

การลดอัตราการขาดข้องในระบบปรับอากาศ ของอาคารสูง : กรณีศึกษา  
อาคาร ธนาคารไทยพาณิชย์ สำนักงานใหญ่



นายทศพร ชูติวัฒน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-0344-7

ลิขสิทธิ์ ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**BREAKDOWN REDUCTION IN AIR-CONDITION SYSTEM  
FOR HIGH BUILDING : A CASE STUDY OF  
SIAM COMMERCIAL BANK HEAD OFFICE BUILDING**

**MR. Totsporn Shutiwat**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirments  
for The Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering**

**Department of Industrial Engineering**

**Faculty of Engineering**

**Chulalongkorn University**

**Academic Year 2001**

**ISBN 974-03-0344-7**

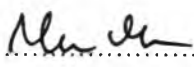
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การลดอัตราการขาดห้อง ในระบบปรับอากาศ ของอาคารสูง  
(อาคาร ธนาคารไทยพาณิชย์ สำนักงานใหญ่)

โดย นายทศพร ชูติวัฒน์

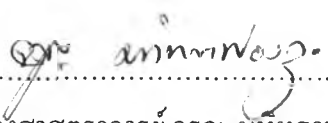
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

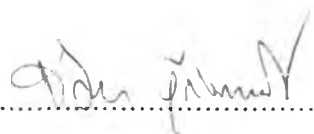
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รุ่งกิจการพานิช

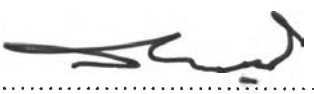
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

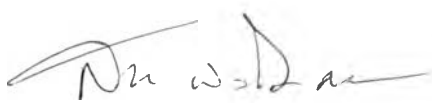
.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานคณะกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ จรูญ มัทธชาพงษ์กุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รุ่งกิจการพานิช)

.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์สมชาย พวงเพิกสีก)

.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร)

ทศพร ชูติวัฒน์ : การลดอัตราการขัดข้องของระบบปรับอากาศในอาคารสูง  
: กรณีศึกษา อาคารธนาคารไทยพาณิชย์ สำนักงานใหญ่ (BREAKDOWN REDUCTION  
IN AIR-CONDITION SYSTEM FOR HIGH BUILDING :A CASE STUDY OF SIAM  
COMMERCIAL BANK HEAD OFFICE BUILDING ) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วย  
ศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รุ่งกิจการพานิช ISBN 974-03-0344-7

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการขัดข้องของอุปกรณ์ เครื่องจักร และเพิ่มช่วงเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร โดยการวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องและจัดทำแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันและแผนการตรวจสอบอุปกรณ์ ซึ่งจากการศึกษาระบบบำรุงรักษาเครื่องจักรในปัจจุบันมีเพียงการซ่อมแซมเครื่องจักรหลังการขัดข้องเท่านั้น และไม่มีการจัดทำข้อมูลประวัติการขัดข้องของเครื่องจักร มาวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องของระบบปรับอากาศ จึงทำให้อัตราการขัดข้องของระบบปรับอากาศไม่ลดลง

สาเหตุของการขัดข้องของระบบปรับอากาศในการวิจัยนี้สามารถแบ่งออกเป็น การออกแบบไม่ดี การเสื่อมสภาพของเครื่องจักร การซ่อมแซมไม่ดี การใช้งานไม่ถูกต้อง และการขาดการบำรุงรักษา โดยการขัดข้องหลักของระบบปรับอากาศมาจากการขาดการบำรุงรักษามากถึง 65.08 % และช่วงเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 274.56 ช.ม. และมีอัตราการขัดข้องเท่ากับ 45.59 %

จากการวัดผลการศึกษาได้แบ่งเครื่องจักรออกเป็น 9 อุปกรณ์หลัก คือ เครื่องทำน้ำเย็น หอผึ่งน้ำ ชุดขับเคลื่อนน้ำปฐมภูมิ ชุดขับเคลื่อนน้ำทุติยภูมิ ชุดขับเคลื่อนน้ำระบายความร้อน เครื่องเป่าลมเย็นขนาดใหญ่ เครื่องเป่าลมเย็นขนาดเล็ก หัวจ่ายลมแปรผัน และหัวจ่ายลมคงที่ โดยหลังการปรับปรุง อัตราส่วนการขัดข้องลดลงจาก 45.59 % เป็น 30.25 % ลดลง 15.34 % และช่วงเวลาเฉลี่ยก่อนการเกิดเหตุเพิ่มขึ้นจาก 274.56 ช.ม.เป็น 367.47 ช.ม.คิดเป็นอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น 33.83 %

ภาควิชา ... วิศวกรรมอุตสาหการ.  
สาขาวิชา ... วิศวกรรมอุตสาหการ  
ปีการศึกษา ... 2544 .....

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

# 427 14267 21 MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD : SYSTEM/AIR-CONDITION SYSTEM

TOTSPORN SHUTIWAT :BREAKDOWN REDUCTION IN  
AIR CONDITION SYSTEM FOR HIGH BUILDING

THESIS ADVISOR :ASSIST.PROF.DR. JITTRA RUKIJKANPANICH

/ ISBN 974-03-0344-7

The objective of this case study is reduce the percentage of machine-breakdown and increat mean time between failure by preventive maintenance planning , Identify the cause of machine break-down and inspection planning. The maintenance system of this building has been found that the maintenance will be repair the machine break-down .And not repair data ,machine history is not collected to analyze cause of machine break-down .It cause of machine-breakdown not reduction.

Cause of machine break-down can identify from inssufficient standard of machine design , the degeneratioof machine, insufficient repair of machine, incorrect operation of machine , and not maintenance of machine. The importance cause is not maintenance is most 45.59 percentage.

The importance of case study can defind to 9 machine is water-chiller , cooling tower , primary control pump , secondary control pump , condensor pump , air-handling unit , fan-coil unit , variable air volume and constance air volume.The percentage of machine break-down reducing from 45.59 percent to 30.25 percent ; reduction 15.34 percentage. And mean time between failure is increat from 274.52 hour to 367.47 hour ; increation 33.83 percentage.

Department Industrial Engineering

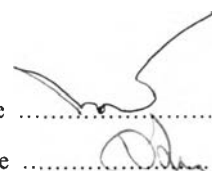
Field of study Industrial Engineering

Academic year 2001

Student's signature .....

Advisor's signature .....

Co-advisor's signature .....



## กิตติกรรมประกาศ

ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา ฐักิจการพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตลอดจน รองศาสตราจารย์ จรูญ มหิตรา ฟองกุล ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกสีก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าที่ช่วยเหลือให้ คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของการวิจัยมาด้วยดี

นอกจากนี้ ผู้ทำวิจัยขอขอบคุณ ผู้จัดการอาคาร คุณจิรวัดน์ จงนิรมัยสถิต ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษารวมทั้งให้การสนับสนุนและความสะดวกในการวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนพนักงานในฝ่ายเดินเครื่องจักร และบำรุงรักษาในอาคาร และหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องที่ได้กรุณาให้ความร่วมมือ

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อน นิสิตปริญญาโท วิศวกรรมอุตสาหกรรม และท่านที่มีได้กล่าวมา ณ ที่นี้ กรุณาให้ความร่วมมือ ความช่วยเหลือ และกำลังใจ แก่ผู้ทำวิจัยด้วยดีมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

นาย ทศพร ชุติวัดน์

## สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ญ
สารบัญรูปภาพ .....	ฐ

### บทที่

1.บทนำ .....	1
1.1.ที่มาและความสำคัญของปัญหา .....	2
1.2.ปัญหาและเหตุผลของการวิจัย.....	2
1.3.วัตถุประสงค์การวิจัย .....	3
1.4.ขอบเขตงานวิจัย .....	3
1.5.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	3
1.6.ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน.....	3
2.ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง .....	5
2.1.การซ่อมเครื่องจักรในอาคารสูง.. .....	5
2.2.งานระบบที่ติดตั้งอยู่ในอาคารสูง.... .....	6
2.3.การจัดการซ่อมและการบำรุงรักษา.....	23
2.4.การจัดองค์กรซ่อมและการบำรุงรักษา.....	24
2.5.ระบบข้อมูลของการซ่อมและบำรุงรักษา .....	25
2.6.การจัดลำดับความสำคัญของงานซ่อมบำรุง.....	26
2.7.การวางแผนงานซ่อมและบำรุงรักษา.....	27
2.8.การจัดลำดับการทำงานซ่อมและบำรุงรักษา.....	28
2.9.การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน.....	29

2.10	ดัชนีเพื่อวัดประสิทธิภาพของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน.....	29
2.11	วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	30
<b>3.</b>	<b>รายละเอียดการดำเนินงานวิจัย.....</b>	<b>34</b>
3.1.	ขั้นตอนการศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	36
3.2.	ขั้นตอนการศึกษาสภาพการดำเนินงานในปัจจุบัน ของอาคารตัวอย่างและการเก็บข้อมูลในการวิเคราะห์.....	37
3.3.	ศึกษาและการวิเคราะห์เหตุขัดข้องของเครื่องจักร ในระบบปรับอากาศของอาคารตัวอย่าง.....	38
3.4.	กำหนดแนวทางและเสนอแผนการบำรุงรักษา พร้อมกับดำเนินงานตามแผน.....	40
3.5.	การเดินทางเอกสารในการแจ้งซ่อม.....	46
3.6.	การวิเคราะห์ผลการวิจัย.....	46
<b>4.</b>	<b>การศึกษาข้อมูลทั่วไปของการปฏิบัติงานและการซ่อมบำรุง ของอาคารตัวอย่าง.....</b>	<b>48</b>
4.1.	การจัดองค์กรในการปฏิบัติงานในอาคาร.....	48
4.2.	ไดอะแกรมการทำงานของระบบปรับอากาศ.....	55
4.3.	หลักการทำงานของระบบปรับอากาศของอาคารตัวอย่าง.....	57
<b>5.</b>	<b>การวิเคราะห์การขัดข้องและหาสาเหตุของการขัดข้อง ของระบบปรับอากาศ.....</b>	<b>66</b>
5.1.	ลักษณะการเดินทางระบบปรับอากาศของอาคาร.....	66
5.2.	สาเหตุหลักของการขัดข้องในระบบปรับอากาศ.....	67
5.3.	รายละเอียดสาเหตุของการขัดข้อง.....	69
5.4.	สรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องของเครื่องจักร ในระบบปรับอากาศ.....	172
5.5.	การวัดประสิทธิภาพการบำรุงรักษา.....	175
5.6.	สรุปผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำรุงรักษา.....	184
5.7.	ดัชนีการวัดประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง..	188
<b>6.</b>	<b>การปรับปรุงกระบวนการทำงานของระบบปรับอากาศ ในอากาศของอาคารสูง.....</b>	<b>189</b>
6.1.	การปรับปรุงกระบวนการแจ้งซ่อมและเตรียมการซ่อม.....	190
6.2.	การแบ่งประเภทและหน้าที่ความรับผิดชอบในการบำรุงรักษา.....	205
6.3.	การวางแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักร.....	213



6.4 การทำแผนการตรวจเช็คอุปกรณ์.....	248
6.5 รายละเอียดการบำรุงรักษาเครื่องจักรในระบบปรับอากาศ .....	256
<b>7.สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ .....</b>	<b>363</b>
7.1.สรุปผลการวิจัย .....	363
7.2.ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานพัฒนาต่อไป.....	368
7.3.ปัญหาและอุปสรรค.....	369
รายการอ้างอิง .....	370
ภาคผนวก .....	372
ก.แบบฟอร์มการบำรุงรักษาเครื่องจักร .....	373
ข.รูปภาพเครื่องจักร .....	395
ค.แบบฟอร์มประวัติเครื่องจักรและใบแจ้งซ่อม.....	413
ง.ตารางรายละเอียดกระบวนการ Work Samplingกระบวนการ แจ้งซ่อมและเตรียมการซ่อม.....	422
ประวัติผู้เขียน วิทยานิพนธ์.....	430

## สารบัญตาราง

### ตารางที่

4.1 แสดงรายละเอียดของเครื่องจักรของระบบปรับอากาศในอาคารตัวอย่าง.....	50
5.1. ชื่อเครื่องจักรและสัญลักษณ์ย่อในระบบปรับอากาศ.....	74
5.2. การวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องของเครื่องทำน้ำเย็น.....	90
5.3. การวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องของหอผึ่งน้ำ.....	98
5.4. การวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องของชุดขับเคลื่อนน้ำปฐมภูมิ .....	105
5.5. การวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องของชุดขับเคลื่อนน้ำทุติยภูมิ .....	116
5.6. การวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องของชุดขับเคลื่อนน้ำระบายความร้อน .....	127
5.7. การวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องของเครื่องเป่าลมเย็นขนาดใหญ่ .....	138
5.8. การวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องของเครื่องเป่าลมเย็นขนาดเล็ก .....	146
5.9. การวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องของหัวจ่ายลมแปรผัน .....	154
5.10. การวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องของหัวจ่ายลมคงที่ .....	162
5.11. สรุปจำนวนครั้งการขัดข้องของเครื่องจักรในระบบปรับอากาศของ อาคารตัวอย่างก่อนการปรับปรุง .....	168
5.13. แสดงเวลาการเดินเครื่องจักรช่วง มีค.-ต.ค.42.....	169
5.14. แสดงช่วงเวลาเฉลี่ยก่อนเกิดเหตุขัดข้องและอัตราส่วนการขัดข้อง ก่อนปรับปรุง.....	177
5.14A แสดงช่วงเวลาก่อนเกิดเหตุขัดข้องของAHUหลังแบ่งโซนของเครื่องจักรใน ช่วงก่อนการปรับปรุง .....	181
5.14B แสดงช่วงเวลาก่อนเกิดเหตุขัดข้องของVAVหลังแบ่งโซนของเครื่องจักรใน ช่วงก่อนการปรับปรุง .....	181
5.15. แสดงจำนวนคน-ชม.....	182
5.16. แสดงเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง.....	187
6.1. สรุปเปอร์เซ็นต์การทำงาน/ว่างงาน ก่อนและหลังการปรับปรุง.....	203
6.2. ช่วงเวลาเฉลี่ยก่อนการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรก่อนปรับปรุง.....	219
6.3. ระดับคะแนนในการให้นำหนักการวางแผนการบำรุงรักษา .....	221
6.4. แสดงสัญลักษณ์ช่วงของแผนการบำรุงรักษา.....	222
6.5. แสดงการเลือกความสำคัญของเครื่องจักรในการบำรุงรักษา.....	223

6.6. โปรแกรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน พ.ย.42-ต.ค.43.....	224
6.7แสดงรายละเอียดการบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำเย็น.....	231
6.8แสดงรายละเอียดการบำรุงรักษาหอผึ่งน้ำ.....	233
6.9แสดงรายละเอียดการบำรุงรักษาชุดขับเคลื่อนน้ำประุมภูมิ .....	234
6.10แสดงรายละเอียดการบำรุงรักษาชุดขับเคลื่อนน้ำทุติยภูมิ .....	235
6.11แสดงรายละเอียดการบำรุงรักษาชุดขับเคลื่อนน้ำระบายความร้อน .....	236
6.12แสดงรายละเอียดการบำรุงรักษาเครื่องเป่าลมเย็นขนาดใหญ่.....	238
6.13แสดงรายละเอียดการบำรุงรักษาเครื่องเป่าลมเย็นขนาดเล็ก.....	239
6.14แสดงรายละเอียดการบำรุงรักษาหัวจ่ายลมคงที่ .....	241
6.15แสดงรายละเอียดการบำรุงรักษาหัวจ่ายลมแปรผัน.....	243
6.16แสดงรายละเอียดการบำรุงรักษาเครื่องฟอกอากาศ.....	245
6.17แสดงรายละเอียดการบำรุงรักษาExpansion tank.....	246
6.18แสดงรายละเอียดการบำรุงรักษาWater header.....	247
6.19แสดงเวลาการตรวจสอบเครื่องจักร.....	251
6.20ตารางแสดงการขัดข้องของเครื่องทำน้ำเย็นหลังปรับปรุง.....	262
6.21ตารางแสดงการขัดข้องของหอผึ่งน้ำหลังปรับปรุง.....	270
6.22ตารางแสดงการขัดข้องของชุดขับเคลื่อนน้ำประุมภูมิหลังปรับปรุง.....	277
6.23ตารางแสดงการขัดข้องของชุดขับเคลื่อนน้ำทุติยภูมิหลังปรับปรุง.....	289
6.24ตารางแสดงการขัดข้องของชุดขับเคลื่อนน้ำระบายความร้อนหลังปรับปรุง.....	300
6.25ตารางแสดงการขัดข้องของเครื่องเป่าลมเย็นใหญ่หลังปรับปรุง.....	311
6.26ตารางแสดงการขัดข้องของเครื่องเป่าลมเย็นเล็กหลังปรับปรุง.....	319
6.27ตารางแสดงการขัดข้องของหัวจ่ายลมแปรผันหลังปรับปรุง.....	327
6.28ตารางแสดงการขัดข้องของหัวจ่ายลมคงที่หลังปรับปรุง.....	334
6.29แสดงการเปรียบเทียบสภาพการขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ ก่อนและหลังการปรับปรุง.....	341
6.30แสดงเปรียบเทียบสาเหตุการขัดข้องของเครื่องจักรในระบบปรับอากาศ ก่อนและหลังการขัดข้อง .....	342
6.31แสดงเวลาการเดินเครื่องจักรช่วง พ.ย.42-มิย.43.....	344
6.32ตารางเปรียบเทียบMTBFและอัตราส่วนการขัดข้องก่อน/หลังการปรับปรุง	345
6.33ตารางเปรียบเทียบการขัดข้องจากการออกแบบไม่ดี.....	353
6.34ตารางเปรียบเทียบการขัดข้องจากการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร.....	384
6.35ตารางเปรียบเทียบการขัดข้องจากการซ่อมแซมไม่ดี.....	355

6.36 ตารางเปรียบเทียบการตัดข้อจากการใช้งาน ไม่ถูกต้อง.....	356
6.37 ตารางเปรียบเทียบการตัดข้อจากการขาดการบำรุงรักษา.....	357
6.38 ตารางเปรียบเทียบการMTBF ของเครื่องจักรในระบบปรับอากาศ.....	358
6.39 ตารางเปรียบเทียบอัตราส่วนการตัดข้อของเครื่องจักรในระบบปรับอากาศ.....	359

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1 เครื่องทำน้ำเย็น.....7

รูปที่ 2.2 เครื่องเป่าลมเย็นขนาดใหญ่.....8

รูปที่ 2.3 เครื่องเป่าลมเย็นขนาดเล็ก.....9

รูปที่ 2.4 หัวจ่ายลมคงที่.....10

รูปที่ 2.5 ชุดควบคุมกล่อง VAV.....11

รูปที่ 2.6 หม้อแปลงไฟฟ้า.....12

รูปที่ 2.7 แสดงเซอร์กิตเบรกเกอร์.....13

รูปที่ 2.8 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง.....14

รูปที่ 2.9 การจ่ายน้ำแบบจ่ายขึ้น.....17

รูปที่ 2.10 การจ่ายน้ำแบบจ่ายลง.....18

รูปที่ 3.1 แสดงสรุปกระบวนการดำเนินการวิจัย.....35

รูปที่ 3.2 แสดงการวิเคราะห์เหตุขัดข้องจากFTA.....39

รูปที่ 3.3 แสดงการดำเนินงานตามแผนการบำรุงรักษา.....44

รูปที่ 4.1 แสดงพื้นที่การบำรุงรักษาของอาคารธนาคารไทยพาณิชย์สำนักงานใหญ่ 51

รูปที่ 4.2 แสดงผัง โครงสร้างองค์กร ของบริษัท นันทวันขมารูเซ่.....53

รูปที่ 4.3 แบบโครงสร้างระบบและอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ.....56

รูปที่ 5.1 สาเหตุการขัดข้องของเครื่องทำน้ำเย็น.....75

รูปที่ 5.2 สาเหตุการขัดข้องของเครื่องทำน้ำเย็นเดินเครื่องไม่ได้.....76

รูปที่ 5.3 สาเหตุการขัดข้องของเครื่องทำน้ำเย็นน้ำยาไม่พอ.....77

รูปที่ 5.4 สาเหตุการขัดข้องของเครื่องทำน้ำเย็นน้ำมันหล่อลื่นไม่เพียงพอ.....78

รูปที่ 5.5 สาเหตุการขัดข้องของเครื่องทำน้ำเย็นหัวอัดน้ำยาIGVไม่ทำงาน.....79

รูปที่ 5.6 สาเหตุการขัดข้องของเครื่องทำน้ำเย็นทำSET POINTไม่ได้.....80

รูปที่ 5.7 สาเหตุการขัดข้องของเครื่องทำน้ำเย็นมีเสียงหอนจากIGV.....81

รูปที่ 5.8 สาเหตุการขัดข้องของเครื่องทำน้ำเย็นแรงดันน้ำมันเกินปกติ.....82

รูปที่ 5.9 สาเหตุการขัดข้องของเครื่องทำน้ำเย็นท่อCOMPRESSORรั่ว.....83

รูปที่ 5.10 สาเหตุการขัดข้องของหอผึ่งน้ำ.....84

รูปที่ 5.11 สาเหตุการขัดข้องของหอผึ่งน้ำพัดลมระบายความร้อนไม่ทำงาน.....85

รูปที่ 5.12 สาเหตุการขัดข้องของหอผึ่งน้ำน้ำล้นถาดกระจายน้ำ.....86

รูปที่ 5.13 สาเหตุการขัดข้องของหอผึ่งน้ำน้ำไหลล้นจากหอผึ่งน้ำ.....87

รูปที่ 5.14 สาเหตุการขัดข้องของหอผึ่งน้ำโซลินอยด์AUTO BRID OFF ไม่ทำงาน.....88

รูปที่ 5.15 สาเหตุการขัดข้องของหอผึ่งน้ำว่าลวปิดไม่สนิท.....	89
รูปที่ 5.16 เปอร์เซ็นต์ของการขัดข้องของเครื่องจักรในระบบปรับอากาศก่อนปรับปรุง..	170
รูปที่ 5.17แสดงลักษณะของการขัดข้องของเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง.....	171
รูปที่ 5.18 กราฟแสดงช่วงเวลาก่อนการเกิดเหตุขัดข้องก่อนการปรับปรุง.....	178
รูปที่ 5.19กราฟแสดงช่วงเวลาก่อนการเกิดเหตุขัดข้องก่อนการปรับปรุง.....	179
รูปที่ 5.20 กราฟแสดงช่วงเวลาก่อนการเกิดเหตุขัดข้องของ AHU หลังแบ่งโซน.....	182
รูปที่ 5.21 กราฟแสดงอัตราส่วนการขัดข้องของ AHU หลังแบ่งโซน.....	182
รูปที่ 5.22 กราฟแสดงช่วงเวลาก่อนการเกิดเหตุขัดข้องของ VAV หลังแบ่งโซน.....	183
รูปที่ 5.23 กราฟแสดงอัตราส่วนการขัดข้องของ VAV หลังแบ่งโซน.....	183
รูปที่ 6.1แสดงเส้นทางการสูมของการแจ้งซ่อมและเตรียมการซ่อม.....	193
รูปที่ 6.2แสดงบุคลากรประจำห้องปฏิบัติการ.....	200
รูปที่ 6.3แสดงการจัดผังแผนการบริหารอาคารและแผนซ่อมบำรุงหลังปรับปรุง.....	201
รูปที่ 6.4แสดงกิจกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร โดยแผนบำรุงรักษา.....	212
รูปที่ 6.5แสดงการทำงานของระบบทำความเย็นในอาคารตัวอย่าง.....	230
รูปที่ 6.6แสดงการทำงานของหอผึ่งน้ำในอาคารตัวอย่าง.....	232
รูปที่ 6.7แสดงการทำงานของเครื่องเป่าลมเย็นขนาดใหญ่และเล็ก.....	237
รูปที่ 6.8แสดงรายละเอียดการทำงานหัวจ่ายลมคงที่.....	240
รูปที่ 6.9แสดงรายละเอียดการทำงานหัวจ่ายลมแปรผัน.....	242
รูปที่ 6.10แสดงรายละเอียดการทำงานเครื่องฟอกอากาศ.....	244
รูปที่ 6.11แสดงการแบ่งการตรวจสอบตามหมวดต่างๆ.....	251
รูปที่ 6.12แสดงการเปรียบเทียบสาเหตุการขัดข้องก่อนและหลังการปรับปรุง.....	343
รูปที่ 6.13แสดงการเปรียบเทียบจำนวนครั้งการขัดข้องก่อนและหลังการปรับปรุง.....	347
รูปที่ 6.14แสดงการเปรียบเทียบMTBFก่อนและหลังการปรับปรุง.....	348
รูปที่ 6.15แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนการขัดข้องก่อนและหลังการปรับปรุง.....	349
รูปที่ 6.16กราฟเปรียบเทียบMTBFของเครื่องเป่าลมเย็นขนาดใหญ่ ก่อน/หลัง การปรับปรุง.....	350
รูปที่ 6.17 กราฟเปรียบเทียบอัตราส่วนการขัดข้องของเครื่องเป่าลมเย็นขนาดใหญ่ ก่อน/หลัง การปรับปรุง.....	350
รูปที่ 6.18กราฟเปรียบเทียบMTBFของหัวจ่ายลมแปรผัน ก่อน/หลัง การปรับปรุง.....	351
รูปที่ 6.19 กราฟเปรียบเทียบอัตราส่วนการขัดข้องของหัวจ่ายลมแปรผัน ก่อน/หลัง การปรับปรุง.....	351