

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**

กิตติกรรมประกาศ

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

ในโอกาสนี้ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดิกะ บุญนาค ผู้อำนวยการบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอาคร ที่ท่านได้ให้เกียรติสละเวลาอันมีค่า ให้คำแนะนำแก้ไขและช่วยเหลือทำให้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เกิดความสุขุมมามากยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณ ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์ ที่ท่านได้ให้เกียรติเป็นประธานกรรมการ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุภาพ แยมไทรพัฒน์ ที่ท่านกรุณาให้คำชี้แนะแก้ไขในฐานะกรรมการ ขอขอบพระคุณ อาจารย์ นิตยา จันทรเรือง มหาผล ที่ท่านกรุณาให้คำชี้แนะในฐานะผู้ทรงคุณวุฒิ รวมถึงเป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านอาชีวอนามัย 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.....	ซ
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 ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้ามหานครใต้ดินสถานีพระรามเก้า.....	92
4.3 การวิเคราะห์สภาพความใช้งานของระบบระบายอากาศ ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้ามหานครใต้ดินสถานีพระรามเก้า.....	94
4.4 การปรับปรุงการทำงานของระบบระบายอากาศ ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้ามหานครใต้ดินสถานีพระรามเก้า.....	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 คลิปปแอมป์ FLUKE รุ่น 337.....	58
3.11 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิด คลิปปแอมป์ 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 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องวัดความสั่นสะเทือน 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 เวลาที่เครื่องจักรหยุดการทำงานของระบบระบายอากาศ 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 สถานีที่ตั้งของสถานีพระรามเก้า 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 ชั้นรอร์โดยโดยสาร (Platform).....	38
3.12 อุโมงค์ภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า.....	39
3.13 แนวอุโมงค์ที่มีแนวเส้นทางในแนวดิ่งในลักษณะคกท้องช้าง.....	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 ของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน.....	67
4.1 จำนวนครั้ง และเวลาที่เครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศ ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินหยุดทำงาน.....	81
4.2 เปรียบเทียบเวลาที่เครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศ ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน หยุดทำงาน เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย.....	82
4.3 เวลาเครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศ ภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินหยุดทำงาน.....	84
4.4 สาเหตุการเกิดเหตุขัดข้องของระบบระบายอากาศภายใน อุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า.....	85
4.5 สาเหตุการเกิดเหตุขัดข้องของระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์ รถไฟฟ้าใต้ดินสถานีพระรามเก้า.....	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