Measurement) และให้เดิมจาระบี 20 กรัม ทุกๆ 4,000 ชั่วโมง	ทุก 1 ปี	วิเคราะห์สภาพการหล่อลื่นของลูกปืน เพื่อค้นหาสิ่งผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นได้
3	ตลับลูกปืนแตก	Bearing High Temperature	ทำการตรวจเช็คโดยฟังเสียงขณะอุปกรณ์กำลังทำงาน Circuit Breaker, Terminal และ จุดเชื่อมต่อต่างๆ โดยให้ทำการตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าตามเอกสารอย่างละเอียด	ทุก 1 เดือน	
		ทำให้ Motor ชำรุดและไม่สามารถสั่ง Run พัดลมได้	ทำ SPM Test (Shock Pulse Measurement) กำหนดให้มีการเปลี่ยน Bearing ตาม Performance base และเดิมจาระบี 20 กรัม ทุกๆ 4,000 ชั่วโมง	ทุก 1 ปี	
4	ขดลวดมอเตอร์ไหม้	Winding High Temperature	ทำการตรวจเช็ค Circuit Breaker, Terminal และ จุดเชื่อมต่อต่างๆ โดยให้ทำการตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าตามเอกสารอย่างละเอียด	ทุก 1 เดือน	วิเคราะห์ความผิดปกติของ motor ขับเคลื่อน
		ทำให้ขดลวด Motor ใหม่เป็นผลทำให้ Motor ชำรุด	ทำการตรวจเช็คสภาพความเป็นฉนวนของมอเตอร์ ทำการ Monitor อุปกรณ์เป็นแบบ Condition Check (วัดค่ากระแส แรงดัน ความเป็นฉนวน และความชื้นสะท้อน)	ทุก 1 ปี	พัดลม และลดค่าใช้จ่ายสำหรับการ Overhaul motor

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	ผลกระทบที่เกิดขึ้น	ข้อปฏิบัติ	ระยะเวลา	ปรับปรุงเพื่อ
5	มอเตอร์ชำรุด	Motor ชำรุด ทำให้ไม่สามารถตั้ง Run พัดลมได้	ตรวจเช็คการสั่นสะเทือนของพัดลม	ทุก 1 เดือน	วิเคราะห์ความผิดปกติของ motor ขับเคลื่อนพัดลม และลดค่าใช้จ่ายสำหรับการ Overhaul motor
			ทำการ Condition Check and Analysis ผลการวิเคราะห์การตรวจเช็ค ได้แก่ การจดบันทึกค่าการทำงาน การ Insulation test	ทุก 1 ปี	
6	ใบพัดลมแตกหรือหัก	ใบพัดลมหักทำให้เสียสมดุลย์ในการทำงานซึ่งทำให้มอเตอร์ทำงานเกินกำลังส่งผลให้ขดลวด Short ลง Ground ทำให้ Motor ชำรุด และไม่สามารถตั้ง Run พัดลมได้	ทำการตรวจเช็คสภาพใบพัดลม วัดระยะห่างของ Blade และทำการกวดขันน็อตยึดจุดเชื่อมต่อต่างๆ	ทุก 1 ปี	ตรวจเช็คความผิดปกติ และสภาพของใบพัดลม
7	Vibration	ทำให้ Motor เกิดการชำรุดอย่างรวดเร็ว และทำให้ใบพัดลมหักได้	ทำการตรวจเช็คลูกยางลดการสั่นสะเทือน/ยางรองแท่นพัดลม กวดขันน็อตยึดแท่นและทำความสะอาด และตรวจเช็คอาการผิดปกติต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์และใช้เครื่องมือการวัดการสั่นสะเทือนอ้างอิง	ทุก 1 เดือน	เพื่อค้นหาความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นก่อนเกิดการชำรุดที่รุนแรง
8	Flow Switch	ทำให้เกิดการ Shut Down ของตัวพัดลม	ทำการตรวจเช็คสภาพของ Flow Switch อย่างละเอียด พร้อมทำการกวดขันจุดเชื่อมต่อให้แน่น		