

การศึกษางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้า
ใต้ดินสถานีพระรามเก้า

กเชนทร์ สีแดง

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอาคาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2556

**A STUDY OF PREVENTIVE MAINTENANCE OF AIR
VENTILATION SYSTEM IN SUB WAY TUNNEL
THE RAMA 9 STATION**

KACHEIN SEEDANG

A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Building Technology Management

Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University

2013

หัวข้อสารนิพนธ์	การศึกษางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า
ชื่อผู้เขียน	คเชนทร์ สีแดง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร. ตีเกะ บุณนาค
สาขาวิชา	การจัดการเทคโนโลยีอาคาร
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งเน้นในเรื่องการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยเฉพาะระบบระบายอากาศในอุโมงค์ของรถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้าซึ่งเปิดให้บริการเป็นปีที่ 9 และมีอัตราผู้ใช้บริการไม่ต่ำกว่า 250,000 คน ต่อวัน นอกจากนี้ยังมีการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงระบบต่างๆ เพื่อรักษาสภาพการปฏิบัติงานให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม อาทิ รถไฟรางวิ่ง ระบบอัตโนมัติสัญญาณ ระบบ SCADA ระบบประกอบอาคาร ซึ่งรวมไปถึงระบบระบายอากาศในอุโมงค์ในการศึกษานี้

ระบบระบายอากาศในอุโมงค์ถูกออกแบบขึ้นเพื่อใช้ในการระบายอากาศภายในอุโมงค์ควบคุมอุณหภูมิภายในอุโมงค์ และที่สำคัญใช้ในการระบายควันไฟ ในกรณีเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่า อัตราการเกิดเหตุขัดข้อง และระยะเวลาในการซ่อมแซมอาจต้องใช้เวลาสูง จึงทำการศึกษางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า ทั้งนี้เพื่อหากระบวนการป้องกันและลดปัญหาอันที่อาจทำให้เกิดความเสียหาย และลดความสูญเสียจากเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ภายในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน

จากการศึกษาพบว่าสามารถปรับปรุงการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสามารถช่วยลดปัญหาอันเนื่องมาจากความเสียหายและความสูญเสียจากเหตุขัดข้องของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินได้และความขัดข้องที่เกิดขึ้นลดลง 69.26% นอกจากนี้เครื่องจักรยังมีความพร้อมในการใช้งานเพิ่มขึ้นที่ 1.004% โดยที่ค่า MTBF เพิ่มขึ้นที่ 61.49% ในขณะที่ค่า MTTR ลดลงอยู่ที่ 51.01%

คำสำคัญ: การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ความพร้อมใช้งานเครื่องจักร ความขัดข้องของเครื่องจักร

Thematic Paper Title	A Study of Preventive Maintenance of Air Ventilation System in the Subway Tunnel of the Rama Ninth Subway Station
Author	Kachein Seedang
Thematic Paper Advisor	Asst. Prof. Dr. Tika Bunnag
Department	Building Technology Management
Academic Year	2012

ABSTRACT

The research aims to study the preventive maintenance of air ventilation system in subway tunnel of the Rama ninth subway station where has been servicing for almost nine years and the average number of passenger are more than 25,000 persons per day. Moreover, there are the preventive maintenance managements of others system in order to maintain the engineering standard utilization such as train, railroad track, signal system, SCADA system, building composition system including the air ventilation system in the subway tunnel of this study.

The air ventilation system has been designed for controlling the air temperature within the subway tunnel in addition to ventilate smoke in the case of conflagration. Since the studied analysis shows the increasing error ratio and long time period for repairing; therefore, the research will find the preventive method to reduce the damage trouble together with decreasing the loss from any obstruction may cause due to the interior mechanical failures of the air ventilation system.

The study shows that the preventive maintenance methodology can reduce the damage problem and the obstruction within the subway tunnel while the numbers of the obstruction decrease at 69.26 percent. Moreover, the availability of machinery increases at 1.004 percent, the MTBF value increases at 61.49 percent, but MTTR value decreases at 51.01 percent.

Key words: Preventive Maintenance, Availability of Machinery, Mechanical Failures

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดิกะ บุญนาค ที่เสียสละเวลาอันมีค่า รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้แนวคิดรวมถึงคำแนะนำที่แนวทาง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ โดยให้แนวคิดอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษาครั้งนี้ ตั้งแต่เริ่มต้นจนสารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

ในโอกาสนี้ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดิกะ บุญนาค ผู้อำนวยการบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอาคาร ที่ท่านได้ให้เกียรติสละเวลาอันมีค่า ให้คำชี้แนะแก้ไขและช่วยเหลือทำให้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เกิดความสุขุมมากยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณ ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์ ที่ท่านได้ให้เกียรติเป็นประธานกรรมการ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุภาพ แยมไทรพัฒน์ ที่ท่านกรุณาให้คำชี้แนะแก้ไขในฐานะกรรมการ ขอขอบพระคุณ อาจารย์ นิตยา จันทรเรือง มหาผล ที่ท่านกรุณาให้คำชี้แนะในฐานะผู้ทรงคุณวุฒิ รวมถึงเป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านอาชีพอนามัย และสิ่งแวดล้อม

ขอขอบพระคุณ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดในองค์กร ที่ให้ความร่วมมือในการทำการศึกษ เก็บข้อมูล และทำการทดลอง รวมถึงให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ต่อการศึกษาในครั้งนี้

และท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจ ให้การสนับสนุนอย่างแรงกล้า และขอขอบคุณ ครอบครัวที่ให้กำลังใจและสนับสนุนด้วยดีมาโดยตลอด ทำให้เกิดแรงบันดาลใจในการศึกษา และทำให้สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

กเชนทร์ สีแดง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ฅ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	5
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา.....	5
2. แนวคิด ทฤษฎี และงานที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 แนวคิด และทฤษฎี ที่เกี่ยวกับการระบายอากาศ.....	6
2.2 แนวคิด และทฤษฎี ที่เกี่ยวกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน.....	11
2.3 การวัดประสิทธิภาพผลการซ่อมบำรุง.....	24
2.4 หลักการทำงานของพัดลมระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟใต้ดิน.....	26
2.5 การศึกษาที่เกี่ยวข้อง.....	29
3. วิธีดำเนินงานศึกษา.....	30
3.1 ขั้นตอนในการศึกษา.....	30
3.2 พื้นที่ของระบบระบายอากาศที่ทำการศึกษา.....	31
3.3 ความสัมพันธ์ของระบบ SCADA กับระบบระบายอากาศ ในอุโมงค์รถไฟใต้ดินสถานีพระรามเก้า.....	41
3.4 แนวทางการศึกษางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศ ในอุโมงค์รถไฟใต้ดินสถานีพระรามเก้า.....	43
3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาการทำงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบ ระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟใต้ดินสถานีพระรามเก้า.....	57

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษา.....	65
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	77
4. ผลการดำเนินการทดลอง.....	78
4.1 ผลการดำเนินการแก้ไข.....	78
4.2 การวัดผลการบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบระบายอากาศ ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้ามหานครสถานีพระรามเก้า.....	92
4.3 การวิเคราะห์สภาพความใช้งานของระบบระบายอากาศ ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้ามหานครสถานีพระรามเก้า.....	94
4.4 การปรับปรุงการทำงานของระบบระบายอากาศ ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้ามหานครสถานีพระรามเก้า.....	104
5. สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ.....	109
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	110
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	111
5.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาต่อไป.....	111
บรรณานุกรม.....	113
ภาคผนวก.....	116
ประวัติผู้เขียน.....	119

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 องค์ประกอบของอากาศบริสุทธิ์แห่งที่ระดับน้ำทะเล.....	3
2.1 ข้อดีและข้อเสียของการระบายอากาศแบบเจือจาง และแบบเฉพาะที่.....	11
3.1 กำหนดการทำการบำรุงรักษาเพื่อการป้องกัน (Preventive Maintenance Schedule) ของพัดลมระบายอากาศในอุโมงค์.....	43
3.2 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของพัดลมระบายอากาศภายในอุโมงค์.....	46
3.3 กำหนดการทำการบำรุงรักษาเพื่อการป้องกัน (Preventive Maintenance Schedule) Damper.....	47
3.4 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของ Damper.....	48
3.5 กำหนดการทำการบำรุงรักษาเพื่อการป้องกัน (Preventive Maintenance Schedule) Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)	50
3.6 กำหนดการทำการบำรุงรักษาเพื่อการป้องกัน (Preventive Maintenance Schedule) แผงควบคุม.....	52
3.7 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของตู้ Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP).....	55
3.8 กำหนดการทำการบำรุงรักษาเพื่อการป้องกัน (Preventive Maintenance Schedule) TVRP and FP.....	56
3.9 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของตู้ TVRP and FP.....	57
3.10 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิด คลิป์แอมป์ FLUKE รุ่น 337.....	58
3.11 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิด คลิป์แอมป์ HIOKI รุ่น 337.....	59
3.12 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิด มัลติมิเตอร์ FLUKE รุ่น 177.....	60
3.13 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องวัดปริมาณลม DIGICON รุ่น DA – 42.....	62
3.14 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องวัดค่าความเป็นฉนวน KYORITSU รุ่น 3007A.....	63
3.15 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องวัดความสั้นสะเทือน STANDARD SET (SMP:Shock Pulse Methode) รุ่น T30.....	64

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
3.16 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องวัดก๊าซ RAE SYSTEM รุ่น QRAEN II.....	65
3.17 ตารางแสดงความสำคัญของอุปกรณ์ในระบบ Tunnel Ventilation System.....	77
4.1 ประวัติการหยุดทำงานของเครื่องจักรหยุดการก่อนใช้ระบบ การบำรุงรักษาเชิงป้องกันตั้งแต่ปี 2004 ถึง ปี 2010 ของระบบ ระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า.....	80
4.2 เวลาที่เครื่องจักรหยุดการทำงานจากระบบระบายอากาศ ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน.....	83
4.3 สาเหตุการเกิดเหตุขัดข้องจากการทำงานของระบบระบายอากาศ ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า ปี 2004 ถึง 2010.....	84
4.4 การเกิดเหตุขัดข้องของระบบไฟฟ้า ปี 2004 – 2010.....	87
4.5 การเกิดเหตุขัดข้องของระบบควบคุม ปี 2004 – 2010.....	88
4.6 การเกิดเหตุขัดข้องของระบบเครื่องจักรกล ปี 2004 – 2010.....	90
4.7 การเกิดเหตุขัดข้องของระบบอื่นๆ และงานนอก Scope ปี 2004 – 2010.....	91
4.8 สถิติการทำงาน และการเกิดเหตุขัดข้อง ระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์ รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า ปี 2004 ถึง ปี 2010.....	92
4.9 ข้อมูลการวัดผลการปรับปรุงระบบระบายอากาศ ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า.....	96
4.10 อัตราของค่า MTBF และค่า MTTR ของระบบระบายอากาศ ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า.....	101
4.11 การแก้ไขปัญหาจากความเสียหายของอุปกรณ์ ในระบบระบายอากาศรถไฟฟ้าใต้ดิน.....	107
5.1 สรุปผลที่ได้จากการดำเนินการศึกษา.....	110

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 องค์ประกอบของอากาศบริสุทธิ์.....	4
2.1 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation).....	8
2.2 การระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanism ventilation).....	8
2.3 กิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน.....	13
2.4 การแสดงเป้าหมายของการบำรุงรักษา.....	15
2.5 สาเหตุของการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร.....	17
2.6 อัตราการขัดข้องในอายุการใช้งานของเครื่องจักร (Bath-Tub Curve).....	18
2.7 การระบายอากาศในอุโมงค์ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของรถไฟ.....	27
3.1 สถานีพระรามเก้า ในโครงการโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคล.....	31
3.2 สถานที่ตั้งของสถานีพระรามเก้า ในโครงการโครงการรถไฟฟ้าใต้ดิน สายเฉลิมรัชมงคล.....	32
3.3 ทางเข้า – ออก จุดที่ 1 ของสถานีพระรามเก้า.....	33
3.4 ทางเข้า – ออก จุดที่ 2 ของสถานีพระรามเก้า.....	34
3.5 ทางเข้า – ออก จุดที่ 3 ของสถานีพระรามเก้า.....	34
3.6 ทางเข้า – ออก จุดที่ 4 ของสถานีพระรามเก้า.....	35
3.7 ทางเข้า – ออก จุดที่ 5 ของสถานีพระรามเก้า.....	36
3.8 โครงสร้างภายในของสถานีพระรามเก้า.....	37
3.9 ชั้นรวมผู้โดยสาร (ชั้น Retail).....	37
3.10 ชั้นโถงผู้โดยสาร (ชั้น Concourse).....	38
3.11 ชั้นรอรถโดยสาร (Platform).....	38
3.12 อุโมงค์ภายในรถไฟใต้ดินสถานีพระรามเก้า.....	39
3.13 แนวอุโมงค์ที่มีแนวเส้นทางในแนวตั้งในลักษณะตงท้องช้าง.....	40
3.14 พื้นที่ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้าขาไป.....	40
3.15 พื้นที่ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้าขากลับ.....	40
3.16 การติดตั้งระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน สถานีพระรามเก้า.....	42
3.17 เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิดคลิปแอมป์ ผลิตภัณฑ์ FLUKE รุ่น 337.....	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.18 เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิด คลิปแอมป์ ผลิตภัณฑ์ HIOKI รุ่น 3280 – 10.....	59
3.19 เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิด มัลติมิเตอร์.....	60
3.20 เครื่องวัดปริมาณลม.....	61
3.21 เครื่องวัดค่าความเป็นฉนวน.....	62
3.22 เครื่องวัด Machine Condition Tester.....	63
3.23 เครื่องวัดก๊าซ.....	64
3.24 ขั้นตอนการจัดเก็บและรวบรวมข้อมูลการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้่าใต้ดิน.....	67
4.1 จำนวนครั้ง และเวลาที่เครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศ ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้่าใต้ดินหยุดทำงาน.....	81
4.2 เปรียบเทียบเวลาที่เครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศ ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้่าใต้ดิน หยุดทำงาน เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย.....	82
4.3 เวลาเครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศ ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้่าใต้ดินหยุดทำงาน.....	84
4.4 สาเหตุการเกิดเหตุขัดข้องของระบบระบายอากาศภายใน อุโมงค์รถไฟฟ้่าใต้ดินสถานีพระรามเก้า.....	85
4.5 สาเหตุการเกิดเหตุขัดข้องของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์ รถไฟฟ้่าใต้ดินสถานีพระรามเก้า.....	86
4.6 แนวโน้มสถิติการทำงาน และการเกิดเหตุขัดข้อง.....	93
4.7 การเปรียบเทียบระหว่างเวลาทำงานกับการทำงานจริง ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง.....	97
4.8 การเปรียบเทียบระหว่างเวลาหยุดเดินระบบ กับจำนวนครั้งที่หยุดเดินระบบ ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง.....	98
4.9 การเปรียบเทียบค่าอัตราการขัดข้องของเครื่องจักร ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง.....	99
4.10 การเปรียบเทียบค่าอัตราความขัดข้องเครื่องจักร ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง.....	100
4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่า MTBF ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง.....	102
4.12 เปรียบเทียบค่า MTTR ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง.....	103

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

รถไฟฟ้าใต้ดินมีการใช้กันเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ.1863-1864 ณ กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ ในอดีตรถไฟจะเป็นแบบขับเคลื่อนด้วยเครื่องจักรพลังไอน้ำ และได้มีวิวัฒนาการจนมาเป็นแบบขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า ในปัจจุบันประเทศไทยได้นำเอารถไฟฟ้าใต้ดินมาใช้ในการขนส่งมวลชนเป็นครั้งแรก ซึ่งเส้นทางวิ่งของรถไฟฟ้าจะวิ่งอยู่บนราง ภายในอุโมงค์ใต้ดิน การออกแบบระบบระบายอากาศและปรับอากาศในส่วนอุโมงค์ ได้มีการพิจารณาทางสภาวะการใช้งานปกติ และสภาวะฉุกเฉิน พร้อมทั้งอุปกรณ์เสริมอื่นๆ และระบบเพื่อความปลอดภัย ไว้อย่างครบถ้วนตามมาตรฐานสากล

ระบบรถไฟใต้ดินที่สร้างในประเทศไทยจะเป็นระบบขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าภายในสถานี (เฉพาะบางสถานี) จะมีหม้อแปลง Traction จ่ายพลังงานให้กับรถไฟ จึงมีการออกแบบระบบเพื่อความปลอดภัยต่างๆ และที่สำคัญระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน พร้อมทั้งอุปกรณ์เสริมอื่นๆ ไว้อย่างครบถ้วน ทั้งนี้เพื่อให้ระบบระบายอากาศในอุโมงค์ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดจำเป็นต้องมีการจัดการ และการวางแผนการซ่อมบำรุงควบคู่ไปด้วยการเดินรถไฟฟ้าใต้ดินจะเริ่มต้นจากสถานีหัวลำโพง ไปสิ้นสุดที่สถานีบางซื่อ รวมจำนวนสถานีที่รถไฟจอดทั้งหมด 18 สถานี รวมระยะทางทั้งสิ้น 20 กิโลเมตรและโดยแนวอุโมงค์จะมี 2 แนว คือขาไป-จากกลับ ซึ่งตัวอุโมงค์ทั้งหมดจะอยู่ใต้ดิน โดยมีระบบระบายอากาศในอุโมงค์เป็นตัวควบคุมการไหลเวียนของอากาศทั้ง 2 อุโมงค์ และพื้นที่บริเวณปล่องอากาศ หน้าที่หลักของระบบคือระบายความร้อนในสภาพปกติ สภาพที่อากาศแออัด และดูดควันในขณะที่เกิดเพลิงไหม้ในสถานการณฉุกเฉิน โดยจะดูดอากาศจากอุโมงค์ ออกไปที่ปล่องระบายอากาศ (IVS) หรือทำการอัดอากาศจากภายนอกผ่านปล่องระบายอากาศเข้ามาภายในอุโมงค์ โดยใช้พัดลมระบายอากาศเป็นตัวช่วยในการดูดและอัดอากาศ เป็นตัวช่วยในการควบคุม อุณหภูมิ ความชื้น และเพิ่มอากาศที่บริสุทธิ์ เข้ามาในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน จะเห็นได้ว่าระบบระบายอากาศนั้นเน้นถึงความสำคัญของชีวิต และทรัพย์สินของผู้คนเป็นหลัก ดังนั้นเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้งานจึงมีความซับซ้อนมาก จึงส่งผลให้เครื่องจักร และอุปกรณ์เป็นทรัพย์สินที่มีการลงทุนสูงตามไปด้วย ดังนั้นการบำรุงรักษาจึงเป็นหัวใจหลักที่สำคัญในการปรับปรุงวิธีการดูแลระบบ และเครื่องจักร ให้อยู่ในสภาพที่ใช้ได้

อยู่ตลอดเวลา โดยมีการมุ่งเน้นที่การบำรุงรักษาและดูแลเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ (Maintenance) มากกว่าการซ่อมแซม (Repair) ซึ่งจะส่งผลให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงต้องเน้นการดูแลและตรวจเช็คสภาพตามระยะเวลา เพื่อทำการซ่อมแซม และปรับตั้ง ก่อนที่จะเกิดความขัดข้องของระบบระบายอากาศในอุโมงค์ได้

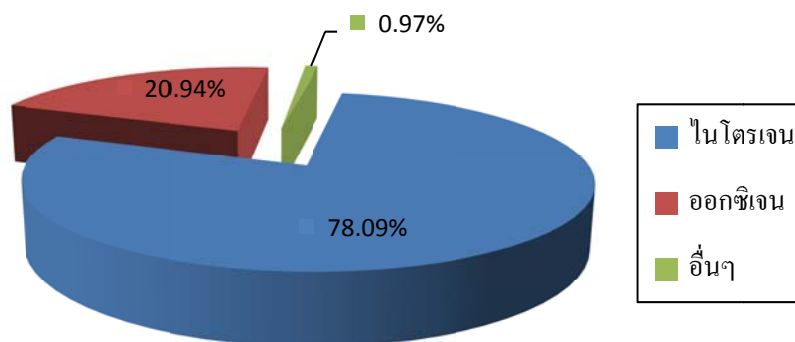
เนื่องจากรถไฟฟ้่าใต้ดินที่มีการทำงานอยู่ใต้พื้นดินที่ความลึก ประมาณ 17-25 m. มีความยาวของตัวสถานี ประมาณ 1,000 m. ต่อ 1 สถานี ขึ้นอยู่กับสภาพของถนน ซึ่งภายในอุโมงค์ใต้ดินจะต้องมีการระบายอากาศที่ดี เพราะภายในอุโมงค์รถไฟฟ้่าใต้ดินที่มีความร้อน และความชื้นสูง และในอุโมงค์รถไฟฟ้่าใต้ดินยังมีปัญหาทางมลพิษทางอากาศ ซึ่งเกิดจากการเดินรถเอง โดยปัญหาเหล่านี้จะอยู่ในรูปของฝุ่น ผงเหล็ก ละออง (mist) ไอและก๊าซจากท่อไอเสีย ฟุ้ง (fume) จากการเชื่อมต่างๆ และอื่นๆ ที่จัดว่าเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ที่ทำงาน เมื่อมลพิษถูกปล่อยออกจากกระบวนการผลิตต่างๆ เช่น เกิดผงเหล็ก จากการเบรกของรถไฟ เป็นต้น เมื่อมลพิษถูกปล่อยออกมาในสถานประกอบการจะส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงานในสถานที่ที่เราทำงานอยู่ โดยพร้อมจะเข้าสู่ร่างกายและทำอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานโดยผ่านทางระบบทางเดินหายใจ โดยปกติขณะนั่งอยู่เฉยๆ มนุษย์จะหายใจเอาอากาศเข้าไปด้วยอัตราประมาณ 6 LPM. และเมื่อเราออกแรงทำงานอัตราการหายใจจะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งถ้าเป็นงานหนักก็อาจจะถึง 50 LPM.

วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ นิตยา มหาผล ชีระ เกรอต (2536) มลภาวะอากาศ อากาศที่บริสุทธิ์จะประกอบด้วย ไนโตรเจน 78.09% ออกซิเจน 20.94% ที่เหลืออีก 0.97% จะประกอบด้วยอาร์กอน คาร์บอนไดออกไซด์ นีออน ฮีเลียม คริปทอน ซีนอน ก๊าซอินทรีย์ และอนินทรีย์ ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการณ์และเวลา โดยปกติจะมีไอน้ำอยู่ในอากาศประมาณ 1%-3% และยังประกอบไปด้วยฝุ่นละอองต่างๆ ซึ่งมีขนาดที่แตกต่างกันไป ตั้งแต่ขนาดหลายไมครอนจนถึงหลายสิบลิวเมตร ซึ่งองค์ประกอบของอากาศนั้นเราสามารถที่จะแสดงได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 องค์ประกอบของอากาศบริสุทธิ์แห่งที่ระดับน้ำทะเล

องค์ประกอบของอากาศบริสุทธิ์แห่งที่ระดับน้ำทะเล			
ลำดับ	องค์ประกอบ	ร้อยละ	ส่วนในล้านส่วน
1	ไนโตรเจน	78.09	780,900
2	ออกซิเจน	20.94	209,400
3	อาร์กอน	0.93	9,300
4	คาร์บอนไดออกไซด์	0.0318	318
5	นีออน	0.0018	18
6	ฮีเลียม	0.00052	5
7	คริปทอน	0.0001	1
8	ซีนอน	0.000008	0.08
9	ไนตรัสออกไซด์	0.000025	0.25
10	ไฮโดรเจน	0.00005	0.5
11	มีเทน	0.00015	1.5
12	ไนโตรเจนไดออกไซด์	0.0000001	0.001
13	โอโซน	0.000002	0.02
14	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	0.00000002	0.0002
15	คาร์บอนมอนอกไซด์	0.00001	0.1
16	แอมโมเนีย	0.000001	0.01

จากตารางที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบของอากาศบริสุทธิ์นั้น ประกอบไปด้วย ก๊าซต่างๆ 16 ชนิด ซึ่งสามารถแบ่งส่วนประกอบออกเป็น 3 ส่วนหลักๆด้วยกัน ดังกราฟภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 องค์ประกอบของอากาศบริสุทธิ์

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบพัดลมระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก สำหรับการตรวจสอบสภาพของระบบพัดลมระบายอากาศในอุโมงค์ และการซ่อมบำรุงที่จำเป็น เพื่อไม่ให้เกิดการชำรุดเสียหายของระบบก่อนเวลาอันควร หรือไม่สามารถใช้งานได้กรณีเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินขึ้น การทำกิจกรรม บำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)

เนื่องจากตัวของอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน อยู่ลึกลงไปใต้พื้นดิน ประมาณ 17-25 m. มีความยาว ประมาณ 1,000 m. ขึ้นอยู่กับสภาพของถนน และพื้นที่ในการก่อสร้างซึ่งภายในอุโมงค์ใต้ดินจะต้องมีการระบายอากาศที่ดี เพราะภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน ที่มีความร้อน และความชื้นสูง ถ้าเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น เกิดเพลิงไหม้ รถไฟตกราง หรือเกิดเหตุรถไฟชนกัน ภายในอุโมงค์แม้กระทั่งตัวของพนักงานซ่อมบำรุงเองที่ทำงานอยู่ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน

ขณะที่มีทำงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการซ่อมรางรถไฟ งานเจียรรางรถไฟ ซึ่งจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดฟุ้ง (fume) จากการเชื่อมต่างๆ และยังรวมไปถึงพนักงานซ่อมบำรุงในระบบต่างๆ เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบ Fire Alarm ระบบ SCADA ระบบ Plumbing & Drainage เป็นต้น ซึ่งการซ่อมบำรุงอุปกรณ์เหล่านี้จะทำในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน ในสถานที่ที่มีอากาศจำกัด และอาจก่อให้เกิดอากาศเป็นพิษ เมื่อเราหายใจเอาอากาศเสียเข้าไปในร่างกายก๊าซพิษ หรืออากาศเสียจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับ ฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ทำให้การลำเลียงออกซิเจนจากปอด ไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายไม่เพียงพอ ทำให้เกิด อาการเครียด หายใจแรง เวียนศีรษะ หน้ามืด และอ่อนเพลีย สาเหตุมาจากสมองขาดออกซิเจน อาการหนักถึงขั้นสลบซັก และอาจเสียชีวิตได้ รวมไปถึงก๊าซหรือไอระเหยที่ติดไฟ หรือระเบิดได้ จึงจำเป็นต้องมีระบบพัดลมระบายอากาศในอุโมงค์ที่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และต้องมีการบำรุงรักษาอุปกรณ์ใน

ระบบ ให้สามารถทำงานได้ตลอดเวลา เพราะระบบพัดลมระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน ถือเป็นระบบที่ Lift Safety ของโครงการรถไฟฟ้าใต้ดิน ที่จะเน้นถึงความปลอดภัยต่อชีวิต และทรัพย์สินของเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานอยู่ และผู้ที่มาใช้บริการขนส่งทางรถไฟฟ้าใต้ดินอีกด้วย โดยระบบพัดลมระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินจะมีความสำคัญหลักๆดังนี้

เพื่อการควบคุมอุณหภูมิในพื้นที่ไว้ที่ค่าที่ต้องการ

เพื่อการลดความชื้น และความร้อนในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินให้เหมาะสม

เพื่อควบคุมการไหลเวียนของอากาศในอัตราที่เหมาะสม

เพื่อควบคุมคุณภาพ และ ความบริสุทธิ์ของอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษากระบวนการ การป้องกันปัญหาอันเนื่องมาจากความเสียหายของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน
2. เพื่อจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ที่ถูกต้องเหมาะสม เพื่อป้องกันปัญหาซึ่งส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้บริการ และพนักงานที่ต้องทำงานซ่อมบำรุงภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาหลักการทำงานของพัดลมระบายอากาศในอุโมงค์ของรถไฟฟ้าใต้ดินของสถานีพระรามเก้าเท่านั้น
2. ศึกษาและเก็บข้อมูลการทำกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ของตัวพัดลมระบายอากาศในอุโมงค์
3. ศึกษาและวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ของระบบพัดลมระบายอากาศในอุโมงค์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานศึกษา

1. เพื่อเป็นข้อมูลในการศึกษาและเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน
2. เป็นข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์การทำกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ของระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน โครงการอื่นๆ

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิด และทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศ

ระบบระบายอากาศเป็นระบบที่ใช้หลักทางวิศวกรรม และมีความจำเป็นอย่างมากสำหรับอาคาร โรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท และอาคารสาธารณะต่างๆ ซึ่งในปัจจุบันอาคารเหล่านี้ทวีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น สิ่งที่ตามมาคืออันตรายจากการประกอบอาชีพ หรือประกอบธุรกิจ ซึ่งมีศักยภาพที่สูงขึ้นด้วย ทำให้อันตรายที่เกิดขึ้นในสถานประกอบการเหล่านี้ จำแนกได้เป็น 2 ประเภท ก็คือ เกิดการบาดเจ็บ ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเกิดอุบัติเหตุ และความเจ็บป่วย ซึ่งมีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากมลพิษในสถานที่ประกอบการนั่นเอง

มลพิษที่เกิดขึ้นจากวัตถุดิบ ผลผลิต หรือผลพลอยได้จากการผลิตต่างๆ ทั้งภายในอาคาร โรงงานอุตสาหกรรม เหล่านี้จัดเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เมื่อถูกปล่อยออกมาจากกรรมวิธีต่างๆ เข้าสู่สิ่งแวดล้อมภายในสถานประกอบการ มลพิษเหล่านี้จะอยู่ในรูปลักษณะต่างๆ เช่น ฝุ่น คิววัน มีสดี ไอ ก๊าซ พุ่ม และอื่นๆ มลพิษเหล่านี้ส่วนใหญ่จะปะปน และลอยลอยอยู่ในอากาศ ซึ่งพร้อมที่จะเข้าสู่ร่างกาย และทำอันตรายกับผู้ที่ปฏิบัติงานอยู่ภายในสถานที่นั้นๆ

ปกติแล้วขณะที่นั่งอยู่เฉยๆ คนเราจะหายใจเอาอากาศเข้าไปด้วยอัตราประมาณ 6 LPM. และต้องออกแรงทำงานอัตราการหายใจจะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งถ้าเป็นงานหนักก็อาจจะถึง 50 LPM. เนื่องจากการหายใจเป็นกระบวนการของร่างกายซึ่งจะหยุดลงไม่ได้ ดังนั้น จะเห็นได้ว่าทางเข้าสู่ร่างกายที่สำคัญที่สุดของมลพิษได้แก่ ทางการหายใจ การระบายอากาศเป็นการวิธีที่ใช้ได้ผลดี อีกวิธีหนึ่ง โดยอาศัยหลักการเคลื่อนย้ายอากาศที่ปนเปื้อนออกไปจากสถานประกอบการ การระบายอากาศจึงสามารถกำจัดสิ่งอันไม่พึงประสงค์ต่างๆ เช่น มลพิษ ความร้อน ความชื้น กลิ่นรบกวนต่างๆ คิววัน และอื่นๆ ซึ่งปะปนอยู่ในอากาศให้ออกไปจากสถานที่ปฏิบัติงาน และในขณะเดียวกันก็สามารถนำอากาศที่บริสุทธิ์ หรืออากาศที่มีคุณสมบัติที่ต้องการ ไหลเข้ามาได้ การระบายอากาศจึงเป็นวิธีการที่ใช้ได้ผลดีอีกวิธีหนึ่งในการป้องกันอันตรายต่อสุขภาพ หรือช่วยลดปัญหาความเดือดร้อนรำคาญซึ่งอาจเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน และผู้มาใช้บริการของรถไฟฟ้าใต้ดิน

2.1.1 ความหมายของการระบายอากาศ

การจัดการเคลื่อนย้ายอากาศด้วยปริมาณที่กำหนดให้ไหลไปในทิศทาง และด้วยความเร็วที่ต้องการสามารถกำจัด มลพิษ ความร้อน ความชื้น กลิ่นรบกวน คิววัน และอื่นๆ ให้ออก

ไปจากสถานที่ปฏิบัติงาน และให้อากาศบริสุทธิ์เข้ามาแทนที่ การระบายอากาศเป็นวิธีการด้านวิศวกรรมที่มีความสำคัญมากต่องานด้านสุขศาสตร์ ที่มีไว้ปรับปรุง หรือชำระไว้ซึ่งคุณภาพของอากาศด้านสิ่งแวดล้อม ในการทำงาน และสถานที่ทำงาน ดังนั้น จึงมีนิยามคำว่า “การระบายอากาศ” ได้อย่างกว้างๆ คือ “วิธีการควบคุมสิ่งแวดล้อมในการทำงานโดยอาศัยหลักการไหลของอากาศ” สำหรับการระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟใต้ดินนั้น การไหลของอากาศจะนำมาใช้เพื่อ

ระบายความร้อน/ความชื้นที่เกิดขึ้นภายในอุโมงค์รถไฟใต้ดิน

ควบคุมควันไฟขณะเกิดเหตุเพลิงไหม้

การทำให้สิ่งปนเปื้อนในอากาศเจือจางลง

การเพิ่มเติมอากาศบริสุทธิ์สู่นำงาน

อีกนัยหนึ่งอาจเรียกได้ว่าการระบายอากาศเป็นวิธีที่ช่วยลดระดับการคลุกคลีกับสิ่งปนเปื้อนในอากาศให้น้อยลง และการระบายอากาศยังสามารถช่วยป้องกันการสะสมของก๊าซ ไอระเหย หรือฝุ่น ควัน ที่อาจเกิดการติดไฟหรือระเบิดได้อีกด้วย จะเห็นได้ว่าการระบายอากาศ เป็นมาตรการที่ใช้ในการลดระดับของสิ่งปนเปื้อนในอากาศให้น้อยลงการระบายอากาศจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สำคัญในการเดินรถไฟใต้ดิน

2.1.2 พื้นฐานของการระบายอากาศ

การระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟใต้ดินเป็นมาตรการที่ถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมความเข้มข้นของสารเคมีที่เป็นผลต่อสิ่งแวดล้อมในสถานที่ทำงานทั้งชนิดที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และชนิดที่เป็นอันตรายทางกายภาพ เช่น การระเบิด เพลิงไหม้ เป็นต้น นอกจากนี้การระบายอากาศยังช่วยลดความร้อนซึ่งเป็นสาเหตุของความเหนื่อยล้า ความอึดอัดไม่สบายของคนตลอดจนควบคุมปัญหาเรื่องกลิ่น ความชื้น และคุณภาพของอากาศ การระบายอากาศ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ด้วยกันคือ

2.1.2.1 การระบายอากาศแบบทั่วไป (General Exhaust Ventilation) หรืออาจเรียกกันว่า การระบายอากาศเพื่อเจือจาง (Dilution Ventilation)

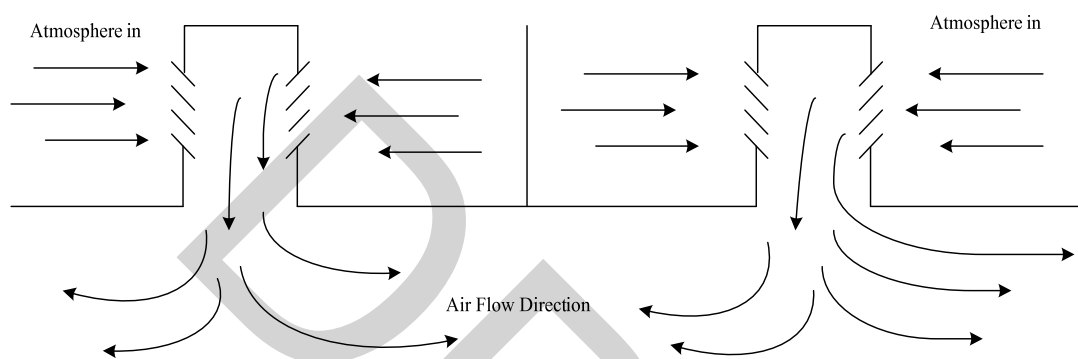
เป็นการระบายอากาศเพื่อใช้ลดความเข้มข้นของมลพิษ ซึ่งปนเปื้อนอยู่ในอากาศภายในสถานที่ทำงาน หรือสถานประกอบการต่างๆ โดยการทำให้มลพิษนั้นเจือจางลงด้วยอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก จนกระทั่งมลพิษดังกล่าวมีความเข้มข้นอยู่ในระดับไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ หรือไม่ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ เช่น กลิ่นอับไม่พึงประสงค์ต่างๆ

นอกจากอันตรายต่อสุขภาพ เนื่องจากมลพิษทางอากาศแล้ว การระบายอากาศแบบนี้ยังใช้ได้ดีในการป้องกัน และควบคุมปัญหาที่เกี่ยวกับความร้อน ความชื้น และอันตรายจากการ

ระเบิด อันเนื่องจากสารเคมีบางประเภทอีกด้วย โดยการระบายอากาศแบบทั่วไปนี้จะแบ่งออกเป็นสองแบบ คือ

การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation)

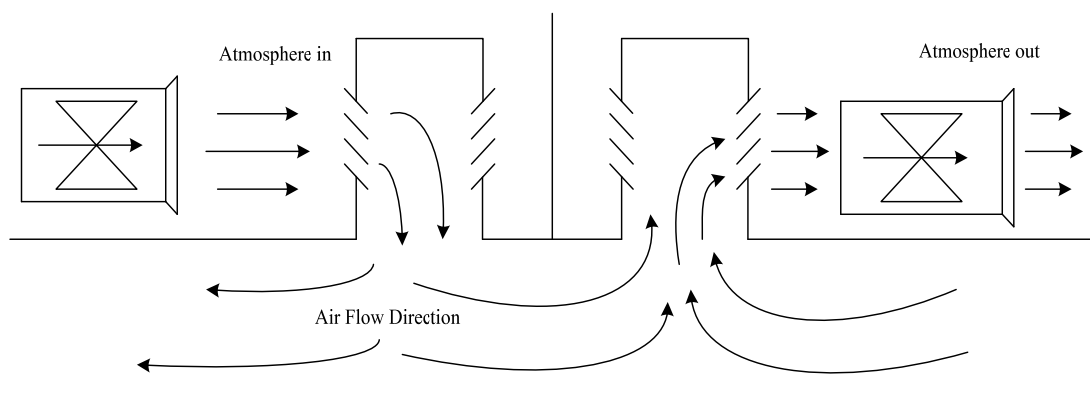
การระบายอากาศแบบธรรมชาตินี้ เป็นการอาศัยธรรมชาติเป็นตัวทำให้เกิดความดันบรรยากาศที่แตกต่างกันในสองพื้นที่ เป็นผลทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนไหว หรือเคลื่อนที่จากที่ซึ่งมีความดันบรรยากาศสูงไปยังที่ที่มีความดันบรรยากาศที่ต่ำกว่า



ภาพที่ 2.1 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation)

การระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanism ventilation)

การระบายอากาศโดยวิธีกล เป็นวิธีการระบายอากาศที่อาศัยตัวอุปกรณ์ หรือเครื่องกลร่วมไปถึง ระบบที่ใช้ในการควบคุมการระบายอากาศ เช่น พัดลมระบายอากาศที่ช่วยให้อากาศเคลื่อนไหว หมุนเวียนไปตามที่เรากำหนดไว้ เช่น ความเร็วของลม ทิศทางการเคลื่อนที่ของลม เป็นต้น



ภาพที่ 2.2 การระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanism ventilation)

2.1.2.2 การระบายอากาศแบบเฉพาะที่ (Local Exhaust Ventilation)

ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ เป็นการออกแบบมาเพื่อรวบรวมสารปนเปื้อนที่แหล่งจัดเก็บ หรือในกระบวนการผลิต ก่อนที่สารเคมีต่างๆ จะฟุ้งกระจาย หรือระเหยขึ้นสู่อากาศในระดับการหายใจของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นระบบระบายอากาศเฉพาะที่ จึงต้องมีมาตรการควบคุมสารปนเปื้อนที่แหล่งให้มีประสิทธิภาพสูง และประหยัดพลังงาน เนื่องจากมีอัตราการไหลออกสู่ภายนอกต่ำ ทำให้ใช้พลังงานในการเคลื่อนที่อากาศต่ำ

2.1.3 ประโยชน์ของการระบายอากาศ

การระบายอากาศนับว่าเป็นวิธีการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในมาตรการป้องกัน และควบคุมอันตรายที่เกิดจากสภาพแวดล้อมในการทำงาน ทั้งนี้ เพื่อผลในด้านการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดต่อสุขภาพอนามัยของผู้ที่ปฏิบัติงาน และผู้ที่มาใช้บริการรถไฟฟ้าใต้ดิน แต่อย่างไรก็ตาม ประโยชน์และความสำคัญของการระบายอากาศนั้นมีได้เพียงเพื่อคุ้มครองสุขภาพของคนงานเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงความรู้สึกสบาย กรณาวาสดุที่ฟุ้งกระจายกลับมาใช้ประโยชน์อีก ตลอดจนคุ้มครองป้องกันสิ่งแวดล้อมของชุมชนอีกด้วย โดยอธิบายเป็นข้อๆ ดังนี้

2.1.3.1 การระบายอากาศจะสามารถป้องกันไม่ให้เกิดอัคคีภัย และการระเบิดได้ ทั้งนี้ เพราะภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน จะมีการใช้สารเคมีบางประเภทในกระบวนการทำงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน รวมไปถึงงานด้านการซ่อมแซมอุปกรณ์ด้วย หากมีไอของสารเคมีดังกล่าวฟุ้งกระจายอยู่ในอุโมงค์ในปริมาณที่เข้มข้นสูงมากๆ โดยไม่มีระบบการระบายอากาศที่เหมาะสมในขณะเดียวกันเมื่อเกิดประกายไฟ หรือภายในอุโมงค์รถไฟฟ้ามีความร้อนที่สะสมจนทำให้เกิดการลุกไหม้ของไฟได้ หรือระเบิดได้

2.1.3.2 การระบายอากาศจะสามารถควบคุมระดับของสิ่งปนเปื้อนในอากาศ ทำให้สถานที่ทำงานอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อสุขภาพของคนงานได้ เพราะโดยทั่วไปแล้วในสถานประกอบการทั้งหลายที่มีการใช้สารเคมีในสถานประกอบการ หรือในการผลิต ก็มักจะมีการปนเปื้อนของสารเคมีในรูปหรือลักษณะต่างๆ เช่น ฝุ่น ละออง ฟุ้ง คิว ก๊าซ ไอสารแขวนลอยอยู่ในอากาศ ซึ่งสารเคมีเหล่านี้เมื่อคนงาน หรือผู้มาใช้บริการภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน สูดเอาอากาศเหล่านี้เข้าไปในร่างกาย ก็อาจจะสะสมอยู่ตามอวัยวะต่างๆ จนถึงระดับที่ทำให้เจ็บป่วย หรือไม่สบายได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารเคมีนั้นๆ หากมีการติดตั้งระบบการระบายอากาศที่มีความเหมาะสม ก็จะสามารถระดับความเข้มข้นของสารเคมีต่างๆ ที่แขวนลอยอยู่ในอากาศลงได้ จนถึงอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการทำงาน และผู้มาใช้บริการของทางรถไฟฟ้าใต้ดิน

2.1.3.3 การระบายอากาศยังสามารถควบคุมความร้อน และความชื้นให้อยู่ในระดับที่พนักงานจะรู้สึกสบายได้ ทั้งนี้เพราะความร้อน และความชื้นนอกจากจะสามารถทำให้อุณหภูมิ

ภายในร่างกายสูงขึ้น เป็นผลทำให้เกิดการสูญเสียเหงื่อมากกว่าปกติจนอาจทำให้เกิดอันตรายโดยการเป็นลมชัก เป็นตะคริว และเหนื่ออ่อนแล้ว ยังทำให้พนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่เกิดการหงุดหงิด อึดอัด และเสียสมาธิในการทำงาน เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพของงานลดน้อยลง ยิ่งไปกว่านั้น ยังนำมาซึ่งการเกิดอุบัติเหตุได้ แต่ในทางตรงข้าม หากมีการระบายอากาศที่ถูกต้อง และเหมาะสม ระบายอุณหภูมิและความชื้นของอากาศในอุโมงค์รถไฟไฟฟ้าใต้ดิน ไม่สูงจนเกินไป ก็จะทำให้พนักงานรู้สึกสบาย ประสิทธิภาพของการทำงานก็จะสูงตามมาด้วย

2.1.3.4 วิธีการระบายอากาศที่เหมาะสม จะสามารถดักเก็บวัสดุที่ฟุ้ง และยังสามารถลดปัญหาความสกปรกที่เกิดจากการฟุ้งกระจายของมลพิษในอากาศได้ด้วย เช่น ฝุ่นละอองจากการเบรกของตัวรถไฟ ซึ่งจะเกิดผงเหล็กฟุ้งอยู่ในอากาศ ถ้ามีการติดตั้งระบบระบายอากาศก็จะสามารถระบายเอาฝุ่นละอองเหล่านี้ออกไปทิ้งภายนอกอุโมงค์รถไฟได้ ซึ่งถ้าฝุ่นละอองเหล่านี้ไหลเข้าสู่ภายในสถานี เมื่อผู้คนสูดเอาฝุ่นละอองเหล่านี้เข้าไปในร่างกาย ก็จะเป็นอันตรายได้

2.1.3.5 การระบายอากาศที่ดียังสามารถดักเก็บฝุ่นละออง หรือสิ่งปนเปื้อนในอากาศไว้ก่อนที่จะปล่อย ปล่อย ฝุ่น คิวิน ออกสู่ภายนอกอุโมงค์รถไฟไฟฟ้าใต้ดิน ถ้าเราไม่มีการดักฝุ่นผง ละอองเหล่านี้แล้วปล่อยออกสู่แหล่งสาธารณะเลย ก็จะก่อให้เกิดปัญหาหมอกพิษทางอากาศขึ้นได้ โดยตัวดักเก็บฝุ่นละอองที่ได้มาตรฐานยังสามารถป้องกันปัญหาหมอกพิษทางเสียงก่อนปล่อยออกสู่แหล่งสาธารณะได้อีกด้วย ซึ่งการควบคุมต้นตอ หรือแหล่งของมลพิษตั้งแต่ต้นข้อมเป็นเรื่องง่าย และประหยัดในการแก้ปัญหาหมอกพิษกับทางวิ่งแวดล้อม และยังสามารถช่วยประหยัดทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดอีกด้วย

2.1.4 ข้อดีและข้อเสียของการระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง และแบบเฉพาะที่ การระบายอากาศแบบทำให้อากาศเจือจาง และการระบายอากาศแบบเฉพาะที่ (เจาะจงตำแหน่งที่จะทำการระบายอากาศ) ได้มีการเปรียบเทียบ ทั้งข้อดี และข้อเสียของการระบายอากาศทั้ง 2 แบบ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของการระบายอากาศแบบเจือจาง และแบบเฉพาะที่

การระบายอากาศ	ข้อดี	ข้อเสีย
1.การระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง	1.1 จัดทำได้ง่ายกว่าแบบที่ 2 1.2 ควบคุมมลพิษได้ทุกสถานะ 1.3 ประหยัดค่าใช้จ่าย 1.4 ไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ	1.1 ไม่สามารถกำจัดมลพิษได้ทั้งหมด 1.2 ใช้ไม่ได้ผลกับ พุ่ม และฝุ่น 1.3 ต้องใช้ปริมาณอากาศค่อนข้างมาก
2.การระบายอากาศแบบเฉพาะที่	2.1 ควบคุมมลพิษได้ดี และปลอดภัย 2.2 ใช้ได้กับมลพิษทุกสถานะ	2.1 ต้องใช้ผู้ออกแบบที่มีความรู้และประสบการณ์ 2.2 การบำรุงรักษาต้องใช้ผู้มีความรู้เฉพาะ 2.3 สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

ที่มา: สุทิน อยู่สุข การระบายอากาศ (2533)

2.2 แนวคิด และทฤษฎี ที่เกี่ยวกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ถือเป็นขั้นตอนในการแก้ปัญหาของการเสื่อมสภาพของ เครื่องจักร อุปกรณ์การผลิต รวมไปถึงงานในระบบต่างๆ ถ้ามีการวางแผน และการจัดการ การบำรุงรักษาที่ดีจะทำให้เครื่องจักร อุปกรณ์นั้นๆ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังสามารถยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรได้อีกด้วย

2.2.1 แนวคิดเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

โกศล ศิศิลธรรม (2547) ปัจจุบันการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ เป็นประเด็นที่มีการกล่าวถึงกันอย่างกว้างขวางก็เนื่องมาจากเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นปัจจัยหลักต่อการแข่งขันทางธุรกิจ โดยเฉพาะในภาคธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ซึ่งเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่างๆ ได้มีการออกแบบ และพัฒนาให้มีรูปแบบการทำงานที่ค่อนข้างซับซ้อนมาก เพื่อให้เครื่องจักร สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ตามที่ต้องการ จึงส่งผลทำให้เครื่องจักร และอุปกรณ์เป็นสินทรัพย์ที่มีการลงทุนที่สูงมาก ถ้าหากเกิดการขัดข้อง หรือเครื่องจักรหยุดทำงาน โดยเหตุผลใดก็ตาม ก็จะทำให้เกิดความสูญเสียทั้งในเชิงเศรษฐศาสตร์ ที่รวมไปถึงโอกาสในการแข่งขันทางการค้าเกิดขึ้น ดังนั้นการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจึงเป็นหัวใจหลักที่สำคัญ

ในการปรับปรุงประสิทธิภาพในสายการผลิต โดยรวมนั้นหมายถึง การมุ่งกิจกรรมบำรุงรักษา และดูแลเครื่องจักร (Maintenance) มากกว่าการซ่อมแซมเครื่องจักร และอุปกรณ์ หลังเกิดเหตุขัดข้อง ซึ่งจะส่งผลทำให้เครื่องจักร และอุปกรณ์ ไม่สามารถผลิตสินค้าที่ดีมีคุณภาพ หรือมีค่าผลิตผลได้จริง (Yield) ที่สูงขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการดูแล และตรวจเช็คสภาพของเครื่องจักร และอุปกรณ์ ตามระยะเวลา เพื่อทำการซ่อมแซม หรือปรับแต่งเครื่องจักร และอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์มากที่สุด ก่อนที่จะเกิดความขัดข้อง แต่การดำเนินงานดังกล่าวจะต้องประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อการทำงานได้

โดยทั่วไปเครื่องจักร และสิ่งอำนวยความสะดวกจะมีการสึกหรอจากการใช้งาน และสภาพแวดล้อมจึงต้องมีการดูแล และตรวจเช็คสภาพตามรอบเวลา เพื่อทำการซ่อมแซม และปรับตั้ง ก่อนที่จะเกิดขัดข้องรวมทั้งยี่สิบอายุการใช้งานของเครื่องจักร แต่การดำเนินการดังกล่าวจะต้องกระทำในช่วงเวลาที่เหมาะสม เพื่อลดผลกระทบที่จะตามมา กิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จึงมีบทบาทที่สำคัญในการป้องกันการเสื่อมสภาพก่อนเวลา และลดความสูญเสียจากการขัดข้อง เช่น ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม เสียเวลาในการรอคอย การหยุดผลิต ปัญหาทางคุณภาพ เป็นต้น การวางแผนการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะสามารถลดความสูญเสียโดยรวม และเป็นการรวมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดูแลรักษาอุปกรณ์ ให้มีสภาพที่พร้อมใช้งาน ด้วยประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นการดำเนินกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการปรับปรุงผลิตภาพโดยรวม

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันหรือเรียกว่าการบำรุงรักษาเชิงวางแผน และการบำรุงรักษาตามกำหนดการ โดยการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญต่อการลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และการรักษาสภาพการเดินเครื่องที่เหมาะสมก่อนที่เครื่องจักรจะเกิดการขัดข้อง โดยมีการจัดทำแผนงานตามช่วงเวลา เพื่อลดโอกาสของการชำรุดทำให้เครื่องจักรมีค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability) ที่สูงขึ้น ได้แก่ การทำความสะอาด การหล่อลื่น การตรวจสภาพเครื่อง ดังนั้นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจึงมุ่งเน้นในการระบุต้นตอของปัญหา และทำการแก้ไขก่อนที่จะเกิดการขัดข้องแบบฉับพลัน ความสัมฤทธิ์ผลของการดำเนินกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จึงขึ้นอยู่กับความถี่ของกิจกรรมการตรวจสอบ และการถอดเปลี่ยนชิ้นส่วน โดยกิจกรรมดังกล่าวจะมีการดำเนินการตามแผนที่กำหนดไว้ โดยมีเป้าหมายหลักของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันดังนี้

2.2.1.1 เพื่อให้เครื่องจักรมีความพร้อมใช้งานสูงสุด โดยหลีกเลี่ยงการเกิดการขัดข้องกะทันหัน และลดเวลาการหยุดเดินเครื่องจักร

2.2.1.2 รักษาเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ที่จะส่งผลต่อคุณภาพของสินค้า

2.2.1.3 ลดอัตราการชำรุด และการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร

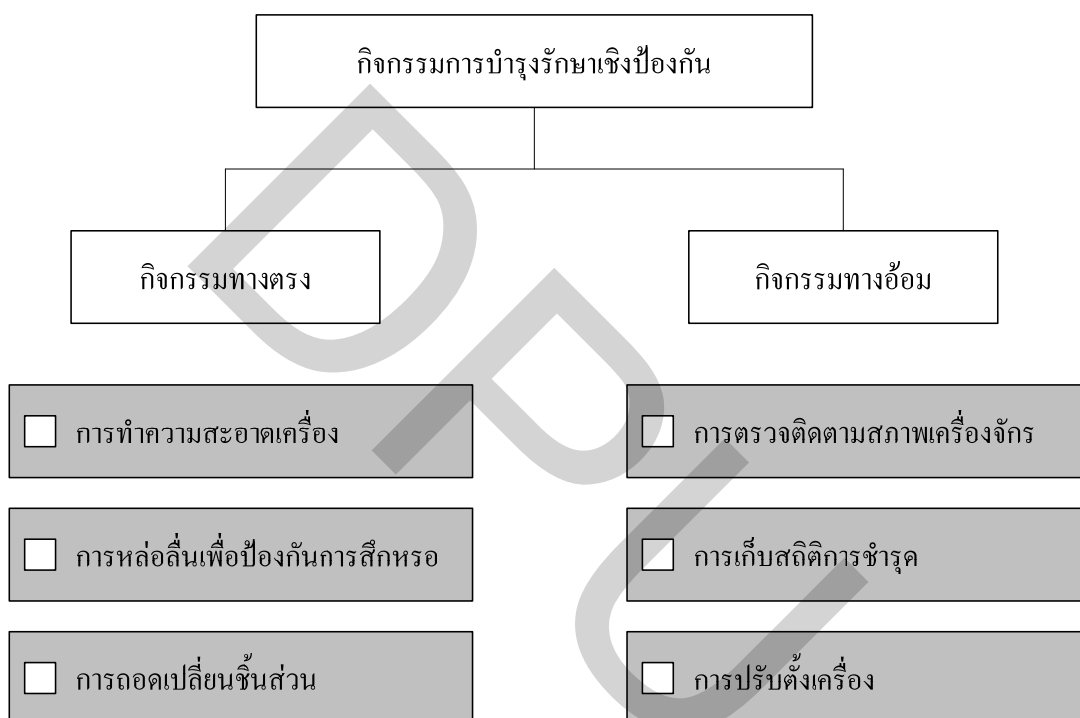
2.2.1.4 เพื่อให้เครื่องจักรมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน ในขณะที่เดินเครื่อง

2.2.1.5 เพื่อให้เครื่องจักรสามารถเดินเครื่องอย่างเต็มประสิทธิภาพ

2.2.1.6 ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม และการจัดอุปกรณ์สำรองให้อยู่ในระดับที่

เหมาะสม

กิจกรรมการบำรุงรักษา สามารถแบ่งออกเป็น 2 กิจกรรมใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ กิจกรรมทางตรง และกิจกรรมทางอ้อม ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 กิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ที่มา: โกลด์ ดีซีลธรรม (2547) การจัดการบำรุงรักษาสำหรับงานอุตสาหกรรม

2.2.2 ประเภทของการบำรุงรักษา

โกลด์ ดีซีลธรรม (2547) ในยุคต้นๆ ของการใช้งานเครื่องจักรนั้นมักจะใช้งานกว่าจะเกิดความเสียหายก่อน แล้วจึงทำการซ่อมแซม ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายอื่นๆ ตามมาอย่างมากมาย จนมาถึงในยุคของการปฏิวัติอุตสาหกรรม ได้มีการวางระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันขึ้นเพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร และป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกะทันหัน ต่อมาทางประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการวางระบบการบำรุงรักษาแบบทวีผลขึ้น คือมีการบำรุงรักษาป้องกัน แต่ในขณะเดียวกันก็ต้องมีการประเมินผลว่าค่าบำรุงรักษาต้องคุ้มค่ากับผลผลิตที่เกิดขึ้นสำหรับการ

บำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมนั้น พัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น โคนนำเอาระบบบำรุงรักษาที่ผลมาพิจารณาที่จะไม่ให้เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้องได้เลย ซึ่งทั้งนี้ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่าย ทุกหน่วยงาน ตั้งแต่ผู้บริหาร ฝ่ายวางแผน ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายงานซ่อมบำรุง ฝ่ายจัดซื้อ รวมไปถึงผู้ปฏิบัติงานทุกคนในองค์กร ประเภทของการบำรุงรักษาแบ่งออกได้ดังนี้

2.2.2.1 การบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุ (Breakdown Maintenance) หรือ BM. เป็นการใช้อุปกรณ์ต่างๆ จนกระทั่งเกิดการขัดข้องจึงดำเนินการแก้ไขซ่อมแซม ซึ่งการบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุจะต้องทำการตรวจสอบและวิเคราะห์สาเหตุอย่างเร่งด่วน เพื่อลดความสูญเสียจากการขัดข้อง

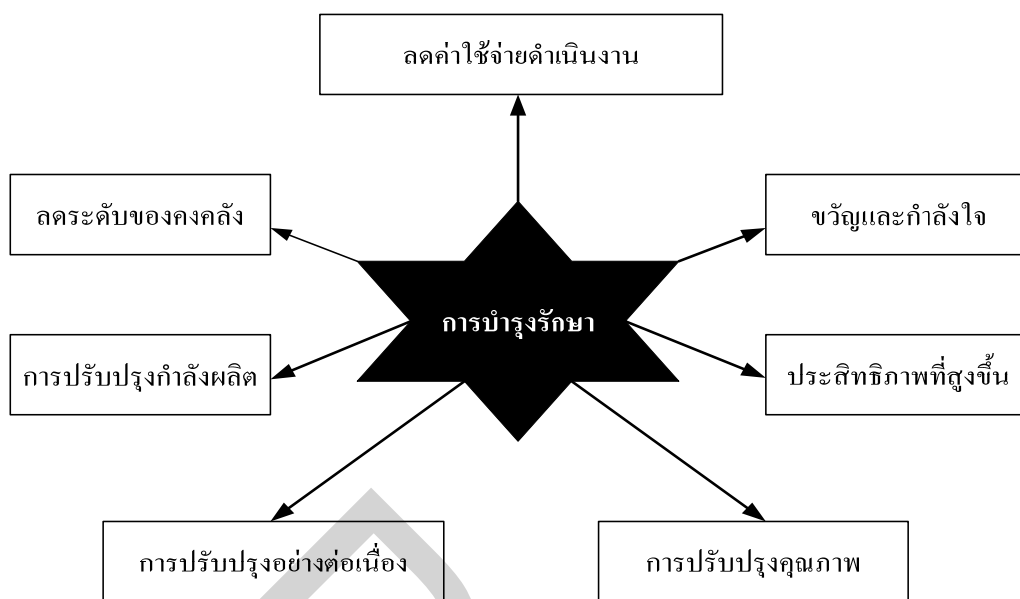
2.2.2.2 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) หรือ PM. เป็นการบำรุงรักษาก่อนที่จะเกิดเครื่องจักรเกิดการขัดข้องและมีการจัดทำแผนงานตามช่วงเวลาเพื่อลดโอกาสของการชำรุด โดยมีกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การทำความสะอาด การหล่อลื่น การตรวจสอบสภาพเครื่อง เป็นต้น

2.2.2.3 การบำรุงรักษาที่ผลิต (Productive Maintenance) เป็นการผสมผสานระหว่างการบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุ กับการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาในจุดที่เหมาะสม

2.2.2.4 การบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (Corrective Maintenance) หรือ CM. เป็นการแก้ไขปรับปรุงเครื่องจักรหรือตัดแปลงชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักรให้ดีขึ้น เพื่อลดหรือขจัดเหตุขัดข้องที่จะเกิดขึ้น ดังนั้นกิจกรรม CM. จึงเป็นงานที่มีการวางแผนล่วงหน้าและต้องมีความพร้อมของกำลังคน วัสดุและสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เพื่อการดำเนินการก่อนที่ความเสียหายจะเกิดขึ้น

2.2.2.5 การป้องกันการซ่อมบำรุง (Maintenance Preventive) หรือ MP. เป็นการคำนึงถึงการพิจารณาออกแบบและเลือกใช้เครื่องจักร อุปกรณ์ หรือชิ้นส่วน เพื่อให้ปราศจากการบำรุงรักษา (Maintenance free)

2.2.2.6 การบำรุงรักษาที่ผลิตแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance) หรือ TPM. เป็นการบำรุงรักษาที่มุ่งแนวคิดให้พนักงานดูแล และดำเนินการบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous maintenance)



ภาพที่ 2.4 การแสดงเป้าหมายของการบำรุงรักษา

ที่มา: โกศล ดิษฐ์ธรรม (2547) การจัดการบำรุงรักษาสำหรับงานอุตสาหกรรม

2.2.3 การเพิ่มประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของการซ่อมบำรุง

พชร แสงบางปลา (2542) การเพิ่มประสิทธิภาพนั้น มีวิธีต่างๆ มากมาย นักพัฒนาการผลิตทั้งหลายได้พยายามหาวิธีการพัฒนาเทคโนโลยีในเรื่องของการผลิตจนถึงการพัฒนาบุคลากรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพรวมถึงการจัดการเรื่องวัสดุ ความปลอดภัย การจัดส่ง การลดต้นทุน นอกจากนี้แล้วปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ในยุคสมัยใหม่นี้ต้องเป็นเรื่องเครื่องจักร อุปกรณ์ หากมีการเกิดความเสียหายเกิดขึ้นกะทันหัน หรือเครื่องจักร อุปกรณ์ มีสภาพที่ไม่สมบูรณ์ จะทำให้ประสิทธิภาพในการผลิต หรือการให้บริการ ลดลงไปทันที และอาจเกิดความเสียหายอื่นๆ ตามมาอีกมากมาย ดังนั้นจึงมีการหาวิธีการแนวทางบำรุงรักษาสมัยใหม่ในการดูแลเครื่องจักร อุปกรณ์ ตั้งแต่การจัดซื้อ จนกระทั่งจำหน่ายออก

อลงกฎ ชุตินันท์ (2544) ได้ให้คำนิยามของระบบการซ่อมบำรุงที่ดี จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพ และ ประสิทธิผลดังนี้

ลดความเสียหายอันเนื่องมาจากการหยุดเครื่องจักรการผลิต เมื่อเกิดเหตุขัดข้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โรงงานที่มีกระบวนการผลิต ต่อเนื่องกันจะได้รับผลมากที่สุด

ลดค่าใช้จ่ายอันเกิดจากการซ่อมบำรุง

ลดจำนวนผลผลิตที่มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน

ประสิทธิภาพของเครื่องจักร อุปกรณ์สูงขึ้น

ลดต้นทุนการผลิต

การจัดการควบคุมชิ้นส่วนอะไหล่ทำได้ง่ายขึ้น

ความปลอดภัยของพนักงาน การดูแลรักษาเครื่องจักร และสภาพแวดล้อมในการทำงาน ทำได้ดีขึ้น

ความสัมพันธ์ของพนักงานดีขึ้น มีความตั้งใจทำงานเมื่อเครื่องจักร อุปกรณ์ ไม่เสีย โดยการลดการขัดข้องอย่างกะทันหัน ทำให้ทุกคนสบายใจ

ขจัดปัญหาเรื่องการผลิตล่าช้า เนื่องจากการขัดข้องของเครื่องจักร

2.2.3.1 สาเหตุของการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร

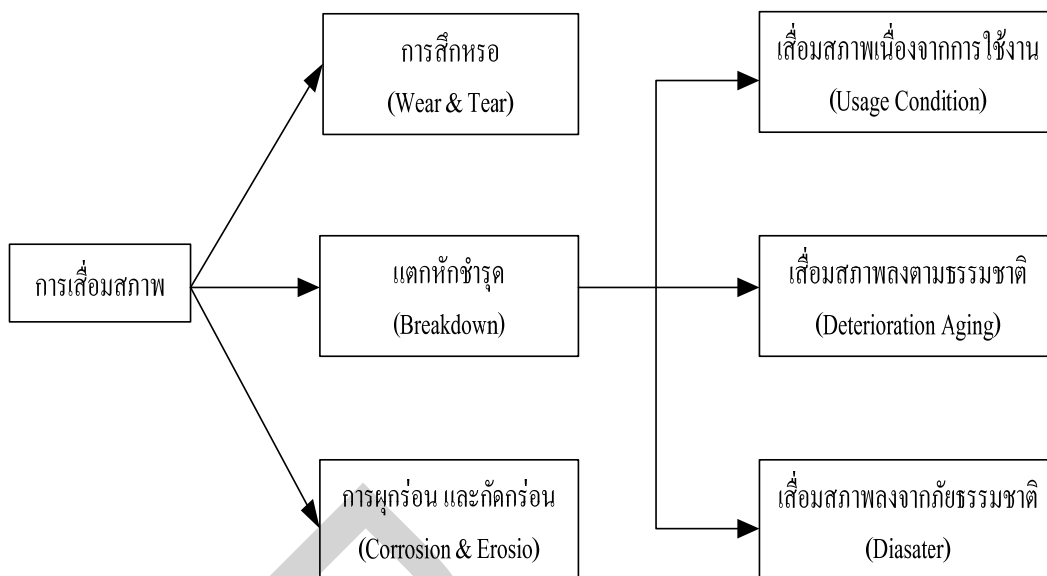
การศึกษารวมชาติของเครื่องจักร โดยเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับ การเสื่อมสมรรถภาพ ชนิดของอาการ ลักษณะที่ขัดข้องของเครื่องจักร อุปกรณ์ รวมทั้งมาตรการการป้องกันต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งระบบซ่อมบำรุงที่ดี โดยสาเหตุของการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร และอุปกรณ์ ส่วนใหญ่ จะเกิดจากการแตกหักชำรุดของเครื่องจักร ซึ่งสาเหตุมาจาก

1) เสื่อมลงเนื่องจากการใช้งาน ซึ่งจะมากน้อยต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพ และวิธีการใช้งานของเครื่องจักร และอุปกรณ์

2) เสื่อมลงตามธรรมชาติ เช่น จากความล้าของวัสดุ จากความคลาดเคลื่อนต่างๆ ฯลฯ

3) เสื่อมลงเนื่องจากภัยธรรมชาติ เช่น จากพายุ น้ำท่วม แผ่นดินไหว

การสึกหรอไปตามสภาพของการทำงานตามปกติ เกิดจากการฟุ้งกร่อนและการกัดกร่อน จากฝุ่นผงหรือ วัตถุคิบัติไฟ สารเคมี สิ่งเหล่านี้เป็นต้นเหตุสำคัญ ที่ทำให้เครื่องจักร และอุปกรณ์ ไม่สามารถมีสมรรถภาพเหมือนเดิม เรียกว่า “การเสื่อมสภาพ”



ภาพที่ 2.5 สาเหตุของการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร

ที่มา: อลงกฎ ชูตินันท์ (2544) Production Maintenance System โครงการพัฒนาความรู้ทางธุรกิจ

2.2.3.2 สาเหตุของการขัดข้อง และมาตรการป้องกัน

การขัดข้องของเครื่องจักร ตลอดช่วงอายุการใช้งานของเครื่องจักร สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประการคือ

1) การขัดข้องขั้นต้น

เป็นช่วงที่เครื่องจักรถูกเริ่มใช้งานระยะแรก โดยเฉพาะในช่วงการส่งมอบงานจะพบว่าเครื่องจักร อุปกรณ์ มีอัตราการขัดข้องสูงมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากความผิดพลาดในการออกแบบ ความผิดพลาดในการเลือกใช้วัสดุ ความผิดพลาดในการควบคุมคุณภาพ ความผิดพลาดในการติดตั้ง อัตราดังกล่าวจะค่อยๆ ลดลง เมื่อมีการแก้ไขสิ่งบกพร่องต่างๆ ข้างต้น ได้แล้วทุกรายการ เครื่องจักร อุปกรณ์ ก็จะเข้าสู่สภาพการใช้งานตามปกติ

2) การขัดข้องโดยบังเอิญ

ระยะนี้เป็นช่วงที่เครื่องจักร อุปกรณ์ ยังใหม่ และถูกปรับให้เข้าสู่สภาพใช้งานแล้ว จะเห็นได้ว่าอัตราการเสียจะมีค่อนข้างต่ำ ตลอดอายุการใช้งาน การขัดข้องที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว จะมีเหตุจากส่วนเล็กๆ น้อยๆ เท่านั้น และการชำรุดเหล่านี้ส่วนใหญ่จะมาจากวิธีการใช้งาน เครื่องจักร อุปกรณ์ ซึ่งหากปฏิบัติให้ถูกต้องตามคู่มือการใช้ โดยเคร่งครัดก็จะช่วยลดอัตราการขัดข้องลงได้มาก

3) การขัดข้องจากการสึกหรอ

ระยะนี้เครื่องจักรถูกใช้งานมาจนกระทั่งชิ้นส่วน และอุปกรณ์ต่างๆ จะสึกหรอจนไม่สามารถทำงานต่อไปได้ อัตราการขัดข้องจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น เมื่อชิ้นส่วน อุปกรณ์ เกิดการสึกหรอ และชำรุดมากขึ้น เพื่อลดอัตราการเกิดเหตุขัดข้องดังกล่าว การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน และการซ่อมบำรุงเพื่อการแก้ไข จะมีบทบาทในช่วงการสึกหรอ ในระยะนี้เป็นอย่างมาก



ภาพที่ 2.6 อัตราการขัดข้องในอายุการใช้งานของเครื่องจักร (Bath-Tub Curve)

ที่มา: โกลด์ ดีซีลธรรม (2548) การจัดการบำรุงรักษาสำหรับงานอุตสาหกรรม

2.2.4 เทคนิคในการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน

โรงงานอุตสาหกรรม และอาคารสูง อาคารขนาดใหญ่ รวมไปถึงอาคารสำนักงานต่างๆ โดยทั่วไปในอาคารเหล่านี้จะมีเครื่องจักรขนาดใหญ่ ไม่ว่าจะใช้ในการการผลิตอุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม หรือเครื่องจักรที่ใช้ในอาคาร จะต้องมีการควบคุมคุณภาพการทำงานของเครื่องจักร และตัวอุปกรณ์ โดยจำเป็นต้องมีการทำกิจกรรมการซ่อมบำรุงรักษาอย่างมีระบบ มีการเก็บรวบรวมข้อมูล และนำมาวิเคราะห์ เพื่อวางแผนและพัฒนาให้เครื่องจักร และอุปกรณ์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การซ่อมบำรุงจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

Shenoy, D., and Bhadury, B. (1998) การซ่อมบำรุงรักษา (Maintenance) เป็นการสว่นหรือรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตให้เป็นไปตามคุณลักษณะเงื่อนไขการทำงาน ซึ่งการซ่อมบำรุงนี้สามารถครอบคลุมไปถึงกิจกรรม หรืองานที่มีความสัมพันธ์กับการสว่นรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ หรือเป็นการซ่อมให้อยู่ในสภาพที่ปกติพร้อมใช้งาน โดยต้องมีการเตรียมความพร้อมในด้าน อะไหล่สำรอง กำลังคน เครื่องมือ สิ่งอำนวยความสะดวกในด้านพื้นที่ นอกจากนี้

การกำหนดงาน หรือกิจกรรมที่รวมไปถึงการทำความสะอาด การหล่อลื่น การเฝ้าติดตาม การวางแผน และการจัดลำดับงาน

Shenoy, D., and Bhadury, B. (1998) วัตถุประสงค์และหน้าที่ของงานซ่อมบำรุงรักษา คือต้องการควบคุม ความสามารถในการจัดหาเครื่องจักรอุปกรณ์ โดยมีต้นทุนต่ำที่สุด และขยายอายุการใช้งานของเครื่องจักรอุปกรณ์

ในระบบการจัดการซ่อมบำรุงรักษาแนวใหม่นี้ ระบุหน้าที่ของงานซ่อมบำรุงรักษาไว้ ดังนี้ การวางแผนการซ่อมบำรุง การจัดโครงสร้างการซ่อมบำรุงรวมถึงการสรรหาบุคลากร การสั่งการตามแผนการซ่อมบำรุง การให้คำนิยามและกระบวนการซ่อมบำรุงรักษา การจัดการเกี่ยวกับงบประมาณการซ่อมบำรุง

Sohei Hibi (1980) การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน คือ การสร้างสรรค์แผนการซ่อมบำรุงอย่างมีหลักการเป็นมาตรฐาน เพื่อดำเนินการตรวจสอบสภาพเครื่องจักร การเติมน้ำมันหล่อลื่น การถอดเปลี่ยนชิ้นส่วน การซ่อมแซม การจดบันทึกผลการดำเนินงานเพื่อเป็นข้อมูลในการซ่อมบำรุง วิศววิเคราะห์ข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ เพื่อค้นหาจุดที่เป็นปัญหา เพื่อสร้างมาตรฐานการแก้ไข โดยที่การดำเนินงานทั้งหมดจะเกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีก เพื่อปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงให้สอดคล้องกับสภาพของเครื่องที่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา เครื่องจักรอุปกรณ์จะมีเสถียรภาพสูงขึ้น แต่ทั้งนี้ งานทุกขั้นตอนจะต้องปฏิบัติอย่างถูกต้อง เพราะความผิดพลาดจะทำให้ประสิทธิภาพไม่เพิ่มขึ้นตามความคาดหวังและอาจถึงขั้นที่ร้ายแรงที่สุด คือ ความเชื่อมั่นของเครื่องจักรหมดสิ้นไปเลย การที่เครื่องจักรเกิดการขัดข้องขึ้นจะต้องมีสาเหตุที่แน่นอนชัดเจนอยู่เสมอ การปฏิบัติการซ่อมแซมอย่างพื้นๆ โดยไม่สามารถระบุหาสาเหตุที่แท้จริง จะทำให้เกิดเหตุขัดข้องในลักษณะเดียวกันซ้ำขึ้นอีก ดังนั้นจึงต้องมีการดำเนินการวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงของการเกิดเหตุขัดข้องนั้นเสียก่อน แล้วปฏิบัติการซ่อมแซมให้ถูกต้องครบถ้วนกระบวนการนี้ เป็นกระบวนการที่สร้างงานซ่อมบำรุงให้มีมาตรฐานสูงขึ้น เพราะข้อเท็จจริงแล้วเครื่องจักรที่ถูกซ่อมแซมอย่างถูกต้องครบถ้วน ย่อมจะเปราะบางต่อการเกิดสิ่งขัดข้องอย่างง่ายคาย การปฏิบัติงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน มีองค์ประกอบต่างๆ คือ

2.2.4.1 การทำความสะอาดเครื่องจักร และบริเวณ โรงงาน

การดูแลทำความสะอาดเครื่องจักร และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ รวมไปถึงบริเวณโดยรอบนั้น โดยสาเหตุหนึ่งของปัญหาเครื่องจักร ก็คือความสกปรก ดังนั้นกิจกรรมพื้นฐานอย่าง 5 ส จึงมีบทบาทที่สำคัญ การปฏิบัติงานในส่วนนี้ถือเป็นงานแม่บทของการซ่อมบำรุง เป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นถึงการจัดการ โรงงาน อาคาร และความรู้สึกรักของพนักงาน โดยที่การทำความสะอาดเครื่องจักรจะทำให้เกิดผลดังนี้

1) ขณะทำความสะอาดพนักงานจะให้เห็นส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักร ซึ่งเป็น การรับรู้สภาพปกติของเครื่องจักรภายนอก เมื่อสังเกตเห็นสภาพผิดปกติพื้นฐาน จะสามารถทำการ แก้ไขได้ ก่อนที่ปัญหาจะลุกลาม

2) การขจัดฝุ่นละออง หรือสิ่งสกปรกบนเครื่องจักร เป็นการช่วยลดความเสี่ยงหรือของ เครื่องจักร และความผิดพลาดในการใช้เครื่องจักร

2.2.4.2 การหล่อลื่น

การเติมน้ำมันหล่อลื่น โดยการตรวจเช็คระดับน้ำมันในแต่ละเครื่องว่าอยู่ในระดับที่ เหมาะสม และทำการบันทึกแบบฟอร์มการตรวจสอบ (Check form) ที่ถูกพัฒนาขึ้น การหล่อลื่น เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับเครื่องจักร เนื่องจากรีเสดหล่อลื่นจะทำหน้าที่ป้องกันมิให้ส่วนของการ เคลื่อนไหวสัมผัสกันโดยตรง นอกจากจะป้องกันความเสียหายของเครื่องจักรจากการสึกหรอ และ ความร้อนแล้ว ยังช่วยให้ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรสูง เนื่องจากการหมุน การ เคลื่อนไหวเป็นไปอย่างราบรื่น ด้วยความฝืดที่น้อยที่สุด การดำเนินการเพื่อการหล่อลื่นเครื่องจักร ดูเป็นสิ่งที่ง่าย ที่ไม่น่าจะมีวิธีการซับซ้อน การซ่อมบำรุงส่วนใหญ่ จะข้ามขั้นตอนเรื่องของการ หล่อลื่นไป และทำให้มองข้ามความจำเป็นในการที่ต้องมีระบบงานหล่อลื่นที่มีประสิทธิภาพ การ หล่อลื่นเป็นงานขั้นพื้นฐาน ในการป้องกันการชำรุด และช่วยลดความเสี่ยง เนื่องจากความเสี่ยง ของชิ้นส่วนโลหะของเครื่องจักรทุกชนิด ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรสูงขึ้น

1) การวางระบบงานหล่อลื่น

เพื่อให้งานทางด้านหล่อลื่นมีประสิทธิภาพสูงสุดในทางปฏิบัติ จะต้องมีการจัดการ ระบบหล่อลื่น โคนศึกษาจากคู่มือการใช้งานของเครื่องจักร หรือคำแนะนำของผู้ผลิตสารหล่อลื่นที่ เชื่อถือได้ จัดทำสัญลักษณ์ประเภท และชนิดน้ำมันหล่อลื่น เพื่อป้องกันการใช้วัสดุที่ผิดพลาด ควร มีการทำเครื่องหมาย, สี ลงไปบนสิ่งต่างๆ จัดทำบันทึกการหล่อลื่นที่เหมาะสม เพื่อป้องกันความ ผิดพลาด และเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับงานซ่อมบำรุง

2) การวางแผนงานหล่อลื่น

การวางแผนงานระบบหล่อลื่น อาศัยหลักการวางแผนงานทั่วไป โดยจะพิจารณาใน รายละเอียดที่จำเป็นจะต้องหล่อลื่น

3) การควบคุมงานหล่อลื่น

โดยทั่วไปนิยมใช้บัตรควบคุมงานหล่อลื่น ซึ่งเป็นบัตรประจำของแต่ละเครื่อง

4) ความรับผิดชอบในการปฏิบัติงานหล่อลื่น

การกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ มีอยู่ 2 แนวคิดใหญ่ๆ คือ การใช้พนักงานซ่อมบำรุง เป็นผู้ปฏิบัติงานหล่อลื่นทั้งหมด ส่วนอีกแนวคิดหนึ่ง คือ การใช้พนักงานฝ่ายผลิตเป็นผู้ปฏิบัติงาน

หล่อลื่นซ่อมบำรุง โดยทั้ง 2 แนวคิดนี้มีข้อดี และข้อเสียในตัวเอง วิธีการใช้พนักงานซ่อมบำรุงเป็นผู้ปฏิบัติงานหล่อลื่นจะได้รับความนิยมนมากกว่า เพราะไม่มีการเกี่ยงงอนเรื่องความรับผิดชอบสอบสวนหาสาเหตุ เมื่อเครื่องจักรเกิดเสียหายได้ง่าย สามารถถ่ายทอดเทคนิคใหม่ให้แก่พนักงานได้ง่าย และพนักงานรับได้เร็ว เนื่องจากมีความชำนาญสามารถควบคุมกรรมวิธีการหล่อลื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่มีข้อเสียคือ พนักงานเกิดความเบื่อหน่ายต่องาน

ส่วนการใช้พนักงานฝ่ายผลิตเป็นผู้ปฏิบัติงานหล่อลื่นนั้น จะมีผลดีในด้านการมีส่วนร่วมในการทำงานด้านการบำรุงรักษาเครื่องจักร แต่ผลเสียที่จะได้รับคือ ไม่มีผู้รับผิดชอบเฉพาะเรื่องอาจเกิดความผิดพลาดในเรื่องการถ่ายทอดงานกันเองได้ หากไม่มีการกำหนดความรับผิดชอบและขอบเขตของงานให้เด่นชัด อีกทั้งกรรมวิธีการหล่อลื่นควบคุมได้ยาก นอกจากจะได้รับการฝึกอบรมที่เพียงพอ

2.2.4.3 การตรวจสภาพ

การตรวจสอบสภาพเครื่องจักร มีเป้าหมายเพื่อค้นหาความบกพร่องขั้นต้น ซึ่งอาจจะนำไปสู่การขัดข้องของเครื่องจักร จนถึงต้องหยุดเครื่องจักรในระยะต่อไป โดยทั่วไปการขัดข้องของเครื่องจักรไม่มีคุณลักษณะที่แน่นอนอน อาการที่เกิดขึ้นจะสะสมจนกลายเป็นความเสียหายที่รุนแรง อาจใช้เวลายาว หรือสั้นที่สามารถตรวจพบได้ก่อน หรือไม่สามารตรวจพบเลยก็ได้ การตรวจสอบสภาพเครื่อง ในช่วงเวลาที่เหมาะสมที่อาจกระทำด้วยการสังเกตจากภายนอกด้วยสายตา (Visual) หรืออาจทำการตรวจสอบตามแผ่นรายการตรวจสอบ (Check list) และบันทึกผลการตรวจสอบลงในแบบฟอร์ม ตรวจสภาพจึงเข้ามามีบทบาท ในการป้องกันลูกกลามของปัญหา ก่อนที่เครื่องจักรจะขัดข้องจนต้องหยุดการใช้งาน การตรวจสอบตามรอบเวลา เพียงแค่กิจกรรมทำความสะอาดเครื่องจักรคงไม่เพียงพอ ดังนั้นการตรวจติดตามการปฏิบัติการจึงเป็นการตรวจจับอาการที่เป็นสัญญาณเตือน ซึ่งผู้ปฏิบัติการจะต้องทำการตรวจเช็ค การตรวจสภาพสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ

1) การตรวจสอบภายนอก

โดยที่การตรวจสอบภายนอกกระทำได้โดยสังเกต และการตรวจสภาพด้วยความรู้สึก อาศัยประสาทสัมผัส และ ความรู้สึกของผู้ตรวจสอบสภาพเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ ด้วยการฟังเสียง การสัมผัสเตือน ความรู้สึก การมองเห็น การได้กลิ่น ความร้อนที่สูงขึ้น เป็นต้น

2) การตรวจสอบภายใน

การตรวจสอบภายในสามารถดำเนินการ โดยการตรวจสอบชิ้นส่วนภายในของเครื่องจักร เช่น เกียร์ ลูกปืน พัดลมของชิ้นส่วน เมื่อเกิดอาการที่ผิดปกติขึ้นก็สามารถดำเนินการแก้ไขเบื้องต้นโดยผู้ปฏิบัติงาน เช่น การขันยึดให้แน่น การเติมสารหล่อลื่น หรือการเปลี่ยนชิ้นส่วน ถ้า

หากไม่มีการตรวจจับอาการผิดปกติ หรือการแก้ไขเบื้องต้น ก็อาจเกิดปัญหาลุกลาม จนเกิดความเสียหายขึ้น การตรวจสภาพด้วยกรรมวิธี อาศัยกรรมวิธีที่มีหลักเกณฑ์ และการใช้เครื่องมือที่เหมาะสม แล้วเปรียบเทียบกับข้อกำหนด หรือมาตรฐานทางวิศวกรรม เพื่อตัดสินใจว่าเครื่องจักรมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นหรือไม่ สามารถใช้วิธีการปรับแต่งให้ปกติ โดยการกำหนดช่วงเวลาสำหรับตรวจสภาพ ดังนั้นความถี่ในการตรวจสอบอาจใช้ประสบการณ์ และการกำหนดการจำแนกตามประเภทของเครื่องจักร

2.2.4.4 การปรับแต่ง และเปลี่ยนชิ้นส่วน

ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร แม้ว่าจะได้มีการรักษาความสะอาด และทำการหล่อลื่นเพียงใดก็ตาม ความคลาดเคลื่อน และความสึกหรอของชิ้นส่วน ย่อมเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ การปรับแต่ง และการเปลี่ยนชิ้นส่วน จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร และยังช่วยทำให้เครื่องจักรกลับเข้าสู่สภาพที่จะทำงานภายในขอบเขตที่กำหนดของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง

2.2.4.5 การบันทึก และการจัดเก็บข้อมูล

การบันทึกและการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นกิจกรรมที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยเฉพาะการจัดเก็บประวัติการซ่อมบำรุงเครื่องจักร ซึ่งจัดว่าเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญเพื่อนำมาวิเคราะห์ใช้ในการสนับสนุนต่อการวางแผน และการจัดทำกำหนดการบำรุงรักษา ส่วนคู่มือการใช้งาน (Instruction manual) แบบเครื่องจักร (Drawing) ข้อมูลที่ถูกจัดเก็บจะช่วยให้สามารถตัดสินใจในการวางแผน ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกสามารถแสดงผลลัพธ์ ดังนี้

1) การประเมินความน่าเชื่อถือของระบบ (Reliability system) ที่รวมถึงองค์ประกอบหรือชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง ทำให้สามารถประเมินความถี่ของกิจกรรมบำรุงรักษา และการวางแผนการผลิต

2) กำหนดอายุการใช้งานของเครื่องจักร ทำให้เราสามารถวางแผนการจัดซื้อเครื่องจักรในช่วงเวลาที่เหมาะสมได้

3) คาดการณ์การเกิดความขัดข้อง และการวางแผนแก้ไขก่อนที่จะเกิดการขัดข้องขึ้น

4) รอบระยะเวลาในการตรวจเช็ค หรือการถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนก่อนที่จะเกิดเหตุขัดข้อง เช่น การตรวจซ่อมใหญ่ (Overhaul)

5) ใช้เป็นข้อมูลในการจัดการคลังอะไหล่ เพื่อให้มีการสำรองอะไหล่ที่เหมาะสม (Optimum level) และมีค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาที่ต่ำ

2.2.4.6 การวางแผนเพื่อกำหนดตารางการบำรุงรักษา

ในการวางแผนและกำหนดการบำรุงรักษา สำหรับทุกกิจกรรมของการบำรุงรักษาซึ่งป้องกันควรมีการวางแผนล่วงหน้าในรายละเอียด โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ข้อมูลจากประวัติการบำรุงรักษา แผนงานในการจัดเตรียมทรัพยากร เช่น อะไหล่ วัสดุ แรงงาน และประมาณช่วงเวลาของการดำเนินกิจกรรม ดังนั้นในทุกกิจกรรมของงานบำรุงรักษาควรมีการวางแผนล่วงหน้า ในรายละเอียดด้วยการใช้ข้อมูลจากประวัติการบำรุงรักษาที่บันทึกไว้ โดยมีการระบุรายละเอียดในการทำกิจกรรมตามรอบ เช่น รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน ครึ่งปี และแผนกำหนดการรายปี รวมทั้งการติดตามผล เพื่อเปรียบเทียบกับแผนงานที่ประมาณการไว้ แล้วใช้ผลต่างที่เบี่ยงเบนจากแผนมาเป็นแนวทางในการปรับแก้ไขแผนงาน ซึ่งการจัดทำกำหนดการดังกล่าว ควรพิจารณาถึงผลกระทบต่อการเดินทางให้น้อยที่สุด ซึ่งอาจใช้แนวทาง ดังนี้

- 1) การกำหนดตามระยะการใช้งาน เช่น ทำการตรวจเช็คในทุกๆ 5,000 ชั่วโมงของการเดินเครื่อง หรืออาจใช้รอบการตั้งเครื่อง
- 2) รอบของการตรวจสภาพ โดยใช้การประมาณช่วงเวลาที่อาจเกิดการขัดข้องและศึกษาได้จากคู่มือ หรือประวัติการซ่อม
- 3) กำหนดตามช่วงเวลาปฏิทิน โดยกำหนดงานในแต่ละช่วง เช่น เดือน ไตรมาส และรอบปี หรืออาจใช้ช่วงเวลาก่อนและหลังเลิกงานก็ได้ การตรวจสอบมักนิยมใช้มาตรฐานเป็น 1 วัน 1 สัปดาห์ 4 สัปดาห์ 3 เดือน 4 เดือน 6 เดือน 1 ปี 2 ปี

2.2.4.7 การฝึกอบรมบุคลากร

ปัจจัยแห่งความสำเร็จในการดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษา โดยเฉพาะบุคลากรเป็นทรัพยากรที่สำคัญ เช่น ช่างเทคนิค และผู้ควบคุมงาน ควรได้รับการฝึกอบรม ให้สามารถดำเนินกิจกรรมต่างๆ อย่างเป็นระบบ เช่น การบำรุงรักษา การติดตาม และการซ่อมแซม

2.2.4.8 การจัดการและควบคุมคลังอะไหล่

เครื่องจักรที่เกิดการขัดข้อง โดยทั่วไปจะประสบปัญหาในเรื่องของการรอคอยชิ้นส่วนอะไหล่ จึงทำให้เกิดเวลาว่างขึ้น และทำให้สูญเสียเวลา ซึ่งมีผลกระทบต่อความสูญเสียการผลิต ดังนั้นจึงจำเป็นในการจัดการคลังอะไหล่ แต่ก็ต้องพิจารณาแผนงานที่เหมาะสมในการกำหนดรายการ และปริมาณที่เหมาะสม โดยมีปัจจัยต่างๆ ที่ลดผลกระทบต่อคลังวัสดุและการตอบสนองการให้บริการ ได้แก่ อัตราการใช้อะไหล่ แหล่งในการจัดหา ระยะเวลาในการส่งมอบ และความพร้อมอะไหล่ในตลาด โดยทั่วไปการจัดการระดับอะไหล่ในคลังมักมีการจัดทำมาตรฐานของชิ้นส่วน อย่างเช่น ลูกปืน มอเตอร์ ปุ่ม เป็นต้น จะทำให้สามารถลดระดับของปริมาณอะไหล่ลงได้มาก และสะดวกต่อการจัดเก็บ

1) การจัดทำมาตรฐาน

เพื่อใช้เป็นแนวทางของการปฏิบัติงานให้กับพนักงาน และสื่อสารให้ผู้เกี่ยวข้องทราบ ด้วยการฝึกอบรม

2) การจัดทำงบประมาณ

ได้ถูกใช้ในการติดตาม และควบคุมค่าใช้จ่ายในแต่ละกิจกรรมของงานบำรุงการรักษารักษาอย่างประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นข้อมูลฐาน (Baseline) สำหรับการจัดทำงบประมาณที่เหมาะสม ในครั้งต่อไป โดยมีการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงเทียบกับการประมาณการ

2.3 การวัดประสิทธิผลการซ่อมบำรุง

การวัดประสิทธิผลของการซ่อมบำรุงนั้น เป็นการนำเอาวิธีการคำนวณ มาทำรายงานความน่าเชื่อถือ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของเครื่องจักรระหว่างหยุดขัดข้องเป็นตัวบอกความน่าเชื่อถือ เรียกว่า ดัชนีเครื่องจักร ซึ่งการวัดค่ามีดังนี้

2.3.1 ความพร้อมของเครื่องจักร (Availability Factor) เป็นดัชนีหลักที่แสดงให้เห็นภาพรวมของการบริหารงานบำรุงรักษา ว่ามีประสิทธิภาพเพียงไร โดยเฉพาะประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร

$$MA = \frac{T_m}{T_m + T_s}$$

หรือใช้สูตร

$$A = \frac{MTBF}{MTBF - MTTR}$$

2.3.2 ความขัดข้องของเครื่องจักร เป็นดัชนีหลักที่แสดงให้เห็นถึงสภาพของเครื่องจักร อุปกรณ์หรือระบบ จำเป็นต้องทำการบำรุงรักษาเพียงไร โดยหาได้จากสูตร

$$MB = \frac{T_s}{T_s + T_m}$$

2.3.3 เวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้อง เป็นดัชนีที่บอกถึงความน่าเชื่อถือได้ (Reliability) ของเครื่องจักร โดยเฉลี่ยจะเดินได้นานเท่าไร โดยไม่หยุดซ่อมเลย (Mean Time between Failures; MTBF)

$$MTBF = \frac{Tw}{Nmsw}$$

2.3.4 เวลาเฉลี่ยที่หยุดซ่อมแซม เป็นดัชนีที่บอกรถึงความสามารถในการดูแลเครื่องจักรของหน่วยงานบำรุงรักษา โดยมีความหมายว่า ถ้าเครื่องจักรหยุดจะใช้เวลาซ่อม โดยเฉลี่ยนานเท่าไรต่อครั้ง (Mean time to repair ; MTTR)

$$MTTR = \frac{Ts}{Nmsw}$$

2.3.5 อัตราการเสีย เป็นดัชนีตัวหนึ่งที่บอกความเสื่อมสภาพของเครื่องจักรในแต่ละช่วงการใช้งาน ซึ่งจะมีอัตราการเสียแตกต่างกัน อัตราการเสียจะเป็นส่วนกลับของ MTBF นั่นคือแสดงให้เห็นถึงความถี่ของการเกิดความเสียหายในช่วงเวลาหนึ่ง

$$FR = \frac{1}{MTBF}$$

ความหมาย

A	: Availability	คือ ความพร้อมใช้งาน
MA	: Machine Availability	คือ ความพร้อมของเครื่องจักร
MB	: Machine Breakdown	คือ ความขัดข้องของเครื่องจักร
FR	: Failure Rate	คือ อัตราการเสีย
LT	: Loading Time	คือ เวลารับภาระ
Nmsw	: Number Machine Stopped Working	คือ จำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดซ่อม
MTBF	: Mean time between Failures	คือ เวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้อง
MTTR	: Mean time to Repair	คือ เวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซม
Ts	: Shutdown Time	คือ เวลาที่หยุดซ่อมแซม
Tm	: Machine all the time	คือ เวลาที่ใช้เครื่องจักรทั้งหมด
Tw	: Time machine actually worked	คือ เวลาเครื่องจักรทำงานจริง
UDT	: Unplanned Down Time	คือ เวลาหยุด

การใช้สถิติเพื่อประเมิน หรือ คาดการณ์ความน่าเชื่อถือ เป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน รวมไปถึงการออกแบบที่ต้องคำนึงถึงการจัดวางตำแหน่ง และกำหนดการเดินเครื่องจักรอุปกรณ์ด้วย (วัฒนา เชียงกุล และเกรียงไกร คำรัตน์, 2546 Maintenance the Profit Maker บำรุงรักษายางานเพิ่มกำไรบริษัท)

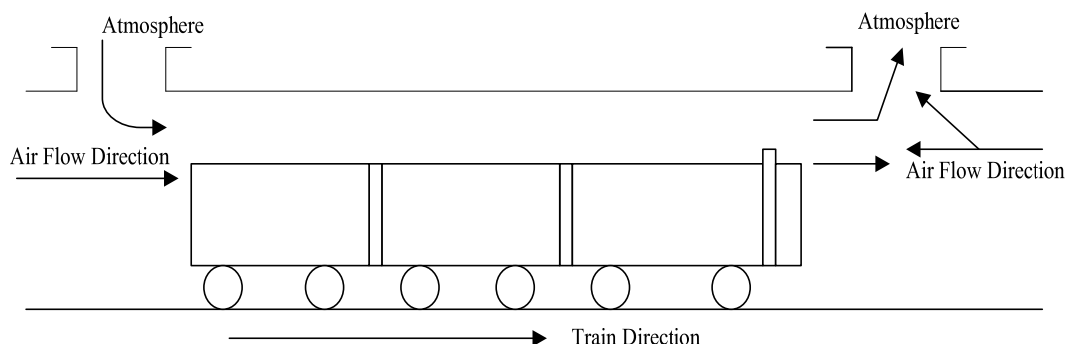
2.4 หลักการทำงานของพัดลมระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน

ระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน ถือเป็นอีกระบบหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อธุรกิจนี้ เนื่องจากการเดินรถไฟฟ้าใต้ดินจะยึดหลักของความปลอดภัยในชีวิตของผู้มาใช้บริการขนส่งมวลชนนี้เป็นหลักสำคัญ เพราะฉะนั้นระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินจึงเป็นระบบที่เป็น Life Safety ของหน่วยงานนี้ ดังนั้นอุปกรณ์ในระบบจะต้องมีสภาพ และความพร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา

หลักการทำงานของระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินคือ พัดลมในอุโมงค์จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อ มีการแจ้งเตือนมาจากระบบ Fire Alarm ผ่านทางสาย Linear Heat Detection (LHD) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการรายงานอุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดและต่ำสุดในอุโมงค์ โดย LHD ซึ่ง ประกอบด้วย Fiber Optic จะถูกติดตั้งตลอดตามความยาวของแนวของอุโมงค์ จะส่งสัญญาณมาที่ตัว Controller เพื่อบอกอุณหภูมิทุกๆ จุดตลอดแนวสาย Cable ในอุโมงค์ เมื่อ LHD ของระบบ Fire Alarm แจ้งเหตุเพลิงไหม้หรือแจ้งอุณหภูมิที่สูงกว่าค่าที่ตั้งไว้จะส่งสัญญาณ Alarm เป็นสัญญาณ Analog (4-20 mA.) ผ่านระบบ SCADA เพื่อแจ้งใช้เจ้าหน้าที่ทราบ เจ้าหน้าที่ Operation จะเป็นคนตัดสินใจในการสั่งงานว่าจะทำการใช้ช่างซ่อมบำรุงตรวจสอบและแก้ไข และสั่งงานให้พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์ทำงานตาม Function ใด โดยหลักการทำงานของพัดลมระบายอากาศในอุโมงค์แบ่งออกเป็น 4 สภาวะดังนี้

2.4.1 การทำงานในสภาวะปกติ (Normal Operation)

ในกรณีที่พัดลมระบายอากาศยังไม่ได้ทำงาน การระบายอากาศภายในอุโมงค์จะเกิดขึ้นได้จากการเคลื่อนที่ของรถไฟฟ้าเอง ส่วนพัดลมดูดอากาศจะทำงานก็ขึ้นอยู่กับค่าของ อุณหภูมิที่ตรวจวัดค่าได้จาก (Temperature Detection) บริเวณรางใกล้ๆ สถานี โดยอุณหภูมิที่ถูกควบคุมไว้อยู่ในช่วง 45°C



ภาพที่ 2.7 การระบายอากาศในอุโมงค์ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของรถไฟ

2.4.2 การทำงานภายในสถานะคับคั่ง (Congested Operation)

ในกรณีที่มีผู้โดยสารหนาแน่น ทำให้รถไฟต้องจอดที่สถานีนานขึ้น เป็นเหตุให้อุณหภูมิในอุโมงค์สูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ ระบบพัดลมระบายอากาศจะทำงาน เพื่อควบคุมให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอุโมงค์อยู่สูงกว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอกต้องไม่เกิน 5°C

2.4.3 การทำงานในสถานะฉุกเฉิน (Emergency Operation)

ในกรณีเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้า ระบบระบายอากาศจะสั่งการให้พัดลมระบายอากาศเฉพาะอุโมงค์ที่เกิดเพลิงไหม้ จะระบายควันไฟไปในทิศทางตรงกันข้ามกับการอพยพของคนในอุโมงค์ที่เกิดเพลิงไหม้ สถานีที่อยู่ใกล้จุดเกิดเหตุจะทำการเปิดอากาศและพัดลมที่อยู่ด้านไกลสถานีจะทำการดูดอากาศ/ควันไฟออกไปปล่อยที่ VB หรือ IVS

2.4.4 การทำงานในสถานะซ่อมบำรุง (Maintenance Operation)

ในขณะที่ปิดให้บริการ ช่วงหยุดการเดินรถ จะมีเจ้าหน้าที่ และพนักงานซ่อมบำรุงเครื่องมือ อุปกรณ์ และระบบต่างๆ เข้าไปปฏิบัติงานภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าได้ดิน พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์ยังจะทำงานในลักษณะ Push – Pull คือการอัดอากาศเข้าด้านหนึ่ง และดูดอากาศออกอีกด้านหนึ่ง การดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์เหล่านี้จึงมีความสำคัญตามมาด้วยดังนี้

2.4.4.1 Tunnel Ventilation Fan (TVF) หรือ มีชื่อเรียกว่าพัดลมระบายอากาศภายในอุโมงค์ รถไฟฟ้าใต้ดิน ทำหน้าที่ระบายอากาศภายในอุโมงค์ เป็นพัดลมขนาด 108 KW. ทำงานได้ 2 ทิศทางคือ Supply และ Extract จะมี Variable Speed Drive เป็นตัวปรับความเร็วรอบของตัวพัดลม โดย TVF จะทำหน้าที่ในการดูด และอัดอากาศ ภายในอุโมงค์ จะมีอัตราการไหลของอากาศอยู่ที่ 70 m³/s ในสถานีหนึ่งจะมีพัดลม TVF อยู่ 4 ตัว จะติดตั้งอยู่บริเวณหัว และท้ายสถานี อย่างละ 2 ตัว

2.4.4.2 Under Platform Extract Fan (UPE.F) หรือ มีชื่อเรียกว่า พัดลมระบายอากาศใต้พื้นชานชาลา ทำหน้าที่ระบายอากาศจากบริเวณรางรถไฟ โดยทำการดูดอากาศใต้พื้นชานชาลาจาก

ช่องลมใต้ชานชาลาออกไปทางอาคารระบายอากาศที่ปลายสุดของสถานี มีอัตราการไหลของอากาศอยู่ที่ $40 \text{ m}^3/\text{s}$ เป็นพัดลมขนาด 99 KW. ทำงานได้ทิศทางเดียว คือ Extract ทำหน้าที่ดูดอากาศใต้พื้นชานชาลา จะทำงานควบคู่กับ Soft Start ในสถานีหนึ่งจะมีพัดลม UPE.F อยู่ 4 ตัว จะติดตั้งอยู่บริเวณหัว และท้ายสถานี อย่างละ 2 ตัว

2.4.4.3 Damper เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการไหลของอากาศ ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อปิดกั้น หรือเปิดการไหลของอากาศ โดยประกอบด้วยใบพัดสี่เหลี่ยมหลายใบในกรอบ และใช้งานคู่กับ “Electrical Actuator” Damper จะถูกออกแบบให้สามารถทนแรงกดดันมหาศาลจากปรากฏการณ์ “Piston Effect” Damper จะต้องสามารถทนอุณหภูมิได้ 250 องศาเซลเซียส ภายใน 1 ชั่วโมง Damper ที่ใช้คู่เป็นระบบ Hydraulic มีอยู่ 2 แบบด้วยกันคือ แบบ Fail save Close และแบบ Fail save Open

2.4.4.4 Control Panel เป็นตู้ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์ทั้งหมด ภายในสถานีจะแบ่งตู้ควบคุมออกเป็น 3 ส่วนดังต่อไปนี้

1) Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)

เป็นตู้ควบคุมการทำงานของระบบระบายอากาศในอุโมงค์ทั้งหมดภายในสถานี ซึ่งจะมีแผง Mimic Panel ประกอบด้วยชุดควบคุมและอุปกรณ์ตรวจสอบสถานะจะติดตั้งอยู่ด้านหน้าของ VCP มีหน้าที่ในการแจ้งสถานะการทำงาน และจัดเตรียมเพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานของระบบที่หน้าตู้ได้ (TVCP) ถือว่าเป็นหัวใจหลักของการควบคุมการทำงานภายในระบบ ซึ่งภายในหนึ่งสถานีจะมี TVCP อยู่ 2 ตู้ จะติดตั้งอยู่บริเวณหัว และท้ายสถานี อย่างละ 1 ตู้

2) Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP)

เป็นตู้ควบคุมการทำงานซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อให้มีการ Override Control ระบบระบายอากาศรวมทั้ง TVF & UPE และอุปกรณ์ต่างๆในกรณีฉุกเฉิน การควบคุม TVRP จะต้องควบคุมโดยบุคคลที่ได้รับอนุญาตหรือ หน่วยงานเฉพาะเท่านั้น ซึ่งจะมีกุญแจที่ใช้ในการเปิดฝาด้านตู้ และมี KEY SWITCH สำหรับเปิด การใช้งานแบบ LOCAL ที่หน้าตู้ โดยตู้ TVRP จะถูกติดตั้งไว้ที่ถูกติดตั้งไว้ที่ห้อง SOR ของสถานี

3) Fireman Control Panel (FP)

หน้าที่การทำงานของตู้ FP จะมีลักษณะการสั่งงานเหมือนกับตู้ TVRP ทุกประการ แต่ตู้ FP จะถูกติดตั้งไว้ที่ทางเข้า Entrance ของสถานี จะใช้ในกรณีที่เกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ภายในสถานี ทีมงานที่ควบคุมระบบไม่สามารถทำงานภายในสถานีได้

2.5 การศึกษาที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาที่เกี่ยวข้อง เป็นข้อมูลที่สำคัญอย่างยิ่งในการอ้างอิงที่ดี และยังเป็นแนวทางในการทำการศึกษา ซึ่งจะเป็นการรวบรวมเอาเนื้อหาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ดังต่อไปนี้

พรชัย ลิ้มภูวัฒน์และคณะ (2537) ได้กล่าวถึงการเพิ่มอัตราการทำงานของเครื่องจักรให้สูงขึ้นโดยใช้แนวความคิดทางด้านการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การบำรุงรักษาเชิงแก้ไข มาใช้นอกจากนี้ยังได้มีการนำเอาวิธีการวัดต่างๆ มาใช้ เช่น แนวโน้มของการเกิดเวลาสูญเสีย อัตราของความรุนแรงในการซ่อมแซมเครื่องจักร

สุพลเชษฐ์ เพ็ชรรัตน์ (2550) วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการศึกษารวบรวมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องจักรงานอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป กล่าวคือ ได้ทำการจัดวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน ในลักษณะที่ป้องกันไม่ให้เครื่องจักรหยุดทำงาน โดยเน้นการศึกษาเฉพาะโรงงานตัวอย่าง ซึ่งเป็นโรงงานที่ยังขาดกระบวนการจัดการด้านการซ่อมบำรุงรักษา โดยจะทำการบำรุงรักษาจากการที่เครื่องจักรหยุดทำงานในหน้างานเท่านั้น

จากการศึกษาและประเมินผล โดยเปรียบเทียบผลจากการทำการซ่อมบำรุงก่อนที่จะเข้าไปศึกษากับระบบซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันที่ได้ทำการปรับปรุงแล้ว สามารถทำให้ประสิทธิผลของค่า Mean Time Between Failure เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเป็น 7.85 เปอร์เซ็นต์ ค่า Mean Time To Repair ลดลง โดยเฉลี่ยเป็น 62.23 เปอร์เซ็นต์, ค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเป็น 0.85 เปอร์เซ็นต์ และค่าของอัตราการเสียของเครื่องจักรลดลง โดยเฉลี่ยเป็น 43.61 เปอร์เซ็นต์

ผกามาศ ภูมิสุราษฎร์ (2550) การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อลดปัญหาสถานีฐานไม่สามารถให้บริการได้ของโทรศัพท์ระบบ WLL (Wireless Local Loop) งานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาการระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามแผน (Planned Maintenance) โดยสามารถลดจำนวนครั้งในการเกิดเหตุการณ์ขัดข้องของระบบ WLL ลงเหลือ 3.75 ครั้งต่อสถานีฐาน (ลดลง 35.46 เปอร์เซ็นต์) เวลาที่อุปกรณ์เกิดขัดข้อง ลดลง 53.28 เปอร์เซ็นต์

รองศาสตราจารย์ ดร. สุทิน อยู่สุข และคณะ การระบายนอากาศทั่วไป งานวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อเป็นแผนการสอนหน่วยที่ 2 เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการระบายนอากาศแบบทั่วไป และอธิบายรายละเอียดของการระบายนอากาศแบบทำให้เจือจาง

บทที่ 3

ระเบียบและวิธีการศึกษา

การศึกษางานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน ถือเป็นระบบที่แปลกใหม่ภายในประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยได้เปิดให้บริการขนส่งมวลชน คือ โครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคล ซึ่งการเดินทางบนรถไฟฟ้าใต้ดินได้นั้นจะต้องมีระบบต่างๆ ที่คอยสนับสนุนมากมาย ซึ่งระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินก็เป็นอีกระบบหนึ่งที่มีความสำคัญมาก ฉะนั้นงานบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ ภายในระบบระบายอากาศในอุโมงค์ ให้สามารถให้บริการได้ตลอด 24 ชั่วโมง จึงเป็นงานหลักของผู้ดูแลรักษาระบบที่ต้องมีการจัดการงานซ่อมบำรุงที่ดี

โดยการออกแบบเครื่องมือที่ช่วยในการบำรุงรักษาระบบคือคู่มือในการทำงาน Log Sheet ที่ระบุแนวทางในการทำงาน ซึ่งสามารถใช้ในการบันทึกค่าทางไฟฟ้า และบันทึกปัญหาที่พบในการทำงานบำรุงรักษา เนื่องด้วยลักษณะของงานที่มีช่วงเวลาจำกัดในการปฏิบัติงาน อยู่ในช่วงเวลากลางคืน 24:00 นาฬิกา ถึง 04:30 นาฬิกา (สถานีปิดให้บริการ) และมีหลายหน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกัน ฉะนั้นการวางแผนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานได้ตรงตามที่กำหนดไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการทำงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้าในโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคลในส่วนของสถานีพระรามเก้าเท่านั้น

3.1 ขั้นตอนในการศึกษา

ในการศึกษางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน จะมีขั้นตอนการศึกษาดังต่อไปนี้

3.1.1 ศึกษางานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

3.1.2 ศึกษาขั้นตอนในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินของสถานี พระรามเก้า

3.1.3 ศึกษาขั้นตอนในการจัดเก็บข้อมูล โดยใช้ตัว Log Sheet ในการจดบันทึก และนำข้อมูลที่
ได้จัดเก็บใน Computer ได้แก่ ค่าทางไฟฟ้า ค่าอัตราการไหลของลม ตาม Operation Maintenance
Manual (OMM) ที่ทางผู้ผลิต และติดตั้งอุปกรณ์เป็นผู้กำหนดไว้

3.1.4 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

3.2 พื้นที่ของระบบระบายอากาศที่ทำการศึกษา

พื้นที่ในการศึกษางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์
รถไฟฟ้าใต้ดิน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 ข้อมูลพื้นที่

ชื่อพื้นที่: สถานีพระรามเก้า โครงการรถไฟฟ้ามหานครสายเฉลิมรัชมงคล เป็นสถานี
สุดท้ายของโครงการรถไฟฟ้ามหานครสายเฉลิมรัชมงคลฝั่งใต้

ที่ตั้งของสถานีพระรามเก้า: อยู่บนถนน รัชดาภิเษก แยกพระรามที่ 9 กรุงเทพมหานคร
ดังภาพที่ 3.1 และ 3.2



ภาพที่ 3.1 สถานีพระรามเก้า ในโครงการโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคล



ภาพที่ 3.2 สถานีที่ตั้งของสถานีพระรามเก้า ในโครงการโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคล
ที่มา: โครงการรถไฟฟ้ามหานครสายเฉลิมรัชมงคล (2547)

3.2.2 ทางเข้า – ออก สถานีพระรามเก้าโครงการรถไฟฟ้ามหานครสายเฉลิมรัชมงคล

การเดินทางขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ โดยรถไฟฟ้าใต้ดินที่สถานีพระรามเก้า มีช่องทางเข้า – ออก (Entrance) ภายในสถานีทั้งหมด 5 ทางด้วยกันดังภาพที่ 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 และ

3.7

1. ทางเข้า - ออก จุดที่ 1 (Entrance - 1)

การเข้า - ออก สถานีจุดที่ 1 อยู่ตรงบริเวณป้ายรถเมล์พระรามเก้า และป้ายรถแท็กซี่อัจฉริยะ ซึ่งทำให้สามารถใช้บริการของ ขสมก. (องค์กรขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ) เพื่อเดินทางไปยังจุดหมายอื่นต่อไปได้



ภาพที่ 3.3 ทางเข้า - ออก จุดที่ 1 ของสถานีพระรามเก้า

2. ทางเข้า - ออก จุดที่ 2 (Entrance - 2)

การเข้า - ออก สถานีจุดที่ 2 อยู่บริเวณหัวถนนพระรามเก้า ข้างแยกพระราม 9 - ดินแดง ซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อให้สามารถเดินทางไปยังอนุสาวรีย์ฯ เพชรบุรี - อโศก และพระรามเก้า ได้



ภาพที่ 3.4 ทางเข้า – ออก จุดที่ 2 ของสถานีพระรามเก้า

3. ทางเข้า – ออก จุดที่ 3 (Entrance - 3)

การเข้า - ออก สถานีจุดที่ 3 อยู่ตรงบริเวณหน้าโรงแรม แกรนด์ เมอร์เคียว (ฟอร์จูน) ซ้างๆ อาคาร CP Tower



ภาพที่ 3.5 ทางเข้า – ออก จุดที่ 3 ของสถานีพระรามเก้า

4. ทางเข้า – ออก (Escape Stair - 1)

การเข้า - ออก สถานีพระรามเก้า จุดที่ 4 อยู่บริเวณหน้าอาคาร สยามคอน โคมิเนียม ซึ่งผู้โดยสารที่ออกทางออกจุดที่ 4 นี้ สามารถเดินไปยัง รัชดาซอย 4 และอาคาร ทรุทาวเวอร์ได้



ภาพที่ 3.6 ทางเข้า – ออก จุดที่ 4 ของสถานีพระรามเก้า

5. ทางเข้า – ออก (Escape Stair - 2)

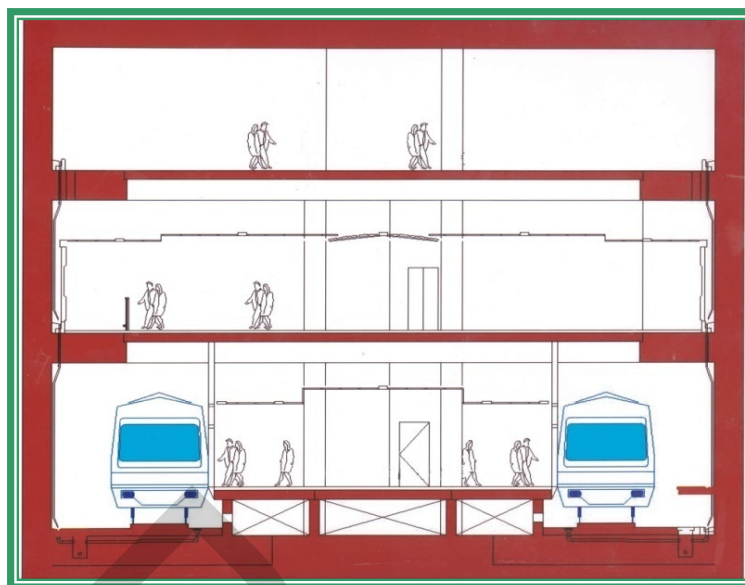
การเข้า - ออก สถานีพระรามเก้าจุดที่ 5 อยู่บริเวณหน้าอาคารไอที ฟอรั่ม ช้าง โลตัส สาขารัชดา ซึ่งผู้โดยสารที่ออกทางออกจุดที่ 5 นี้ ยังเชื่อมต่อกับป้ายรถเมล์ฟอรั่ม และป้ายรถแท็กซี่อัจฉริยะ ซึ่งทำให้สามารถใช้บริการของ ขสมก. (องค์กรขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ) เพื่อเดินทางไปยังจุดหมายอื่นต่อไปได้



ภาพที่ 3.7 ทางเข้า – ออก ด้านที่ 5 ของสถานีพระรามเก้า

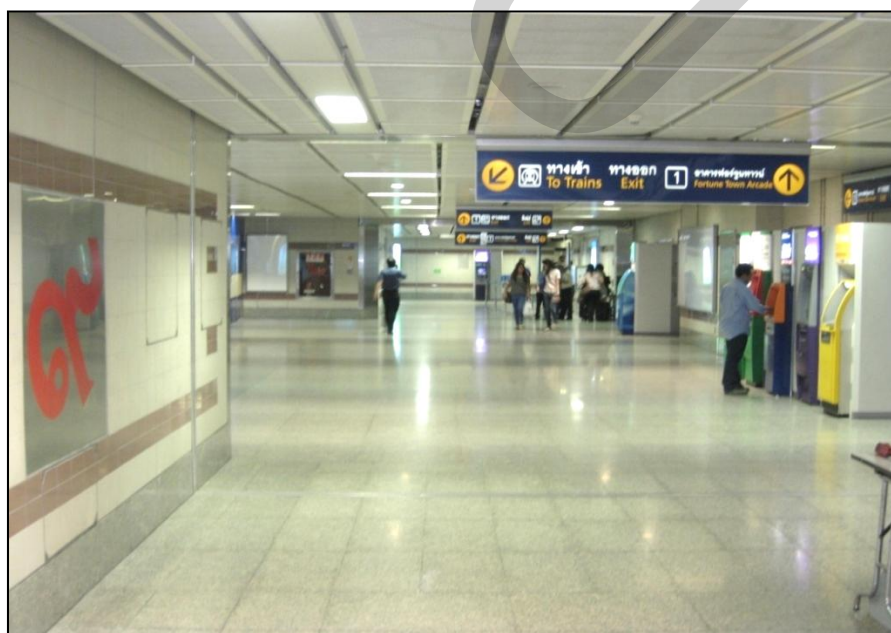
3.2.3 โครงสร้างภายในสถานีพระรามเก้า

โครงสร้างของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กอยู่ใต้ลึกลงไปจากพื้นผิวถนนประมาณ 15 – 25 m. ตัวสถานีจะมีความกว้างประมาณ 18 – 25 m. มีความยาวประมาณ 150 – 200 m. ขึ้นอยู่กับสถานีของพื้นที่ โดยตัวสถานีของสถานีพระรามเก้า จะเป็นแบบชานชาลาอยู่ตรงกลาง มีรางรถไฟอยู่สองด้านของชานชาลา การออกแบบพื้นที่ภายในสถานีพระรามเก้าแบ่งออกเป็นโครงสร้าง 3 ชั้นดังภาพที่ 3.8, 3.9, 3.10 และ 3.11



ภาพที่ 3.8 โครงสร้างภายในของสถานีพระรามเก้า
ที่มา: โครงการรถไฟฟ้ามหานครสายเฉลิมรัชมงคล (2547)

ชั้นที่ 1 ชั้นรวมผู้โดยสาร (ชั้น Retail) มีลักษณะเป็นพื้นที่โล่ง ได้ออกแบบให้เป็นพื้นที่
ชั้นร้านค้าปลีกต่างๆ มีขนาดพื้นที่ 3,933 m²



ภาพที่ 3.9 ชั้นรวมผู้โดยสาร (ชั้น Retail)

ชั้นที่ 2 ชั้นโถงผู้โดยสาร (Concourse) ออกแบบไว้เป็นสถานที่สำหรับซื้อ ตราจตั๋วโดยสาร แสดงแผนภูมิเส้นทางรถไฟฟ้า และยังเป็นพื้นที่ปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ มีขนาดพื้นที่ 4,577 m²



ภาพที่ 3.10 ชั้นโถงผู้โดยสาร (ชั้น Concourse)

ชั้นที่ 3 ชั้นชานชาลา (Platform) เป็นชั้นที่รถไฟฟ้าจอดรับ – ส่งผู้โดยสาร มีขนาดพื้นที่ 4,577 m²



ภาพที่ 3.11 ชั้นรอรถโดยสาร (Platform)

3.2.4 โครงสร้างภายในอุโมงค์ของสถานีพระรามเก้า

อุโมงค์ทางวิ่งรถไฟฟ้าของโครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล เป็นแบบอุโมงค์คู่รางเดี่ยววางตัวอยู่ในชั้นดินที่ระดับเดียวกันขนานกันไปตามแนวเส้นทาง ผังอุโมงค์เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่อสำเร็จรูป มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในกว้าง 5.7 m. มีความหนาของผนังอุโมงค์ 0.30 m. มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกกว้าง 6.3 m. ดังรูปที่ 3.12, 3.13, 3.14 และ 3.15 ถูกออกแบบมาให้สามารถต้านทานแรงดันดิน และน้ำใต้ดิน รวมไปถึงการทรุดตัวของดินเนื่องจากการสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว โดยทุกๆ ตำแหน่งต่ำสุดของแนวอุโมงค์ที่ตกท้องช้างได้มีการก่อสร้างบ่อพักน้ำ เพื่อรองรับการระบายน้ำภายในอุโมงค์ไว้เพื่อสูบน้ำออกไปสู่ที่ระบายที่อยู่บนผิวดิน



ภาพที่ 3.12 อุโมงค์ภายในรถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า



ภาพที่ 3.13 แนวอุโมงค์ที่มีแนวเส้นทางในแนวตั้งในลักษณะตงท้องช้าง



ภาพที่ 3.14 พื้นที่ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้าขาไป



ภาพที่ 3.15 พื้นที่ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้าขากลับ

3.3 ความสัมพันธ์ของระบบ SCADA กับระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า

การทำกิจกรรมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินจะเป็นการทำงานในช่วงหลังปิดให้บริการของการเดินรถ เนื่องจากการจะเข้าพื้นที่ทำงานจะต้องมีอุปกรณ์ เครื่องมือในการทำงาน หรือลงไปทำงานในส่วนที่เป็นทางวิ่งของขบวนรถไฟฟ้า ขณะที่ยังเปิดให้บริการเดินรถอยู่นั้น ยังมีการใช้งานระบบตรวจจับ และควบคุมการทำงานของระบบหลักต่างๆ เช่น ระบบ SCADA, ระบบแอนติสัลฟิวไรด์, ระบบการเดินรถไฟฟ้า รวมไปถึงระบบที่ต้องการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศรถไฟฟ้าใต้ดินอย่างถูกต้องตามหลักวิศวกรรม ซึ่ง รวมไปถึงระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า ที่กำลังศึกษาอยู่ด้วยความสัมพันธ์ของระบบ SCADA และระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า

ระบบ Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) เป็นระบบตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Real-time ใช้ในการตรวจสอบสถานะตลอดจนถึงควบคุมการทำงานของระบบหลัก โดยแสดงผลที่หน้าจอ Monitor ที่ใช้ในห้องควบคุมหลัก ระบบ SCADA มีความสามารถดังต่อไปนี้

3.3.1 Automation Control ควบคุมการทำงานของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์ และตรวจจับอุณหภูมิภายในอุโมงค์ สามารถตั้งโปรแกรมการปฏิบัติงานล่วงหน้าให้ระบบทำงานเอง

3.3.2 Data Acquisitions เก็บข้อมูล ประมวลผลข้อมูลและจัดทำรายงานโดยคอมพิวเตอร์ของระบบ SCADA โดยอัตโนมัติ

3.3.3 Remote Control & Remote Access สามารถทำการควบคุมและรับทราบข้อมูล (Share Data) ได้จากทุกแห่ง (Anywhere) และทุกเวลา (Anytime)

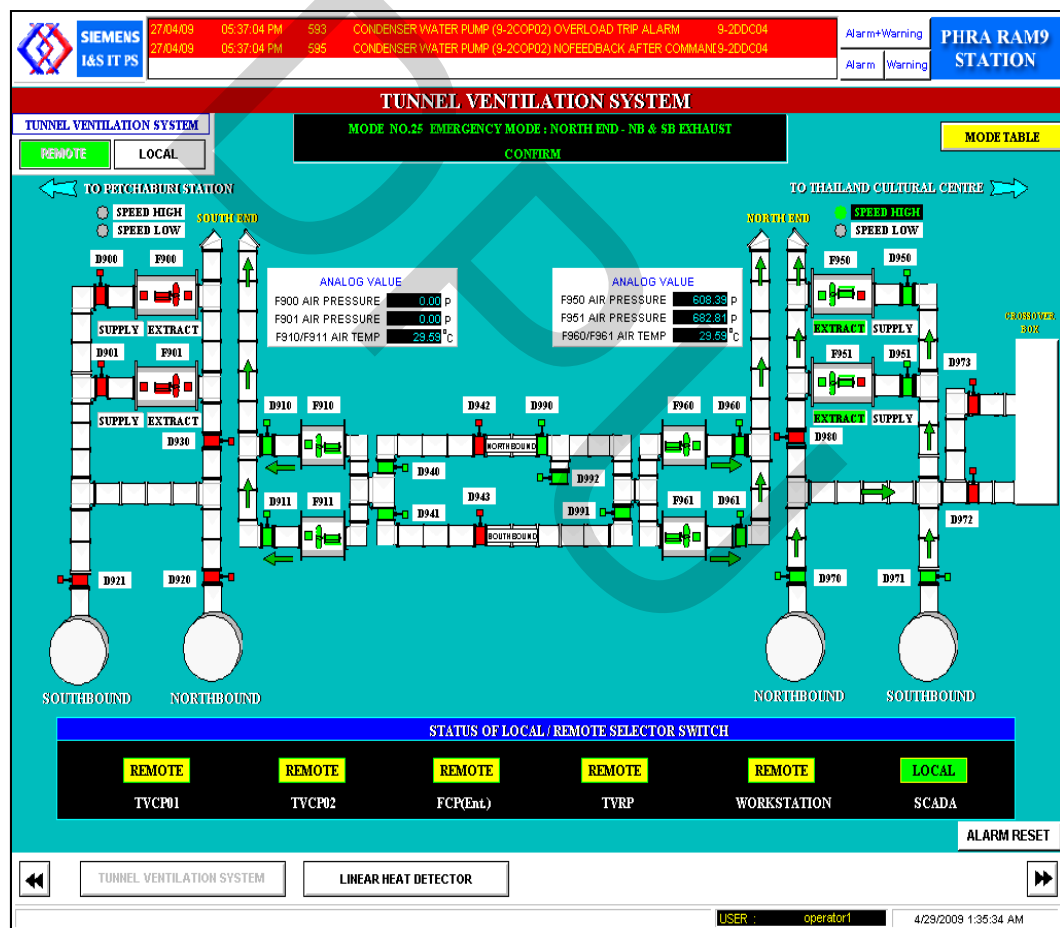
3.3.4 Self Diagnostic ตรวจสอบความผิดปกติของระบบ SCADA อัตโนมัติ โดยระบบจะทำการตรวจสอบ ระบบคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของระบบ SCADA ตลอดเวลา เมื่อเกิดความผิดปกติ จะทำการแจ้งเตือน Operator ผ่านจอ Monitor

3.3.5 Warning & Alarming System การแจ้งเตือนเหตุขัดข้องของระบบ โดยจะทำการแจ้งเตือนไปยังหน้าจอ Monitor

การระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า มีการออกแบบระบบให้สามารถสั่งงานโดยผ่านระบบ SCADA และควบคุมการทำงานจากผู้ควบคุมภายในสถานีพระรามเก้า ภายในห้องควบคุมหลัก และบริเวณทางเข้าสถานี ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินไม่สามารถ

สั่งงานผ่านระบบ SCADA หรือเข้ามาสั่งงานในสถานีได้ โดยการติดตั้งอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน ดังนี้

- | | |
|---|--------|
| 1. Tunnel Ventilation Fan (TVF) | 4 ตัว |
| 2. Under Platform Extract Fan (UPE.F) | 4 ตัว |
| 3. Damper | 23 ตัว |
| 4. Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP) | 2 ตู้ |
| 5. Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP) | 1 ตู้ |
| 6. Fireman Control Panel (FP) | 1 ตู้ |



ภาพที่ 3.16 การติดตั้งระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า

3.4 แนวการศึกษางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า

งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน อย่งถูกต้องตามหลักวิศวกรรม สามารถแบ่งอุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษาดังนี้

3.4.1 Tunnel Ventilation Fan (TVF) และ Under Platform Extract Fan (UPE.F)

พัดลมเป็นอุปกรณ์สำคัญในการระบายอากาศภายในอุโมงค์ ซึ่งในการใช้งานนั้นจะใช้ควบคู่กับการวางแผนการบำรุงรักษาอย่างถูกต้องด้วย

3.4.1.1 กำหนดการทำงานซ่อมบำรุง

การกำหนดแผนการทำงานบำรุงรักษาจะเป็นการทำงานตามคู่มือใน Operation Maintenance manual (OMM) ของทางผู้ผลิตพัฒมนั้นเป็นหลัก ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กำหนดการทำการบำรุงรักษาเพื่อการป้องกัน (Preventive Maintenance Schedule) ของพัดลมระบายอากาศในอุโมงค์

รายการ	ระยะเวลา	รายละเอียด
Vibration Monitoring	1 เดือน	1. ตรวจสอบว่าลูกยางลดการสั่นสะเทือนยังรองรับกับการสั่นสะเทือนของพัดลมหรือไม่
	1 เดือน	2. ตรวจสอบด้วยการวัดการสั่นสะเทือนของพัดลม/หรือของมอเตอร์
Monitoring of bearing	1 เดือน	1. ตรวจสอบการสั่นของใบพัด เสียง และการเพิ่มของอุณหภูมิที่ Vibration Monitoring และ PTC Bearing Temp ตามลำดับ
	1 เดือน	2. ตรวจสอบการหล่อลื่นของพัดลม
	12 เดือน	3. ตรวจสอบเพื่อเปลี่ยนใบพัด หาก Bearing มีอาการผิดปกติ
Mechanical starting coupling	1 เดือน	1. ตรวจสอบการสึกกร่อน และความสกปรกของใบพัดลม
	12 เดือน	2. ตรวจสอบที่ Bearing, Seal Ring และการสึกหรอของ Coupling (ทุกๆ 2,000 Hrs/Operation)
Impeller inspection	12 เดือน	3. ทำความสะอาดและอาจจะต้อง Balance ใหม่ หากมีการสึกกร่อนของใบพัด

3.4.1.2 ขั้นตอนการบำรุงรักษา และดูแล (Maintenance and Service Procedure)

การเริ่มต้นการทำงานของพัดลม เป็นสิ่งสำคัญต่อความถี่ในการบำรุงรักษา เช่นเดียวกับสถานะการทำงาน สถานะแวดล้อม และความเหมาะสมที่ต้องการ ความถี่ในการบำรุงรักษาต้องได้รับการกำหนดโดยผู้ออกแบบของระบบ โดยตระหนักถึงคำแนะนำของผู้ผลิตตัวพัดลม ซึ่งต้องเตรียมอะไหล่เอาไว้ให้เพียงพอด้วย การไม่ได้ใช้พัดลมเป็นเวลานานๆ จะทำให้คุณสมบัติของจาระบีเปลี่ยนไปได้ สิ่งสกปรกอาจเข้าไปตกค้าง หรือจาระบีอาจแห้ง หรือระยะ pit ของ Bearing อาจเปลี่ยนไป (เนื่องจากน้ำหนักของใบพัดลม) เพื่อป้องกันปัญหาเหล่านี้ควรมีการ Star เพื่อให้พัดลมได้ทำงานทุกๆ 1 เดือน โดยการ Star ครั้งละ 10 – 30 นาที หรืออย่างน้อยที่สุดควรใช้มือหมุนใบพัดของพัดลม (ควรปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้าก่อนเสมอ) แม้ไม่ได้ใช้งานเลย จาระบีจะต้องถูกเปลี่ยนทุกๆ 3 ปี ใบพัดทั้งหมดจะต้องได้รับการถ่วง (Balance) การที่ใบพัดไม่สมดุล อาจจะมีสาเหตุเกิดจาก ฝุ่น ความสึกกร่อน และสิ่งต่างๆ ที่สะสมกันอยู่บนใบพัด ซึ่งจะนำไปสู่การสั่นสะเทือน และทำให้ลูกปืนเสียหาย ควรจะต้องทำให้ระดับการสั่นสะเทือนอยู่ในระดับต่ำอยู่เสมอ ควรจะมีการตรวจดูการสึกกร่อนของผิวภายนอกพัดลมด้วย หากพบว่ามี การสึกกร่อน หรือเกิดสนิม ควรรีบทำการซ่อมแซม

3.4.1.3 การตรวจสอบและการปรับตั้งค่าต่างๆ

การตรวจสอบเครื่อง อุปกรณ์ และการปรับตั้งค่าต่างๆ ของตัวเครื่องจักร อุปกรณ์ เป็นปัจจัยหลักของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน มีหลักการตรวจสอบและปรับตั้งค่า ดังต่อไปนี้

1) Vibration Monitoring คือ ความสั่นสะเทือนที่เพิ่มขึ้นเป็นสัญญาณอันตราย ที่แสดงถึงความผิดปกติ การตรวจสอบความผิดปกติทำได้โดย

1. ตรวจสอบที่ Vibration Monitoring ปกติมีให้เลือก set ค่า 1 – 8 โดยปกติค่าที่ 8 นั้นเป็นค่าที่ทางโรงงานตั้งมาให้ ซึ่งในความเป็นจริง ในขณะที่ตรวจเช็คเราสามารถลดระดับการสั่นสะเทือนให้อยู่ที่ 1 ได้โดยอาจใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วทำการบันทึกค่าไว้ทุกๆ 1 เดือน หากว่าเมื่อใดที่ค่าระดับ 1 นั้นไม่สามารถทนการสั่นสะเทือนได้ (Vibration Monitoring จะสั่งให้พัดลมหยุดการทำงาน และ Show “Fault” ที่ Mimic Panel) ก็ให้หาสาเหตุ เช่น ลูกยางรองแท่นพัดลม หรือมีการสะสมของฝุ่นละออง หรือเกิดการสึกกร่อนของใบพัด ซึ่งอาจนำมาซึ่งความไม่สมดุลของใบพัดลม และทำให้เกิดการสั่นสะเทือนที่อาจทำให้เกิดความเสียหายได้

2. ตรวจสอบเสียง เสียงในที่นี้คือเสียงที่ดังผิดปกติ อาจเกิดจากใบพัดลมที่ไม่สมดุล หรือเกิดจากเสียงลูกปืน (Bearing) ดังนั้นการสังเกตจึงเป็นสิ่งสำคัญ หรืออาจใช้เครื่องวัดเสียงช่วยในการบันทึกเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือน โดยในเบื้องต้นควรจะทำ การบันทึกค่าของเสียงในห้องพัดลมเทียบกับพัดลมตัวอื่นๆด้วย

2) Monitoring of bearing โดย Bearing จะต้องได้รับการตรวจเช็คอย่างสม่ำเสมอ โดยต้องระมัดระวังเรื่อง ฝุ่น หรือความชื้นที่จะเข้าไปในลูกปืน เพราะอาจทำให้ลูกปืนชำรุดก่อนเวลาอันควร มีวิธีการตรวจสอบลูกปืนดังนี้

1. Visual Check สังเกตการรั่วซึม การแห้งของจาระบี
2. Sound สังเกตเรื่อง เสียงว่ามีเสียงดังผิดปกติไปจากเดิมหรือไม่
3. Vibration สังเกตการณ์สั่นสะเทือนที่ผิดปกติโดยใช้ Vibration Monitoring

4. จาระบี โดยปกติแล้วอายุการใช้งานจาระบีของพัดลมที่ใช้มาๆ เช่น UPE FAN จะมีอายุการใช้งานอยู่ระหว่าง 2,000 – 4,000 ชั่วโมง เท่านั้น ซึ่งควรจะเปลี่ยนจาระบีใหม่โดยใช้รูสำหรับอัดจาระบีที่ติดอยู่ที่โครงพัดลม (มี 2 รู สำหรับแกนด้านหน้าที่ต่อกับใบพัดลม และด้านหลังมอเตอร์อีก 1 รู) โดยใช้เครื่องอัดจาระบีใหม่ในขณะที่พัดลมยังทำงานอยู่หรืออาจใช้มือช่วยหมุนใบพัด (อย่าลืมปิด Main Breaker ก่อนเสมอ) สำหรับอายุของ Bearing นั้นเนื่องจาก Motor ยี่ห้อ Siemens รุ่นนี้เป็นรุ่น 1LA6 ซึ่งใช้ลูกปืนเป็นแบบ Deep-Ball groove Bearing ซึ่งจะมีอายุการใช้งานอยู่ระหว่าง 20,000 – 80,000 ชั่วโมง จึงควรทำการบันทึกการใช้งานไว้ด้วย

3.4.1.4 ข้อมูลด้านเทคนิค

เป็นข้อมูลเฉพาะของอุปกรณ์ตัวพัดลมที่ใช้ใน ในกรณีที่อุปกรณ์มีปัญหาต้องทำการเปลี่ยนใหม่ จะสามารถหาอะไหล่ หรืออุปกรณ์ที่ชำรุดมาแทนได้อย่างง่ายดาย ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของพัดลมระบายอากาศภายในอุโมงค์

Item	Equipment	Equipment No.	Brand	Model	Weight (kg)
1.	TVF Fans	Various	Witt & Sohn	A-NR8L5/Z1.2/2000/G/10	1,985
2.	Motor	-	Siemens	1PP6313-6AA91 -Z/315M (1LA6/315M)	830
3.	UPE.F	Various	Witt & Sohn	A-N8L5/V0.9/1400/G/8	783
4.	Motor	-	Siemens	1PP6283-4AA91-Z/280M (1LA6/280M)	660
5	Vibration Monitoring	-	holthausen	ESW Mini HOL 505	-
6	Vibration Isolator	-	SCHWINGMET ALL	Type 58394	-
7	Flexible Duct	-	Ditec	LT200	-

3.4.2 Damper

Damper เป็นบานประตูในการ เปิด-ปิด โดยจะทำงานสัมพันธ์กับตัวพัดลม ดังนั้นการทำการบำรุงรักษาที่ควรทำควบคู่ไปกับ TVF และ UPE.F เลขที่เดียว

3.4.2.1 กำหนดการทำงานซ่อมบำรุง

การกำหนดแผนการบำรุงรักษาที่ควรยึดตามคู่มือใน Operation Maintenance manual (OMM) ของทางผู้ผลิตเป็นหลักเช่นกัน ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 กำหนดการทำการบำรุงรักษาเพื่อป้องกัน (Preventive Maintenance Schedule)

Damper

รายการ	ระยะเวลา	รายละเอียด
Damper	1 เดือน	1. เปิด Damper เพื่อให้มั่นใจว่าตำแหน่งเปิด และปิด ทำงานได้อย่างถูกต้อง
		2. ตรวจสอบ Actuator และ Micro Switch ระหว่างการใช้งาน เพื่อให้มั่นใจว่าทำงานได้อย่างถูกต้อง
ตรวจสอบด้วยสายตา (Visual inspection)	6 เดือน	1. ตรวจสอบ Damper ว่ามีสัญญาณของการเสื่อมคุณภาพ
		2. ตรวจสอบ Damper Case และ Blade - ถ้ามีสนิมให้ทำการซ่อมแซมด้วย Zinc rich paint - ตรวจสอบว่าไม่มีสิ่งแปลกปลอมใดๆ เข้าไปใน Damper Blade
		3. อุปกรณ์อื่นๆ - ทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ใดๆ ที่แสดงการเสื่อมคุณภาพ เพื่อป้องกัน Damper เสียหายได้
Damper Actuator	6 เดือน	1. ตรวจสอบระดับน้ำมัน Hydraulic ที่ Level glass 2. ตรวจสอบเช็คความดันที่ผิดปกติ

3.4.2.2 ขั้นตอนการบำรุงรักษา และดูแล (Maintenance and Service Procedure)

แดมเปอร์ (Damper) ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 3 ชนิด ที่ต้องการบำรุงรักษา และดูแลที่แตกต่างกัน

1) Damper case

ให้ทำการตรวจสอบด้วยสายตาว่ามีสนิมที่ตรงไหน และให้ทำการซ่อมแซมด้วย Zinc rich paint

ตรวจสอบการติดตั้งว่า น็อตตัวใดหลุดหลวม ถ้ามีก็ให้ขันให้แน่น

2) Blade

ให้ตรวจสอบด้วยสายตาว่า มีสนิมที่ตรงไหนแล้วให้ซ่อมแซมด้วย Zinc rich paint

ทำการเปิดเครื่อง เพื่อดูว่าตำแหน่งเปิด และปิด ทำงานได้อย่างถูกต้อง

3) Actuator และ Micro Switch ต้องได้รับการตรวจดูว่าทำงานได้อย่างถูกต้องทั้งเปิดและปิด เนื่องจากชุด Micro Switch นี้จะทำงานอยู่ตลอดเวลา ถึงแม้ว่า Damper จะอยู่ในสภาพเปิดหรือปิดก็ตาม

ทำการตรวจสอบชุด Terminal ว่าต้องไม่มีการหลุดหลวมของสาย ถ้ามีควรขันสายให้แน่น

3.4.2.3 ข้อมูลด้านเทคนิค

ข้อมูลด้านเทคนิคของ Damper จะกล่าวถึงตัวอุปกรณ์ ยี่ห้อ ขนาด และสิ่งจำเป็นที่เราต้องทราบเกี่ยวกับอุปกรณ์ Damper ซึ่งข้อมูลต่างๆ ของ Damper ถูกแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของ Damper

Item	Equipment	Equipment No.	Brand	Model	Weight (Kg)
1	Damper				
1.1	TV Fan Isolation Damper	D900 D901 D950 D951	How den	CFD-01	760
1.2	TV Tunnel Isolation Damper	D920 D921 D970 D971	How den	CFD-01	1350 1326 1260 1260
1.3	TV Cross Over Box Damper	D972 D973	How den	CFD-01	1450
Item	Equipment	Equipment No.	Brand	Model	Weight (Kg)
1.4	TV Draught Relief Damper	D930 D980	How den	CFD-01	1285 1326

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

Item	Equipment	Equipment No.	Brand	Model	Weight (Kg)
1.5	UPE Fan Isolation Damper	D910	How den	CFD-01	239
		D911			
		D960			
		D961			
1.6	UPE Duct Damper	D940	How den	CFD-01	295
		D941			
		D990			
		D991			
1.7	UPE Centre Damper	D942	How den	CFD-01	298
		D943			
2.	Actuator	-	Remote	RCE240-SR	25
			Control	RCE260-SR	38
3	Motor	-	Bonnie	SCS71B4	6.4

3.4.3 Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)

เป็นแผงควบคุมของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์ ซึ่งต้องมีขั้นตอนในการบำรุงรักษา และดูแลที่แตกต่างจาก TVF, UPE.F และ Damper ซึ่ง TVCP แบ่งออกเป็นการบำรุงรักษาเป็น 2 คู่ด้วยกันคือ Main Control Circuit (MCC) – Automatic Transfer Switch (ATS) และ Main Control Circuit (MCC) – Ventilation Control Panel (VCP)

3.4.3.1 กำหนดการทำงานซ่อมบำรุง TVCP/MCC – ATS

การบำรุงรักษาแผงควบคุม TVCP/MCC – ATS ต้องทำด้วยความละเอียด รอบคอบ ก่อนทำการบำรุงรักษาต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าทำการ Off Breaker เพื่อตัดการเสไฟฟ้า และติดตั้ง Tag out/Lock out ให้เรียบร้อย ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 กำหนดการทำการบำรุงรักษาเพื่อการป้องกัน (Preventive Maintenance Schedule)
Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)

รายการ	ระยะเวลา	รายละเอียด
ตรวจหาสิ่งเจือปน และโครงกรอบ ภายนอก	4 เดือน	1. ตรวจสอบสิ่งสกปรก ความชื้น และสิ่งที่แปลกปลอมอื่นๆ - ทำความสะอาดด้วยการดูดฝุ่น
		2. ตรวจสอบ ประตูและอุปกรณ์ เช่น บานพับ สายยู อื่นๆ - เปลี่ยนถ้าหากมีชิ้นส่วนใดชำรุด หรือมีรอยร้าว - ซ่อม หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุด หรือทำงานผิดปกติ
		3. ตรวจสอบอุปกรณ์ทำความเย็นต่างๆ เช่น ระบบปรับ อากาศในห้องควบคุม พัดลมระบายอากาศ แผ่นกรองฝุ่น - กำจัดฝุ่น และสิ่งสกปรกออกจากพัดลม และแผ่นกรอง ฝุ่น - ตรวจสอบระบบปรับอากาศในห้องควบคุม
Bus bar และ Cable Termination	4 เดือน	1. ตรวจสอบการต่อเชื่อมของ bus bar และอุปกรณ์ต่างๆ ว่า หลวมไปหรือไม่ - ขึ้นใหม่ให้แน่น โดยใช้ประแจ Torque ในการขัน
Bus bar และ Cable Termination	4 เดือน	2. ตรวจสอบสายไฟ และการร้อยสายว่าหลวมหรือไม่ - ขึ้นให้แน่น
Metering & Indicators	4 เดือน	1. ตรวจสอบเพื่อความมั่นใจว่าอุปกรณ์ต่างๆ ยังคงทำงานได้ อย่างถูกต้อง - เปลี่ยนถ้าหากมีอุปกรณ์ชิ้นใดที่ทำงานผิดปกติ
อุปกรณ์สวิตช์	12 เดือน	1. ตรวจสอบการทำงานของ ACB, MCC, CB contactor และ Relay 1.1 ด้านเครื่องกล ให้ตรวจสอบการทำงานตามปกติ และไม่มี มีอุปกรณ์ชิ้นใดติดขัด ชำรุด หรือแตกหัก - ถ้ามีให้เปลี่ยนใหม่

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

รายการ	ระยะเวลา	รายละเอียด
อุปกรณ์สวิตช์	12 เดือน	1.2 Contact ให้ตรวจสอบ หน้าสัมผัส ว่ามีการสึกหรอ หรือ มีฝุ่นจับสะสมอยู่หรือไม่ - ทำการดูดฝุ่น หรือเช็ด Contact ถ้าจำเป็นให้กำจัด ฝุ่น หรือ เปลี่ยน ถ้าหน้าสัมผัสสึกมากเกินไป
อุปกรณ์สวิตช์	12 เดือน	2. ตรวจสอบ Termination ว่าไม่หลวมเกินไป และตัวควบคุม วงจรไม่ทำให้ระบบควบคุมทำงานผิดปกติ - ทำการขันใหม่ให้แน่น
		3. ตรวจสอบ Sequence ของวงจรควบคุมว่า เปิด-ปิด หรือ Trip หรือไม่ - ทำการแก้ไขใหม่ให้ถูกต้อง

3.4.3.2 กำหนดการทำงานซ่อมบำรุง TVCP/MCC – VCP

การบำรุงรักษาแผงควบคุม TVCP/MCC – VCP ต้องทำด้วยความละเอียด รอบคอบ ก่อนทำการบำรุงรักษาต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำการ Off Breaker เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้า ไหลย้อนกลับเข้ามาที่แผงควบคุม จากนั้นให้ทำการติดตั้ง Tag out/Lock out ให้เรียบร้อย เพื่อ ป้องกันบุคคลที่สาม ที่ไม่รู้ว่ามีการทำการบำรุงรักษาอุปกรณ์อยู่ มา On Breaker ซึ่งจะทำให้ ผู้ปฏิบัติงานได้รับบาดเจ็บ และอาจเสียชีวิตได้ ซึ่งการตรวจสอบ TVCP จะปฏิบัติตามตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 กำหนดการทำการบำรุงรักษาเพื่อป้องกัน (Preventive Maintenance Schedule)
แผงควบคุม

รายการ	ระยะเวลา	รายละเอียด
ตรวจสอบสิ่งเจือปน และ โครงกรอบภายนอก	4 เดือน	1. ตรวจสอบสิ่งสกปรก ความชื้น และสิ่งที่แปลกปลอม อื่นๆ - ทำความสะอาดด้วยการดูดฝุ่น
ตรวจสอบสิ่งเจือปน และ โครงกรอบภายนอก	4 เดือน	2. ตรวจสอบ ประตูและอุปกรณ์ เช่น บานพับ สายยู อื่นๆ - เปลี่ยนถ้าหากมีชิ้นส่วนใดชำรุด หรือมีรอยร้าว - ซ่อม หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุด หรือทำงาน ผิดปกติ 3. ตรวจสอบเช็คอุปกรณ์ทำความเย็นต่างๆ เช่น ระบบปรับ อากาศในห้องควบคุม พัดลมระบายอากาศ แผ่น กรองฝุ่น - กำจัดฝุ่น และสิ่งสกปรกออกจากพัดลม
อุปกรณ์สวิตช์	12 เดือน	1. ตรวจสอบการทำงานของ ACB, MCC, CB contactor และ Relay 1.1 ด้านเครื่องกล ให้ตรวจสอบการทำงานตามปกติ และไม่มีอุปกรณ์ชิ้นใดติดขัด ชำรุด หรือ แตกหัก - ถ้ามีให้เปลี่ยนใหม่ - ตรวจสอบอุณหภูมิให้อยู่ในระดับต่ำกว่า 35°C

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

รายการ	ระยะเวลา	รายละเอียด
Bus bar และ Cable Termination Metering & Indicators	4 เดือน	1. ตรวจสอบการ Connect ของ bus bar และอุปกรณ์ต่างๆ ว่าหลวมไปหรือไม่ - ชันใหม่ให้แน่น
		2. ตรวจสอบสายไฟ และการร้อยสายว่าหลุดหลวมหรือไม่ - ชันให้แน่น
		3. ตรวจสอบเพื่อความมั่นใจว่าอุปกรณ์ต่างๆ ยังคงทำงานได้อย่างถูกต้อง
อุปกรณ์สวิตซ์	12 เดือน	1. ตรวจสอบการทำงานของ ACB, MCC, CB contactor และ Relay 1.1 ด้านเครื่องกล ให้ตรวจสอบการทำงานตามปกติ และไม่มีอุปกรณ์ชิ้นใดติดขัด ชำรุด หรือ
อุปกรณ์สวิตซ์	12 เดือน	แตกหัก - ถ้ามีให้เปลี่ยนใหม่
		1.2 Contact ให้ตรวจสอบ หน้าสัมผัส ว่ามีการสึกหรอ หรือมีฝุ่นจับสะสมอยู่หรือไม่ - ทำการดูดฝุ่น หรือเช็ด Contact ถ้าจำเป็นให้ กำจัดฝุ่นหรือเปลี่ยน ถ้าหน้าสัมผัสสึกมากเกินไป
		2. ตรวจสอบ Termination ว่าไม่หลวมเกินไป และตัวควบคุมวงจรไม่ทำให้ระบบควบคุมทำงานผิดปกติ - ทำการขันใหม่ให้แน่น
		3. เช็ค Sequence ของวงจรควบคุมว่า เปิด-ปิด หรือ Trip หรือไม่ - ทำการแก้ไขใหม่ให้ถูกต้อง

3.4.3.3 ขั้นตอนการบำรุงรักษา และดูแล (Maintenance and Service Procedure)

ในการดูแลรักษาของตู้ TVCP แบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ๆ ด้วยกันคือ

1) Mimic Control Circuit (MCC)

Mimic Control Circuit เป็นแผงสวิตช์ไฟฟ้าที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 4 ชนิด ที่ต้องการบำรุงรักษา และดูแลที่ต่างกันดังนี้

โครงกรอบภายนอกต้องการบำรุงรักษาอย่างถูกต้องเพื่อป้องกันความชื้น และฝุ่นละออง

Bus bar ต้องทำการขันอุปกรณ์เชื่อมต่อของ Bus bar ให้แน่น เพราะความสั่นสะเทือนระหว่างทำงานอาจทำให้หลวมได้

Metering & อุปกรณ์ควบคุม (Control Component) อาจเสื่อมคุณภาพหลังจากการทำงานมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง

อุปกรณ์ Switching ต้องซ่อมแซม หรือเปลี่ยน เพราะเสื่อมคุณภาพลงหลังจากทำงานมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง

2) Ventilation Control Panel (VCP)

Ventilation Control Panel เป็นแผงควบคุมที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 3 ส่วนที่ต้องการขั้นตอนในการบำรุงรักษา และดูแลที่แตกต่างกัน

โครงกรอบภายนอก (Enclosure) ต้องการบำรุงรักษาอย่างถูกต้องเพื่อป้องกันความชื้น และฝุ่นละออง

Indicator และอุปกรณ์ควบคุม (Control component) Metering และอุปกรณ์ควบคุม อาจเสื่อมสภาพได้ หลังจากทำงานมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง

PLC และอุปกรณ์ Relay ต้องซ่อม หรือเปลี่ยน เพราะอาจเสื่อมสภาพหลังจากทำงานมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง

3.4.3.4 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของ Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)

ข้อมูลทางด้านเทคนิคของ ตู้ TVCP ดังตารางที่ 3.7 จะประกอบไปด้วยข้อมูลที่จำเป็นของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในตู้ TVCP

ตารางที่ 3.7 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของตู้ Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP)

Equipment Category	Description	Equipment No.	Brand/Supplier	Model No.
Electrical Control Equipment and Instrumentation				
TVCP (MCC)	Tunnel Ventilation Control Panel – 01 (MCC)	1-1TV01	F.E Zuellig	-
	Tunnel Ventilation Control Panel – 02 (MCC)	1-1TV02	F.E Zuellig	-
VSD	Variable Speed Drive for TVF	V100/V101 V150/V151	ABB Automation	ASC600 Single Drive ACS604-0140-3
Instrument	Instrumentation for Flow Direction and Temperature	N/A	Siemens Building Technologies Ltd.	Temperature Transmitter Siemens:7MC1006-3DA14-K00 Air Flow Switch Electro Control:EFS-02HT
VCP	Ventilation Control Panel (PLC)	N/A	Siemens Building Technologies Ltd.	-
UPS System	Power Supply Backup for PLC	N/A	Chloride Power Protection (Thailand) Ltd.	UPS Chloride: Power Lan Plus Battery CSB:GP/FR1270

3.4.4 Tunnel Ventilation Repeater Panel (TVRP) and Fire Man Panel (FP)

ตู้ควบคุม TVRP ที่ติดตั้งอยู่ในห้อง Station Operation Room และตู้ควบคุม FP ติดตั้งอยู่ที่ทางเข้าหลัก (Entrance) เพื่อใช้สำหรับเลือกควบคุม แบบ Manual และควบคุมแบบ Remote ดังนั้นจึงมีการทำให้อุปกรณ์ทั้งสองอย่างเหมือนกันหมด ทั้งทางด้านอุปกรณ์ และหน้าที่การทำงาน รวมทั้งอุปกรณ์ควบคุม สวิตซ์ หลอดไฟ สัญญาณเตือนต่างๆ

3.4.4.1 กำหนดการทำงานซ่อมบำรุง TVRP and FP

ตู้ควบคุม TVRP และตู้ FP มีลักษณะการสั่ง ควบคุม และอุปกรณ์ต่างๆ เหมือนกัน ดังนั้นงานบำรุงรักษาจึงเหมือนกันด้วย ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 กำหนดการทำการบำรุงรักษาเพื่อการป้องกัน (Preventive Maintenance Schedule)

TVRP and FP

รายการ	ระยะเวลา	รายละเอียด
ตรวจหาสิ่งเจือปน และ โครงกรอบภายนอก	4 เดือน	1. ตรวจสอบตู้สกรปรก ความชื้น และสิ่งที่แปลกปลอมอื่นๆ - ทำความสะอาดด้วยการดูดฝุ่น
		2. ตรวจสอบ ประตูและอุปกรณ์ เช่น บานพับ สายยู อื่นๆ - เปลี่ยนถ้าหากมีชิ้นส่วนใดชำรุด หรือมีรอยร้าว - ซ่อม หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุด หรือทำงานผิดปกติ
Metering & Control Component	4 เดือน	1. ตรวจสอบเพื่อความมั่นใจว่าอุปกรณ์ต่างๆ ยังคงทำงานได้อย่างถูกต้อง - เปลี่ยนถ้าหากมีอุปกรณ์ชิ้นใดที่ทำงานผิดปกติ
		2. ตรวจสอบสายไฟ และการร้อยสายว่าหลุดหลวมหรือไม่ - ชันให้แน่น
Control Circuit Component	12 เดือน	1. ตรวจสอบการทำงานของ Relay 1.1 ตรวจสอบการทำงานว่าปกติหรือไม่ - ซ่อมแซม หรือเปลี่ยนถ้าจำเป็น 1.2 ตรวจสอบว่าหน้าสัมผัสมีการสึกหรอเกินไปหรือไม่ - ฝุ่นเกาะสะสมมากเกินไปหรือไม่ - ฝุ่น หรือเช็ด Contact ถ้าจำเป็นให้กำจัดฝุ่น หรือเปลี่ยนหน้าสัมผัสใหม่
		2. ตรวจสอบว่า Termination ว่าไม่หลวม และยังคงวงจรควบคุม ซึ่งอาจทำให้การควบคุม การทำงานผิดปกติ - ชันให้แน่น
		3. เช็ค Sequence ของวงจรควบคุม - ทำการแก้ไขใหม่ให้ถูกต้อง

3.4.4.2 ขั้นตอนการบำรุงรักษา และดูแล (Maintenance and Service Procedure)

TVRP และ FP เป็นผู้ควบคุมที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ชนิด ที่ต้องการขั้นตอนการบำรุงรักษา และการบริการที่แตกต่าง

1) โครงครอบภายนอก (Enclosure) ต้องการการบำรุงรักษาอย่างถูกต้อง เพื่อป้องกันความชื้น และฝุ่นละออง

2) Indicator และ Component, Metering & Control Component ที่อาจจะเสื่อมสภาพหลังจากทำงานมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง

3.4.4.3 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของ TVRP and FP

ข้อมูลด้านเทคนิคจะประกอบด้วย ข้อมูล Supplier และข้อมูลที่จำเป็นอื่นๆ ของอุปกรณ์ ที่ผู้ควบคุม TVRP and FP ซึ่งข้อมูลแสดงในตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของผู้ TVRP and FP

Equipment Category	Description	Equipment No.	Brand/Supplier	Model No.
Electrical Control Equipment and Instrumentation				
TVRP	Tunnel Ventilation Repeater Panel	N/A	Siemens Building Technologies Ltd.	-
FP	Fire Man Panel	N/A		-

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาการทำงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟไฟฟ้าใต้ดิน

การทำงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟไฟฟ้าใต้ดิน จะต้องมีการตรวจสอบ ทดสอบ เก็บบันทึกค่าทางไฟฟ้า และค่าอัตราการไหลของลม ฯลฯ ที่ผู้ผลิต ผู้ที่ทำการออกแบบตัวอุปกรณ์ ได้ระบุไว้ในคู่มือ (OMM) นั้นต้องมีเครื่องมือ และเครื่องวัดที่มีความถูกต้องแม่นยำ (Accuracy) ที่เชื่อถือได้ ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของตัวผู้ปฏิบัติงาน เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ต้องมีการสอบเทียบจากผู้ผลิต หรือหน่วยงานที่มีความน่าเชื่อถือได้ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบ ทดสอบ เก็บบันทึกค่าต่างๆ ในการศึกษาครั้งนี้

3.5.1 เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิด คลิปแอมป์ (Digital Clamp Meter)

ผลิตภัณฑ์ FLUKE รุ่น 337 (ภาพที่ 3.17) สามารถใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้า และวัดค่ากระแสไฟฟ้าตาม (ตารางที่ 3.10) ซึ่งใช้สำหรับวัดค่าทางไฟฟ้าในส่วนย่อยของระบบใช้ในการพิจารณาการค่าทางไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์ เพื่อบันทึกค่าลงใน Log Sheet



ภาพที่ 3.17 เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิดคลิบแอมป์ ผลิตภัณฑ์ FLUKE รุ่น 337

ตารางที่ 3.10 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิด คลิบแอมป์ FLUKE รุ่น 337

ไฟฟ้ากระแสสลับ	Range	0 – 999.9 A
	Accuracy	2 % - 5 Counts (10 – 100 Hz)
6 % - 5 Counts (100 – 400 Hz)		
ไฟฟ้ากระแสตรง	Range	0 – 999.9 A
	Accuracy	2 % - 5 Counts
แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (20 – 400 Hz)	Range	0 – 600.0 V.
	Accuracy	1 % - 5 Counts (20 – 100 Hz)
6 % - 5 Counts (100 – 400 Hz)		
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	Range	0 – 600.0 V.
	Accuracy	1 % - 5 Counts
ความต้านทาน	Range	0 – 600.0 Ω , 600 – 6000 Ω
	Accuracy	1.5 % - 5 Counts

3.5.2 เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิด คลิปแอมป์ (Digital Clamp On Hit Ester)

ผลิตภัณฑ์ HIOKI รุ่น 3280 - 10 (ภาพที่ 3.18) สามารถใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้า และวัดค่ากระแสไฟฟ้าตาม (ตารางที่ 3.11) ซึ่งใช้สำหรับวัดค่าทางไฟฟ้าในส่วนย่อยของระบบใช้ในการพิจารณาการค่าทางไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์ เพื่อบันทึกค่าลงใน Log Sheet



ภาพที่ 3.18 เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิด คลิปแอมป์ ผลิตภัณฑ์ HIOKI รุ่น 3280 - 10

ตารางที่ 3.11 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิด คลิปแอมป์ HIOKI รุ่น 337

Function	Range	Accuracy
ไฟฟ้ากระแสสลับ	42.0 A. -1000 A.	± 1.5 % rdg. ± 5 % dgt. (Frequency range 50 – 60 Hz)
แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	4.200 V. – 600 V.	± 2.3 % rdg. ± 8 % dgt. (Frequency range 50 – 500 Hz)
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	420.0 mV. – 600 V.	± 1.3 % rdg. ± 4 % dgt.
ความต้านทาน	420.0 Ω - 420.0 k Ω	± 2.0 % rdg. ± 4 % dgt.
	4.20 M Ω	± 5.0 % rdg. ± 4 % dgt.
	42 M Ω	± 10.0 % rdg. ± 4 % dgt.

3.5.3 เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิด มัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter)

ผลิตภัณฑ์ FLUKE รุ่น 177 (ภาพที่ 3.19) สามารถใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้า และวัดค่ากระแสไฟฟ้าตาม (ตารางที่ 3.12) ซึ่งใช้สำหรับวัดค่าทางไฟฟ้าในส่วนของระบบใช้ในการพิจารณาการค่าทางไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์ เพื่อบันทึกค่าลงใน Log Sheet



ภาพที่ 3.19 เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิด มัลติมิเตอร์

ตารางที่ 3.12 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิด มัลติมิเตอร์ FLUKE รุ่น 177

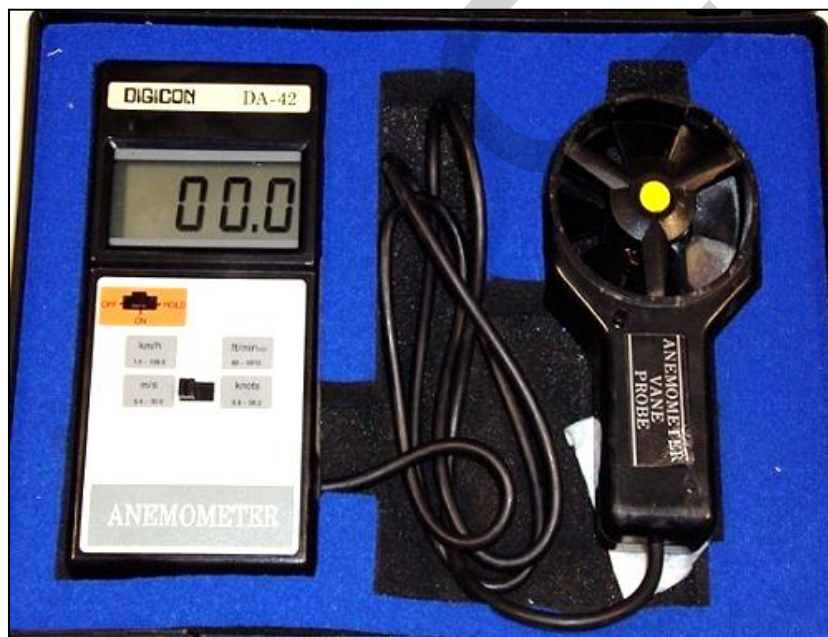
Function	Range	Accuracy
ไฟฟ้ากระแสสลับ	60.00 mA – 10.00 A	1.5 % + 3
ไฟฟ้ากระแสตรง	60.00 mA – 10.00 A	1.5 % + 3
แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	600.0 mV – 600.0 V	1.0 % + 3 (45 Hz – 500 Hz)
	1000 V	2.0 % + 3 (500 Hz – 1 kHz)

ตารางที่ 3.12 (ต่อ)

Function	Range	Accuracy
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	600.0 mV – 600.0 V	0.09 % + 2
	1000 V	0.15 % + 2
ความต้านทาน	600.0 Ω	0.9 % + 2
	6.000 Ω - 6.000 M Ω	0.9 % + 1
	50.00 M Ω	0.15 % + 3
	1000 nF – 100.0 μ F	1.2 % + 2
	9999 μ F	10 % typical

3.5.4 เครื่องวัดปริมาณลม (Flow Anemometer)

ผลิตภัณฑ์ DIGICON รุ่น DA - 42 (ภาพที่ 3.20) สามารถใช้วัดค่าปริมาณลม ความเร็วลม 0.4 – 30 m/s, 1.4 – 108 km/h ใช้วัดปริมาณลม ตาม (ตารางที่ 3.13) เพื่อบันทึกค่าลงใน Log Sheet ของพัดลม เพื่อนำไปคำนวณหาค่าอัตราการไหลของลม



ภาพที่ 3.20 เครื่องวัดปริมาณลม

ตารางที่ 3.13 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องวัดปริมาณลม DIGICON รุ่น DA – 42

Units	Range	Resolution	Threshold	Accuracy
m / s	0.0 – 45.0	0.01	0.3	± 3 % ± 0.1
Ft / min	0 - 8800	2	60	± 3 % ± 20
knots	0.0 -88.0	0.02	0.6	± 3 % ± 0.2
Km / hr	0.0 – 140.0	0.04	1.0	± 3 % ± 0.4
mph	0.0 – 100.0	0.02	0.7	± 3 % ± 0.2

3.5.5 เครื่องวัดค่าความเป็นฉนวน (Insulation – Continuity Tester)

ผลิตภัณฑ์ KYORITSU รุ่น 3007A (ภาพที่ 3.21) สามารถใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้า ในช่วง 250 V. - 1,000 V. และวัดค่าความเป็นฉนวนในช่วง 20 Ω – 2,000 MΩ ใช้สำหรับวัดค่าความเป็นฉนวนของขดลวดมอเตอร์ของพัดลม TVF และ UPE.F ของระบบ ตาม (ตารางที่ 3.14) ใช้ในการพิจารณาการค่าความผิดปกติของตัวมอเตอร์



ภาพที่ 3.21 เครื่องวัดค่าความเป็นฉนวน

ตารางที่ 3.14 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องวัดค่าความเป็นฉนวน KYORITSU รุ่น 3007A

Function	Range	Accuracy
Nominal Current (1 mA DC min)	20 M Ω - 200 M Ω	$\pm 1.5 \% \text{ rdg} \pm 5 \text{ dgt}$
	2000 M Ω	$\pm 10 \% \text{ rdg} \pm 3 \text{ dgt}$
Measuring Current (200 mA DC min)	20 Ω	$\pm 1.5 \% \text{ rdg} \pm 5 \text{ dgt}$
	200 Ω - 2000 Ω	$\pm 1.5 \% \text{ rdg} \pm 3 \text{ dgt}$
AC Voltage	0 – 600 V	$\pm 5 \% \text{ rdg} \pm 3 \text{ dgt}$

3.5.6 เครื่องวัด Machine Condition Tester

ผลิตภัณฑ์ STANDARD SET (SMP:Shock Pulse Methode) รุ่น T30 (ภาพที่ 3.22) สามารถใช้วัดค่าความสั่นสะเทือน ในช่วง 0.5 – 49 mm/s RMS, ความเร็วรอบ ในช่วง 10 – 19,999 rpm optical และวัดอุณหภูมิชุดหัววัดสภาพเบร้ง 200 – 3,500 °C ตาม (ตารางที่ 3.15) ใช้สำหรับวัดค่าต่างๆ เพื่อบันทึกค่าลงใน Log Sheet ของพัคคอม TVF และ UPE.F ของระบบ



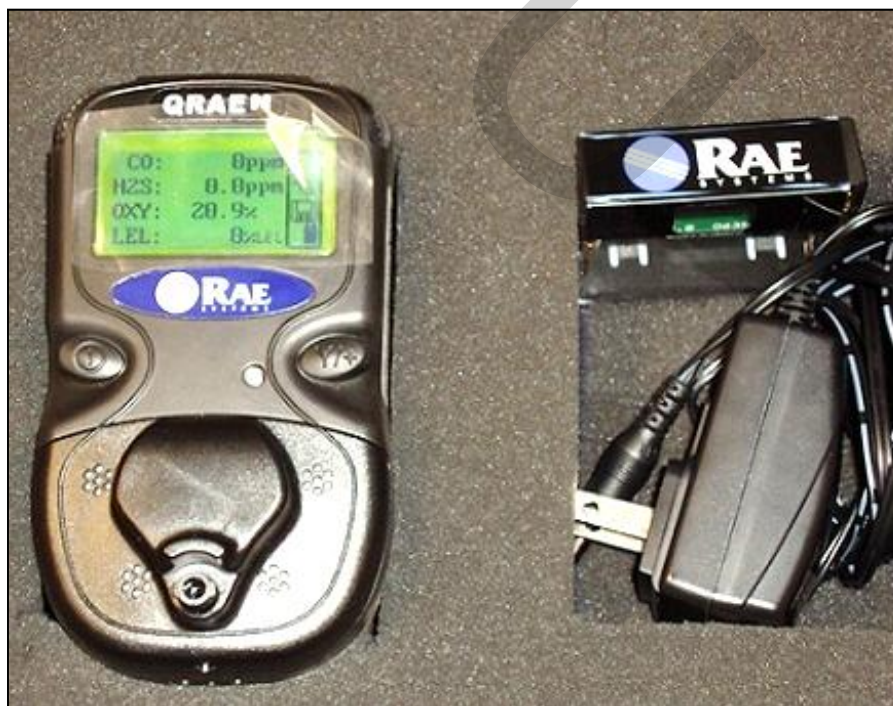
ภาพที่ 3.22 เครื่องวัด Machine Condition Tester

ตารางที่ 3.15 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องวัดความสั่นสะเทือน STANDARD SET (SMP: Shock Pulse Methode) รุ่น T30

Measuring range	0.5 – 49 mm / s RMS (0.02 – 2.0 in / s RMS)
Resolution	0.1 mm / s (0.01 in / s)
Accuracy	0.2 mm / s + 2 % of Reading
Frequency range	3 – 1000 Hz

3.5.7 เครื่องวัดก๊าซ (Multigas Detector)

ผลิตภัณฑ์ RAE SYSTEM รุ่น QRAEN II (ภาพที่ 3.23) สามารถใช้วัดก๊าซได้ทั้งหมด 4 ชนิดด้วยกันคือ ออกซิเจน (O₂), ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S), คาร์บอนไดออกไซด์ (CO) และ Lower Explosive Limit (LEL) C ตาม (ตารางที่ 3.16) เนื่องจากอุปกรณ์ภายในระบบระบายอากาศบางตัวถูกติดตั้งอยู่ในพื้นที่อับอากาศ (Confined Space) ซึ่งก่อนเข้าปฏิบัติงานทุกครั้งจะต้องมีการตรวจวัดอากาศก่อนทำงานทุกครั้ง เพื่อความปลอดภัยของตัวผู้ที่ปฏิบัติงาน



ภาพที่ 3.23 เครื่องวัดก๊าซ

ตารางที่ 3.16 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องวัดก๊าซ RAE SYSTEM รุ่น QRAEN II

Gas Monitor	Range	Accuracy
Oxygen	0 – 30.0 %	0 %
Combustible	0 – 100 %	1 % LEL
Carbon Monoxide	0 – 1000 ppm.	1 ppm.
Hydrogen Sulfide	0 – 100 ppm.	0.1 ppm.

3.5.8 เครื่องคอมพิวเตอร์

เนื่องจากข้อมูลที่ทำกรจดบันทึก และตัวของ Log Sheet ที่เป็นกระดาษ อาจเกิดความเสียหาย ชำรุด ตามสภาพการจัดเก็บ และระยะเวลาในการจัดเก็บ ซึ่งตัวของ Log Sheet เอง ในการจดบันทึกแต่ละเดือนมีจำนวนมาก เพื่อความสะดวกในการเรียกดูข้อมูลการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศในอุโมงค์นั้น จึงนำข้อมูลต่างๆ เก็บบันทึกไว้ในคอมพิวเตอร์ โดยทำการสร้างเป็นตาราง ด้วยโปรแกรม Microsoft office Excel ซึ่งตารางที่สร้างออกแบบมาจะจัดเก็บข้อมูลจำพวก ค่าทางไฟฟ้า ค่าทางกล เป็นต้น

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษา

การจัดเก็บข้อมูลเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในงานบำรุงรักษา เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นกับ เครื่องจักร อุปกรณ์ และยังสามารถนำมาใช้ในการวางแผนการทำงานได้อีกด้วย โดยจะรวมไปถึงการพัฒนา ปรับปรุงแก้ไขการทำงานบำรุงรักษา เพื่อลดงานบำรุงรักษาให้น้อยลง การเก็บข้อมูลควรมีเป้าหมาย และวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน สำหรับผู้ปฏิบัติงานที่ตรวจสอบ ต้องกรอกข้อมูลที่ถูกต้อง มิฉะนั้นหากนำข้อมูลที่ผิดพลาด มาทำการวิเคราะห์ และวางแผนงานแล้ว จะทำให้เกิดความเสียหายได้

เนื่องจากระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน ถือเป็นระบบที่แปลกใหม่สำหรับประเทศไทย ดังนั้นการเก็บข้อมูล การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน รวมไปถึงการซ่อมแซม แก้ไข ปรับแต่งอุปกรณ์ต่างๆ จะต้องได้รับการฝึกอบรมจากหน่วยงานที่เป็นผู้ผลิตอุปกรณ์ ผู้ติดตั้งระบบ เป็นผู้ทำการฝึกอบรมให้ จากนั้นเราก็นำข้อมูลต่างๆที่ได้จากการอบรมมาประยุกต์ใช้ในการระบบที่ต้องทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อบำรุงรักษาเครื่องจักร อุปกรณ์ เกิดการชำรุดเสียหายก่อนเวลาอันควร เพื่อการพัฒนางานบำรุงรักษางานระบบระบายอากาศภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

3.6.1 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทำงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

การเก็บข้อมูลต่างๆจะประยุกต์มาจาก (OMM) มาทำเป็น Log Sheet ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลต่างๆ และนำข้อมูลที่ได้มาเก็บรวบรวมไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Microsoft office (Excel) เป็นตัวช่วยในการเก็บข้อมูล ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลการบำรุงรักษา ดังต่อไปนี้

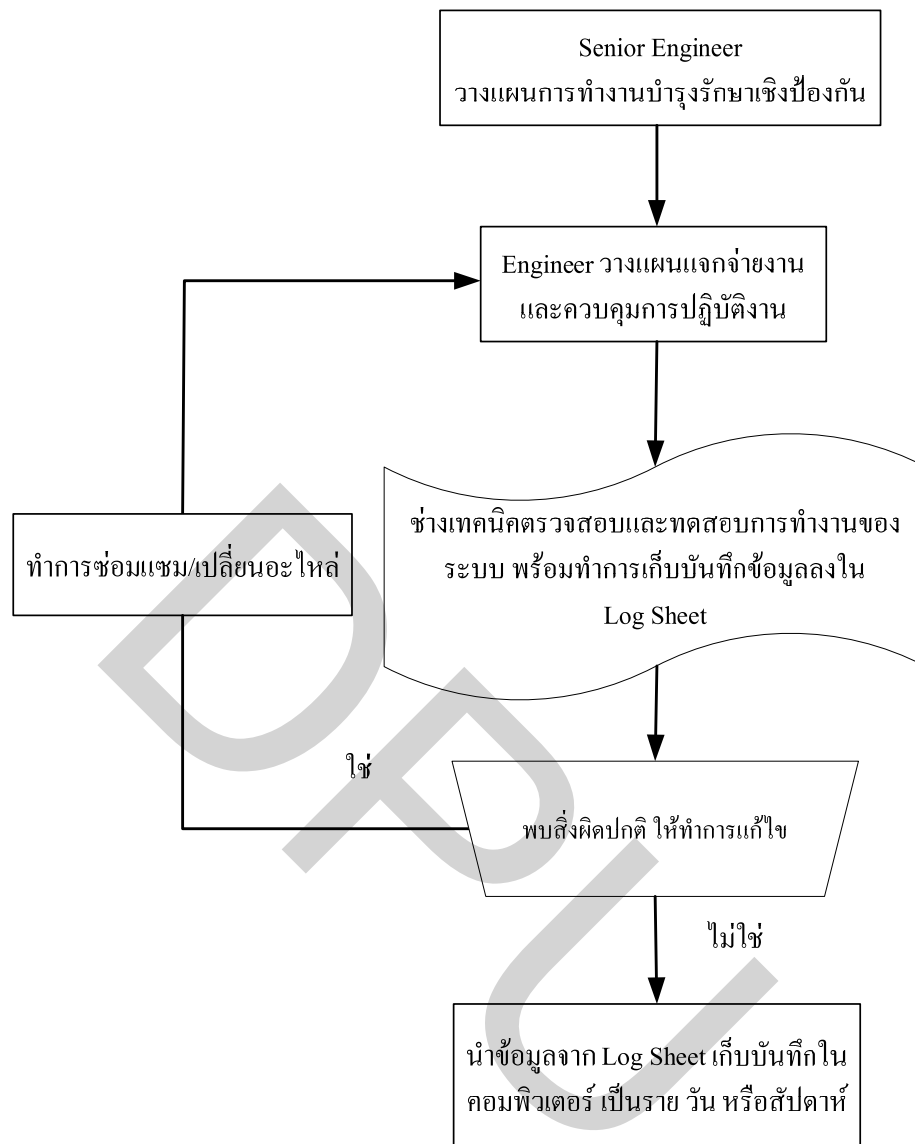
3.6.1.1 Senior Engineer ทำการวางแผนงาน ประสานงาน และเป็นที่ปรึกษาให้กับทีมงานเพื่อทำงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

3.6.1.2 Engineer ทำการวิเคราะห์หาลักษณะของอุปกรณ์ หรือการทำงานของระบบควบคุมการทำงานของ Senior Technician ตรวจสอบการทำงานของ Technician และอุปกรณ์ และติดตามการทำงานของทีมงานที่รับผิดชอบ

3.6.1.3 Senior Technician ทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน ตรวจสอบการทำงานของ Technician และอุปกรณ์ และติดตามการทำงานของทีมงานที่รับผิดชอบ

3.6.1.4 Technician เป็นผู้ปฏิบัติงานตามหน้าที่ความรับผิดชอบ และได้รับมอบหมายงาน ดังนี้ การตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ การบันทึกค่าต่างๆ ลงใน Log Sheet

3.6.1.5 นำข้อมูลที่ได้บันทึกใน Log Sheet นำไปจัดเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ หรือวิเคราะห์หาอาการผิดปกติของอุปกรณ์ หรือทำรายงานต่างๆ



ภาพที่ 3.24 ขั้นตอนการจัดเก็บและรวบรวมข้อมูลการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน

3.6.2 แบบฟอร์มจดบันทึกการทำงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Log Sheet)

แบบฟอร์มจดบันทึก (Log Sheet) ของระบบระบายอากาศในอุโมงค์ ถือว่ามีความสำคัญในการทำงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เนื่องจากเครื่องจักร อุปกรณ์ภายในระบบระบายอากาศนั้นมีลักษณะการทำงาน และลักษณะการตรวจสอบการทำงานที่แตกต่างกันไป ทำให้ต้องมีการออกแบบตัวของ Log Sheet ตามชื่อของอุปกรณ์นั้นๆ

การตรวจสอบ และทดสอบการทำงานต่างๆ ของเครื่องจักร อุปกรณ์ ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่ระบุอยู่ตัวของ Log Sheet ตามชื่อของอุปกรณ์ ซึ่งในตัว Log Sheet จะระบุค่า Standard Value ของค่าทางไฟฟ้า และค่าทางกลต่างๆ ที่สำคัญ เพื่อให้เราสามารถวิเคราะห์ถึงความผิดปกติของอุปกรณ์เบื้องต้นได้

3.6.2.1 เอกสาร Log Sheet TVF & UPE.F

การเก็บข้อมูลของตัวพัดลม TVF และพัดลม UPE.F จะใช้ Log sheet Fan ในการบันทึกบันทึกค่าทางไฟฟ้า ทางกล และข้อมูลต่างๆ เมื่อผู้ปฏิบัติงานทำตามขั้นตอนในการตรวจสอบ และทดสอบการทำงานของตัวพัดลม ตามเอกสาร Log Sheet จะทำให้รู้ว่ามีสิ่งผิดปกติอะไรเกิดขึ้นกับตัวพัดลม ซึ่งจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถที่จะแก้ไขงานเบื้องต้น ได้ก่อนที่จะเกิดการขัดข้องที่รุนแรงกับตัวพัดลมได้

WIRE & WIRELESS CO.,LTD.
TUNNEL VENTILATION SYSTEM
[FAN]

CUSTOMER BANGKOK METRO CO.LTD. DATE : _____ TIME: _____ TO: _____
 EQUIPMENT NO: _____ MODEL: _____ SERIAL NO: _____
 STATION: _____ Work Order No: _____

DESCRIPTION OF MAINTENANCE EVERY 1 MONTH

Period 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

1. Inspection Current and voltage by measuring at circuit breaker. (Test run 30-60 minutes)

Measurement after start motor 30 minutes.		Extract	Supply	Extract	Supply	Extract	Supply	Runtime:
Running Current (Amp)	HIGH SPEED (TVF)	R		S		T		
Running Current (Amp)	LOW SPEED (TVF)	R		S		T		
Running Current (Amp)	UPE FAN	R		S		T		
Supply Voltage (Volt.)		R-S		R-T		S-T		L-N
Vibration Monitor		H		V		A		VIB

2. Check Vibration monitoring and monitoring of bearing

Check vibration attenuators proper operation against mechanical vibration

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

Check noise of bearing by earring

Inspection temperature of bearing Ω

Inspection temperature of Winding Ω

Inspection the mechanical vibration on motor

Inspection the mechanical vibration on the impeller

Equipment	Standard Value
UPE	≤ 185 amp.
TVF	≤ 205 amp.
Bearing sensor	$\leq 1500 \Omega$
Winding sensor	$\leq 1500 \Omega$
Supply Voltage	$380 \pm 10\%$ Volt (342 - 418 V.)
Supply Voltage	$220 \pm 10\%$ Volt (198 - 242 V.)
Insulation test	$\geq 300 M\Omega$
Vibration sensor	≤ 4.5 mm/s
UPE	$\geq 144,000$ m ³ /h
TVF(Supply/Extract)	$\geq 252,000 / \geq 235,440$ m ³ /h

3. Mechanical starting coupling impeller inspection and check flexible duct

Check abrasion, corrosion, or dirt deposited on the impeller

Check flexible connection for damage

DESCRIPTION OF MAINTENANCE EVERY 12 MONTH

Period 1

1. Mechanical starting coupling impeller inspection and electrical insulation testing

Check abrasion of the coupling (2000 Hrs. Operate)

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

Insulation test @ 500 VDC.M Ω

2. Simulate test function protection system

Bearing sensor Winding sensor Vibration sensor Over Current sensor

3. Measurement volume flow ratem³/h

4. Check Anti stall device of UPE.fan only (Ref. Anti stall check list)

Remark:

Tested By	Inspected By	Approved By
.....

3.6.2.2 เอกสาร Log Sheet Damper

การจัดเก็บข้อมูลของตัว Damper จะใช้ Log Sheet Damper ในการบันทึกค่าทางไฟฟ้าทางกล ขั้นตอนในการตรวจสอบ และทดสอบการทำงานของตัวอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งตัว Damper มีลักษณะการทำงาน และการตรวจสอบเฉพาะ จึงมีการออกแบบตัวเอกสาร Log Sheet ที่แตกต่างกับเอกสาร Log Sheet ตัว TVF & UPE.F

DPU

WIRE & WIRELESS CO.,LTD.

TUNNEL VENTILATION SYSTEM

[DAMPER]

CUSTOMER BANGKOK METRO CO.,LTD. DATE : _____ TIME: _____ TO: _____

EQUIPMENT NO: _____ MODEL: _____ SERIAL NO: _____

STATION: _____ Work Order No: _____

DESCRIPTION OF MAINTENANCE EVERY 1 MONTH

Period 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

1. Inspection Current and voltage by measuring at circuit breaker	Measurement	Standard Value
<input type="checkbox"/> Check cable connection (switch box) on Motor	Running Current (Amp)	≤2.9Amp/Module
2. Inspection damper and damper actuator	Supply Voltage (Volt.)	220 Vac ± 10 % (198 - 242 Vac.)

Check operation of damper to ensure its fully open-close position within 15 sec.

Check Electric mortar temperature, Noise during operation.

Check oil level and leakage of hydraulics oil at component. Repair if necessary.

Check Actuator limitswitch, solenoid valve and microswitch during operation. Adjust if necessary.

Inspection mechanical moving of damper such as link, joint and cylinder

Check and cleaning dust, dirt moisture or other contamination. General clean around unit.

DESCRIPTION OF MAINTENANCE EVERY 6 MONTH

Period 1 2

1. Visual inspection

Check casing, blade and linkage on damper that no corrosion and wear. Repair if necessary by zinc rice paint.

Check to replacing any component if them not qualities

2. Inspection damper actuator

Inspection mechanical moving, check actuator and micro switch. Replacing if them not qualities.

Inspection leakage of hydraulics oil at component. Repair if necessary.

Inspection hydraulics oil level at level glass. To add hydraulics oil if need such low oil or not qualities.

Inspection Motor damper for noise and vibration.

Check operation after maintenance.

Remark:

.....

.....

Tested By	Inspected By	Approved By
1: 2:		
3: 4:		
...../...../...../...../...../...../.....

3.6.2.3 เอกสาร Log Sheet TVCP

การจัดเก็บข้อมูลของตู้ TVCP ในตัวเอกสาร Log Sheet TVCP จะมีขั้นตอนในการตรวจสอบ และ การกวดขันจุดเชื่อมต่อต่างๆ ตามค่า Tightening Torque ที่มีลักษณะการตรวจสอบเฉพาะ จึงมีการออกแบบตัวเอกสาร Log Sheet ที่แตกต่างกับเอกสาร Log Sheet อื่นๆ

DPU

WIRE & WIRELESS CO.,LTD.
TUNNEL VENTILATION SYSTEM
[TVCP MCC&VCP]

CUSTOMER BANGKOK METRO CO.,LTD. DATE : _____ TIME: _____ TO: _____
 EQUIPMENT NO: _____ MODEL: _____ SERIAL NO: _____
 STATION: _____ Work Order No: _____

DESCRIPTION OF MAINTENANCE EVERY 4 MONTH

Period 1 2 3

- Check contaminations and enclosure
 - Check enclosure, door and mechanical moving. Repair and Replace any damaged or embrittled elastomer seals.
 - Check temperature level that no over 35 °C Normal Abnormal
 - Check ventilation fan operate properly. Check filter is free from dirt and dust.
- Inspection bus bar and cable termination
 - Check bus bar connection and support there are not any damage or loose of bolting. Re-tightening if necessary.
 - Check cable and wiring termination its no loose. Re-tightening if necessary.
- Inspection metering and indicators.(MCC) and Inspection monitoring & control component. (VCP)
 - Check to ensure the component are still function correctly. Replace if malfunctional.
 - Check cable and wiring termination its no loose fastanrers. Re-tightening if necessary.
- Inspection and cleaning dust, dirt moisture or other contamination.
 - Enclosure, Metering & Indicators, Busbar and switching equipment. General clean around unit.

DESCRIPTION OF MAINTENANCE EVERY 12 MONTH

Period 1

- Inspection switching component
 - Check ACB, MCCB, Control Relays and PLC
 - Inspection ACB, MCCB to check mechanical no damage or broken. Replace if broken.
 - Check mechanisms in side ACB, to check interlocking set of ACB and test TIE function. Repair if need.
 - Insulation test cable and check connection cable, busbar. Repair if need.
- Inspection operation of ACB, MCCB, CB contractors of Control relays and operation PLC sytem.
 - Operating mechanisms check for proper function free from sticking and no damage or broken. Replace if broken.
 - Check for proper of PLC and relays functioning and free from fault. Repair or replace if required.
 - Check termination that no loose of power and control circuits can cause control mulfunction. Re-tightening.
 - check contract&coils for excessive wear and dirt accumulations. Vacuum or wipe contracts if necessary. to remove dirt and replace if silver become badly wom.
 - Sequence check for control and protection circuit as open / close such as trip etc.

Remark:

Tightening Torque	
Screw	Nm
M8	19.679
M10	38.965
M12	67.964

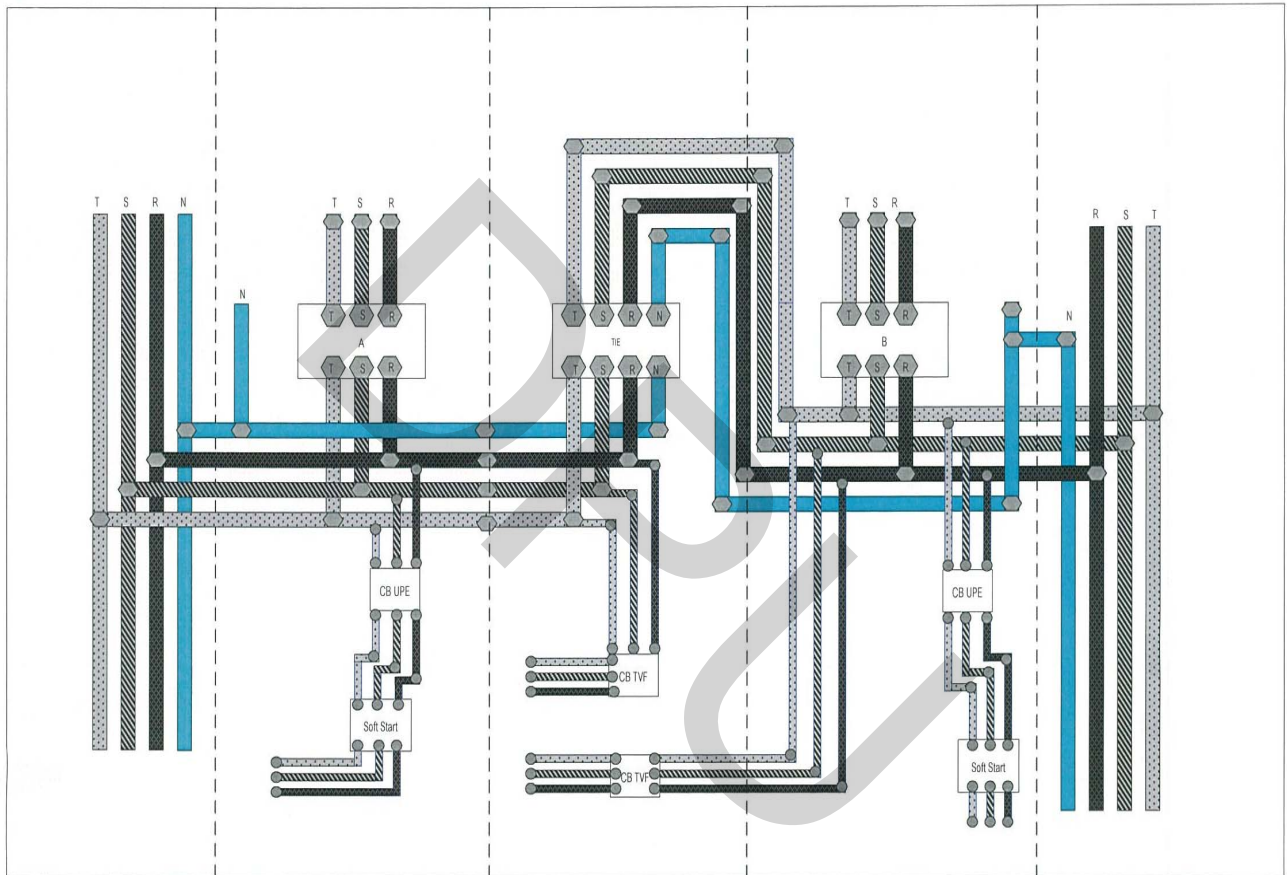
Tested By	Inspected By	Approved By
1)2)		
3)4)		
...../...../...../.....

WIRE & WIRELESS CO.,LTD.
TUNNEL VENTILATION SYSTEM (MCC)

DESCRIPTION OF MAINTENANCE EVERY 4 MONTH

STATION _____ EQUIPMENT NO.: _____ DATE : _____ Work Order No. _____

Period 1 2 3



Tested By

Inspected By

Approved By

.....
.....

.....
.....

.....
.....

3.6.2.4 เอกสาร Log Sheet TVRP & FP

การจัดเก็บข้อมูลของตู้ TVRP & FP จะใช้เอกสาร Log Sheet TVRP & FP ในการบันทึกค่าทางไฟฟ้า ซึ่งในตั้งเอกสารจะระบุขั้นตอนในการตรวจสอบ และทดสอบการทำงานของตัวอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งตู้ TVRP & FP มีลักษณะการทำงานเหมือนกับ ตู้ TVCP แต่จะมีการตรวจสอบที่แตกต่างจากเอกสาร Log Sheet TVCP จึงมีการออกแบบตัวเอกสารที่แตกต่างกับเอกสาร Log Sheet TVCP

D
P
U

WIRE & WIRELESS CO.,LTD.
TUNNEL VENTILATION SYSTEM
[TVRP&FP]

CUSTOMER BANGKOK METRO CO.,LTD. DATE : _____ TIME: _____ TO: _____
 EQUIPMENT NO: _____ MODEL: _____ SERIAL NO: _____
 STATION: _____ Work Order No: _____

DESCRIPTION OF MAINTENANCE EVERY 4 MONTH

Period 1 2 3

1. Inspection Current and voltage by measuring at circuit breaker

Current (Amp)	
Supply Voltage (Volt.)	

2. Inspection of contamination and enclosure

- Cleaning and check dust, dirt, moisture or other contamination
- Check enclosure, door and mechanical moving part e.g. hinge, fasteners etc.

3. Monitoring control component

- Check to ensure the component are still in function correctly
- Check wiring and termination no loose fasteners

DESCRIPTION OF MAINTENANCE EVERY 12 MONTH

Period 1

1. Inspection control circuit component

- Inspection operation of relays
- Check by operate for proper functioning
- Check contact for excessive wear and dirt accumulations
- Check termination coils that no loose of power and control circuit can cause control malfunction
- Inspection sequence for control circuit

2. Check operation of PLC

- 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.

Remark:

Tested By	Inspected By	Approved By
.....

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาการทำงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า นั้น ระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์จะต้องมีสภาพพร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา ถ้าอุปกรณ์ในระบบตัวใดมีปัญหาไม่สามารถทำงานได้ จะต้องทำการแก้ไขให้อุปกรณ์ในระบบสามารถทำงานได้ โดยเร็วที่สุด เนื่องจากระบบระบายอากาศถือเป็น ระบบ Live safely ดังนั้นจะต้องมีการวางแผนทำงานการบำรุงรักษาที่ดีจึงจะทำให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อมูลการวิเคราะห์ผลการ Preventive Maintenance of Tunnel Ventilation System (TVS) ดังตารางที่ 3.17

ตารางที่ 3.17 ตารางแสดงความสำคัญของอุปกรณ์ในระบบ Tunnel Ventilation System

No.	Equipment or System	Standby Unit	Class Level		
			Class A	Class B	Class C
1	TVF	NO	A	-	-
2	UPE	NO	A	-	-
3	Damper	NO	A	-	-
4	MCC	NO	-	B	-
5	TVCP	NO	A	-	-
6	TVRP & FP	NO	A	-	-

Description

- Class A: Major equipment : ไม่มีอุปกรณ์อื่นๆ มาทดแทนได้ หากเกิด Break down
- Class B: Minor equipment : มีอุปกรณ์สำรอง (stand by) ทำงานทดแทนได้หากเกิด Break down
- Class C: None effect equipment : ไม่มีผลกระทบต่อการทำงานโดยรวมของระบบ

บทที่ 4

ผลการดำเนินการทดลอง

จากการนำข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานจริง มาทำการวิเคราะห์ระบบ ให้แก่หัวหน้าทีมงานซ่อมบำรุงเพื่อหาจุดบกพร่อง และทำการปรับปรุงการทำงาน โดยการนำระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาดำเนินการในการทำงานของส่วนงานซ่อมบำรุง และทำการอบรม รวมทั้งชี้แจงรายละเอียดให้กับทีมงานระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟ เพื่อจัดทำเอกสารในการตรวจสอบและทดสอบอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟใต้ดิน สถานีรถไฟใต้ดินสถานีพระรามเก้า ให้มีความสอดคล้องในการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเช่น ขั้นตอนในการตรวจสอบ ความถี่ในการตรวจสอบเครื่องจักร และอุปกรณ์ ตามระยะเวลาที่กำหนด โดยทำการวัดผลการดำเนินการด้วยค่า MTBF (Mean Time Between Failures) และค่า MTTR (Mean Time To Repair)

หลังจากการนำระบบการบำรุงรักษาที่ทำการปรับปรุงใหม่ไปใช้งานจริงกับระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟใต้ดินสถานีพระรามเก้า โดยการเก็บข้อมูลการทำงาน พบว่าการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน มีความจำเป็นอย่างยิ่ง ในการทำงานของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์ รวมไปถึงเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มมากขึ้น เป็นผลทำให้อัตราการเสียหายลดลงด้วย ทั้งยังเป็นการช่วยเพิ่มเติมความรู้ ความสามารถ รวมไปถึงทักษะให้กับพนักงาน รวมไปถึงเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ให้เห็นถึงประโยชน์ และความสำคัญในการช่วยกันทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จากการอบรมชี้แจงให้แก่หัวหน้างานซ่อมบำรุง เพื่อให้ทราบและเข้าใจถึงระบบสารสนเทศต่างๆ ที่ได้ทำการปรับปรุงขึ้น เพื่อให้เกิดผลในทางปฏิบัติ และบรรลุวัตถุประสงค์ของการดำเนินการ โดยทำการอบรมการใช้งานระบบประกอบด้วย เอกสารดำเนินงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และรูปแบบการดำเนินงานซ่อมบำรุงตามรอบ ที่กำหนดไว้

โดยเครื่องจักรที่ต้องตรวจสอบทั้งหมด ที่หน้าที่ความรับผิดชอบของแผนกซ่อมบำรุงระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟใต้ดิน เพื่อจัดการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นของเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ จะต้องขจัดความเสื่อมถอยของเครื่องจักร ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการขาดการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ดีพอ ดังนั้นเมื่อเกิดเหตุการณ์ ที่ทำให้ไม่สามารถทำงานของระบบได้ ดังนั้นจึงต้องมีการวิเคราะห์หาค้นหาสาเหตุและปรับปรุงแก้ไข เพื่อยืดอายุการใช้งาน ทำให้ระบบกลับมาใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ของเครื่องจักร และสิ่งที่ต้องคำนึงถึง จะต้องมีการ

ทบทวน ในด้านมาตรฐาน อุปกรณ์ การวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ก่อนที่จะเป็นผลเสียที่ทำให้เครื่องจักรเกิดความเสียหายหนัก จนไม่สามารถทำการซ่อมแซมได้ในเวลาอันสั้น

4.1 ผลการดำเนินการ

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

การจัดแบ่งอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ และนำมาจัดลำดับความสำคัญในการดำเนินกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

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

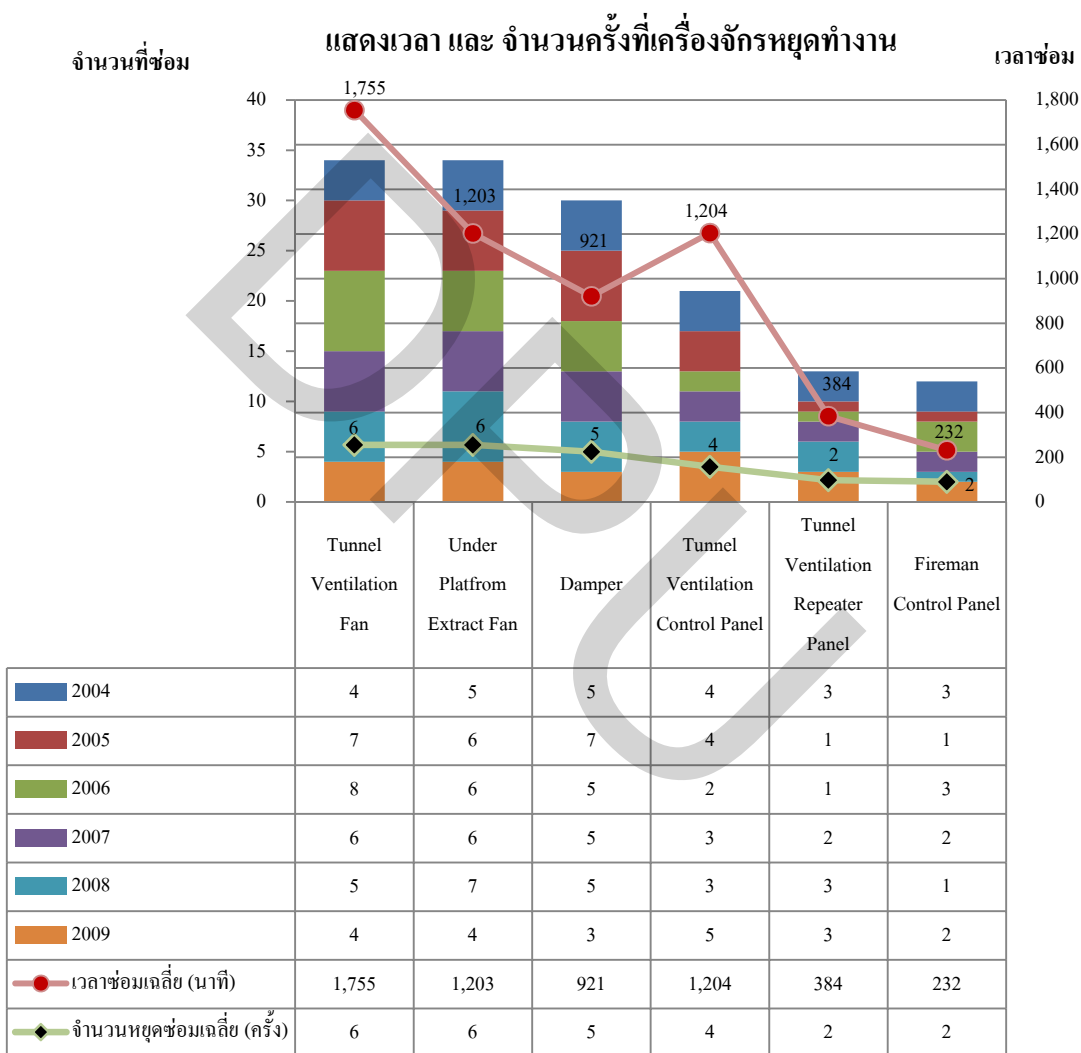
Fan และ Under Platform Extract Fan ส่วนปัญหาที่ใช้เวลาในการซ่อมมากที่สุดคือ Under Platform Extract Fan ภายในปี 2008 ปัญหาที่ทำให้ระบบหยุดทำงานมากที่สุดเกิดจาก Under Platform Extract Fan ส่วนปัญหาที่ใช้เวลาในการซ่อมมากที่สุดคือ Tunnel Ventilation Fan เมื่อพิจารณาจากในปี 2009 พบว่าปัญหาที่ทำให้ระบบหยุดทำงานมากที่สุดเกิดจาก 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

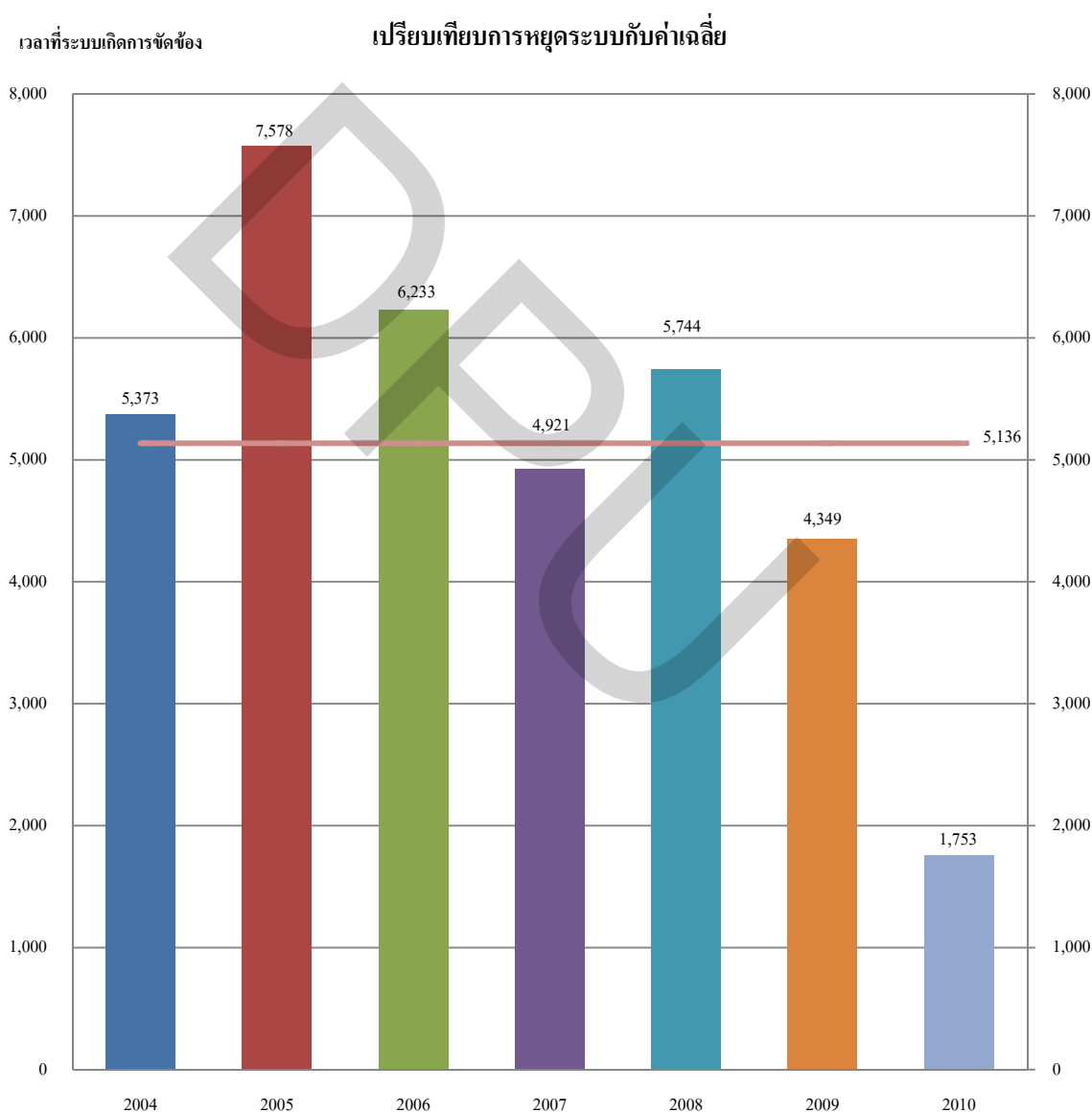
เมื่อพิจารณาถึงจำนวนครั้ง และเวลาที่เครื่องจักร อุปกรณ์หยุดทำงาน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบการเดินรถไฟฟ้าใต้ดิน และหลักความปลอดภัยในการทำงาน เนื่องจากไม่สามารถส่งงานให้ระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินทำงานได้ จากกราฟจะเห็นได้ว่า Tunnel

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



ภาพที่ 4.1 จำนวนครั้ง และเวลาที่เครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน 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



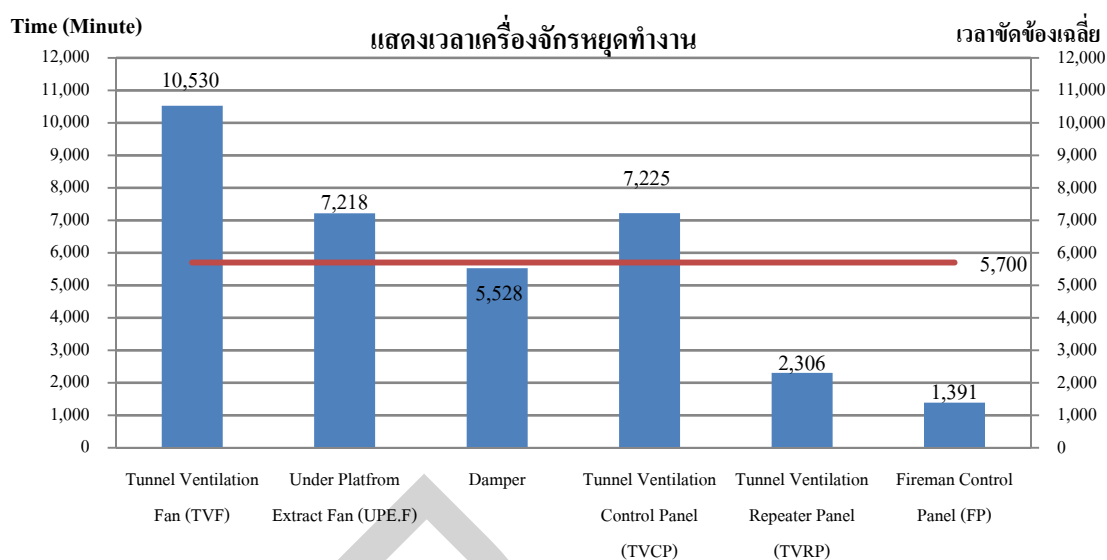
ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบเวลาที่เครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินหยุดทำงาน เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย

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

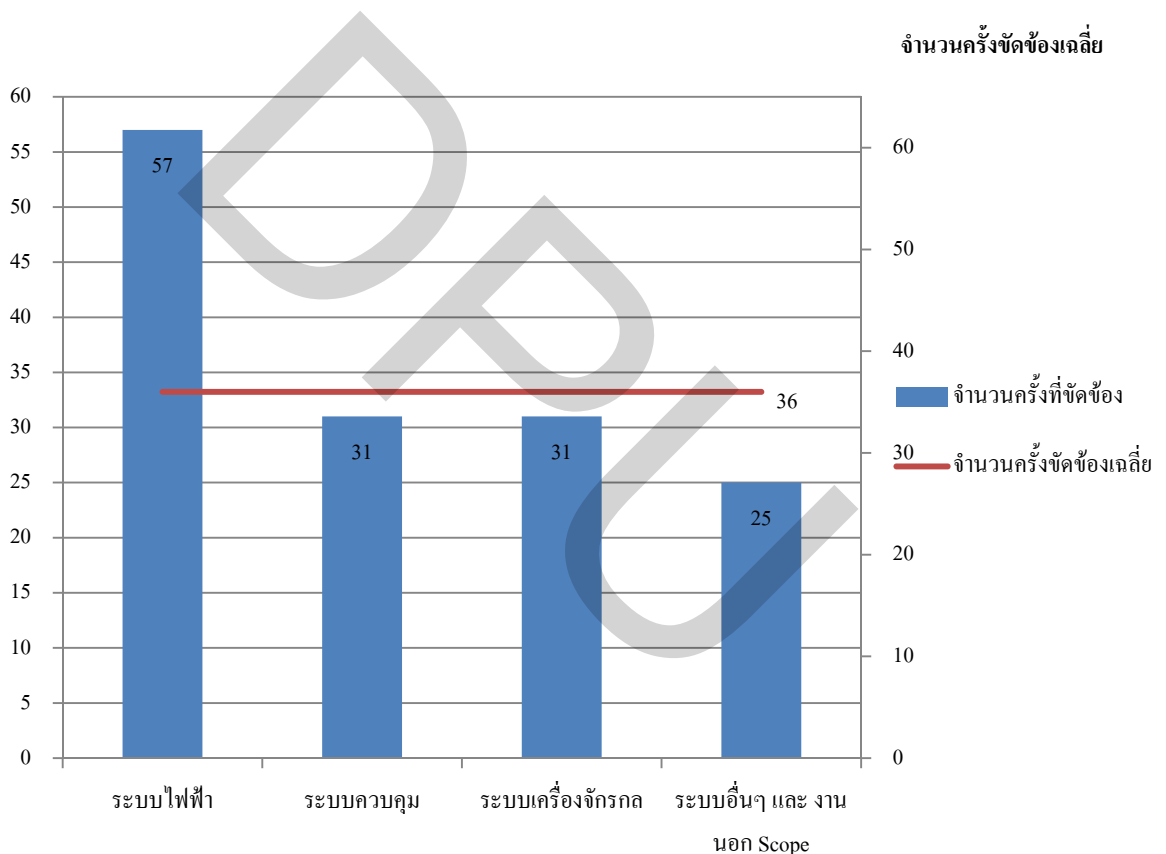
4.1.1 การแยกประเภทของการขัดข้องของระบบ

การวิเคราะห์ปัญหาจากการวิจัย และศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักร ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน โดยได้มุ่งเน้นในการวิเคราะห์ เฉพาะสาเหตุที่เกิดการขัดข้อง จากการดำเนินงานของเครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบ โดยจะแสดงสาเหตุของการเกิดเหตุขัดข้องของระบบการทำงานต่างๆ ของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สาเหตุการเกิดเหตุขัดข้องจากการทำงานของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า ปี 2004 ถึง 2009

ลำดับ	การเกิดเหตุขัดข้อง	ความถี่ (ครั้ง)	เวลาซ่อม (นาที)
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

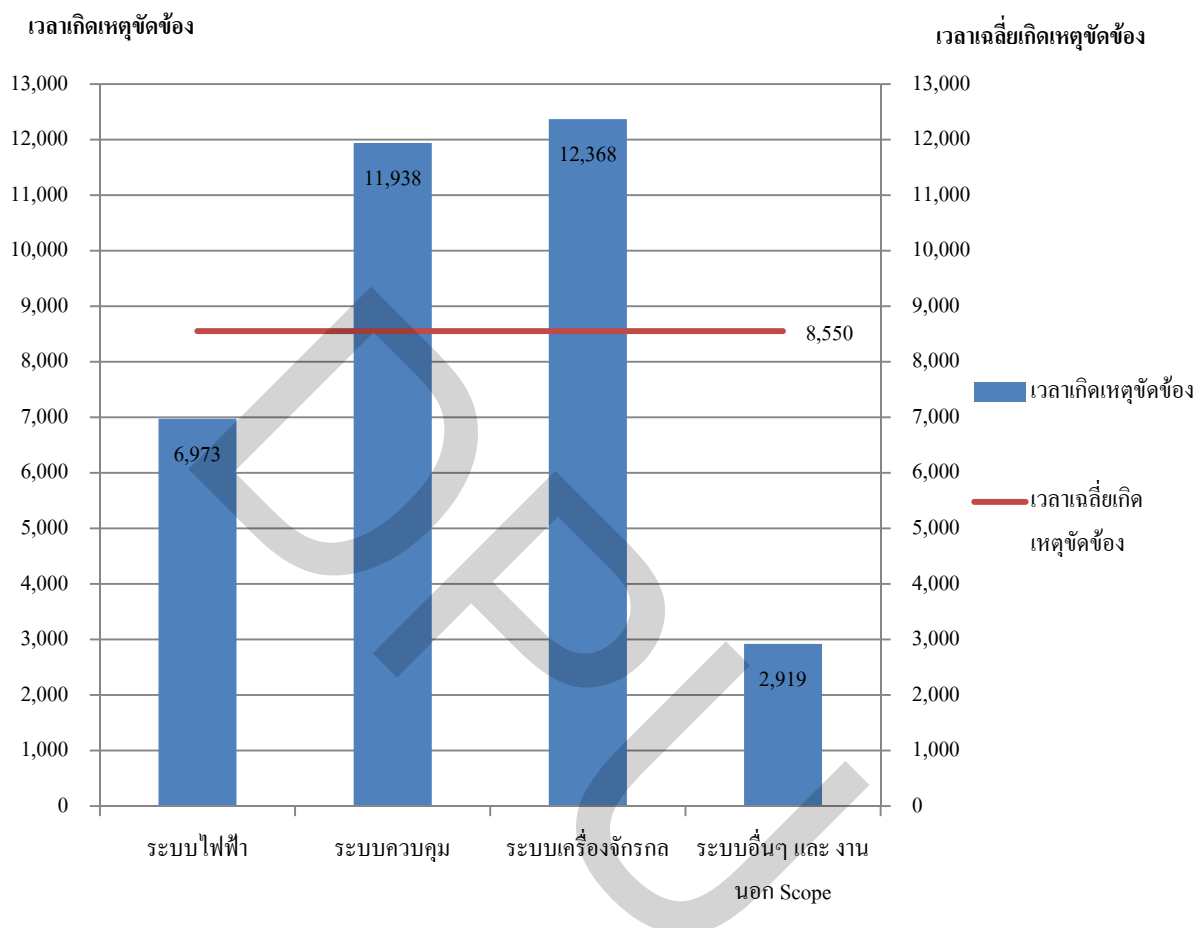
จากข้อมูลสถิติทำให้ทราบจำนวนครั้งที่ทำให้เครื่องจักร อุปกรณ์ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้าหยุดเดินระบบ โดยได้ทำการเปรียบเทียบกับจำนวนครั้งขัดข้องเฉลี่ย ซึ่งค่าเฉลี่ยของการหยุดซ่อมแซมเครื่องจักร และอุปกรณ์ อยู่ที่ 36 ครั้ง จากแผนภูมิพบว่า ระบบไฟฟ้าเกิดเหตุขัดข้องมากที่สุดจำนวน 57 ครั้ง สาเหตุมาจากกระแส และแรงดันไฟฟ้าสูง หรือต่ำเกินไป 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 และปี 2004 เกิดการขัดข้องมากที่สุดตามลำดับ สาเหตุเกิดจาก Card Control ของอุปกรณ์ Tunnel Ventilation Control Panel (TVCP) เสียหาย เป็นผลทำให้ไม่สามารถสั่งงานทั้งระบบได้ ซึ่งได้ทำการปรับปรุงโดยการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามหลัก 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 ที่เกิดเหตุขัดข้องจากระบบเครื่องจักรกล เกิดเหตุขัดข้อง และเสียเวลาในการซ่อมแซมมากที่สุดคือ ปี 2008 และปี 2009 สาเหตุเกิดจากใบพัดลมของอุปกรณ์ Tunnel Ventilation Fan (TVF) เกิดการแตกหัก เป็นผลทำให้มอเตอร์เสียหาย เนื่องจากขดลวดใหม่ จากการวิเคราะห์พบว่าปัญหาที่ทำให้ขดลวดใหม่ 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 ประตูเข้าห้องควบคุมชำระ น็อตยึดฝาตู้หูดหาย 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

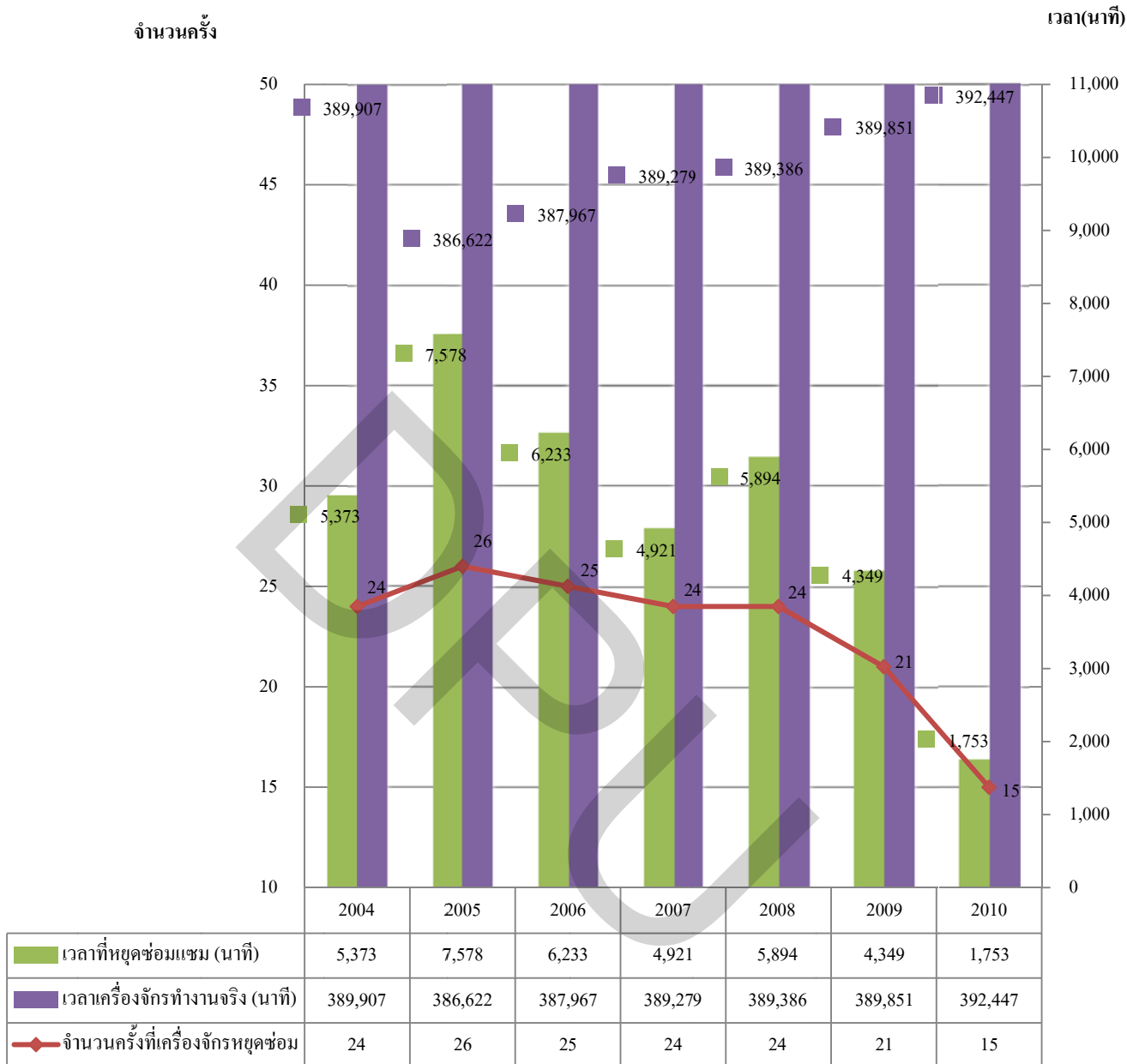
4.2 การวัดผลการบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า

เมื่อทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุ และหาแนวทางแก้ไขปัญหา โดยจะทำการวิเคราะห์ในเชิงประมาณเพื่อทำการเปรียบเทียบ ผลก่อน และหลังการปรับปรุงการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยใช้ค่า MTBF (Mean time between Failures), ค่า MTTR (Mean time to Repair), ความพร้อมของเครื่องจักร และค่าอัตราการเสีย มาใช้ในการเปรียบเทียบ เพื่อนำมาทำการหาวิธีการปรับปรุงแก้ไข และการดำเนินบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน 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 และการปรับปรุงของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟใต้ดินสถานีพระรามเก้า

ผู้ทำการศึกษาได้นำข้อมูลที่ไ้จ้จริงจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการแจ้งซ่อมของเจ้าหน้าที่ประจำสถานีโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคล 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)

$$MTBF = \left(\frac{T_w}{N_{msw}} \right)$$

จากข้อมูลจะพบว่าเวลาเดินต่อเนื่องเฉลี่ย ของระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟใต้ดิน ซึ่งเป็นผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล ของเครื่องจักรเฉลี่ย ก่อนการปรับปรุงมีค่า 270.02

4. เวลาหยุดซ่อมแซมเฉลี่ย (Mean time to repair ; MTTR)

$$MTTR = \left(\frac{T_s}{N_{msw}} \right)$$

จากข้อมูลจะพบว่าเวลาหยุดซ่อมแซมเฉลี่ย ของระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟใต้ดิน ซึ่งเป็นผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลของเครื่องจักรก่อนเฉลี่ย การปรับปรุงมีค่า 3.98

จากสูตรการคำนวณทั้ง 4 วิธี สามารถทำการวัดผลได้ต้องทำการเก็บข้อมูล ทั้งก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุง เพื่อทำการเปรียบเทียบ โดยการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟใต้ดินสถานีพระรามเก้า นี้ ไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง ซึ่งเริ่มใช้งานในปี 2010 ดังนั้นการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาทำการวัดผลได้แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ

ช่วงก่อนการปรับปรุง ได้ทำการเก็บข้อมูลก่อนเริ่มใช้แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ใช้ระยะเวลา 6 ปี คือตั้งแต่ปี คศ. 2004 – 2009

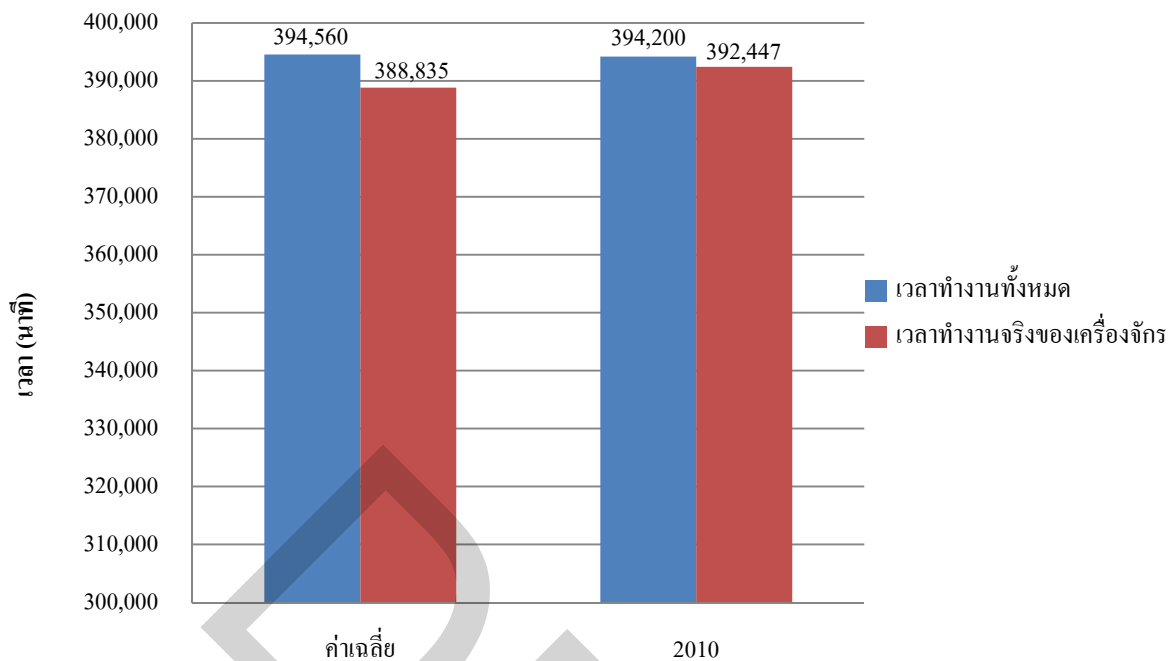
ช่วงหลังการปรับปรุง ได้ทำการเก็บข้อมูลหลังเริ่มใช้แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ใช้ระยะเวลา 1 ปี คือในปี คศ. 2010

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

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลการวัดผลการปรับปรุงระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานี พระรามเก้า

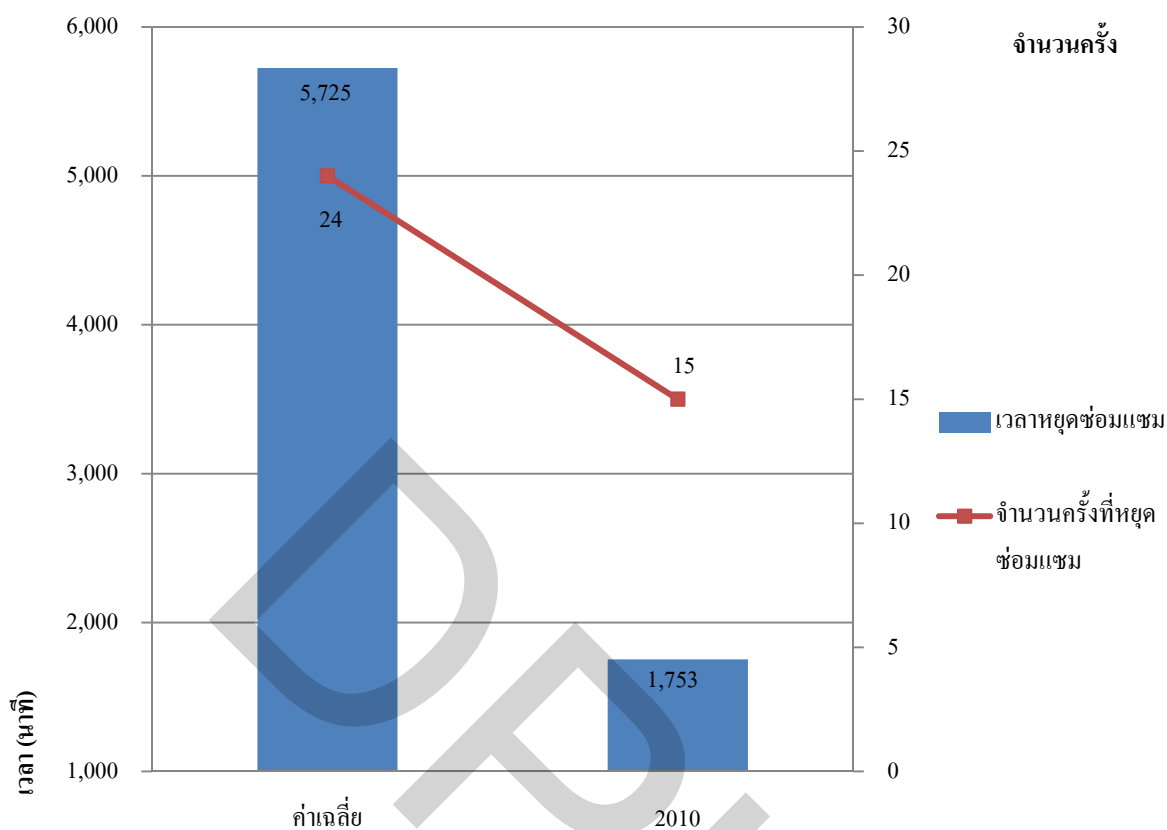
ข้อมูล	ก่อนการปรับปรุง							หลังการปรับปรุง
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	ค่าเฉลี่ย	2010
เวลาทำงานทั้งหมด	395,280	394,200	394,200	394,200	395,280	394,200	394,560	394,200
เวลาทำงานจริง	389,907	386,622	387,967	389,279	389,386	389,851	388,835	392,447
เวลาหยุดซ่อมแซม	5,373	7,578	6,233	4,921	5,894	4,349	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 กว่าก่อนที่จะเริ่มดำเนินการกรรการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน



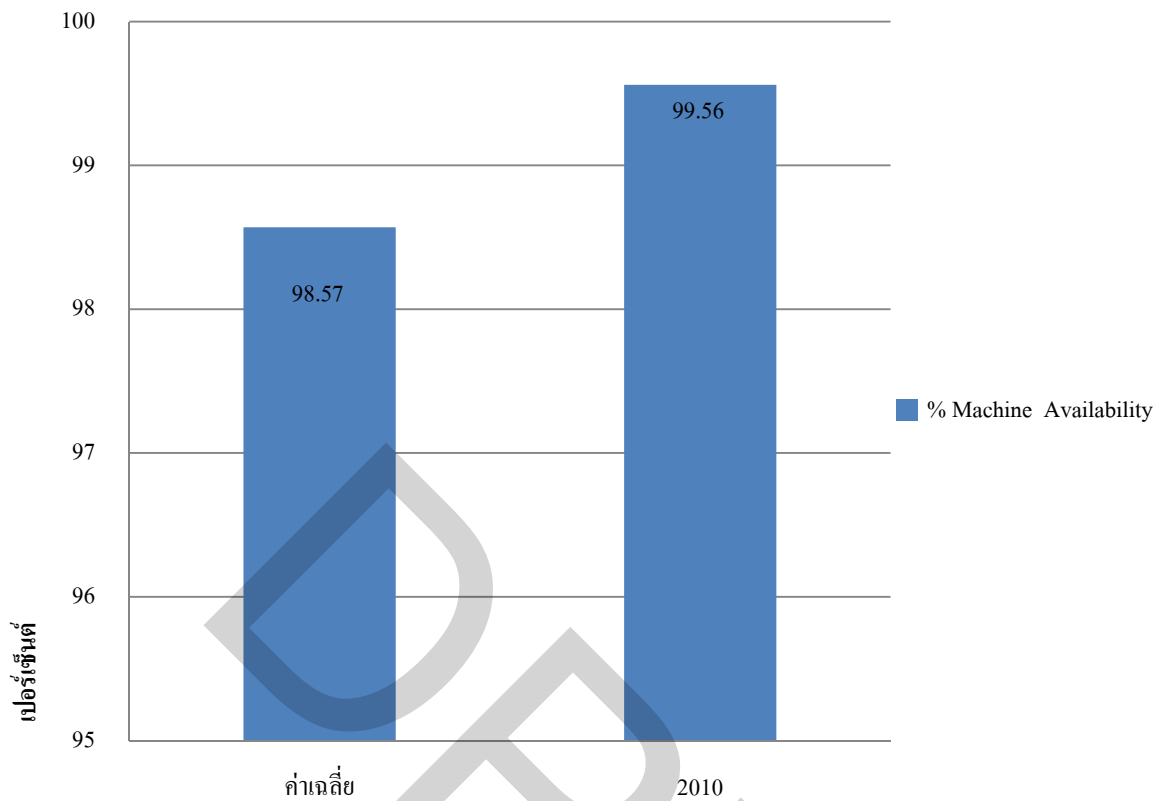
ภาพที่ 4.7 การเปรียบเทียบระหว่างเวลาการทำงานกับการทำงานจริง ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง

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



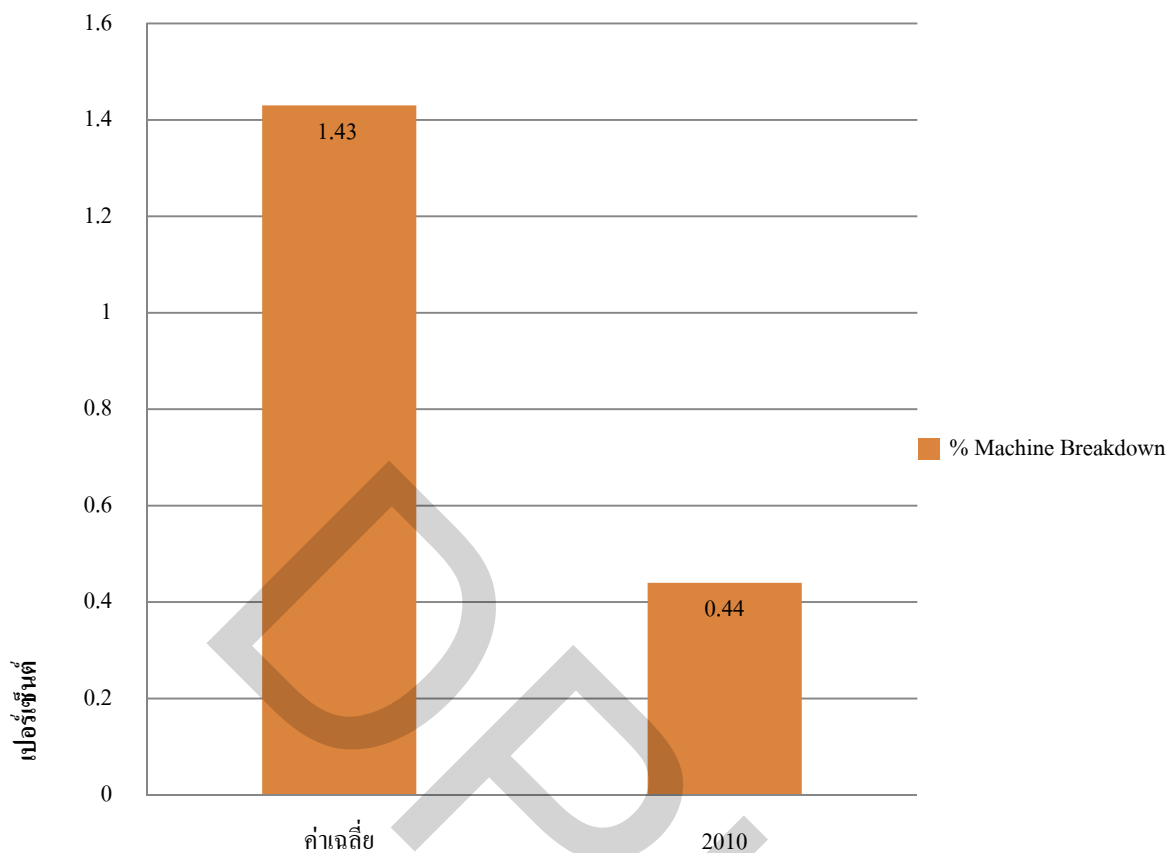
ภาพที่ 4.8 การเปรียบเทียบระหว่างเวลาหยุดเดินระบบ กับจำนวนครั้งที่หยุดเดินระบบ ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณหาค่า อัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟใต้ดินสถานีพระรามเก้า 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 ต่ำลง ไปด้วย หลังจากทำการปรับปรุงระบบในปี 2010 นั้น พบว่าการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร 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 ของระบบอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้ามหานคร
สถานีพระรามเก้า

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

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณหาค่า เวลาเดินต่อเนื่องเฉลี่ย (MTRF) ที่ใช้ในการวัดค่าความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร และอุปกรณ์ ในระบบระบบอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้ามหานคร 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 ที่สูงเท่ากันแต่อัตราการเสียดำ 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 ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์ รถไฟฟ้าใต้ดิน ลงได้ 65.06% ต่อปี

4.4 การสรุปการปรับปรุงการทำงานของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานี พระรามเก้า

4.4.1 รายละเอียดในการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบ Tunnel Ventilation System มี อุปกรณ์ที่ต้องทำการ 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 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
- 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 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
- Check for proper of PLC and relays functioning and free from fault

4.4.2 สรุปปัญหาจากความขัดข้องของอุปกรณ์ ภายในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์สถานีรถไฟฟ้่าใต้ดินสถานีพระรามเก้า

จากการศึกษา และทำการดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้่าใต้ดินสถานีพระรามเก้า พบว่ายังขาดการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ดีพอ ทำให้อุปกรณ์ในระบบเกิดการชำรุดเสียหาย ทำให้ระบบหยุดทำงาน ซึ่งอุปกรณ์ ที่เกิดเหตุขัดข้อง ทำให้

เกิดความเสียหาย และทำให้ใช้ระยะเวลาในการแก้ไขซ่อมแซมนานที่สุดได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำการปรับปรุงแก้ไขได้ โดยระบุลงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การแก้ไขปัญหาจากความเสียหายของอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศไฟฟ้าใต้ดิน

ลำดับ	รายละเอียด	ผลกระทบที่เกิด	ข้อปฏิบัติ	ระยะเวลา	ปรับปรุงเพื่อ
1	เทอร์มินอลมอเตอร์ใหม่	เป็นผลนำไปสู่การชำรุดของ Motor	ทำการตรวจเช็คสภาพของเทอร์มินอล โดยทำการ Monitor (วัดค่ากระแส แรงดัน ความเป็นฉนวน และความชื้นสะท้อน) และเพิ่มความละเอียดในการกวดขันจุดเชื่อมต่อต่างๆ	ทุก 1 เดือน	ค้นพบปัญหา ก่อนเกิดการชำรุดที่รุนแรง
2	ลูกปืนสึกหรอหรือแตก	เป็นผลทำให้ขดลวดขาด และนำมาสู่การชำรุดของ Motor	ทำ SPM Test (Shock Pulse Measurement) และให้เดิมจาระบี 20 กรัม ทุกๆ 4,000 ชั่วโมง	ทุก 1 ปี	
3	ตลับลูกปืนแตก	Bearing High Temperature	ทำการตรวจเช็คโดยฟังเสียงขณะ อุปกรณ์กำลังทำงาน Circuit Breaker, Terminal และ จุดเชื่อมต่อต่างๆ โดยให้ทำการตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าตามเอกสารอย่างละเอียด	ทุก 1 เดือน	วิเคราะห์สภาพการหล่อลื่นของลูกปืน เพื่อค้นหาสิ่งผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นได้
		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	ขดลวดมอเตอร์ใหม่	Winding High Temperature	ทำการตรวจเช็ค Circuit Breaker, Terminal และ จุดเชื่อมต่อต่างๆ โดยให้ทำการตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าตามเอกสารอย่างละเอียด	ทุก 1 เดือน	วิเคราะห์ความผิดปกติของ motor ขับเคลื่อนพัดลม และลดค่าใช้จ่ายสำหรับการ Overhaul motor
		ทำให้ขดลวด Motor ใหม่เป็นผลทำให้ Motor ชำรุด	ทำการตรวจเช็คสภาพความเป็นฉนวนของมอเตอร์ ทำการ Monitor อุปกรณ์เป็นแบบ Condition Check (วัดค่ากระแส แรงดัน ความเป็นฉนวน และความชื้นสะท้อน)	ทุก 1 ปี	

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	ผลกระทบที่เกิด	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		

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า นำข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานจริง มาทำการวิเคราะห์ห่อการขัดข้องของระบบ พบว่า สภาพเดิมของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ยังขาดความเป็นแบบแผน และการจัดการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ดีพอ ทำให้ได้อย่างชัดเจน จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องทำจัดทำกิจกรรม และวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้าใหม่ ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หรือให้ระบบเกิดการขัดข้องจากการทำงานให้น้อยที่สุด

ผลจากการศึกษาจึงได้นำเอาระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน มีทำแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันไม่ให้ระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า เกิดการขัดข้องหรือเกิดการขัดข้องให้น้อยที่สุด และอยู่ในสภาพที่ดีตลอดอายุการทำงานของเครื่องจักร อุปกรณ์ในระบบ โดยจัดให้ทีมงานได้ ทำการวิเคราะห์ต่างๆ จัดอบรมให้ความรู้ ทำแผนการบำรุงรักษาและจัดทำเอกสารเพื่อใช้ในการควบคุมดูแล และใช้งานได้จริง ตามหลักการทำงานอย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพ ซึ่งการจัดทำเอกสารยังยึดหลักการที่ประกอบด้วย จากจัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบเครื่องจักร อุปกรณ์ มาตรฐานในการทำความสะอาด มาตรฐานในการหล่อลื่น มาตรฐานในการปรับตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ และมาตรฐานในการทดสอบการทำงานของระบบ โดยได้ทำการจำแนกความสำคัญของเครื่องจักร อายุการใช้งานของเครื่องจักร อุปกรณ์ ซึ่งได้แบ่งการปฏิบัติงานออกตามรอบได้แก่ งานประจำวันที่ต้องรับผิดชอบ (งานเป็นกะ) ประจำเดือน ประจำสามเดือน ประจำหกเดือน และประจำปี จากการนำแนวทางการบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบไปปฏิบัติงานจริงแล้ว สามารถลดการขัดข้องของเครื่องจักร อุปกรณ์ และเวลาซ่อมลดลงได้ ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักร อุปกรณ์ และระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า มีประสิทธิภาพสูงมากยิ่งขึ้น ก่อนที่ทำการปรับปรุงระบบด้วย การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

5.1 สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาและวิจัย พบว่าจากการวิเคราะห์ วางแผน และฝึกอบรมให้ความรู้กับ หัวหน้างาน ทีมงาน และพนักงานซ่อมบำรุงที่เกี่ยวข้อง ในเรื่องการบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า วิธีการใช้งาน วิธีการปรับตั้ง วิธีการตรวจสอบ และแก้ไขเครื่องจักร อุปกรณ์ ในระบบ โดยมีการกำหนดแผนการดำเนินกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ชัดเจนถูกต้องครบถ้วน ป้องกันปัญหา และความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ขัดข้องของระบบ เพื่อใช้เป็นแนวทางปฏิบัติให้สอดคล้องกับการทำการเดินรถไฟฟ้า เพื่อความสะดวก และปลอดภัยกับประชาชนที่มาใช้บริการ โดยยึดหลักตามแผนการบำรุงรักษาในคู่มือการใช้งานเครื่องจักร อุปกรณ์ และระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน โดยนำมาปฏิบัติงานจริง และควบคุมคุณภาพ ซึ่งจากการนำไปปฏิบัติงานจริง ทำให้สามารถลดการเกิดเหตุการณ์ขัดข้อง (Breakdown) ของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า โดยทำให้สามารถลดเวลาในการเกิดเหตุ จากการขัดข้องของเครื่องจักร อุปกรณ์ ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์ลดลง 69.23 เปอร์เซ็นต์ ค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร อุปกรณ์ ของระบบเพิ่มขึ้น 1.004 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าก่อนการนำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้งาน เป็นผลทำให้ระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินมีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งหลังจากทำการปรับปรุง ด้วยการทำการศึกษางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า พบว่าสามารถประหยัด เวลาในการซ่อมแซมเครื่องจักรลงเหลือ 31 นาทีต่อครั้ง และยังทำให้ เครื่องจักร และอุปกรณ์สามารถเดินระบบได้นานขึ้นอีก 37 นาทีต่อครั้ง จากการนำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้ ทำให้สามารถลดปริมาณของอะไหล่เสีย และค่าใช้จ่าย ลงได้ 65.06 % ต่อปี ตามรายละเอียดผลการศึกษา ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปผลที่ได้จากการดำเนินการศึกษา

รายละเอียด	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ผลการเปรียบเทียบ
ความพร้อมใช้งานเครื่องจักร	98.57%	99.56%	เพิ่มขึ้น 1.004%
ความขัดข้องของเครื่องจักร	1.43%	0.44%	ลดลง 69.23%
ค่าเวลาเดินต่อเนื่องเฉลี่ย	270.02%	436.05%	61.49%
ค่าเวลาหยุดซ่อมแซมเฉลี่ย	3.98%	1.95%	51.01%

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาได้นำเอาระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้งาน กับระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า เพื่อที่จะทำให้ระบบนั้นทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพที่สุด ดังนั้นทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องควรรีความสำคัญ และต้องเข้าใจถึงวัตถุประสงค์หลักของการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ตลอดจนการยึดหลักการ และควรมีเป้าหมายร่วมกันอย่างชัดเจน โดยทำให้ระบบสามารถทำงานได้ตลอดเวลา ที่ให้บริการขนส่งมวลชน และให้ตัวของผู้ที่ปฏิบัติงานอยู่ และผู้มาใช้บริการ มีความปลอดภัยอย่างสูงสุด เพื่อที่จะลดอัตราการเสีย หรือการเกิดเหตุขัดข้อง ของระบบให้ลดน้อยลง

5.2.1 ควรนำการบำรุงรักษาที่ผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance: TPM) มาปรับใช้งานกับองค์กร เนื่องจากพนักงานในแต่ละหน่วยที่ไม่ใช่ทีมซ่อมบำรุง จะไม่เห็นความสำคัญของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

5.2.2 ควรมีการอบรมให้ความรู้ในงานซ่อมบำรุงกับทีมงานซ่อมบำรุง และพนักงานในหน่วยงานอื่น อย่างต่อเนื่อง

5.2.3 ฝ่ายบริหารควรรีความสำคัญกับการบริหารจัดการด้านทรัพยากรบุคคล ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

5.2.4 ควรจะมีการศึกษาการพัฒนาาระบบสารสนเทศในงานบำรุงรักษาด้วย Computerized Maintenance Management System (CMMS) เข้าร่วมร่วมด้วย จะทำให้เห็นได้ข้อมูลที่ละเอียดยิ่งขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาต่อไป

จากการศึกษา และดำเนินการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า สามารถทำการศึกษาต่อยอดในระบบการเดินรถไฟฟ้าใต้ดินในสถานีอื่นๆ หรือ โครงการรถไฟฟ้าเดินอื่นๆ ต่อไป รวมถึงสามารถดำเนินการศึกษาเพิ่มเติมต่อยอด ได้ดังนี้

5.3.1 การศึกษางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบป้องกัน และรับแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ภายในสถานี และอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน อ้างอิงตามกฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555

5.3.2 การศึกษางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบไฟฟ้า และแสงสว่างภายในสถานี และอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน อ้างอิงตาม กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า พ.ศ. 2554

5.3.3 การศึกษางานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ระบบปรับอากาศภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน อ้างอิงตาม กฎกระทรวง กำหนดเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง พ.ศ. 2552

5.3.4 การศึกษางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบบำบัด และสุขาภิบาลภายในสถานี และ อุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน อ้างอิงตาม กฎกระทรวงฉบับที่ 44 ตาม พรบ. ควบคุมอาคาร ว่าด้วยเรื่อง ระบบบำบัดน้ำเสียของอาคาร และ กฎกระทรวงฉบับที่ 51 ตาม พรบ. ควบคุมอาคาร ว่าด้วยเรื่อง ระบบบำบัดน้ำเสียของอาคาร

5.3.5 การศึกษาเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานงานไฟฟ้า ในโครงการรถไฟฟ้าใต้ดิน อ้างอิงตามเกณฑ์มาตรฐานของพระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550

Draft

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

- วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, นิตยา มหาผล และ ชีระ เกรอต. (2536). *มลภาวะอากาศ*. กรุงเทพฯ: สุทิน อยู่สุข. (2544). *การระบายอากาศ*. กรุงเทพฯ: โกลด์ ดีสคัลธรรม. (2547). *การจัดการบำรุงรักษาสำหรับงานอุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ: เอ็มแอนดีอี. อลงกฎ ชุตินันท์. (2544). *Production Maintenance System* โครงการพัฒนาความรู้ทางธุรกิจ. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด.
- วัฒนา เชียงกุล และเกรียงไกร ดำรงรัตน์. (2546). *Maintenance the Profit Maker (บำรุงรักษายานเพิ่มเติมกำไรบริษัท.ธุรกิจ)*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด.
- สุพัฒน์ เชียศิริวัฒนา, วัฒนา เชียงกุล และเกรียงไกร ดำรงรัตน์. (2549). *Efficacy of Maintenance (สัมฤทธิ์ผลของงานบำรุงรักษา)*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด.
- BMCL Projec โครงการรถไฟฟ้ามหานครสายเฉลิมรัชมงคล. (2547). *Operation Maintenance Manual (OMM)ระบบระบายอากาศ*. กรุงเทพฯ:

สารสนเทศจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์

- อารีย์ หวังศุภผล. (2547). เทคโนโลยีรถไฟฟ้าใต้ดินของเมืองไทย (ตอน 1 รู้จักกับระบบรถไฟฟ้าใต้ดิน). สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2552, จาก <http://www.engineeringtoday.net/magazine/article/detail.asp?arid=23&pid=30>
- อารีย์ หวังศุภผล. (2547). เทคโนโลยีรถไฟฟ้าใต้ดินของเมืองไทย ตอนที่ 2: ความปลอดภัยของระบบรถไฟฟ้าใต้ดิน. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2552, จาก <http://www.engineeringtoday.net/magazine/article/detail.asp?arid=60&pid=50>
- รองศาสตราจารย์ ดร.สุทิน อยู่สุข, รองศาสตราจารย์ ดร. วันทนีย์ พันธุ์ประสิทธิ์, อาจารย์ ดร.ชัยยุทธ ชาลิตนิกกุล และอาจารย์ ดร.ทวิสุข พันธุ์เพ็ง (2545). หน่วยที่ 2 การระบายอากาศแบบทั่วไป. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2552, จาก [http://www.safety-stou.com/UserFiles/File/54114-2\(1\).pdf](http://www.safety-stou.com/UserFiles/File/54114-2(1).pdf)

วิทยานิพนธ์

- พิชิต สอนคงบัง. (2545). การบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบลำเลียงในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ปรุ่งศักดิ์ อัดพุด. (2549). การประเมินหารูปแบบการจัดการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ผกามาศ ภูมิสุราษฎร์. (2550). การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อลดปัญหาสถานีฐานไม่สามารถให้บริการได้ของโทรศัพท์ระบบ WLL (Wireless Local Loop) (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- ศักดิ์ดา ปรีชาวัฒน์สกุล. (2550). การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานเครื่องทอผ้าโดยการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (สารนิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- จิระเดช ดิสสัน. (2551). การลดสัดส่วนของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกโดยใช้การควบคุมกระบวนการด้วยหลักการทางสถิติ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- โสภณ คงแก้ว. (2551). การศึกษาการวางแผนการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศแบบที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็น (สารนิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- เกษม รุ่งเรือง. (2552). การวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรในอุตสาหกรรมรีเลย์ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- นิวัติ มั่นคง. (2552). การศึกษา ระบบการจัดการ การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศชนิดแปรผันน้ำยาทำความเย็นในอาคาร (สารนิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

Draft

ภาคผนวก

1. ผลการคำนวณก่อนทำการปรับปรุงด้วยการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

การหาค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร ก่อนดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน สามารถหาอัตราความพร้อมใช้งานเครื่องจักรได้จากการคำนวณค่าความพร้อมใช้งานระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน สถานีรถไฟใต้ดินสถานีพระรามเก้า ตามวิธีการคำนวณในบทที่ 2 หัวข้อ 2.3 เรื่องวัดประสิทธิภาพผลของการซ่อมบำรุง

$$\begin{aligned} \text{จำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดซ่อมเฉลี่ย} &= 24 \text{ ครั้ง/ปี} \\ \text{เวลาที่ใช้เครื่องจักรทั้งหมดเฉลี่ย} &= 394,550 \text{ นาที} \\ \text{เวลาที่หยุดซ่อมแซมเฉลี่ย} &= 5,725 \text{ นาที} \end{aligned}$$

ความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร

$$\begin{aligned} &= \left[\frac{\text{เวลาที่ใช้เครื่องจักรทั้งหมด}}{\text{เวลาที่ใช้เครื่องจักรทั้งหมด} + \text{เวลาที่หยุดซ่อมแซม}} \right] \\ &= \left[\frac{394,550}{394,550 + 5,725} \right] \\ &= 0.98569 \\ &= 0.98569 \times 100 \\ &= 98.57\% \end{aligned}$$

ความขัดข้องของเครื่องจักร

$$\begin{aligned} &= \left[\frac{\text{เวลาที่หยุดซ่อมแซม}}{\text{เวลาที่หยุดซ่อมแซม} + \text{เวลาที่ใช้เครื่องจักรทั้งหมด}} \right] \\ &= \left[\frac{5,725}{5,725 + 394,550} \right] \\ &= 0.01430 \\ &= 0.01430 \times 100 \\ &= 1.43\% \end{aligned}$$

เวลาเวลาเดินต่อเนื่องเฉลี่ย (Mean Time Between Failures : MTBF)

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{เวลาเครื่องจักรทำงานจริง}}{\text{จำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดซ่อม}} \\ &= 388,835/24 \\ &= 16,201.46 \text{ นาทีต่อครั้ง} \end{aligned}$$

เวลาหยุดซ่อมแซมเฉลี่ย (Mean Time To Repair : MTTR)

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{เวลาที่หยุดซ่อมแซม}}{\text{จำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดซ่อม}} \\ &= 5,725/24 \\ &= 238.54 \text{ นาทีต่อครั้ง} \end{aligned}$$

2. ผลการคำนวณหลังทำการปรับปรุงด้วยการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

การหาค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร ก่อนดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน สามารถหาอัตราความพร้อมใช้งานเครื่องจักรได้จากการคำนวณค่าความพร้อมใช้งานระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน สถานีรถไฟใต้ดินสถานีพระรามเก้า ตามวิธีการคำนวณในบทที่ 2 หัวข้อ 2.3 เรื่องวัดประสิทธิภาพผลของการซ่อมบำรุง

$$\begin{aligned} \text{จำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดซ่อม} &= 15 \text{ ครั้ง/ปี} \\ \text{เวลาที่ใช้เครื่องจักรทั้งหมด} &= 394,200 \text{ นาที} \\ \text{เวลาที่หยุดซ่อมแซม} &= 1,753 \text{ นาที} \end{aligned}$$

ความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร

$$\begin{aligned} &= \left[\frac{\text{เวลาที่ใช้เครื่องจักรทั้งหมด}}{\text{เวลาที่ใช้เครื่องจักรทั้งหมด} + \text{เวลาที่หยุดซ่อมแซม}} \right] \\ &= \left[\frac{394,200}{394,200 + 1,753} \right] \\ &= 0.99557 \\ &= 0.99557 \times 100 \\ &= 99.56\% \end{aligned}$$

ความขัดข้องของเครื่องจักร

$$\begin{aligned} &= \left[\frac{\text{เวลาที่หยุดซ่อมแซม}}{\text{เวลาที่หยุดซ่อมแซม} + \text{เวลาที่ใช้เครื่องจักรทั้งหมด}} \right] \\ &= \left[\frac{1,753}{1,753 + 394,200} \right] \\ &= 0.004427 \\ &= 0.004427 \times 100 \\ &= 0.44\% \end{aligned}$$

เวลาเดินต่อเนื่องเฉลี่ย (Mean Time Between Failures : MTBF)

$$\begin{aligned} &= \text{เวลาเครื่องจักรทำงานจริง} / \text{จำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดซ่อม} \\ &= 392,447 / 15 \\ &= 26,163.13 \text{ นาทีต่อครั้ง} \end{aligned}$$

เวลาหยุดซ่อมแซมเฉลี่ย (Mean Time To Repair : MTTR)

$$\begin{aligned} &= \text{เวลาที่หยุดซ่อมแซม} / \text{จำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดซ่อม} \\ &= 1,753 / 15 \\ &= 116.87 \text{ นาทีต่อครั้ง} \end{aligned}$$

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายคเชนทร์ สีแดง
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยศรีปทุม ปีการศึกษา 2547
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิศวกรไฟฟ้า บริษัท ไวร์เออร์ แอนด์ ไวร์เลส จำกัด อาคารอโยธยาทาวเวอร์ ชั้น 26 เลขที่ 240/64-67 ซอยรัชดาภิเษก 15 ถนนรัชดาภิเษก แขวงห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10310