

รายละเอียดข้อกำหนดประกอบแบบ

ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

โครงการ

งานปรับปรุงตกแต่งสำหรับ ศูนย์ระบบหายใจ (Chest Center)  
ชั้น 3 โรงพยาบาล ศิริราช ปิยมหาราชการุณย์ จ.กรุงเทพฯ

บริษัท อุทัย คอนซัลแตนท์ จำกัด

69/1 ซอยสุขุมวิท 93 (พืงมี 11) ถนนสุขุมวิท บางจาก พระโขนง กรุงเทพฯ 10260

โทรศัพท์ (02) 331-8245-6, 332-8100-3 โทรสาร (02) 332-8330

<b>บทที่ 1</b>	<b>ขอบเขตของงานและข้อกำหนดเฉพาะ</b> .....	<b>8</b>
1.1	ขอบเขตของงาน .....	8
1.1.1	ข้อกำหนดทั่วไป .....	8
1.1.2	รายละเอียดของงาน .....	8
1.2	ข้อกำหนดเฉพาะ .....	8
1.2.1	คุณสมบัติผู้รับจ้าง .....	8
1.2.2	วัสดุและอุปกรณ์อื่นๆ ที่ผู้รับจ้างต้องจัดเตรียมให้ .....	9
<b>บทที่ 2</b>	<b>เงื่อนไขทั่วไป</b> .....	<b>10</b>
2.1	การติดต่อขออนุญาต .....	10
2.2	ค่าใช้จ่าย .....	10
2.3	วัสดุและอุปกรณ์ .....	10
2.4	กรรมสิทธิ์ .....	11
2.5	การปฏิบัติงาน .....	11
2.6	พนักงาน .....	13
2.7	ขอบเขตของความเห็นชอบ .....	13
2.8	การทดสอบ .....	14
2.9	แผนผัง แบบ และคู่มือ .....	14
2.9.1	แบบใช้งาน (SHOP DRAWINGS) .....	14
2.9.2	แผนผังและแบบตามก่อสร้างจริง (AS-BUILT DRAWINGS) .....	14
2.9.3	หนังสือคู่มือการใช้และการบำรุงรักษา .....	15
2.10	ป้ายชื่อ .....	16
2.11	การฝึกอบรม .....	16
2.12	การเปลี่ยนแปลงและลดงาน .....	16
2.13	ภาษาและหน่วยการวัด .....	16
2.14	การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ .....	17
2.15	การรับประกัน .....	17
2.16	นิยาม .....	17
2.17	มาตรฐานและกฎเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิง .....	18
<b>บทที่ 3</b>	<b>รายละเอียดอุปกรณ์</b> .....	<b>19</b>
3.1	เครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ (AIR HANDLING UNIT, AHU) .....	19

3.1.1	ข้อกำหนดทั่วไป .....	19
3.1.2	CASING .....	19
3.1.3	พัดลม .....	19
3.1.4	COOLING COIL.....	19
3.1.5	ถาดน้ำทิ้ง .....	20
3.1.6	การติดตั้ง .....	20
3.2	เครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็ก (FANCOIL UNIT, FCU) .....	20
3.2.1	ข้อกำหนดทั่วไป .....	20
3.2.2	CASING .....	21
3.2.3	พัดลม .....	21
3.2.4	COOLING COIL.....	21
3.2.5	ถาดน้ำทิ้ง .....	21
3.2.6	การติดตั้ง .....	21
3.3	พัดลมระบายอากาศ.....	22
3.3.1	ข้อกำหนดทั่วไป .....	22
3.3.2	พัดลมระบายอากาศแบบ CENTRIFUGAL.....	23
3.3.3	พัดลมระบายอากาศแบบ AXIAL FLOW DIRECT DRIVE.....	24
3.3.4	พัดลมระบายอากาศแบบ AXIAL FLOW BELT DRIVE .....	24
3.3.5	พัดลมระบายอากาศแบบฝังเพดาน (CEILING MOUNTED TYPE).....	25
3.3.6	พัดลมแบบ (CENTRIFUGAL CABINET).....	25
3.4	VIBRATION ISOLATOR .....	26
3.4.1	ข้อกำหนดทั่วไป .....	26
3.4.2	การขออนุมัติ.....	26
3.5	ข้อกำหนดของอุปกรณ์ป้องกันการสั่นสะเทือน .....	27
3.5.1	ลูกยางป้องกันการสั่นสะเทือน (Rubber Isolator) .....	27
3.5.2	สปริงตั้งพื้น (Spring Isolator) – สำหรับรองAHU, FAN.....	27
3.5.3	ข้อต่ออ่อน (Flexible Connection).....	27
3.6	อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสสลับ (AC Variable Speed Drive) .....	28
3.6.1	ความต้องการโดยทั่วไป .....	28
3.6.2	คุณสมบัติของอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสสลับ.....	28
3.7	HEAT PIPE .....	29

<b>บทที่ 4</b>	<b>ระบบท่อลม</b>	<b>33</b>
4.1	ท่อลมและการกระจายลม	33
4.1.1	ข้อกำหนดทั่วไป	33
4.1.2	คุณสมบัติของท่อลม	33
4.1.3	แผ่นโลหะ	33
4.1.4	ลักษณะการติดตั้งท่อลม	33
4.1.5	VOLUME DAMPER	34
4.1.6	ACCESS DOOR	34
4.1.7	ที่รองรับท่อลม (DUCT SUPPORT)	34
4.1.8	FLEXIBLE DUCT CONNECTOR	35
4.1.9	ท่อลมที่ไม่ได้หุ้มฉนวน หรือหุ้มฉนวนภายใน	35
4.1.10	รอยต่อท่อลมตามแนวขวาง (Transverse Joint)	35
4.1.11	ช่องสำหรับสอดเครื่องมือวัด (INSTRUMENT INSERT HOLE)	35
4.1.12	DUCT SLEEVE	35
4.1.13	DIFFUSER	35
4.1.14	REGISTER	36
4.1.15	GRILLE	36
4.1.16	AIR LOUVER	36
4.1.17	TRANSFER GRILLE	36
4.1.18	การติดตั้ง	36
4.1.19	FLEXIBLE DUCT	36
4.1.20	Pre-Insulated Duct	37
4.2	ฉนวนหุ้มท่อลม	39
4.2.1	คุณสมบัติของฉนวนหุ้มท่อลม	39
4.2.2	การติดตั้งฉนวนหุ้มท่อลม	39
4.3	แผงกรองอากาศ	40
4.3.1	ข้อกำหนดทั่วไป	40
4.3.2	ประเภทของแผงกรองอากาศ	40
4.3.3	โครงของแผงกรองอากาศ	44
4.3.4	อุปกรณ์	44
4.3.5	ULTRAVIOLET (UV) AIR PURIFIER	45

4.4	การป้องกันเสียง .....	46
4.4.1	อุปกรณ์ลดเสียงในท่อลม (Sound Attenuator) .....	46
4.4.2	ฉนวนภายในท่อลม (DUCT LINER) .....	47
<b>บทที่ 5</b>	<b>ระบบท่อน้ำ</b> .....	<b>49</b>
5.1	วาล์วและอุปกรณ์ประกอบ .....	49
5.1.1	ข้อกำหนดทั่วไป .....	49
5.1.2	GATE VALVE .....	49
5.1.3	GLOBE VALVE .....	49
5.1.4	BUTTERFLY VALVE.....	49
5.1.5	CHECK VALVE .....	49
5.1.6	AUTOMATICALLY BALANCED COMBINATION VALVE .....	50
5.1.7	AUTOMATIC AIR VENT VALVE .....	50
5.1.8	STRAINER.....	50
5.1.9	PRESSURE GAUGE .....	51
5.1.10	THERMOMETER.....	51
5.1.11	WATER METER.....	51
5.1.12	CLOSED EXPANSION TANK .....	51
5.2	ระบบปรับสภาพน้ำ.....	52
5.2.1	การปรับสภาพน้ำเย็น .....	52
5.2.2	การรับรองคุณภาพของน้ำที่ปรับสภาพแล้ว.....	52
5.2.3	อุปกรณ์ทดสอบ (TEST KIT) .....	52
5.2.4	สารเคมีอะไหล่น้ำ .....	52
5.3	ท่อน้ำ .....	52
5.3.1	ท่อน้ำเย็น และท่อน้ำหล่อเย็น.....	52
5.3.2	ท่อน้ำเติม (MAKE-UP WATER PIPE).....	53
5.3.3	ท่อน้ำทิ้ง.....	53
5.3.4	ข้อต่อท่อ (PIPE FITTING).....	53
5.3.5	การติดตั้ง .....	53
5.3.6	การเชื่อม (WELDING) .....	56
5.3.7	การทดสอบท่อด้วยความดัน (PRESSURE TEST).....	56
5.4	ฉนวนหุ้มท่อน้ำ.....	57

5.4.1	คุณสมบัติของตัวฉนวน.....	57
5.4.2	ขนาดฉนวนที่ใช้ (APPLICATION SIZE).....	57
5.4.3	การติดตั้งฉนวนหุ้มท่อน้ำ.....	58
5.4.4	Pre-insulated pipe system.....	58
<b>บทที่ 6</b>	<b>AUTOMATIC CONTROL.....</b>	<b>60</b>
6.1	AUTOMATIC CONTROL.....	60
6.1.1	TWO WAY AND THREE WAY CONTROL VALVE .....	60
6.1.2	THERMOSTAT .....	60
6.1.3	FLOW SWITCH.....	61
6.1.4	ELECTRIC ACTUATOR (OR ELECTRONIC).....	61
6.1.5	Differential Pressure Sensor and Transmitter .....	61
<b>บทที่ 7</b>	<b>FIRE AND SMOKE CONTROL SYSTEM .....</b>	<b>62</b>
7.1	AIR FLOW SWITCH .....	62
7.2	BAROMETRIC DAMPER.....	62
7.3	STATIC PRESSURE REGULATOR .....	62
7.4	อุปกรณ์ควบคุมเพลิงไหม้.....	62
7.5	ชุดแผ่นป้องกันไฟลามและควัน (Combination Fire Smoke Damper, Multi Blade Type) .....	63
7.6	พัดลมระบายควัน.....	64
7.7	สารทนไฟ.....	65
<b>บทที่ 8</b>	<b>อุปกรณ์ไฟฟ้า.....</b>	<b>66</b>
8.1	ข้อกำหนดทั่วไป.....	66
8.2	มอเตอร์.....	66
8.3	เครื่องช่วยการเริ่มเดินของมอเตอร์ (MOTOR STARTER).....	67
8.3.1	เครื่องช่วยการเริ่มเดินแบบ AC MANUAL FULL-VOLTAGE .....	67
8.3.2	เครื่องช่วยการเริ่มเดินแบบ AC magnetic full-voltage across-the-line.....	67
8.3.3	เครื่องช่วยการเริ่มเดินแบบ AC MAGNETIC REDUCED VOLTAGE .....	67
8.3.4	สวิตช์ตัดตอน (DISCONNECTING SWITCH).....	68
8.4	แผงสวิตช์ควบคุมและแจกจ่ายไฟ สำหรับระบบปรับอากาศ.....	68
8.4.1	แผงสวิตช์จ่ายไฟ (SWITCHBOARD) .....	68
8.4.2	บัสบาร์ (BUS BAR) .....	68

8.4.3	การต่อสายไฟเข้าแผงสวิตช์ (INCOMING CIRCUIT) .....	68
8.4.4	สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติของสายป้อน (FEEDER CIRCUIT BREAKER) .....	69
8.4.5	INDICATING INSTRUMENT .....	69
8.4.6	PUSH BUTTON และหลอดไฟสัญญาณ .....	69
8.4.7	หม้อแปลงวงจรควบคุม (CONTROL TRANSFORMER) .....	69
8.4.8	หม้อแปลงของระบบไฟสัญญาณ (LIGHTING TRANSFORMER) .....	69
8.4.9	ป้ายชื่อ (NAMEPLATE) .....	69
8.4.10	แผงสวิตช์จ่ายไฟเฉพาะแห่ง (LOCALIZED A/C SWITCHBOARD) .....	70
8.5	การติดตั้ง .....	70
8.5.1	การเดินสายไฟวงจรควบคุม (CONTROL WIRING) .....	70
8.5.2	การเดินสายไฟกำลัง (POWER WIRING) .....	70
<b>บทที่ 9</b>	<b>การตกแต่งและการทาสี .....</b>	<b>71</b>
9.1	การทาสีและพ่นสี .....	71
9.2	ป้ายชื่อ (IDENTIFICATION) .....	71
<b>บทที่ 10</b>	<b>การปรับสมดุล การทดสอบระบบลมและระบบน้ำ .....</b>	<b>73</b>
10.1	ข้อกำหนดทั่วไป .....	73
10.2	รายงานการปรับสมดุลและสมรรถนะที่ได้จากการทดสอบ .....	73
10.2.1	รายงานการปรับสมดุลและการทดสอบด้านลม .....	73
10.2.2	รายงานการปรับสมดุล และการทดสอบด้านน้ำ .....	74
10.3	การทดสอบเบื้องต้นโดยผู้รับจ้าง .....	76
10.4	การทดสอบสมรรถนะและปรับสมดุล .....	76
10.5	การปรับสมดุลด้านระบบลม .....	77
10.6	การปรับสมดุลระบบน้ำ .....	77
<b>บทที่ 11</b>	<b>มาตรฐานผลิตภัณฑ์ .....</b>	<b>79</b>
11.1	ข้อกำหนดทั่วไป .....	79
11.2	รายชื่อผลิตภัณฑ์มาตรฐาน .....	79

## บทที่ 1 ขอบเขตของงานและข้อกำหนดเฉพาะ

### 1.1 ขอบเขตของงาน

#### 1.1.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ผู้รับจ้างต้องจัดหาและติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ และระบายอากาศของโครงการฯ ดังแสดงในแบบ รวมถึงส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ แรงงาน เครื่องมือ เครื่องใช้ต่างๆ การติดตั้งตามหลักวิชาช่างที่ดี ตลอดถึงงานชั่วคราว เพื่อให้งานเสร็จสิ้นเรียบร้อยสมบูรณ์ใช้งานได้ตามจุดประสงค์ของผู้ว่าจ้าง

#### 1.1.2 รายละเอียดของงาน

##### ก. สถานที่ตั้ง

โครงการ งานออกแบบปรับปรุง อาคาร สก. ระยะที่ 1

โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

ข. สภาพอากาศภายในที่ใช้ในการออกแบบ  $24\pm 1$  °C ความชื้นสัมพัทธ์  $55\pm 5$  %

### 1.2 ข้อกำหนดเฉพาะ

#### 1.2.1 คุณสมบัติผู้รับจ้าง

ต้องจดทะเบียนเป็นบริษัทจำกัด โดยจดทะเบียนจากกรมพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ การจดทะเบียนดังกล่าว ยังคงความถูกต้องทางกฎหมายอยู่ด้วย และมีจุดประสงค์สำหรับทำงานเกี่ยวกับการก่อสร้างเท่านั้น

ก. ต้องเป็นผู้มีประสบการณ์ด้านวิศวกรรมระบบปรับอากาศ และระบายอากาศของโครงการที่เป็นอาคารโรงพยาบาลขนาด งบประมาณไม่น้อยกว่า 10 ล้านบาท ที่แล้วเสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ และมีใบรับรองผลงานดังกล่าวในช่วงระยะเวลา 5 ปีที่ผ่านมา

ข. ต้องไม่เคยมีประวัติละทิ้งงาน หรือมีผลงานไม่ดีในงานระบบปรับอากาศ และระบายอากาศ

ค. ต้องมีวิศวกรเครื่องกลที่มีใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาเครื่องกล เป็นสามัญวิศวกรหรือสูงกว่า และผ่านงานด้านระบบปรับอากาศ และระบายอากาศมาแล้วไม่น้อยกว่า 3 ปี เป็นผู้รับผิดชอบในการควบคุมการก่อสร้างโครงการนี้

ง. ต้องส่งเอกสารแสดงประวัติผลงานมาเพื่อประกอบการพิจารณา



### 1.2.2 วัสดุและอุปกรณ์อื่นๆ ที่ผู้รับจ้างต้องจัดเตรียมให้

- ก. ติดตั้ง Main A/C switch board พร้อมอุปกรณ์ครบถ้วนไว้ในห้องเครื่องกล
- ข. ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมทางไกลต่างๆ (Remote control and monitoring devices) ของอุปกรณ์ส่วนกลางทั้งหมด เช่น Motorized valve, เครื่องส่งลมเย็นและพัดลมทั้งหมด เป็นต้น พร้อมเดินสายไฟให้ครบถ้วนเรียบร้อยไปที่ A/C control board ซึ่งผู้รับจ้างระบบไฟฟ้าได้จัดเตรียมไว้ใน Central control room
- ค. จัดทำ Lining ห้องเครื่องส่งลมเย็นและท่อลมคอนกรีตที่ผนังและเพดานโดยรอบด้วย fiberglass หนา 1 นิ้ว ความหนาแน่น 3 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หุ้มทับด้วย glass cloth หรือแบบ Aluminium Perforate Foil สำเร็จรูปจากโรงงาน ยึดด้วย pin และ locking washer ทุกระยะ 30 เซนติเมตร
  - ง. จัดทำแท่นเครื่องของอุปกรณ์ระบบปรับอากาศและระบายอากาศทั้งหมด
  - จ. ติดตั้ง filter gauge สำหรับเครื่องส่งลมเย็นทุกเครื่อง (AHU) และอยู่ในตำแหน่งที่สามารถตรวจดูได้ง่าย
  - ฉ. แผ่นกรองอากาศทั้งหมดของโครงการ ขนาด และชนิดตามที่ระบุจำนวน 1 ชุด สำหรับสับเปลี่ยนในระหว่างการบำรุงรักษาปกติ
  - ช. ข้อต่อท่อร้อยสายที่อยู่นอกอาคารและในที่เปียกชื้นใช้ชนิดกันน้ำ (rain tight) ข้อต่อที่ฝังในปูนต้องใช้นชนิดกันปูน (concrete tight)
  - ซ. ในการเสนอราคา ผู้เสนอราคาต้องแจ้งนามผู้ทำ ชนิด แบบ วัสดุและอุปกรณ์ที่สำคัญ รวมถึง Catalogue แสดงรายละเอียดอุปกรณ์ ซึ่งเสนอขอใช้ในโครงการนี้ให้ครบถ้วนทุกชนิด

## บทที่ 2 เงื่อนไขทั่วไป

### 2.1 การติดต่อขออนุญาต

ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบในการติดต่อขออนุญาตทั้งหมด รวมทั้งการเตรียมเอกสารที่จำเป็นเพื่อขออนุญาตจากหน่วยงานต่างๆ ของท้องถิ่น ในงานด้านติดตั้งระบบไฟฟ้า ผู้รับจ้างจะต้องติดต่อประสานงานกับการไฟฟ้าท้องถิ่นเกี่ยวกับการตรวจ การทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้า และการติดตั้งตามระเบียบของการไฟฟ้าท้องถิ่น นอกจากนี้ผู้รับจ้างจะต้องติดต่อประสานงานกับหน่วยงานท้องถิ่นอื่นๆ ที่มีอำนาจในการควบคุมและการตรวจ เพื่อให้ทำการตรวจตามระเบียบที่มีกำหนดไว้

### 2.2 ค่าใช้จ่าย

ก. ค่าธรรมเนียม ค่าตรวจ และค่าใช้จ่ายทุกชนิดที่ต้องชำระให้หน่วยงานของท้องถิ่น และการไฟฟ้าท้องถิ่นตามระเบียบที่กำหนดไว้ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ชำระและรวมอยู่ในค่าจ้าง

ข. ค่าใช้จ่ายสำหรับค่าน้ำ และค่าไฟฟ้าเพื่อใช้ในการติดตั้ง ผู้รับจ้างก่อสร้างอาคารจะเป็นผู้จัดให้

ค. ค่าใช้ไฟฟ้าในการลองเครื่อง และการตรวจรับงาน ผู้รับจ้างจะเป็นผู้ชำระโดยให้ใช้ไฟจากระบบไฟฟ้าของผู้ว่าจ้าง

ง. การเตรียมช่องเจาะ ช่องซ่อม ช่องต่างๆ ซึ่งผู้รับจ้างได้แจ้งให้ผู้ว่าจ้างทราบล่วงหน้าก่อนการก่อสร้างอาคาร ผู้รับจ้างก่อสร้างอาคารจะเป็นผู้ดำเนินการให้

จ. ค่าวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ ค่าแรง ค่าขนส่ง ค่าติดตั้ง ค่าทดสอบอุปกรณ์ตามที่ผู้ว่าจ้างกำหนดในการตรวจรับ และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ทุกชนิดที่ต้องใช้ในงานนี้ เพื่อให้งานแล้วเสร็จสมบูรณ์ตามรายการและแบบ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ชำระทั้งสิ้น และถือเป็นค่าจ้างเหมาสำหรับงานตามรายการและแบบนี้

### 2.3 วัสดุและอุปกรณ์

ก. ภายในหกสิบ (60) วัน นับแต่วันลงนามในสัญญา หรือภายในระยะเวลาที่ผู้ว่าจ้างและผู้รับจ้างจะได้ทำความตกลงกัน ผู้รับจ้างจะต้องนำรายละเอียด และ/หรือ ตัวอย่างวัสดุและอุปกรณ์ทุกชนิดไปให้ผู้ว่าจ้างตรวจอนุมัติก่อนการดำเนินการจัดหา และนำไปติดตั้งเมื่อได้รับการยืนยันเป็นหนังสือแล้ว ผู้รับจ้างต้องดำเนินการสั่งและเตรียมของเพื่อให้ได้ของมาทันกำหนดการใช้งาน การที่ผู้รับจ้างนำรายละเอียด และ/หรือ ตัวอย่างไปให้ผู้ว่าจ้างตรวจซ้ำกว่ากำหนด จะนำมาเป็นข้ออ้างในการขอเปลี่ยนแปลงชนิดของวัสดุ อุปกรณ์ และ/หรือ ขอต่อเวลาการทำงานไม่ได้

ข. วัสดุและอุปกรณ์ที่นำมาใช้ต้องเป็นของที่ออกแบบเพื่อใช้กับระบบที่กำหนด และ ถูกต้องตามข้อกำหนดตามความต้องการของผู้ว่าจ้าง เป็นของใหม่แบบล่าสุดและผ่านการตรวจ อนุมัติโดยผู้ว่าจ้างแล้ว ของเหล่านี้ต้องเป็นสิ่งมาตรฐานของผู้ผลิตซึ่งทำตามมาตรฐาน AMCA, ANSI, API, ARI, ASHRAE, ASME, ASTM, AWS, BS, DIN, IEC, NEMA, NEPA, SMACNA, มอก. และมาตรฐานอื่นๆ ตามที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้วัสดุและอุปกรณ์จะต้องได้รับการรับรองโดย สถาบันที่ผู้ว่าจ้างเชื่อถือ เช่น UL, สมอ. และสถาบันอื่นที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป

ค. เมื่อผู้ว่าจ้างอนุมัติรายละเอียด และ/หรือ ตัวอย่างของวัสดุและอุปกรณ์แล้ว ผู้รับจ้าง ต้องจัดรายละเอียด และ/หรือ ตัวอย่างที่ได้รับอนุมัติจำนวนสอง (2) ชุด โดยให้ผู้ว่าจ้างเก็บไว้เป็น หลักฐานหนึ่ง (1) ชุด และเก็บแสดงไว้ที่สถานที่ปฏิบัติงานอีกหนึ่ง (1) ชุด รายละเอียด และ/หรือ ตัวอย่างดังกล่าวจะไม่คืนให้แก่ผู้รับจ้าง แต่ผู้รับจ้างอาจขอให้นำตัวอย่างไปใช้ในงานตามสัญญานี้ได้ แต่ต้องติดตั้งตามตำแหน่งที่ผู้ว่าจ้างกำหนด และหากผู้ว่าจ้างต้องการให้ถอดออกมา เพื่อ เปรียบเทียบกับชิ้นอื่น ผู้รับจ้างต้องดำเนินการให้โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายใดๆ

ง. วัสดุและอุปกรณ์ใดๆ ที่ผู้ว่าจ้างตรวจพบว่าไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างต้องทำ การขนย้ายออกจากสถานที่ปฏิบัติงานโดยเร็วที่สุด

จ. ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบในการจัดส่งวัสดุและอุปกรณ์ถึงสถานที่ตั้ง บริเวณที่ติดตั้ง รวมถึงการเก็บรักษาและป้องกันการเสียหายใดๆ จนกว่าถึงวันส่งมอบงาน

## 2.4 กรรมสิทธิ์

ก. วัสดุและอุปกรณ์ ซึ่งผู้รับจ้างจัดหามาและงานที่เสร็จแล้วยังคงถือว่าเป็นทรัพย์สินของผู้รับจ้างซึ่งต้องรับผิดชอบเต็มที่สำหรับการบำรุงรักษา ความเสื่อมสภาพ สูญหาย ถูกทำลาย และ/หรือ ความเสียหายใดๆ จนกว่าผู้ว่าจ้างจะได้รับมอบงานที่แล้วเสร็จ

ข. รูปแบบและรายการทั้งหมดถือว่าเป็นกรรมสิทธิ์โดยชอบของวิศวกรผู้ออกแบบ ห้ามมิ ให้ผู้ใดคัดลอกโดยวิธีใดๆ และ/หรือ นำไปใช้ประโยชน์ในงานอื่น นอกจากจะได้รับการอนุญาตจาก วิศวกรผู้ออกแบบแล้ว

## 2.5 การปฏิบัติงาน

ก. ผู้รับจ้างต้องปฏิบัติงานตามที่กำหนดทั้งในแบบแปลน และในรายการ ถึงแม้ว่างาน บางรายการมีแสดงในแบบแต่ไม่ปรากฏในรายการ หรือมีกำหนดในรายการแต่ไม่แสดงในแบบก็ ตามผู้รับจ้างต้องปฏิบัติงานนั้นเช่นกันเสมือนกับว่าแสดงไว้สองแห่ง งานที่เกี่ยวข้องและจำเป็นต้อง ทำเพื่อให้งานลุล่วงถูกต้องตามแบบและรายการ แต่ไม่ได้แสดงรายละเอียดไว้ในแบบ รายการบัญชี รายการวัสดุและอุปกรณ์ของผู้ว่าจ้าง และ/หรือ บัญชีใบเสนอราคาของผู้รับจ้าง ซึ่งแบบและ

รายการดังกล่าวให้ถือเป็นเพียงแนวทางในการคิดราคาเท่านั้น ผู้รับจ้างต้องทำให้ถูกต้องครบถ้วน โดยไม่มีเงื่อนไขใดๆ ทั้งสิ้น

ข. ในกรณีที่รายการ และ/หรือ แบบขัดกัน และ/หรือ มีความจำเป็นที่ผู้รับจ้างต้องเปลี่ยนแปลงจากแบบและรายการแต่ประการใด ผู้รับจ้างต้องแจ้งให้ผู้ว่าจ้างทราบเป็นหนังสือทันที เพื่อให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาให้ความเห็นชอบเป็นหนังสือก่อนแล้วจึงจะดำเนินการได้ ถ้าหากผู้รับจ้างดำเนินการไปโดยพลการ ผู้ว่าจ้างสงวนสิทธิ์ที่จะสั่งให้ผู้รับจ้างแก้ไขใหม่ให้ถูกต้องทุกประการได้ โดยผู้รับจ้างต้องเป็นผู้เสียค่าใช้จ่าย โดยทั่วไปหากรายละเอียดในข้อกำหนดและในแบบไม่ตรงกัน ให้ถืออันที่ถูกต้อง และ/หรือ ดีกว่าเป็นหลัก

ค. ผู้รับจ้างต้องปฏิบัติงานตามหลักวิชาทางช่างที่ดีและเป็นไปตามกฎข้อบังคับต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ กฎข้อบังคับของหน่วยงานท้องถิ่น กฎข้อบังคับของการไฟฟ้าท้องถิ่น มาตรฐานเพื่อความปลอดภัยทางไฟฟ้าของประเทศไทย กฎข้อบังคับของ NEC กฎของ IEC มาตรฐานต่างๆ ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย โดยให้ปฏิบัติตามกฎที่ดีที่สุด ผู้รับจ้างต้องรับแก้ไขงานที่ผิดกฎดังกล่าวให้ถูกต้อง โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น

ง. ผู้รับจ้างต้องศึกษาแบบแปลนระบบปรับอากาศและแบบแปลนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น แบบโครงสร้าง แบบสถาปัตยกรรม และแบบงานระบบอื่นๆ เป็นต้น ให้มีความเข้าใจถึงความต้องการของงานในส่วนที่มีความสัมพันธ์กัน และให้ความร่วมมือประสานงานกับผู้รับจ้างรายอื่นที่ปฏิบัติงานในสถานเดียวกันอย่างเต็มที่ สิ่งใดที่สำคัญและเกี่ยวพันถึงงานของผู้รับจ้างรายอื่นแล้ว ผู้รับจ้างงานระบบปรับอากาศจะต้องจัดทำรายละเอียด และแจ้งให้ผู้รับจ้างงานนั้นๆ ทราบเป็นลายลักษณ์อักษร พร้อมทำสำเนาถึงผู้ว่าจ้างเสียแต่เนิ่นๆ เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างราบรื่น ไม่มีอุปสรรคจนเกิดความล่าช้าขึ้นได้ ในกรณีที่ผู้รับจ้างงานระบบปรับอากาศดำเนินงานโดยพลการจนก่อให้เกิดความเสียหายในส่วนที่เกี่ยวกับผลงานของผู้รับจ้างอื่นๆ แล้ว ผู้รับจ้างงานระบบปรับอากาศต้องรับผิดชอบในการแก้ไขงานนั้นๆ ให้ถูกต้อง และเสียค่าใช้จ่ายเองตามค่าเสียหายของผู้ว่าจ้าง

จ. ผู้รับจ้างต้องกำหนดตารางและรายละเอียดประกอบการประสานงาน ทั้งทางด้านช่าง การส่งของ การติดตั้ง และการแล้วเสร็จของงาน เพื่อป้องกันอุปสรรค และความล่าช้าต่างๆ อันอาจเป็นผลกระทบกระเทือนต่อการแล้วเสร็จสมบูรณ์ของงานทั้งหมด

ฉ. ผู้รับจ้างต้องมีเครื่องมือเครื่องใช้ในการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพ และเป็นชนิดที่ถูกต้องเหมาะสมกับประเภทของงานที่ทำเป็นจำนวนที่เพียงพอ ผู้ว่าจ้างมีสิทธิ์ที่จะบังคับให้ผู้รับจ้างเพิ่ม และ/หรือ เปลี่ยนแปลงจำนวน และ/หรือ ประเภทของเครื่องมือต่างๆ เมื่อเห็นว่าผู้รับจ้างมีเครื่องมือไม่เพียงพอ และ/หรือ ใช้เครื่องมือที่ไม่ถูกต้องเหมาะสมกับงาน

ข. ผู้รับจ้างต้องระมัดระวังรักษาความปลอดภัย รวมทั้งอัคคีภัยเกี่ยวกับทรัพย์สินทั้งปวง และบุคคลต่างๆ ที่เข้าไปในบริเวณปฏิบัติงาน โดยผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบเต็มที่เกี่ยวกับเหตุเสียหายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน ผู้รับจ้างต้องดูแลสถานที่ปฏิบัติงานให้สะอาดเรียบร้อย และอยู่ในสภาพที่ปลอดภัยตลอดเวลา

ข. ผู้รับจ้างต้องพยายามทำงานให้เจียบ และสิ้นสະเทือนน้อยที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ เพื่อมิให้เกิดความเดือดร้อนและมีผลกระทบต่อคนหรืองานอื่นๆ ที่กำลังจัดทำอยู่ใกล้สถานที่ติดตั้ง ผู้รับจ้างต้องกำชับคนงานให้ปฏิบัติตามที่กล่าวนี้ พร้อมทั้งจัดหาเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ที่มีเสียงรบกวนหรือการสิ้นสະเทือนน้อยที่สุดมาใช้ ผู้ว่าจ้างสงวนสิทธิ์ที่จะสั่งให้ผู้รับจ้างทำการแก้ไขปัญหาเรื่องเสียงและการสิ้นสະเทือนให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ โดยค่าใช้จ่ายต่างๆ เป็นของผู้รับจ้างทั้งสิ้น

ค. ผู้รับจ้างต้องติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบปรับอากาศในตำแหน่งที่ช่างสามารถใช้งานได้ และซ่อมแซมบำรุงรักษาได้โดยสะดวก อุปกรณ์เหล่านี้รวมตลอดไปถึงวาล์ว แทรปของท่อน้ำทิ้ง มอเตอร์ เครื่องมือวัด คอยล์น้ำเย็นของเครื่องส่งลมเย็น สวิตช์เกียร์ต่างๆ เป็นต้น อุปกรณ์ใดที่ซ่อนอยู่ในฝ้า ท่อลมหรือในเครื่อง ผู้รับจ้างต้องจัดทำ Access doors ขนาดพอเหมาะไว้ใกล้อุปกรณ์ชิ้นนั้นๆ โดยอนุญาตให้มีการเปลี่ยนแปลงแบบการติดตั้งได้เล็กน้อย แต่ต้องได้รับการเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างก่อนทุกครั้ง

## 2.6 พนักงาน

ก. ผู้รับจ้างต้องมีวิศวกรเครื่องกล และวิศวกรไฟฟ้าสาขาไฟฟ้ากำลังที่ชำนาญงานผู้เป็นสามัญวิศวกรหรือสูงกว่าตามพ.ร.บ.วิชาชีพวิศวกรรม เป็นผู้รับผิดชอบในการควบคุมการสร้างและอำนวยความสะดวกติดตั้งให้เป็นไปตามแบบ และรายการให้ถูกต้องตามหลักวิชาที่ดีและต้องเป็นผู้ลงนามรับรองผลงานในเอกสารการส่งมอบงานทุกงวดด้วย

ข. ผู้รับจ้างต้องมีนายงานที่ดีเพื่อสั่งงาน และควบคุมงานในสถานที่ก่อสร้างตลอดเวลาปฏิบัติงาน และต้องใช้คนงานที่มีความสามารถในการทำงานตามวิธีการที่ถูกต้องตามหลักวิชาทางช่างที่ดีด้วยฝีมือที่ดี ตามกฎข้อบังคับต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น และมีจำนวนคนงานเพียงพอที่จะปฏิบัติงานให้เสร็จทันตามความต้องการของผู้ว่าจ้าง ผู้ว่าจ้างสงวนสิทธิ์ที่จะสั่งให้ผู้รับจ้างถอนคนงานที่ผู้ว่าจ้างเห็นว่าปฏิบัติงานด้วยฝีมือที่ไม่ดีพอ ผู้รับจ้างต้องหาคนงานใหม่ที่มีประสิทธิภาพดีพอ โดยเป็นผู้เสียค่าใช้จ่ายในการนี้ทั้งสิ้น

## 2.7 ขอบเขตของความเห็นชอบ

การที่ผู้ว่าจ้างอนุมัติเห็นชอบ และ/หรือ ยินยอมใดๆ เกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ ฝีมือ รูปแบบวิธีการ หรือกรรมวิธีใดๆ แห่งการกระทำใดๆ สิ่งที่จะทำการติดตั้ง และ/หรือ ข้อเสนอใดๆ โดยผู้รับจ้าง

ให้เป็นที่น่าสนใจแต่เพียงว่าเป็นการรับรู้ของผู้ว่าจ้างในขณะนั้น ซึ่งยังไม่มีเหตุผลสมควรที่จะคัดค้านเรื่องต่างๆ ดังกล่าว การกระทำดังกล่าวโดยผู้ว่าจ้างย่อมไม่ทำให้ผู้รับจ้างต้องพ้นภาระจากความรับผิดชอบเต็มที่ในเรื่องความถูกต้อง และสมบูรณ์ของงานที่ต้องปฏิบัติให้เป็นไปตามรูปแบบ และรายละเอียดข้อกำหนด และ/หรือ ต้องพ้นภาระจากหน้าที่โดยตรงของผู้รับจ้างเกี่ยวกับพันธะกรรมหนี้สิน และ/หรือ ความรับผิดชอบต่อความเสียหายต่อทรัพย์สิน และ/หรือ บุคคล

## 2.8 การทดสอบ

ก. ถ้าผู้ว่าจ้างเห็นว่าวัสดุ และอุปกรณ์ที่นำมาใช้มีคุณสมบัติไม่ดีเท่าที่กำหนดไว้ในรายการ ผู้ว่าจ้างมีสิทธิ์ที่จะไม่ยอมให้นำมาใช้ในงานนี้ หรือถ้าผู้ว่าจ้างมีความเห็นว่าควรส่งให้สถาบันที่ผู้ว่าจ้างเชื่อถือ ทำการทดสอบคุณสมบัติเพื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดความต้องการของผู้ว่าจ้างก่อนที่จะอนุมัติให้นำมาใช้ได้ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ดำเนินการและเสียค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น

ข. เมื่องานเสร็จแล้วในการตรวจรับมอบ ผู้รับจ้างจะต้องทำการทดสอบอุปกรณ์ การใช้งานระบบไฟฟ้าและอื่นๆ ตามกฎของท้องถิ่นและตามที่ผู้ว่าจ้างจะกำหนดให้ทดสอบ เพื่อแสดงให้เห็นว่างานที่ทำถูกต้องตามรายการและแบบทุกประการ โดยต้องมีผู้แทนของผู้ว่าจ้างร่วมในการทดสอบด้วย ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้เสียค่าใช้จ่ายในการนี้ทั้งสิ้น

## 2.9 แผนผัง แบบ และคู่มือ

### 2.9.1 แบบใช้งาน (SHOP DRAWINGS)

ผู้รับจ้างจะต้องเสนอแบบใช้งาน และแบบแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาก่อนดำเนินการติดตั้งตามที่ผู้ว่าจ้างจะเป็นผู้กำหนดให้ ขนาดของแบบต้องเท่าแบบของผู้ว่าจ้าง หรือขนาดตาม มอก. 37-2516 เมื่อผู้ว่าจ้างเห็นชอบด้วยแล้ว มิได้หมายความว่าผู้รับจ้างจะพ้นความรับผิดชอบในความผิดพลาดต่างๆ ผู้รับจ้างยังคงต้องรับผิดชอบต่องานที่จัดทำทุกประการ และต้องส่งแบบพิมพ์เขียวให้ผู้ว่าจ้างห้า (5) ชุด เพื่อใช้ในการควบคุมงาน

### 2.9.2 แผนผังและแบบตามที่สร้างจริง (AS-BUILT DRAWINGS)

ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติงานไปจากแบบ เช่น เปลี่ยนแนวทางเดินท่อ เป็นต้น หรือมีการสั่งเปลี่ยนแปลงใดๆ ที่ผู้ว่าจ้างไม่ได้จัดทำแบบให้ ผู้รับจ้างต้องจัดทำแผนผังตามที่สร้างจริง โดยให้ส่งแบบพิมพ์หนึ่ง (1) ชุด ซึ่งวิศวกรเครื่องกลของผู้รับจ้างลงนามรับรองความถูกต้องแล้วให้แก่ผู้ว่าจ้างภายในสามสิบ (30) วันนับแต่วันทำงานแล้วเสร็จ เมื่อผู้ว่าจ้างตรวจรับรองความถูกต้องและส่งแบบคืนให้ผู้ว่าจ้าง ผู้รับจ้างต้องส่งต้นฉบับเขียนลงกระดาษเขียนแบบชนิดน้ำหนักไม่น้อยกว่า 90/95 กรัม/ม<sup>2</sup> พร้อมแบบพิมพ์อีกสาม (3) ชุด สำเนาบันทึกแบบทั้งหมดเป็น Autocad

และ PDF ลงแผ่นดิสก์ (DVD) จำนวนสาม (3) ชุด และคืนต้นฉบับแบบพิมพ์ที่ผู้ว่าจ้างรับรองให้แก่ผู้ว่าจ้างแล้ว จึงจะชำระเงินงวดสุดท้ายให้ตามเงื่อนไขการชำระเงินต่อไป ขนาดของแบบให้ใช้เหมือนกับที่กำหนดในข้อ 2.9.1

### 2.9.3 หนังสือคู่มือการใช้และการบำรุงรักษา

ก. ผู้รับจ้างต้องจัดรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ ประกอบด้วย วิธีใช้ วิธีและระยะเวลาของการบำรุงรักษา รายการอะไหล่ และอื่นๆ เป็นภาษาไทย และ/หรือ ภาษาอังกฤษสำหรับอุปกรณ์ทุกชิ้นที่ผู้รับจ้างนำมาใช้จำนวนสาม (3) ชุด มอบให้แก่ผู้ว่าจ้างก่อนที่จะส่งงานงวดสุดท้าย คู่มือทั้งหมดผู้รับจ้างต้องร่างเสนอผู้ว่าจ้างเพื่อขออนุมัติก่อนพิมพ์เป็นฉบับจริงในครั้งสุดท้าย บทความโฆษณาของผู้ผลิตหรือแคตตาล็อกไม่ถือว่าเป็นคู่มือการใช้และการบำรุงรักษา

หนังสือคู่มือการใช้และการบำรุงรักษาประกอบด้วยรายละเอียดแบ่งออกเป็น 6 ภาคอย่างน้อยดังต่อไปนี้

- บทที่ 1** ประกอบด้วย เอกสารแสดงรายละเอียดข้อมูลของอุปกรณ์ทั้งหมดที่ได้ยื่นเสนอ และได้รับการอนุมัติให้ใช้ในโครงการ (Submittal data)
- บทที่ 2** อธิบายรายละเอียดการทำงานของระบบทุกระบบ พร้อม Flow diagram และ Control diagram
- บทที่ 3** ประกอบด้วย Catalogue เครื่อง อุปกรณ์ แยกเป็นหมวดหมู่ พร้อมทั้งเอกสารแนะนำวิธีการติดตั้ง การใช้งาน การบำรุงรักษา แนบมาด้วย (Installation, Operation and maintenance manual) รวมทั้งรายชื่อบริษัทผู้แทนจำหน่ายเครื่องและอุปกรณ์
- บทที่ 4** ประกอบด้วยรายงานการทดสอบเครื่อง และระบบตามความเป็นจริง (Test report)
- บทที่ 5** ประกอบด้วย รายการเครื่อง อะไหล่ และข้อเสนอแนะ ชิ้นส่วนอะไหล่ที่ควรมีสำรองไว้ขณะใช้งาน (Recommend spare parts list)
- บทที่ 6** ประกอบด้วย รายการตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องอุปกรณ์แต่ละชิ้น เช่น รายเดือน ทุก 3 เดือน ทุก 6 เดือน และรายปี

ข. ผู้รับจ้างต้องจัดทำ flow diagram และ control diagram ของระบบปรับอากาศและระบายอากาศทั้งระบบ ขนาดตามผู้ว่าจ้างจะกำหนด ใส่ในกรอบกระจกหรือหุ้มอัดด้วยแผ่นพลาสติกใสติดตั้งไว้ที่ห้องควบคุม ผู้รับจ้างต้องจัดทำให้เสร็จสิ้นภายใน 1 เดือน หลังการตรวจรับมอบงาน

## 2.10 บ้ายชื่อ

ผู้รับจ้างต้องจัดทำป้ายชื่อติดที่ตู้แผงสวิทช์จ่ายไฟ อุปกรณ์ต่างๆ หลอดไฟสัญญาณ สวิทช์พิเศษต่างๆ เครื่องวัดและอื่นๆ เพื่อแสดงชื่อ ขนาดของอุปกรณ์ และการใช้งานโดยใช้ภาษาไทย และ/หรือ ภาษาอังกฤษ ตามข้อความที่ผู้ว่าจ้างจะกำหนดให้ บ้ายชื่อให้ทำด้วยแผ่นพลาสติก แกะสลักตัวอักษร ซึ่งเมื่อแกะแล้วจะเห็นตัวอักษรได้ชัดโดยไม่ต้องใช้สี หรือป้ายชนิดอื่นตามที่ผู้ว่าจ้างอนุมัติ บ้ายต้องยึดติดให้มั่นคงถาวร

## 2.11 การฝึกอบรม

ผู้รับจ้าง ต้องจัดหาช่างผู้ชำนาญงานมาช่วยเดินเครื่องระบบปรับอากาศชั่วคราวระยะเวลาหนึ่ง ตามที่ผู้ว่าจ้างจะกำหนดโดยไม่น้อยกว่าหกสิบ (60) วัน ในระหว่างนั้นผู้รับจ้างต้องฝึกอบรมพนักงานของผู้ว่าจ้างให้มีความรู้ความสามารถในการใช้งาน และการบำรุงรักษางานที่ผู้รับจ้างเป็นผู้ทำภายในระยะเวลาที่รับประกันตามสัญญาฉบับนี้ หากมีความจำเป็นที่ต้องจัดทำคู่มือเพิ่มเติมเพื่อให้ความรู้แก่พนักงานของผู้ว่าจ้างแล้ว ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบจัดทำโดยมิชักช้า

## 2.12 การเปลี่ยน เพิ่มและลดงาน

ก. ผู้ว่าจ้างมีสิทธิ์สั่งเปลี่ยน เพิ่ม และ/หรือ ลดงานและอุปกรณ์จากที่ระบุในข้อกำหนดและในแบบ การเปลี่ยนแปลงราคาจะถือตามราคาต่อหน่วยที่เสนอราคาไว้แล้ว หรือในกรณีที่ไม่มีราคาต่อหน่วยจึงจะคิดโดยวิธีต่อรองราคากับผู้รับจ้าง การเปลี่ยนเพิ่ม และ/หรือลดงาน จะทำได้ก็ต่อเมื่อได้รับอนุมัติจากผู้ว่าจ้างเป็นหนังสือแล้วเท่านั้น หากมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนระยะเวลาการทำงานให้ผู้รับจ้างแจ้งผู้ว่าจ้างเพื่อทำความเข้าใจกันต่อไป

ข. หากผู้รับจ้างมีความจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ใดที่ผิดแผกไปจากที่กำหนดในแบบ และรายการอื่นจะมีผลกระทบกระเทือนต่องานด้านปรับอากาศ สถาปัตยกรรม โครงสร้าง ไฟฟ้า หรือสุขาภิบาลแล้ว ผู้รับจ้างจะต้องทำการออกแบบและทำรายละเอียดใหม่ทั้งหมดยื่นเสนอต่อผู้ว่าจ้างเพื่อขอความเห็นชอบ ค่าใช้จ่ายในการนี้ทั้งหมดผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ออกแบบเองทั้งสิ้น

ค. หากการอนุมัติในข้อ ข. ของผู้ว่าจ้างทำให้เกิดความจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงปริมาณวัสดุ และแบบที่ใช้ในติดตั้งระบบปรับอากาศแล้ว ผู้รับจ้างจะต้องทำการจัดหา และแก้ไขงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมดให้สามารถใช้งานตามความประสงค์ของผู้ว่าจ้างได้เช่นเดิม และผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้เสียค่าใช้จ่ายในการนี้ทั้งหมด

## 2.13 ภาษาและหน่วยการวัด

ภาษาที่ใช้ในงานนี้ให้ใช้ภาษาไทย และ/หรือ ภาษาอังกฤษ และให้ใช้ระบบเมตริก และ/หรือ ระบบอังกฤษ สำหรับหน่วยการวัดต่างๆ



## 2.14 การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ

ผู้รับจ้างต้องจัดเตรียมช่างผู้ชำนาญงานไว้สำหรับการซ่อมแซม การตรวจ และบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ ระบบควบคุม ล้างฟิลเตอร์ เปลี่ยนชิ้นส่วนที่เสีย และ/หรือ เสื่อมคุณภาพเป็นประจำทุกเดือนภายในระยะเวลา 2 ปี รวม 24 ครั้ง การบำรุงรักษาทุกครั้ง ผู้รับจ้างต้องจัดทำรายงานผลการตรวจสอบอุปกรณ์ทุกชิ้นต่อผู้ว่าจ้าง ในกรณีที่ผู้ว่าจ้างมีความจำเป็นต้องใช้บริการฉุกเฉินนอกเวลาทำงานปกติ ผู้รับจ้างต้องรีบจัดทำให้โดยไม่ชักช้า

## 2.15 การรับประกัน

ก. ผู้รับจ้างต้องรับประกันเปลี่ยน และ/หรือ แก้ไขวัสดุ อุปกรณ์และแก้ไขงานตามข้อกำหนดนี้ ซึ่งในความเห็นของผู้ว่าจ้างจำเป็นต้องให้ผู้รับจ้างทำ เพื่อให้วัสดุอุปกรณ์และงานเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ว่าจ้าง กฎของการไฟฟ้าท้องถิ่น และกฎอื่นๆ ที่กำหนดไว้ให้ปฏิบัติตามรวมทั้งข้อผิดพลาด และสิ่งตกหล่นที่เกิดขึ้น เพราะผู้รับจ้างในการเสนอราคา ซึ่งผู้ว่าจ้างตรวจพบไม่ว่าก่อน และ/หรือ หลังการตรวจรับในระหว่างระยะเวลาการรับประกัน ผู้รับจ้างต้องเปลี่ยนแก้ไข และ/หรือ ติดตั้งเพิ่มเติมตามที่ผู้ว่าจ้างสั่งโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายฯ จากผู้ว่าจ้างทั้งสิ้น หากผู้รับจ้างไม่เริ่มดำเนินการตามที่ได้รับแจ้งภายในสิบห้า (15) วัน ผู้ว่าจ้างมีสิทธิจ้างผู้อื่นหรือดำเนินการเอง แล้วคิดเงินจากผู้รับจ้างสำหรับค่าใช้จ่ายทุกรายการ

ข. ผู้รับจ้างต้องรับประกันอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศทุกชิ้น ทำการแก้ไขงานที่ไม่ถูกต้อง เปลี่ยนวัสดุ และอุปกรณ์ที่เสียหรือเสื่อมคุณภาพรวมทั้งการบริการรายเดือน และในกรณีฉุกเฉินภายในระยะเวลาเจ็ดร้อยสามสิบ (730) วันนับแต่วันที่ผู้ว่าจ้างรับมอบงาน หรือนับแต่วันที่ผู้ว่าจ้างเริ่มใช้งานเป็นประจำโดยถือวันที่ถึงกำหนดก่อนเป็นเกณฑ์ หากผู้รับจ้างไม่เริ่มแก้ไข และดำเนินการให้เสร็จโดยเร็วแล้ว ผู้ว่าจ้างสงวนสิทธิ์ที่จะดำเนินการเอง แล้วคิดค่าใช้จ่ายจากผู้รับจ้างทั้งสิ้น

ค. ในระหว่างระยะเวลาการรับประกันผู้รับจ้างต้องมีหลักทรัพย์วงกว้างประกันไว้ตามจำนวนที่กำหนด โดยผู้ว่าจ้างมีสิทธินำมาใช้จ่ายได้ในกรณีที่ผู้รับจ้างไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไขการรับประกัน

## 2.16 นิยาม

ก. “ผู้ว่าจ้าง” หมายถึง เจ้าของงาน ผู้มีสัญญาโดยตรงกับผู้รับจ้าง และรวมถึงผู้แทนของผู้ว่าจ้าง ได้แก่ สถาปนิก วิศวกร ผู้ตรวจงาน ผู้คุมงาน และผู้อื่นที่ผู้ว่าจ้างแต่งตั้งขึ้นเป็นผู้แทนของผู้ว่าจ้าง

ข. “ผู้รับจ้าง” หมายถึง บริษัท ห้างฯ บุคคล ผู้ปฏิบัติงานตามสัญญา และรวมถึงพนักงานผู้แทนของผู้รับจ้าง ซึ่งได้รับการแต่งตั้งโดยผู้รับจ้างเพื่อปฏิบัติงานนี้

- ค. “งาน” หมายถึง วัสดุ อุปกรณ์ แรงงาน และการปฏิบัติงานตามสัญญา
- ง. “แบบ” หมายถึง แบบแปลนที่แนบท้ายสัญญา และรวมถึงแบบที่จัดทำเพิ่มเติมโดยผู้ว่าจ้าง และ/หรือ ผู้รับจ้าง เพื่อแสดงรายละเอียดเพิ่มเติมให้ชัดเจน เพื่อใช้ประกอบการปฏิบัติงาน
- จ. “มาตรฐาน” หมายถึง มาตรฐานต่างๆ ที่อ้างถึงให้หมายถึงมาตรฐานฉบับล่าสุดในวันที่ยกนามในสัญญา

## 2.17 มาตรฐานและกฎเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิง

ถ้าไม่ได้กำหนดให้เป็นอย่างอื่น อุปกรณ์ วัสดุ การประกอบและการติดตั้งต้องเป็นไปตามมาตรฐานและกฎเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิงข้างล่างนี้

ANSI	American National Standards Institute
AMCA	Air Moving and Control Association
ARI	Air Conditioning and Refrigeration Institute
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineer
ASME	American Society of Mechanical Engineer
ASTM	American Society of Testing and Materials
IEC	International Electrotechnical Commission
NEC	National Electric Code
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NFPA	National Fire Protection Association
SMACNA	Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association
UL	Underwriters' Laboratories
มอก.	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
วสท.	วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

### บทที่ 3 รายละเอียดอุปกรณ์

#### 3.1 เครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ (AIR HANDLING UNIT, AHU)

##### 3.1.1 ข้อกำหนดทั่วไป

เครื่องส่งลมเย็นเป็นแบบ horizontal or vertical draw through ดังแสดงในแบบ ขนาดทำความเย็นต้องไม่ต่ำกว่าที่ระบุ พร้อมแผ่นกรองอากาศ

เครื่องส่งลมเย็นทั้งหมดต้องมาจากผู้ผลิตรายเดียวกัน

ฉนวน กาว และสีทาทับ (Coating) ที่ใช้ต้องไม่ติดไฟและเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM E 84

##### 3.1.2 CASING

ก. ทำด้วย heavy gauge galvanized steel ส่วนประกอบที่เป็นโลหะทั้งหมดต้องผ่านกรรมวิธีการป้องกันสนิม (อาบสังกะสี) และทาทับด้วย back enamel

ข. บุฉนวนเรียบร้อยจากโรงงานภายในส่วนของ cooling coil และส่วนประกอบที่อยู่ใต้กระแสดลมของ cooling coil ด้วยฉนวนยาง elastomeric หนา 1 นิ้ว ความหนาแน่น 4-6 lb/ft<sup>3</sup> ติดให้เข้าที่ด้วยกาวชนิดกันน้ำหรือไม่ต่ำกว่ารายละเอียดใน Equipment Schedule ที่ระบุในแบบ

##### 3.1.3 พัดลม

พัดลมต้องเป็นไปตามมาตรฐาน AMCA Standard 210 และได้ AMCA Certificate ได้รับการถ่วงสมดุลทั้งขณะหมุนและหยุดนิ่ง สิ้นเปลืองพลังงานต่ำและเสียงเงียบ

เลือกจุดทำงาน (Design operating) ของพัดลมที่จุด stable ตามคำแนะนำของผู้ผลิต

Bearing เป็น ball bearing แบบปรับแนวศูนย์กลางได้เอง มีที่อัดจารบี อายุการใช้งานไม่น้อยกว่า 100,000 ชั่วโมง

Pulley ของมอเตอร์ต้องเป็นแบบปรับ pitch ได้จากโรงงานโดยตรง มี belt guard แบบที่บังส่วนประกอบที่หมุนได้ทั้งหมด

สายพานเป็น V-belt และ oil resistant การเลือกขนาดสายพานให้เลือกที่ 130% ของขนาดมอเตอร์

มอเตอร์เป็น TEFC 380V/3Ph/50Hz, 1,500 รอบต่อนาที, insulation class F, IP55

พัดลมและมอเตอร์ต้องติดตั้งบนฐานโลหะเดียวกันมี spring isolator รองรับ

##### 3.1.4 COOLING COIL

คอยล์ต้องมีพื้นที่ผิว จำนวนแถว และครีบบังเพียงพอที่จะปรับสภาวะอากาศให้ออกจากเครื่องได้ตามที่ระบุในแบบ

ความเร็วลมที่ผ่านคอยล์ต้องไม่เกิน 500 ฟุตต่อนาที  
ตัวคอยล์ทำด้วยท่อทองแดงชนิดหนา มีครีบอลูมิเนียมยึดติดแน่นกับท่อด้วยวิธีทางกล  
คอยล์ header มีข้อต่อแบบเกลียว สำหรับ air vent valve และ drain valve  
ให้เลือกคอยล์ที่ minimum pressure drop ทั้งทางด้านลมและน้ำ โดยความดันตกคร่อม  
ด้านน้ำมีค่าไม่เกิน 20 ฟุต และ/หรือ ต้องไม่เกินค่าที่ระบุในแบบ  
คอยล์เป็นแบบ cartridge สามารถถอดออกได้ทางด้านบนหรือด้านข้าง ขึ้นอยู่กับการวาง  
ตำแหน่งของเครื่อง

### 3.1.5 ภาคน้ำทิ้ง

มีภาคน้ำทิ้งรองใต้คอยล์ทั้งหมดรวมถึงส่วนของท่อน้ำเย็น วาล์วและอุปกรณ์ประกอบ  
ท่อน้ำทิ้งต้องมี trap seal ลึกไม่ต่ำกว่า 2 นิ้ว  
ภาคน้ำทิ้งทำด้วย galvanized steel บุด้วยฉนวน close cell self-distinguishing foam ที่  
กันน้ำได้

### 3.1.6 การติดตั้ง

ติดตั้งเครื่องส่งลมเย็นบน spring isolator ตามคำแนะนำของผู้ผลิต  
ท่อลมทั้งหมดที่ต่อเข้าเครื่องส่งลมเย็นต้องติดตั้ง fabric flexible connector แบบ  
fireproof ความกว้างไม่น้อยกว่า 6 นิ้ว  
ต่อท่อน้ำทิ้งจากภาคน้ำทิ้งไปที่เมนท่อน้ำทิ้งที่ใกล้ที่สุดที่อนุญาตให้ใช้ เดินท่อด้วย Slope  
มากที่สุดเท่าที่ทำได้  
ตรวจสอบว่าได้ติดตั้งส่วนประกอบทั้งหมดเรียบร้อยแล้วก่อนเดินเครื่อง

## 3.2 เครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็ก (FANCOIL UNIT, FCU)

### 3.2.1 ข้อกำหนดทั่วไป

เครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็กมีขนาดทำความเย็นต้องไม่ต่ำกว่าที่ระบุในแบบ พร้อมแผ่นกรอง  
อากาศและ return air plenum  
เครื่องส่งลมเย็นทั้งหมดต้องมาจากผู้ผลิตรายเดียวกัน และเป็นรายเดียวกับผู้ผลิตเครื่องทำ  
น้ำเย็น  
ฉนวน กาวและสีทาทับ (Coating) ที่ใช้ต้องไม่ติดไฟและเป็นไปตาม ASTM E 84

### 3.2.2 CASING

ทำด้วย galvanized steel ส่วนประกอบที่เป็นโลหะทั้งหมดต้องผ่านกรรมวิธีการป้องกันสนิม (อาบสังกะสี) และทาทับด้วย back enamel

บุฉนวนเรียบร้อยจากโรงงานภายในส่วนของ Cooling coil และส่วนประกอบที่อยู่ใต้กระแสดลมของ cooling coil ด้วยฉนวนยาง elastomeric หนา ½ นิ้ว ความหนาแน่น 4-6 lb/ft<sup>3</sup> ติดให้เข้าที่ด้วยกาวชนิดกั้นน้ำ

Supply and return air plenum ทำด้วย galvanized steel gauge 18 บุด้วยฉนวนชนิดเดียวกับฉนวนหุ้มท่อหน้า ความหนา 1/2 นิ้ว

### 3.2.3 พัดลม

ก. เป็นแบบ centrifugal forward curved blade ได้รับการถ่วงสมดุลทั้งขณะหมุนและขณะหยุดนิ่ง

ข. มอเตอร์เป็นแบบ 3 speed, permanent split capacitor, built-in thermal overload protection

### 3.2.4 COOLING COIL

ขนาดทำความเย็นเป็นไปตาม ARI Standard 441

ตัวคอยล์ทำด้วยท่อทองแดงชนิดหนา มีครีบอลูมิเนียมยึดติดแน่นกับท่อด้วยวิธีกล

คอยล์ต้องผ่านการทดสอบรั่วด้วยอากาศที่ความดันไม่ต่ำกว่า 350 PSIG และสามารถใช้งานได้ที่ความดันถึง 250 PSIG

คอยล์ต้องมี Manual Air Vent

ให้เลือกคอยล์ที่ minimum pressure drop ทั้งทางด้านลมและน้ำ โดยความดันตกคร่อมด้านน้ำมีค่าไม่เกิน 15 ฟุต และ/หรือ ต้องไม่เกินค่าที่ระบุในแบบ

### 3.2.5 ถาดน้ำทิ้ง

ก. มีถาดน้ำทิ้งรองใต้คอยล์ทั้งหมดรวมถึงส่วนของท่อน้ำเย็น วาล์ว และอุปกรณ์ประกอบ

ข. ท่อน้ำทิ้งต้องมี trap seal ลึกไม่ต่ำกว่า 2 นิ้ว ถาดน้ำทิ้งทำด้วย galvanized steel บุด้วยฉนวน close cell self-distinguishing foam ที่กั้นน้ำได้

### 3.2.6 การติดตั้ง

ติดตั้งตามแบบและตามคำแนะนำของผู้ผลิต

### 3.3 พัฒนาระบายอากาศ

#### 3.3.1 ข้อกำหนดทั่วไป

พัดลมแบบ propeller, axial, centrifugal หรือแบบอื่นๆ ตามที่แสดงไว้ จะต้องประกอบสมบรูณ์ด้วยมอเตอร์ ชูคัปเคิลีอนและตัวแยกการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งที่ต้องการ

พัดลมจะต้องมีพิกัดปริมาณใกล้เคียงที่สุดกับค่าที่แสดงไว้ เมื่อมี Static Pressure ตามที่กำหนดและเป็นแบบ non-overload

พัดลมจะต้องได้รับปรับสมดุลให้ถูกต้องทั้งแบบสถิตและพลวัต การทำงานต้องไม่ส่งเสียงดัง และสั่นสะเทือนรบกวนบริเวณข้างเคียง เสียงดังและการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นต้องได้รับการแก้ไขจนเป็นที่ยอมรับของวิศวกรผู้ควบคุมงาน โดยอยู่ในความรับผิดชอบของผู้รับจ้าง

ระดับเสียงต้องไม่เกินค่าที่ระบุในข้อ 1.1.2 และ/หรือ โดยทั่วไปความดังของเสียง (Sound Pressure Level) จะต้องไม่เกิน 70 dBA (Re 10-12 Watts) ที่ Octave Band 2-8 วัดที่ระยะห่างจากพัดลม 3 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของพัดลมนั้น และสำหรับพัดลมที่ติดตั้งในลักษณะ Freeblow จะต้องไม่เกิน 60 dBA (Re 10-12 Watts) ที่ Octave Band 2-8 ถ้าหากเสียงดังเกินกว่านี้ จะต้องติดตั้งอุปกรณ์เก็บเสียงที่เหมาะสม เพื่อลดระดับเสียงให้อยู่ในระดับที่เทียบเท่ากันนี้

โครงสร้างของพัดลมและคุณลักษณะการทำงานจะต้องถูกต้องตามมาตรฐาน และรับรองโดย AMCA

พัดลมนอกอาคารให้ติดตั้งอยู่ใน cabinet มีช่องสำหรับดูแลรักษามอเตอร์ และสายพาน Gravity Shutter ต้องเป็นแบบที่ทนทานต่อการใช้งานภายนอกอาคารได้เป็นอย่างดี (Weather Proof) ใบบิด-เปิด ทำด้วยอะลูมิเนียมหรือเหล็กอบสังกะสีหลายใบบเรียงซ้อนกัน ประกอบอยู่ในโครงเหล็กแข็งแรง ผ่านกรรมวิธีป้องกันสนิมและพ่นสีภายนอกตามมาตรฐานผู้ผลิต ใบบิดในส่วนของใบบิดซ้อนกันต้องแนบสนิท สามารถป้องกันลมและฝนภายนอกไม่ให้ผ่านเข้าในอาคารได้

ถ้าไม่ได้ระบุเป็นอย่างอื่น มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนพัดลมผ่านชุดสายพานขับเคลื่อนเป็นแบบ TEFC, Squirrel Cage, Induction Motor ใช้กับระบบไฟฟ้า 380 โวลท์ 3 เฟส 50 เฮิร์ต มาตรฐาน IEC, Synchronous Speed 1450 RPM, Insulation Class F, Rotor Torque Class 1.3 สำหรับมอเตอร์ขนาดเล็กกว่า 0.5 Kw (3/4 Hp) และ Rotor Torque Class 1.6 สำหรับมอเตอร์ที่โตกว่า และเท่ากับ 0.5 Kw (3/4 Hp), Class of Protection ไม่ต่ำกว่า IP55, Mounting Arrangement จะต้องเหมาะสมกับลักษณะการติดตั้งพัดลม

### 3.3.2 พัดลมระบายอากาศแบบ CENTRIFUGAL

ตัวถัง (Casing) ทำด้วยแผ่นเหล็กหรือแผ่นเหล็กอาบสังกะสี ความหนาให้เป็นไปตามมาตรฐานของผู้ผลิต Fan Scroll และ Side Plate ยึดต่อกันแบบ Lock Seam หรือ Weld Seam อย่างต่อเนื่องตลอดแนวตะเข็บ ผ่านกรรมวิธีป้องกันสนิมและพ่นสีภายนอกตามมาตรฐานโรงงานผู้ผลิต

ใบพัด (Fan Wheel) เป็นแบบ Multi-Blades, Backward หรือ Forward Curve ทำด้วยเหล็กหรือเหล็กอาบสังกะสีผ่านกรรมวิธีป้องกันสนิมตามมาตรฐานโรงงานผู้ผลิต ชุดใบพัดมีการเสริมความแข็งแรงไม่บิดเสียรูปเนื่องจากการเร่งความเร็ว (Acceleration) และแรงดันอากาศ ใบพัดต้องได้รับการปรับสมดุลทั้งในขณะหยุดนิ่งและขณะหมุน (Statically and Dynamically Balanced) ตามมาตรฐานโดยมีใบรับรองการทดสอบจากโรงงานผู้ผลิตแสดง

เพลापัดลมทำด้วยเหล็กกล้า สามารถทนต่อการใช้งานได้ดีที่ความเร็วรอบต่าง ๆ จนถึง 2 เท่าของความเร็วรอบสูงสุดที่เลือกใช้งาน

ตลับลูกปืน (Bearing) เป็นชนิด Ball Bearing หรือ Roller Bearing แบบ Self Alignment Taper Lock Type มีอายุการใช้งาน  $L_{10}$  ไม่น้อยกว่า 35,000 ชั่วโมง และอายุการใช้งาน  $L_{50}$  (Average Bearing Life) ไม่น้อยกว่า 200,000 ชั่วโมง การอัดจาระบีสามารถทำได้โดยง่าย ตลับลูกปืนที่อยู่ภายในตัวพัดลมหรือมีท่อลมปิดมิดชิด ต้องต่อท่ออัดจาระบี (Grease Fitting) ออกมายังจุดที่สามารถเข้าถึงได้สะดวก ตำแหน่งตลับลูกปืนของพัดลมที่ใช้คูดควันหรือไอน้ำจาก ห้องครัว จะต้องอยู่ด้านตรงข้ามปากทางดูดอากาศเข้า (Overhung Type)

ความเร็วลมที่ออกจากปากพัดลม (Fan Outlet) ต้องไม่เกิน 10 เมตรต่อวินาที (2,000 ฟุตต่อนาที)

พัดลมทุกเครื่องให้เลือกความเร็วรอบของพัดลมที่เหมาะสม โดยยึดถือเรื่องเสียงเป็นหลัก แต่ควรมีความเร็วรอบไม่เกิน 900 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการทำงานของพัดลมไม่ควรต่ำกว่า 60% หรือตามที่วิศวกรพิจารณาเทียบเท่า

ตัวถังพัดลมต้องมีระบายน้ำที่อาจซังอยู่ภายในและมีปลั๊กอุดไว้

ถ้าไม่ได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่นพัดลมจะถูกขับโดยผ่านชุดสายพานและมอเตอร์ชนิดร่องตัววี มีฝาครอบสายพาน (Belt Guard) ชนิดที่สามารถวัดความเร็วรอบพัดลมได้โดยไม่ต้องถอดออกมอเตอร์และฝาครอบสายพานจะต้องติดตั้งอยู่บนโครงยึดขึ้นเดียวกับฐานพัดลม

พัดลมขนาดเล็กที่สามารถส่งลมได้ไม่เกิน 800 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ให้เลือกชุดขับเคลื่อนพัดลมเป็นแบบ Direct-Drive

ที่ตัวถังพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 300 มิลลิเมตร (12 นิ้ว) ขึ้นไป ต้องมี Access Door ไว้สำหรับเปิดออกตรวจสอบ และทำความสะอาดภายในพัดลมได้โดยไม่ต้องถอดท่อลม

พัดลมทุกชุดที่ต่อท่อลมต้องต่อด้วยหน้าแปลน (Flange) พร้อมทั้งติดตั้ง Flexible Duct Connection ไว้ในตำแหน่งใกล้พัดลมมากที่สุด

ปากพัดลม (Inlet และ Outlet) ที่ไม่ต่อกับท่อลมต้องใส่ตะแกรงเหล็ก (Screen) ชนิดไม่เป็นสนิม ขนาดช่องของตะแกรงประมาณ 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว)

Performance Curve ที่ส่งอนุมัติจะต้องเป็น Curve ที่ได้รับการรับรองจาก AMCA ทั้ง Air Performance และ Sound Performance

พัดลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 700 มิลลิเมตร ใช้ความเร็วรอบไม่เกิน 1,500 รอบต่อนาที

พัดลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเกิน 700 มิลลิเมตร ใช้ความเร็วรอบไม่เกิน 1,000 รอบต่อนาที

### 3.3.3 พัดลมระบายอากาศแบบ AXIAL FLOW DIRECT DRIVE

ตัวถัง (Casing) ทำด้วยแผ่นเหล็กหรือแผ่นเหล็กอาบสังกะสี ผ่านกรรมวิธีป้องกันสนิมและพ่นสีภายนอกตามมาตรฐานโรงงานผู้ผลิต

ใบพัดทำด้วยเหล็กหรือพลาสติกทนความร้อนหรือ Aluminium ได้รับการปรับสมดุลทั้งทาง Static และ Dynamic ตามมาตรฐาน AMCA 204/3-G 2.5 (ค่าความสั่นสะเทือนไม่ควรเกิน 2.5 mm/s) โดยมีใบรับรองการทดสอบจากโรงงานผู้ผลิตแสดง

การขับเคลื่อนใบพัดเป็นแบบ Direct-Drive มอเตอร์มี 4, 6 หรือ 8 Pole ตามรุ่นมาตรฐาน (Standard Model) ของผู้ผลิต

ในกรณีที่กำหนดให้พัดลมเป็นแบบ Adjustable Pitch ชุดใบพัดจะต้องสามารถปรับมุมของใบพัดได้ทุกใบ และมี Scale กำหนดมุมของใบพัด การเลือกขนาดพัดลมให้เลือกพัดลมที่จุด Operate อยู่กลางช่วงมุม Pitch ของพัดลมนั้น

พัดลมทุกชุดที่ต่อกับท่อลมต้องติดตั้ง Flexible Duct Connection ไว้ในตำแหน่งใกล้พัดลมมากที่สุด

Performance Curve ที่ส่งอนุมัติจะต้องเป็น Curve ที่ได้รับการรับรองจาก AMCA ทั้ง Air Performance และ Sound Performance

### 3.3.4 พัดลมระบายอากาศแบบ AXIAL FLOW BELT DRIVE

ตัวถัง (Casing) ทำด้วยเหล็กหรือเหล็กอาบสังกะสี ผ่านกรรมวิธีป้องกันสนิมและพ่นสีภายนอกตามมาตรฐานโรงงานผู้ผลิต



ใบพัดทำด้วยเหล็กหรือพลาสติกทนความร้อนหรือ Aluminium ได้รับการปรับสมดุลทั้งทาง Static และ Dynamic ตามมาตรฐาน AMCA 204/3-G 2.5 (ค่าความสั่นสะเทือนไม่ควรเกิน 2.5 mm/s) โดยมีใบรับรองการทดสอบจากโรงงานผู้ผลิตแสดง

พัดลมหลังจากประกอบเรียบร้อยแล้ว จะต้องได้รับการปรับสมดุลขณะหมุน (Dynamically Trim Balanced) จากโรงงานผู้ผลิต ตามมาตรฐาน AMCA 204/3-G 2.5 (ค่าความสั่นสะเทือนไม่ควรเกิน 2.5 mm/s) โดยมีใบรับรองการทดสอบจากโรงงานผู้ผลิตแสดง

การขับเคลื่อนใบพัดเป็นแบบ Belt Drive ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์แบบ TEFC Squirrel Cage Induction Motor Class Of Protection ไม่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ IP55 Insulation Class F ใช้กับระบบไฟฟ้า 380 โวลท์ 3 เฟส 50 เฮิรท์

พัดลมทุกชุดที่ต่อกับท่อลมต้องติดตั้ง Flexible Duct Connection ไว้ในตำแหน่งใกล้พัดลมมากที่สุด

พัดลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 700 มิลลิเมตร ใช้ความเร็วรอบไม่เกิน 1,500 รอบต่อนาที

พัดลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเกิน 700 มิลลิเมตร ใช้ความเร็วรอบไม่เกิน 1,000 รอบต่อนาที

### 3.3.5 พัดลมระบายอากาศแบบฝังเพดาน (CEILING MOUNTED TYPE)

ใบพัดเป็นแบบ Centrifugal พร้อมทั้งมี Outlet Gravity Damper

พัดลมต้องเป็นชนิดที่ออกแบบมาสำหรับติดตั้งที่ฝ้าเพดานโดยเฉพาะ และสามารถถอดออกซ่อมได้โดยไม่ต้องเปิดช่องบริการ

มีสมรรถนะใกล้เคียงที่สุดกับที่กำหนดไว้ในแบบ ทั้งปริมาณลม และ Static Pressure รวมทั้งต้องมีระดับเสียงอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับบริเวณที่ใช้งานด้วย

การเปิดปิดพัดลม ต้องเป็นแบบสวิทช์

### 3.3.6 พัดลมแบบ (CENTRIFUGAL CABINET)

ก. ตัวถัง (Cabinet) ทำด้วยเหล็กหรือเหล็กกล้าอาบสังกะสี ความหนาและกรรมวิธีป้องกันสนิมตามมาตรฐานโรงงานผู้ผลิต

ข. ใบพัด (Fan Wheel) เป็น Multi-Blades Forward Curve หรือ Backward Curve ตามที่ระบุในแบบ ทำด้วยเหล็กหรือเหล็กอาบสังกะสีผ่านกรรมวิธีป้องกันสนิมตามมาตรฐานโรงงานผู้ผลิต ชุดใบพัดมีการเสริมความแข็งแรงไม่บิดเสียรูป เนื่องจากเร่งความเร็ว (Acceleration) และแรงดันอากาศ ใบพัดต้องได้รับการปรับสมดุลทั้งในขณะหยุดนิ่งและขณะหมุน (Statically And Dynamically Balance) โดยมีใบรับรองการทดสอบจากโรงงานผู้ผลิตแสดง

### ค. การขับเคลื่อนใบพัด

- การขับเคลื่อนเป็นแบบ Direct Drive มอเตอร์เป็นแบบ Induction Motor ใช้กับระบบไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส 50 เฮิรท์ หรือ 380 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิรท์ ตามมาตรฐาน (Standard Model) ของผู้ผลิต
- การขับเคลื่อนเป็นแบบ Belt Drive ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์แบบ TEFC Squirrel Cage Induction Motor Class Of Protection ไม่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ IP55 Insulation Class F ตามลักษณะการใช้งาน ใช้กับระบบไฟฟ้า 380 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิรท์

## 3.4 VIBRATION ISOLATOR

### 3.4.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ในส่วนของอุปกรณ์เครื่องจักร, อุปกรณ์ท่อ และท่อลมที่ได้ระบุไว้ในตารางอุปกรณ์หรือในแบบข้อกำหนด ต้องทำการยึดหรือแขวนอุปกรณ์ป้องกันการสั่นสะเทือน (Vibration Isolator) เพื่อป้องกันการส่งผ่านของแรงสั่นสะเทือนและเสียงไปยังโครงสร้างของอาคาร อุปกรณ์ป้องกันการสั่นสะเทือนต้องถูกเลือกให้ถูกประเภทการใช้งาน, เหมาะสมกับการรับแรงของน้ำหนักเครื่องจักรหรือท่อ และมีค่า ยุบตัวของสปริง (Static Deflection) ที่เหมาะสม โดยยึดจากชนิดของเครื่องจักรกลและระยะความกว้างของพื้นที่ติดตั้งจากเสาถึงเสา (Floor span)

### 3.4.2 การขออนุมัติ

ผู้ผลิตอุปกรณ์ลดการสั่นสะเทือน (Vibration Isolator) ต้องทำการส่งรายละเอียดของสารเพื่อขออนุมัติดังนี้

ก. ตารางรายละเอียดคำนวณการเลือกใช้ Vibration Isolator โดยระบุค่าของการรับน้ำหนักและค่า Static Deflection ที่ถูกต้องเหมาะสมโดยต้องมีค่ามากกว่า Static Deflection ของพื้นที่

ข. รายละเอียดของอุปกรณ์ป้องกันการสั่นสะเทือนตาม Catalog ที่สอดคล้องกับการคำนวณ และการเลือกใช้รวมทั้งเป็นไปตามข้อกำหนดในส่วนที่ 1.2 ไม่ควรใช้เป็นเอกสารชี้แจงจากทางผู้ผลิตในการขออนุมัติ

ค. เอกสารประกอบของผู้จัดจำหน่ายและผู้ผลิตที่ยืนยันถึงควมมีประสพการณ์และความพร้อมของอุปกรณ์ ในการวัด และการแก้ไขปัญหาเรื่องเสียงและการสั่นสะเทือน

### 3.5 ข้อกำหนดของอุปกรณ์ป้องกันการสั่นสะเทือน

#### 3.5.1 ลูกยางป้องกันการสั่นสะเทือน (Rubber Isolator)

ลูกยางกันการสั่นสะเทือนเป็นประเภท (Double Deflection) ทำจากยางสังเคราะห์ Neoprene มีค่า Static Deflection 0.35- 0.5 นิ้ว (9-13 มม.) มีรูสำหรับยึดกับเครื่องจักรทางด้านบนและยึดกับพื้นที่ฐานของลูกยาง ด้านบนและฐานของตัวลูกยางออกแบบให้เป็น Friction pad เพื่อใช้ในกรณีที่ไม่สามารถทำการยึดติดตั้งด้วยสกรูและน็อตได้

#### 3.5.2 สปริงตั้งพื้น (Spring Isolator) – สำหรับรอง AHU, FAN

สปริงตั้งพื้นประกอบไปด้วยสปริง, ฝา และ ฐานสปริง ตัวสปริงต้องมีอัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบกับความสูงของสปริงที่ยุบตัวที่ระยะใช้งานไม่น้อยกว่า 0.8 เพื่อความมีเสถียรภาพและมีระยะยุบตัวได้มากกว่าค่า Static Deflection ของตัวสปริงเอง อีกไม่น้อยกว่า 50% เพื่อเป็นค่า Safety Factor ฝาบริงทำด้วยเหล็กพร้อมน็อตปรับระดับ ตัวฐานสปริงหล่อติดกับยาง Neoprene Acoustics Friction Pad หนาอย่างน้อย ¼ นิ้ว (6 มม.) เพื่อป้องกันเสียงที่ความถี่สูง การขออนุมัติต้องส่งเอกสาร (Catalog) แสดงรายละเอียดของตัวสปริงที่บอกถึงรายละเอียดของน้ำหนักที่รับ ระยะยุบตัวใช้งาน (Compressed Spring Height) ระยะยุบตัวมากที่สุด (Solid Spring Height), เส้นผ่าศูนย์กลางสปริง และค่า Static Deflection ที่ถูกต้องเหมาะสม

#### 3.5.3 ข้อต่ออ่อน (Flexible Connection)

Flexible connector ต้องเป็นชนิด 2 ลอน ทำจากยางสังเคราะห์ EPDM มาตรฐาน Dupont โครงสร้างทำด้วยผ้าใบหลายชั้น (Multi – Layered Nylon Tire Cord Reinforcement) สำหรับเนื้อยางชั้นในต้องเป็นร่องสันนูน (Raise Ribs) เพื่อให้การไหลของของเหลวเป็นไปอย่างเรียบและสม่ำเสมอ (Smooth out flow) มีแหวนรัดตรงกลางระหว่างลอน หล่อติดกับตัวยาง (Molded-in ductile iron Reinforcing Ring) เพื่อป้องกันการเกิด Vacuum และรักษารูปร่างของข้อต่ออ่อน สามารถรับแรงดันได้งานได้ 250 Psi ที่อุณหภูมิ 170 องศาฟาเรนไฮต์ ทนแรงดันระเบิด (Burst Pressure) ได้ 1000 Psi.

ขนาด ¾ นิ้ว ถึง 1 ½ นิ้ว ใช้เป็นแบบเกลียวที่มีลักษณะเป็น Screw on Flange เพื่อป้องกันการหลุดตัวของข้อต่อเกลียวจากตัวข้อต่ออ่อนขนาด 2 นิ้วและใหญ่กว่า ใช้เป็นแบบหน้าแปลนที่เป็น Floating Flanges ทำด้วย Ductile Iron ตามมาตรฐาน ANSI 150 เพื่อการใช้งานที่ได้ประสิทธิภาพในการให้ตัวและการป้องกันเสียงและแรงสั่นสะเทือน ข้อต่ออ่อนควรมีคุณสมบัติที่ไม่จำเป็นต้องใช้ Control Rod ในกรณีที่แรงดันงานไม่เกิน 175 psi. ผู้ผลิตต้องมีผลการทดสอบคุณสมบัติของการลดเสียงและแรงสั่นสะเทือนของข้อต่ออ่อนจากสถาบันที่ทำการทดสอบที่เป็นที่ยอมรับ

### 3.6 อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสสลับ (AC Variable Speed Drive)

#### 3.6.1 ความต้องการโดยทั่วไป

ผู้รับจ้างเป็นผู้จัดหา และติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบตามขนาดมอเตอร์ของอุปกรณ์ที่ควบคุม และจำนวนที่กำหนดในแบบประกอบสัญญา รวมทั้งอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ตามที่ระบุในรายละเอียด และที่จำเป็นสำหรับการใช้งานอย่างสมบูรณ์

อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบจะต้องเป็นรุ่นมาตรฐาน (Standard Model) ต้องประกอบเป็นชุดสำเร็จมาจากโรงงานต่างประเทศ โดยผ่านการทดสอบมาตรฐานสากลมาแล้ว ผู้ผลิตจะต้องมีตัวแทนจำหน่ายถาวรภายในประเทศ และมีอะไหล่ของอุปกรณ์พร้อมสำหรับการเปลี่ยนทดแทนได้ทันที

ผู้รับจ้างจะต้องติดตั้ง Harmonic Filter ประกอบกับอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เพื่อที่จะป้องกัน และ/หรือ ลดคลื่น Harmonic Filter โดยจะต้องวัดทดสอบและคำนวณขนาดของ Harmonic Filter ที่ติดตั้งลงไปทุกจุดที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบเมื่ออุปกรณ์ทั้งหมดในอาคารทำงานเต็มที่แล้ว ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาอุปกรณ์วัดคลื่น Harmonic ในระบบไฟฟ้าของอาคารเพื่อตรวจสอบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องแก้ไขหรือยอมรับได้

VSD มี enclosure IP54 เป็นอลูมิเนียม, VSD จะต้องมีระบบประหยัดพลังงานอัตโนมัติ (Automatic Energy Optimization –AEO) และมี Flying Start ป้องกันการสตาร์ทมอเตอร์ขณะที่มอเตอร์กำลังหมุน

#### 3.6.2 คุณสมบัติของอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสสลับ

อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบจะต้องใช้กับระบบไฟฟ้า 380 โวลท์ 3 เฟส 4 สาย 50 เฮิร์ต และจะต้องมีคุณสมบัติตามนี้

- ก. Solid State AC Control Pulse Width Modulation
- ข. Supply Voltage : 380/415 V + 10% -15%
- ค. Supply Frequency : 50/60 Hz
- ง. True Power Factor : 0.9 ป้องกัน Irms ทางด้าน input
- จ. Output Voltage : O-Input Voltage
- ฉ. Frequency Range : O-120 Hz
- ช. Frequency Accuracy :  $\pm 1\%$
- ซ. VSD สามารถทนกระแสได้ 110% ของ Rate current 60 s
- ณ. 1 Rotational Direction
- ญ. Ground Fault Protection

- ฎ. Acceleration / Deceleration Time 0.3-100 SEC.
- ฏ. Display : Digital
- ฐ. Protection
  - Over Current
  - Over Voltage
  - Under Voltage
  - Over Temperature
  - Stall Protection
  - Internal Equipment Failure Codes
- ฑ. Operating Temperature : 0-40 °C
- ฒ. Storage Temperature : -25 °C to + 70 °C
- ณ. Humidity 90 % RH
- ด. Automatic Start Boost
- ต. Remote, Fail Signal and Auto Reset
- ถ. Voltage/Frequency Ratio Adjustment
- ท. Preset Speed
- ธ. Control Signal 4-20 mA.
- น. Vibrations and Shocks : Tested According to IEC  
Recommendation 68/2/6/FC
- บ. Degree of Protection : IP 20

### 3.7 HEAT PIPE

3.7.1 ในกรณีที่มีความต้องการพิเศษเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการดึงความร้อนแฝงของคอยล์เย็นและความต้องการอากาศภายในระบบท่อส่งลมที่เย็นและแห้งผู้รับจ้างจะต้องติดตั้ง Heat Pipes ประกอบกับแผงคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ (Heat Pipe Run Around Coil) โดย Heat Pipes จะทำหน้าที่เป็นทั้งชุด Precool และ ชุด Reheat เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดึงความร้อนออกจาก อากาศของคอยล์เย็น

3.7.2 ผู้รับจ้างต้องส่งค่า Performance แสดงอัตราการทำ Precooled และ Reheat ของ Heat Pipe ที่ สภาวะต่างๆ ดังนี้

1. Design condition : 34.3 °Cdb/28.8 °Cwb
2. 30.0°Cdb/75%rh, 85%rh,95%rh

3. 25.0°Cdb/75%rh, 85%rh,95%rh
4. 20.0°Cdb/75%rh, 85%rh,95%rh
5. 17.5°Cdb/75%rh, 85%rh,95%rh

ทั้งนี้ จะต้องสามารถทำ Performance ที่สภาวะออกแบบให้ได้ตามที่ระบุในแบบตาราง อุปกรณ์โดยผู้รับจ้างต้องนำค่า Performance ที่สภาวะต่าง ช่างต้นมาแสดงในรูปกราฟด้วย และค่าที่แสดงนี้ จะนำไปใช้ในการตรวจสอบในขั้นตอนการตรวจรับงาน หากผู้รับจ้างเห็นว่าสภาวะที่ให้ไว้ช่างต้นไม่เพียงพอ ผู้รับจ้างสามารถเสนอสภาวะอื่นๆ นอกเหนือจากที่ระบุได้ แต่ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุดังกล่าว และผู้ออกแบบอาจร้องขอให้ผู้รับจ้างแสดงค่า Performance ที่สภาวะอื่นๆอีก ในขั้นตอนการอนุมัติ อุปกรณ์และขั้นตอนการตรวจรับงานกรณีที่วัดค่า Performance ที่หน้างานแล้วไม่ได้ตามที่ระบุ (ยอมให้มีค่าผิดพลาดไม่เกิน +/- 5%) ไม่ว่าจะเนื่องด้วยเหตุผลใดๆ ก็ตาม ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบในการแก้ไขให้ถูกต้องภายในระยะเวลา 14 วัน หากเลยระยะเวลา 14 วันแล้วยังแก้ไขไม่ได้ ผู้รับจ้างต้องเปลี่ยนตัวใหม่ให้กับผู้รับจ้างทันทีพร้อมด้วย อธิบายสาเหตุและวิธีการแก้ไขเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาดังกล่าวอีก และผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมด และจะนำเอาระยะเวลาที่ล่าช้านี้เป็นข้อต่อรองในการขอขยายระยะเวลาในการทำงานไม่ได้

3.7.3 Heat Pipes จะต้องเป็นอุปกรณ์แบบ Passive ไม่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า และมีค่า Performance Rating ตามมาตรฐาน ARI หรือ มาตรฐานสากลอื่นๆ ที่เทียบเท่า

3.7.4 Heat Pipes จะต้องจัดทำเป็นรูปแบบ U-Framed โดยประกอบด้วยส่วน Precool Heat Pipe และ ส่วน Reheat Heat Pipe ประกอบอยู่ในโครงสร้างเดียวกัน U-Framed Heat Pipe จะติดตั้งโดย คอลล์เย็นจะอยู่ระหว่างขาของตัว U ทั้งสอง โดย Precool Heat Pipe จะอยู่ด้านหน้า คอลล์เย็น และ Reheat Heat Pipe จะอยู่ด้านหลังคอลล์เย็น การติดตั้ง Heat Pipes จะต้องไม่ทำให้เกิดการรั่วไหล ของอากาศ ไม่ว่าทั้งในส่วนของ Heat Pipes, คอลล์เย็น และ ผนังของ เครื่องปรับอากาศ โดย U- Framed Heat Pipe จะต้องถูกติดตั้งอยู่ภายในเครื่องปรับอากาศอย่าง เรียบร้อย

3.7.5 Heat Pipe จะต้องสามารถดึงออกจากเครื่องปรับอากาศได้โดยง่าย เพื่อทำความสะอาด ในการบำรุงรักษา

3.7.6 Heat Pipes จะต้องทำมาจากท่ออลูมิเนียม หรือท่อทองแดง โดยจะต้องเป็นชนิดไม่มี ตะเข็บ และผิว ด้านในของท่อทองแดงจะต้องมีโครงสร้างแบบ Microgrooved โดยแผ่นครีบอลูมิเนียมยึดติดกับท่อทองแดงโดยวิธี Mechanical Bonded

3.7.7 ผิวของครีบอลูมิเนียมจะต้องเป็นแบบ Continuous Plate Type ที่ได้รับการออกแบบมา ให้มี ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูง เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานของ Heat Pipes และ จำนวน แผ่นครีบอลูมิเนียมจะต้องไม่มากกว่า 14 ครีบต่อความยาวหนึ่งนิ้ว

3.7.8 ท่ออลูมิเนียมหรือท่อทองแดงจะต้องได้รับการออกแบบมาเพื่อการใช้งานทางด้าน การถ่ายเทความร้อนโดยเฉพาะ ท่อจะยึดติดแน่นกับครีบบนอย่างถาวร และจะต้องรองรับการ ทำงานได้ตลอดช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในงานนั้นๆ

3.7.9 การเชื่อมระหว่างทองแดงกับทองแดงจะต้องทำโดยการใช้ลวดเชื่อมที่เหมาะสมประเภท Silver Brazing Alloy

3.7.10 Heat Pipe ทุกๆวงจรจะต้องถูก Vacuum, Charged, Sealed และทดสอบ ที่ลวดวงจร

3.7.11 วงจรสารทำความเย็นของ Heat Pipes จะต้องถูกจัดวางให้ทิศทางการไหลของสารทำความเย็นสวน ทางกับทิศทางการไหลของอากาศ (Counter-Flow)

3.7.12 ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของ Heat Pipes, สภาวะอากาศด้านเข้าและด้าน ออกจาก Heat Pipes ทั้งอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก จะต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ใน ตาราง อุปกรณ์

3.7.13 ผู้รับจ้างจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ Heat Pipes ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของผู้ออกแบบ โดย จะต้อง ประสานงานกับผู้ผลิตเครื่องส่งลมเย็นที่จะนำ Heat Pipes ไปติดตั้ง และจะต้องส่งแบบ

และค่า Performance ต่างๆ ของเครื่องส่งลมเย็นที่มีส่วนประกอบต่างๆ ครอบคลุมตามความต้องการทั้งใน แบบ, ในตารางอุปกรณ์, ในไดอะแกรมการควบคุม และในเอกสารประกอบอื่นๆ เพื่อขออนุมัติก่อน การสั่งอุปกรณ์ในคราวเดียวกัน และจะต้องส่งแบบก่อสร้างแสดงการติดตั้งเพื่อขออนุมัติก่อนการติดตั้งอีกครั้ง

3.7.14 โครงสร้างของ Heat Pipes จะต้องทำด้วยเหล็กอบสังกะสีที่มีความหนาไม่น้อยกว่าเบอร์ 20 Ga.

3.7.15 สารทำความเย็นที่ใช้ใน Heat Pipes จะต้องจัดอยู่ในกลุ่ม Safety Group A1 ตามมาตรฐาน BSR/ASHRAE 15-1989



## บทที่ 4 ระบบท่อลม

### 4.1 ท่อลมและการกระจายลม

#### 4.1.1 ข้อกำหนดทั่วไป

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานท่อลมและการกระจายลมต้องไม่ติดไฟและลามไฟ ท่อลมที่ผ่านพื้นหรือผนังกันไฟต้องติดตั้ง fire damper เพื่อป้องกันไฟลามผ่าน การทำท่อลมต้องเป็นไปตามมาตรฐานของ ASHRAE และ SMACNA. Diffuser, Register, Extractor และ Grille ทุกอันต้องทำด้วย anodized extruded aluminum ยกเว้นแต่จะได้ระบุว่าใช้วัสดุอย่างอื่น ของทุกชิ้นต้องประกอบเรียบร้อยมาจากโรงงานผู้ผลิต ส่วนขนาด, ตำแหน่งที่ติดตั้งให้ดูจากแบบและให้ตรวจสอบขนาดและแนวทางการเดินท่อให้สอดคล้องกับการติดตั้งในระบบอื่นๆ และต้องทำการแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาขัดแย้ง

#### 4.1.2 คุณสมบัติของท่อลม

ท่อลมไม่ว่าจะเป็นท่อกลม หรือท่อรูปสี่เหลี่ยม ประกอบขึ้นจากแผ่นเหล็กเรียบอบสังกะสี ปริมาณสังกะสีที่อบไม่น้อยกว่า 300 กรัมต่อตารางเมตร (0.06 ปอนด์ ต่อตารางฟุต) ต่อรอยพับที่ทำให้สังกะสีที่อบไว้แตกหลุดจะต้องทาทับด้วย Zinc Chromate และทาสีภายนอก

#### 4.1.3 แผ่นโลหะ

แผ่นโลหะ (Sheet Metal) ท่อลมต้องประกอบขึ้นจากแผ่นเหล็กอบสังกะสี หรือแผ่นอลูมิเนียมเท่านั้นความหนาของแผ่นโลหะน้ำหนักของสังกะสีที่ใช้ชูขนาด และระยะห่างของเหล็กเสริมความแข็งแรงของท่อลมต้องเป็นไปตามที่ระบุในแบบโดยเคร่งครัด การเสริมความแข็งแรงเป็นพิเศษอาจจำเป็นขึ้นอยู่กับลักษณะการแขวน และรองรับท่อลม ความหนาของแผ่นโลหะขึ้นอยู่กับความกว้างของท่อลม

#### 4.1.4 ลักษณะการติดตั้งท่อลม

ก. **รอยต่อท่อลม (JOINT)** รอยต่อและตะเข็บท่อลมทุกท่อนต้องแน่นและยาแนวด้วย silicone หรือ nonflammable acrylic duct sealant เพื่อไม่ให้ลมภายในรั่วออกมาไม่ได้ โดยสังเกตได้จากบริเวณรอยต่อหรือคอท่อลมที่ยึดติดกับ grille, register หรือ diffuser จะไม่ปรากฏรอยเปื้อนของฝุ่นให้เห็นได้ ส่วนของแผ่นโลหะที่เกยทับ (lap) ตรงรอยต่อต้องพับไปด้านเดียวกับทิศทางการไหลของลมในท่อ

ข. **การเปลี่ยนขนาดของท่อลม (TRANSFORMATION)** ต้องลดจากด้านข้างตรวจสอบเข้าไปตามที่แสดงไว้ในแบบ

ค. **ท่อเลี้ยวของท่อลม (DUCT BEND)** ต้องมีรัศมีความโค้ง 1 เท่าของความกว้างท่อลม ถ้าไม่สามารถทำได้เนื่องจากสถานที่ ที่ทำการติดตั้งไม่เอื้ออำนวย ให้ใช้ Splitter Vanes อย่างต่ำ 3 ชั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของขนาดความกว้างท่อลม หรือให้ใช้ช่องอกหักฉาก (Mitred Bend) มี Turning Vane

ง. **แผ่นบังแนวลม (SPLITTER DAMPER)** ต้องติดตั้ง ณ ทุกท่อแยกที่ไปจ่ายกิ่งย่อย (branch take-off) ใบ damper ทำด้วยแผ่นโลหะซึ่งหนากว่าขนาดที่ใช้ทำท่อลมช่วงนั้นๆ หนึ่งเบอร์และยาวอย่างน้อย 1.5 เท่าของความกว้างของ branch throat ปลายด้านหนึ่งติดบานพับเป็นจุดหมุนยึดกับท่อทำให้สามารถเลื่อนใบ damper ไปมาได้โดยไม่หลุดหรือมีเสียงดัง ก้านชักเป็นแกนโลหะอาบสังกะสียื่นพื้นด้านข้างของท่อลมออกมา ภายหลังจากที่ได้แบ่งปรับลมเรียบร้อยแล้วต้องยึดก้านนี้ให้แน่นกับตัวท่อด้วย lock screw และ locking pin ซึ่งอยู่ด้านนอกของแผ่นฉนวนกันมิให้เลื่อนกลับเข้าไปในท่อได้อีก สำหรับบริเวณท่อแยกแบบ tap-in ผู้รับจ้างอาจติดตั้ง splitter damper แบบที่ได้กล่าวมาแล้วหรือใช้ air extractor ที่ทำสำเร็จรูปมาจากโรงงานก็ได้ แต่ต้องได้รับอนุมัติจากผู้ว่าจ้างก่อนติดตั้ง

#### 4.1.5 VOLUME DAMPER

แบบ single leaf ทำด้วยโลหะแผ่นชนิดเดียวกับที่ใช้ทำท่อลมปลายของ blade แต่ละใบต้องพับงอขึ้นเพื่อเพิ่มความแข็งแรง

#### 4.1.6 ACCESS DOOR

ต้องติดตั้ง ณ ที่ทุกแห่งซึ่งจำเป็นต้องเข้าไปบำรุงรักษาเครื่องมือวัดระบบควบคุม หรือคอยล์ทำความเย็นเป็นประจำ ตัวประตูทำด้วยแผ่นเหล็กอาบสังกะสียึดติดกับตัวท่อลมทางด้านหนึ่งด้วยบานพับทองเหลือง ส่วนอีกด้านเป็นกลอนสองตัวทำด้วยทองเหลืองเช่นกัน บานประตูต้องหุ้มด้วยฉนวนชนิดเดียวกับที่ใช้หุ้มท่อลมหรือตัวถัง (Casing) ขอบประตูโดยรอบต้องกรูด้วยแผ่นประเก็น neoprene ยาวตลอดเพื่อกันมิให้ลมรั่วได้ การติดตั้งถ้าเป็นที่ท่อลมต้องมีขนาด 20"x14" ในกรณีที่ทำท่อลมช่วงนั้นมีขนาดเล็กเกินไปให้ทำช่องใหญ่ที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ ส่วนที่เป็น return air plenum ขนาดช่องต้องเป็น 60" x 24" หรือ 24" x 24" ตามแต่จะกำหนด

#### 4.1.7 ที่รองรับท่อลม (DUCT SUPPORT)

การรองรับท่อลมที่เดินตามแนวนอนที่มีความความกว้างน้อยกว่า 54" จะต้องห่างไม่เกินช่วงละ 8 ฟุต ส่วนท่อลมที่มีขนาดใหญ่กว่าต้องรองรับทุกๆ 4 ฟุต ท่อกิ่งที่เลี้ยวแยกออกมาต้องรองรับห่างจากจุดแยก 2 ฟุต สำหรับท่อลมที่เดินตามแนวตั้งต้องรองรับในลักษณะที่ให้น้ำหนักท่อ

กระจายไปทั่วทุกส่วนอย่างสม่ำเสมอ ที่รองรับท่อทุกอันต้องทาสีกันสนิมหรืออย่างอื่น ตามที่กำหนด

#### 4.1.8 FLEXIBLE DUCT CONNECTOR

ปลายท่อลมส่วนที่จะต่อเข้ากับพัดลมหรืออุปกรณ์อื่นๆ ที่มีการสั่นสะเทือนให้ใช้ flexible duct connector ที่ทำด้วยวัสดุไม่ติดไฟ กว้างไม่น้อย 6 นิ้ว คั่นกลางไว้ ทำด้วยวัสดุ Fiber Glass Cloth เคลือบด้วย Neoprene ให้สามารถกันน้ำได้

#### 4.1.9 ท่อลมที่ไม่ได้หุ้มฉนวน หรือหุ้มฉนวนภายใน

ท่อลมที่ไม่ได้หุ้มฉนวน และปรากฏแก่สายตาต้องทาสีตามรายละเอียดในหมวด การทาสี ป้องกันการผุกร่อนและรหัสสี

#### 4.1.10 รอยต่อท่อลมตามแนวขวาง (Transverse Joint)

ท่อลมตามแนวขวาง (Transverse Joint) ทั้งหมดจะต้องอุดตลอดแนวภายนอก และ/หรือ ภายในท่อลมด้วยวัสดุอุดชนิดไม่ติดไฟ รอยต่อท่อลมระหว่างท่อลมกับท่อลมกลมอ่อน ต้องทำการติดตั้งตามที่แสดงในแบบรายละเอียด หรือใช้อุปกรณ์ข้อต่อท่อลมผลิตขึ้นสำหรับใช้ต่อท่อลมกลมอ่อนโดยเฉพาะจากผู้ผลิตท่อลมกลมอ่อน และติดตั้งตามคำแนะนำของผู้ผลิต

#### 4.1.11 ช่องสำหรับสอดเครื่องมือวัด (INSTRUMENT INSERT HOLE)

ท่อลมหรือ plenum ส่วนใดที่ติดตั้ง pitot tube หรือเครื่องมือวัดอย่างอื่นไว้เพื่อให้ทราบการไหลของอากาศและ balance ระบบลมนั้น ต้องทำช่องขนาดพอเหมาะไว้ตามแต่จะกำหนดหรือความจำเป็น ช่องดังกล่าวต้องปิดด้วยฉนวนและทำเครื่องหมายไว้ให้เห็นได้เด่นชัด

#### 4.1.12 DUCT SLEEVE

ท่อลมส่วนใดที่ระบุให้เดินผ่านพื้น เพดาน ผนัง หรือหลังคา ต้องเดินเฉพาะในช่องที่เจาะเตรียมไว้ให้เท่านั้น ผู้รับจ้างต้องใช้เหล็กแผ่นอบสังกะสีหนาไม่น้อยกว่า 20 BWG เป็น sleeve ให้ใหญ่กว่าขนาดท่อที่หุ้มฉนวนแล้ว 1 นิ้ว โดยรอบฝังไว้ในช่องเมื่อเดินท่อลมผ่านเสร็จแล้วจึงใช้แผ่นโลหะ (Flashing) ปิดช่องว่างที่เหลือให้แลดูเรียบร้อย

#### 4.1.13 DIFFUSER

รูปร่างที่ใช้อาจเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือแบบ slot ยาว ซึ่งการกระจายลมเป็นแบบแน่นอนตายตัว (fixed) หรือแบบปรับได้ (adjustable) ตามแต่จะกำหนดไว้ในแบบคอห้วจ่าย ทุกอันต้องยาวพอที่จะใส่ volume damper สำหรับปรับปริมาณลมเข้าไว้ภายในท่อได้ ท่อลมส่งต้องยาวเลยหัวจ่ายสุดท้ายออกไปอีกอย่างน้อย 8 นิ้ว

#### 4.1.14 REGISTER

ต้องเป็นแบบ double deflection มีก้านโยกเปิดปิด volume damper ได้จากด้านหน้าที่ตรงท่อนแยก (take-off) อาจต้องติด air extractor เพื่อช่วยให้ลมเย็นออกได้เต็มปริมาณที่ระบุไว้ เกิดกระจายลมทางด้านหน้าจะเป็นแนวนอนหรือตั้งขึ้นอยู่กับ space และ drop ที่ต้องการ ปีกหัวจ่ายที่ติดกับกำแพงหรือตัวถังเครื่อง (Casing) ต้องมีปะเก็นทำด้วยฟองน้ำอัดอยู่โดยรอบมิให้ลมรั่วได้

#### 4.1.15 GRILLE

เกล็ดที่ใช้ต้องเป็นแบบ double deflection เช่นเดียวกับ Register

#### 4.1.16 AIR LOUVER

ต้องทำด้วยเกล็ดติดตายชนิด single deflection ความเอียงของใบเกล็ดต้องมากพอที่น้ำฝนจากภายนอกสาดเข้ามาไม่ได้ มีตะแกรงกันแมลงและ volume damper ติดอยู่ด้านหลังตัวเกล็ดหรือภายในท่อลมที่ซึ่งสามารถเข้าไปปรับปริมาณลมหรือถอดแผ่นตะแกรงลงมาล้างทำความสะอาดได้ง่าย

#### 4.1.17 TRANSFER GRILLE

เกล็ดที่เป็น transfer grille ต้องติดตั้งที่ทั้งสองด้านของผนังด้านละอันและติดมุ้งลวดภายใน ส่วนผนังหรือประตูที่เป็นเกล็ดตามที่ระบุในแบบเป็นงานของผู้รับจ้างงานอาคาร

#### 4.1.18 การติดตั้ง

ก. ช่างที่ทำและติดตั้งงานท่อลมสำหรับระบบปรับ และระบายอากาศต้องเป็นผู้มีฝีมือดี และได้รับการเห็นชอบด้านผลงานจากผู้ว่าจ้าง

ข. ขนาดของท่อลมต้องตามที่ระบุไว้ในแบบ รอยต่อของท่อลมแต่ละท่อนต้องแน่นสนิทลมไม่สามารถรั่วออกได้

ก. ต้องต่อยึดติดกับโครงสร้างของอาคารอย่างแข็งแรงปราศจากการสั่นสะเทือน ในทุกสภาวะการใช้งาน

#### 4.1.19 FLEXIBLE DUCT

ประกอบด้วย multi-layered laminated aluminum polyester เสริมโครงด้วยลวดสปริงชุบโลหะกันสนิม หุ้มทับด้วยฉนวนหนา 1 นิ้ว ความหนาแน่น 1.5 lb/ft<sup>3</sup> หุ้มทับภายนอกด้วยอลูมิเนียมพอยล์ทไฟ ยึดโดยวิธีทางกลแบบ Triple Lock Seam วัสดุที่ใช้ทั้งหมดต้องเป็นไปตามมาตรฐาน

NFPA 90A Class1 หรือตามมาตรฐาน UL181 โดยที่ Flame Spread Rating ไม่เกิน 25 และ Smoke Developed Rating ไม่เกิน 50 และทนความดันได้ไม่น้อยกว่า 5 kPa (20 in.WG.)

#### 4.1.20 Pre-Insulated Duct

คุณสมบัติวัสดุฉนวนที่ใช้ต้องไม่มีสารประกอบ CFC และไมโครโฟเบอร์ โดยวัสดุที่ทำฉนวนเป็นชนิด โพลีไอโซไซยานูเรต ชนิดที่ไม่เป็นเทอร์โมพลาสติก หรือไม่เกิดการหลอมเหลวเมื่อถูกความร้อนเป็นหยดไฟเมื่อถูกความร้อน โดยไฟสามารถดับได้เองเมื่อติดไฟ

การต่อท่อลมแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน ในการต่อท่อลมแต่ละท่อเข้าด้วยกันต้องใช้ หน้าแปลนเหล็ก, อลูมิเนียม, หน้าแปลนพีวีซี หรือตัวต่อแบบมือเสื่อ อย่างใดอย่างหนึ่ง ตามมาตรฐานและข้อกำหนดที่แนะนำในคู่มือการติดตั้งของบริษัทผู้ผลิตและผู้ออกแบบ โดยต้องมีการซีลรอยต่อด้วยปะเก็น ซิลิโคน หรือวัสดุที่ใช้ในการแนะนำในคู่มือการติดตั้งของผู้ผลิต และผู้ออกแบบ โดยต้องมีการซีลรอยต่อด้วยปะเก็น ซิลิโคน หรือวัสดุที่ใช้ในการป้องกันการรั่วของท่อลม

การเสริมความแข็งแรงของท่อลม กรณีที่ค่าแรงดันสถิตภายในระบบท่อลมสูงๆ จะต้องมี การเสริมความแข็งแรงของท่อลมโดยใช้วัสดุเสริมแรง ซึ่งจะต้องได้มาตรฐานตามข้อกำหนดของ การออกแบบท่อลมทั้งทางด้านท่อส่งลมเย็นและด้านท่อดูดลมกลับ สำหรับท่อลมกึ่งสำเร็จรูปการ เสริมแรงต้องได้มาตรฐาน ตามตาราง แสดงความสัมพันธ์ของค่าแรงดันในระบบ กับ ขนาดของท่อ ลมที่แสดงในคู่มือการผลิตของบริษัทผู้ผลิต

ท่อแยกสาขา และ ท่อแยกตัวที่ ที่แยกออกมาจากท่อเมนและท่อแยกตัวที่ต้องผลิตอย่าง ถูกต้องตามหลักพลศาสตร์ ซึ่งได้กำหนดไว้ ในคู่มือการติดตั้งและข้อกำหนดของผู้ออกแบบ

วัสดุฉนวนที่ใช้ในการทำท่อส่งลมเย็นต้องได้รับการรับรองมาตรฐานคุณสมบัติต่างๆของ วัสดุท่อลมจากสถาบันทดสอบที่ได้มาตรฐาน ดังนี้

- การติดไฟ: ผ่านมาตรฐาน British Standard BS 476 Part 6
- มาตรฐานการแพร่ลุกลามไฟ ผ่านมาตรฐาน British Standard BS 476 Part 7
- การทดสอบการติดไฟขั้นสูงสุด Class “o” Summary Report
- การเกิดควันพิษ: มาตรฐานการทดสอบ Defence Standard 02-713 (NES 713)

ไม่มีสารพิษที่เกินมาตรฐานที่ค่าดัชนีเฉลี่ยไม่เกิน 6 ขณะทดสอบด้วยการเผาไฟ

- ค่าการนำความร้อน Thermal Conductivity มีคุณสมบัติค่าการนำความร้อน 0.021 watt/m K สำหรับความหนาฉนวน 20 mm.
- ฉนวนของท่อลมมีความหนาแน่นไม่ต่ำกว่า DENSITY OF MATERIAL  $48 \pm 3$  KG/m<sup>3</sup>
- ทดสอบดูการเปลี่ยนแปลงของวัตถุ DIMENSIONAL STABILITY UNDER SPECIFIED TEMPERATURE AND HUMIDITY (BS EN 1604 : 1997) ที่อุณหภูมิ 70 c ที่ความชื้น 90% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
- การทดสอบความแข็งแรงเมื่อวัตถุเกิดการกดทับ @10% Relative Deformation (kPa) ตามมาตรฐาน COMPRESSIVE STRENGTH/ COMPRESSIVE STRESS BS EN 826 : 1996
- การทดสอบไอน้ำผ่าน cell ตามมาตรฐาน WATER VAPOUR TRANSMISSION OF INSULATION MATERIALS (ASTM E96-00) สรุปเป็นฉนวนแบบปิด ผ่านไม่ได้ ค่าเท่ากับ 0
- ผ่านการทดสอบค่าการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ตามมาตรฐาน ASTM G 21-96; Standard practice for determining resistance of synthetic polymeric materials to fungi ค่าเท่ากับ 0
- การทดสอบค่าการลามไฟของวัสดุในแนวนอน UL94 HBF Clause 12
- การทดสอบค่าการลามไฟของวัสดุในแนวตั้ง UL94 V-0 Clause 8
- ใช้วัสดุที่ไม่มีสารประกอบ CFC หรือไฮโดรฟลูออโรคาร์บอนที่เป็นพิษต่อระบบทางเดินหายใจ

## 4.2 ฉนวนหุ้มท่อลม

### 4.2.1 คุณสมบัติของฉนวนหุ้มท่อลม

แผ่นฉนวนต้องประกอบด้วยเส้นใยละเอียดของใยแก้ว ซึ่งทำจากสารอนินทรีย์ มีความหนาแน่นไม่น้อยกว่า 1.5 lb/ft<sup>3</sup> และความหนาแน่นต้องเพียงพอที่จะไม่ให้เกิด Condensation ได้ ที่ความหนา 1 นิ้ว Thermal Conductivity ต้องไม่เกิน 0.25 Btu-in/hr-ft<sup>2</sup>-°F ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 75°F ปะทับหลังจากโรงงานผู้ผลิตด้วยแผ่นกระดาษ Kraft ผิวด้านนอกเป็นอลูมิเนียมฟอยล์ชนิดทนไฟได้ ทำหน้าที่เป็น Vapor barrier คุณสมบัติอื่นๆ เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน ASTM วิธีที่ E 84 จะต้องเป็นดังนี้

Flame spread index	ต้องไม่เกิน	25
Smoke developed index	ต้องไม่เกิน	50

adhesive, mastic, cement, tape, ใยแก้วและ jacket ต้องไม่ติดไฟและไม่ลามไฟด้วย

### 4.2.2 การติดตั้งฉนวนหุ้มท่อลม

ก. ท่อส่งลมเย็น และท่อลมกลับต้องหุ้มทับด้วยฉนวนกันความร้อนรอยต่อ และแนวตะเข็บของท่อลมทุกท่อนให้ใช้ silicone อุดให้ทั่วไม่ให้เกิดการรั่วของลมก่อนหุ้มทับด้วยฉนวน

ข. การยึดแผ่นฉนวนกับท่อลม ให้ใช้ non-flammable adhesive ทาลงบนท่อลม ก่อนนำแผ่นฉนวนหุ้มทับ ให้ยึดเสริมป้องกันการ sagging ด้วย pin และ locking washer ซึ่งยึดติดท่อลมด้วย synthetic elastomer adhesive ระยะห่างระหว่าง pin กับ pin ไม่เกิน 12 นิ้ว สำหรับท่อตรง และไม่เกิน 3 นิ้วสำหรับข้อต่อ ปิดทับรอยต่อของฉนวนและ locking washer ด้วย aluminium tape กว้างไม่น้อยกว่า 3 นิ้วและใช้ aluminium sheet ความกว้างไม่น้อยกว่า 1/2 นิ้ว ครอบปลอกรัดรัดรอบฉนวนอีกที่ทุกระยะ 1 เมตร

ค. การหุ้มฉนวนภายในท่อลม ฉนวนที่ใช้เป็นใยแก้ว ความหนาแน่น 3.0 lb/ft<sup>3</sup> หนา 1 นิ้ว ปิดทับด้วย Perforated Aluminium Foil ชนิดทนไฟได้ แบบสำเร็จรูปจากโรงงาน

ง. กรณีที่ระบุให้ใช้ฉนวนยางบุภายในท่อลม ให้ใช้ฉนวนที่มีคุณสมบัติเดียวกันกับ ฉนวนหุ้มท่อน้ำเย็น

จ. ท่อลมกลับ ท่อระบายอากาศ หรือท่ออื่นๆ ที่ดูดลมจากห้องปรับอากาศ, ท่อลมจากเครื่องปรับอากาศมบริสุทธิต้องหุ้มฉนวน เหมือนท่อส่งลมเย็น

ฉ. ท่อลมระบายอากาศทั่วไปไม่ต้องหุ้มฉนวน

## 4.3 แผงกรองอากาศ

### 4.3.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ผู้รับจ้างต้องจัดหาและติดตั้งแผงกรองอากาศตามรายละเอียดที่ปรากฏในแบบรายการ และตามข้อกำหนดที่จะกล่าวต่อไปนี้ แผงกรองอากาศต้องอยู่ในสภาพดีในขณะที่ทำการติดตั้ง ทดสอบและส่งมอบ แผงกรองอากาศ ที่ใช้ทดสอบจะต้องเป็นคนละชุดกับที่ใช้ส่งมอบ ผู้รับจ้างต้องจัดหาแผงกรองอากาศสำหรับทดสอบในจำนวนที่เพียงพอ สำหรับชุดที่ส่งมอบ หากตรวจพบ ภายหลังจากแผงกรองอากาศอันใดอันหนึ่งรั่วหรือฉีกขาด ผู้รับจ้างต้องเปลี่ยนอันใหม่ที่มีสภาพดีกว่า ให้ทันที

### 4.3.2 ประเภทของแผงกรองอากาศ

ประเภทแผงกรองอากาศที่ใช้ให้เป็นไปตามที่ระบุในตารางอุปกรณ์ หรือระบุในแบบโดย แผงกรองอากาศแบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ ตามการใช้งานดังนี้

#### 4.3.2.1 Type “PF-1”

ประเภทของแผงกรองอากาศ	:	Panel Filter
Media	:	Synthetic Fiber ความหนาไม่น้อยกว่า 9 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)
Face Velocity	:	ไม่เกิน 2.5 เมตร/วินาที (500 ฟุต/นาที)
Media Velocity	:	ไม่เกิน 1.5 เมตร/วินาที (300ฟุต/นาที)
Efficiency	:	ไม่น้อยกว่า 65% Arrestance วัดโดยวิธีของ ASHRAE 52.1 หรือ MERV 2 ASHARE 52.2 หรือ G2 EN779

#### 4.3.2.2 Type “PF-2”

ประเภทของแผงกรองอากาศ	:	Panel Filter หรือ Pleated type
Media	:	Synthetic Fiber ความหนาไม่น้อยกว่า 47 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)
Face Velocity	:	ไม่เกิน 2.5 เมตร/วินาที (500 ฟุต/นาที)
Media Velocity	:	ไม่เกิน 1.5 เมตร/วินาที (300ฟุต/นาที)
Initial Air Pressure Drop	:	ไม่เกิน 100 ปาสคาล (0.4 นิ้วของน้ำ)



Final Air Pressure Drop	:	ไม่เกิน 250 ปาสคาล (1.0 นิ้วของน้ำ)
Efficiency	:	ไม่น้อยกว่า 85% Arrestance วัดโดยวิธีของ ASHRAE 52.1 หรือ MERV 2 ASHARE 52.2 หรือ G2 EN779

#### 4.3.2.3 Type “PF-3”

ประเภทของแผงกรองอากาศ	:	Extended Surface Pleated Type Panel Filter
Media	:	Glass Fiber ความหนาไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร (2 นิ้ว)
Face Velocity	:	ไม่เกิน 2.5 เมตร/วินาที (500 ฟุต/นาที)
Initial Air Pressure Drop	:	ไม่เกิน 80 ปาสคาล (0.32 นิ้วของน้ำ)
Final Air Pressure Drop	:	ไม่เกิน 255 ปาสคาล (1.02 นิ้วของน้ำ)
Efficiency	:	ไม่น้อยกว่า 85% Arrestance วัด โดยวิธีของ ASHRAE 52.1 หรือ MERV5 ASHRAE 52.2 หรือ G3 EN779

#### 4.3.2.4 Type “PF-4”

ประเภทของแผงกรองอากาศ	:	Extended Surface Pleated Type Panel Filter
Media	:	Glass Fiber ความหนาไม่น้อยกว่า 95 มิลลิเมตร (4 นิ้ว)
Face Velocity	:	ไม่เกิน 2.5 เมตร/วินาที (500 ฟุต/นาที)
Initial Air Pressure Drop	:	ไม่เกิน 80 ปาสคาล (0.32 นิ้วของน้ำ)
Final Air Pressure Drop	:	ไม่เกิน 255 ปาสคาล (1.02 นิ้วของน้ำ)
Efficiency	:	ไม่น้อยกว่า 90% Arrestance หรือ 25% Efficiency วัด โดยวิธีของ ASHRAE 52.1 หรือ MERV7 ASHRAE 52.2 หรือ G4 EN779

#### 4.3.2.5 Type “MF-3”

ประเภทของแผงกรองอากาศ	:	Extended Surface Pleated Type Medium Filter
Media	:	Glass Fiber ความลึกไม่น้อยกว่า 280 มิลลิเมตร (12 นิ้ว)
Face Velocity	:	ไม่เกิน 2.5 เมตร/วินาที (500 ฟุต/นาที)
Initial Air Pressure Drop	:	ไม่เกิน 120 ปาสคาล (0.48 นิ้วของน้ำ)
Final Air Pressure Drop	:	ไม่เกิน 300 ปาสคาล (1.2 นิ้วของน้ำ)
Efficiency	:	ไม่น้อยกว่า 80% Efficiency วัด โดยวิธีของ ASHRAE 52.1 หรือ MERV13 ASHRAE 52.2 หรือ F7 EN779

#### 4.3.2.6 Type “MF-4”

ประเภทของแผงกรองอากาศ	:	Extended Surface Pleated Type Medium Filter
Media	:	Glass Fiber ความลึกไม่น้อยกว่า 280 มิลลิเมตร (12 นิ้ว)
Face Velocity	:	ไม่เกิน 2.5 เมตร/วินาที (500 ฟุต/นาที)
Initial Air Pressure Drop	:	ไม่เกิน 150 ปาสคาล (0.6 นิ้วของน้ำ)
Final Air Pressure Drop	:	ไม่เกิน 305 ปาสคาล (1.22 นิ้วของน้ำ)
Efficiency	:	ไม่น้อยกว่า 90% Efficiency วัด โดยวิธีของ ASHRAE 52.1 หรือ MERV14 ASHRAE 52.2 หรือ F8 EN779

#### 4.3.2.7 Type “FF-1”

ประเภทของแผงกรองอากาศ	:	HEPA Filter
Media	:	Fire Retardant Glass Fiber ชนิดละเอียด โดยเลือกใช้ ที่ความลึกของ Media ไม่น้อยกว่า 65 มิลลิเมตร (2 1/2 นิ้ว)

Casing	:	Galvanized steel Sheet
Gasket	:	Neoprene Rubber
Face Velocity	:	ไม่เกิน 0.45 เมตร/วินาที (90 ฟุต/นาที)
Initial Air Pressure Drop	:	ไม่เกิน 150 ปาสคาล (0.6 นิ้วของน้ำ)
Final Air Pressure Drop	:	ไม่เกิน 500 ปาสคาล (2 นิ้วของน้ำ)
Efficiency	:	ไม่น้อยกว่า 99.97% DOP Efficiency วัดที่อนุภาค ขนาด 0.3 ไมครอน วัดโดยวิธีของ IEST RP-CC001.3 หรือมาตรฐานเทียบเท่า พร้อมทั้งมี Scan Test และ Test Report แยกทุกตัวจากโรงงานผู้ผลิตพร้อมใบรับรองการทดสอบ
HEPA Filter Box	:	ติดตั้งกับฝ้าเพดาน สามารถเปลี่ยนแผงกรองอากาศได้ จากภายในห้อง

สามารถเสนอแบบ Ceiling Module ที่มีคุณสมบัติดังข้างต้นได้

#### 4.3.2.8 Type X-1

คุณลักษณะทั่วไป

- เป็นแผ่นกรองอนุภาคที่สามารถใส่เข้ากับ Air Handling Unit ทำงานด้วยระบบ Electrostatic ประกอบด้วยแผ่นกรองอนุภาคฝุ่นละออง ระบบ Electrostatic Field Media Filter แบบ Non Ionizing Electronic Air Filtration
- เป็นแผ่นฟอกอากาศที่ทำงานด้วยระบบ Electrostatic Field Media Filter แบบ Non Ionizing Electronic Air Filtration
- ส่วนประกอบในแผ่นฟอกอากาศประกอบด้วย
  - แผ่นกรองฝุ่นหยาบ ( Pre Filter ) ซึ่งสามารถถอดล้างทำความสะอาดได้
  - Filter Unit ประกอบด้วย Electronic Collecting Cell , Grounded Outer Screen , High Voltage Center Screen ทำงานสัมพันธ์กับชุดควบคุมของเครื่องฟอกอากาศ

- Filter Unit , Operating Voltage 24 VAC / Secondary High Voltage 6.7KVDC  $\pm$ 0.5KV แบบ Non Ionizing Electronic Air Filtration
- Filter Unit มีประสิทธิภาพที่สามารถกำจัด Air Pollutants Particle ได้ตั้งแต่ 0.01 - 0.005 ไมครอน
- มีโครงข่ายป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนอยู่ภายนอกของ Filter Unit
- ประสิทธิภาพของเครื่องสามารถสร้างอากาศบริสุทธิ์ได้สูงถึง 99.99 % : 0.01 Micron
- แผ่นกรองอนุภาคผ่านการทดสอบมาตรฐาน ASHRAE 52.2 – 2007 จากประเทศสหรัฐอเมริกา

#### 4.3.3 โครงของแผงกรองอากาศ

แผงกรองอากาศที่นำมาประกอบกันเป็น Filter Bank จะต้องใช้โครง (Frame) ของแผงกรองอากาศที่เป็นอุปกรณ์มาตรฐานของแผงกรองอากาศยี่ห้อนั้น ๆ ในกรณีที่แผงกรองอากาศมีจำนวนมาก โครงของแผงกรองอากาศจะต้องมีการเสริมความแข็งแรง (Stiffener) ตามมาตรฐานของผู้ผลิต การเลือกโครงของแผงกรองอากาศจะต้องมีขนาดเหมาะสมกับแผงกรองอากาศชนิดนั้น ๆ และต้องเลือกให้เหมาะสมกับที่ติดตั้งซึ่งรวมไปถึงความยากง่ายของการถอดหรือใส่ ซึ่งจะเป็นแบบ Front Service เมื่อนำแผงกรองอากาศประกอบเข้ากับโครงแล้วจะต้องแนบสนิทไม่มีรอยรั่วของอากาศแต่ประการใด โครงของแผงกรองอากาศจะต้องเป็นแบบ Spring Loaded Type

#### 4.3.4 อุปกรณ์

##### 4.3.4.1 Inclined Manometer

ใช้เป็น Local Indicator วัดความดันลดของแผงอากาศ ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาและติดตั้ง Inclined Manometer ชนิด Linear Scale ให้กับเครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ทุกชุดที่มีช่วงสเกล 0-600 ปาสคาล (0-2.4 นิ้วของน้ำ) ตามจำนวน และตำแหน่งที่ระบุในแบบ

##### 4.3.4.2 Differential Pressure Switch

ผู้รับจ้างต้องจัดหาและติดตั้ง Differential Pressure Switch ที่มีช่วงสเกล 0-600 ปาสคาล (0-2.4 นิ้ว ของน้ำ) ตามจำนวน และตำแหน่งที่ระบุในแบบเพื่อแสดงสถานะความดันลดของแผงกรองอากาศ สัญญาณแจ้งสถานะการอุดตันของแผงกรองอากาศให้มีออก 2 สัญญาณ สัญญาณหนึ่งเป็นหลอดไฟสีแดงติดตั้งอยู่ในห้องเครื่องนั้น ๆ สัญญาณที่สองเป็น Dry Contact เพื่อแจ้งสถานะให้ ระบบจัดการอาคาร (BAS) ทราบ ข้อกำหนดด้าน Physical ของ Differential Pressure Switch

- Operating Range : 0-600 ปาสคาล (0-2.4 นิ้วของน้ำ)
- Maximum Pressure : ไม่เกิน 70 kPa. (24 ฟุตของน้ำ)
- Housing : Die Cast Aluminium
- Diaphragm : Silicone Rubber
- Switch : SPDT.
- Accessories : Aluminium or steel Bracket for Mounting Pressure Switch on Suitable Location

#### 4.3.5 ULTRAVIOLET (UV) AIR PURIFIER

##### 4.3.5.1 ขอบเขต

ผู้รับจ้างจะต้องจัดหา คำนวณ และติดตั้ง Ultraviolet germicidal irradiation ที่ผลิตความยาวคลื่น 253.7 (254) นาโนเมตร ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่มีประสิทธิภาพในการหยุดการเจริญพันธุ์แบคทีเรีย, โมล, กำจัดกลิ่น และ ฆ่าไวรัส โดยจะต้องมีค่าความเข้มข้นของรังสี (Intensity) ไม่ต่ำกว่า 700  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  ที่บริเวณมุมสุด ของขอบคอยล์เย็น(อ้างอิงจาก Ashrae LV-17-C007 : Restoring Acceptable HVAC Performance with Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) Coil Treatment) โดยติดตั้งในระบบปรับอากาศบริเวณคอยล์เย็น AHUหรือหลัง air filter ของพัดลมระบายอากาศ

##### 4.3.5.2 โครงสร้าง

ระบบ UV ต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้ในโรงพยาบาลซึ่งมีโครงสร้างเป็น stainless steel หรือ อลูมิเนียม

- การจ่ายกำลังไฟฟ้า

ระบบกำลังไฟฟ้าจะได้รับการออกแบบให้ใช้สำหรับระบบ electronic สำหรับระบบไฟฟ้า 110-240 ac, 50 Hz class P และต้องถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในกระแส อากาศที่อุณหภูมิ 5 ° - 50 ° C ที่ความเร็วอากาศ 5 เมตรต่อวินาที ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100%RH โดยจะต้องได้รับมาตรฐาน มอก.1955-2551

### ชุดโครงสร้าง

โครงสร้างต้องผลิตจากวัสดุที่มีคุณสมบัติที่ไม่เกิดการกัดกร่อน ( Non-corrosive )

#### - ขั้วหลอด

ขั้วหลอดเป็นแบบ ต้องเป็นชนิดแบบ 4-pin single stepped type ผลิตรังสีที่มีความยาวคลื่น 253.7 (254) nm สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่อุณหภูมิประมาณ 2°C - 60 °C

#### 4.3.5.3 หลอด

หลอด UVC จะต้องผลิตรังสีที่มีความยาวคลื่น 253.7 (254) nm เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด T5 ชนิด single-ended Emitter สามารถใช้กับกระแสอากาศที่อุณหภูมิ 5° - 50 °C

#### 4.3.5.4 UV Power Output

ต้องมีค่าความเข้มของรังสี UVC ที่มีความยาวคลื่น 253.7 (254) nm ณ บริเวณมุมของแผงคอยแอร์เย็น โดยมีความเข้มชั้นของรังสี ไม่ต่ำกว่า 700  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  และมีเอกสารยืนยันการคำนวณความเข้มชั้นของรังสีจากผู้ผลิตโดยตรง

#### 4.3.5.5 การติดตั้ง

ต้องติดตั้งตามคำแนะนำของผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด และโดยต้องมีมาตรการไม่ให้คลื่นรังสีกระทบผู้คน ขณะใช้งานปกติและต้องจัดให้มีสวิทช์เปิดปิดเมื่อต้องการบำรุงรักษา ทั้งนี้ผู้รับจ้างต้องส่งแบบและรายละเอียดการติดตั้งชุดพัดลม ทั้งชุดซึ่งประกอบด้วย พัดลม, HEPA filter, UV, VSD, Control System และระบบประกอบอื่นๆ ทั้งระบบที่สามารถทำงานได้ถูกต้องตามข้อกำหนดให้วิศวกรพิจารณาอนุมัติก่อนการติดตั้ง

## 4.4 การป้องกันเสียง

### 4.4.1 อุปกรณ์ลดเสียงในท่อลม (Sound Attenuator)

โครงสร้างภายนอก (Casing) ผลิตจากเหล็กชุบสังกะสี (Galvanized Steel Sheet) ความหนาอย่างน้อย 1.2 มิลลิเมตร (Gauge No. 18) และผลิตขึ้นรูปตามมาตรฐาน ASHRAE ที่ใช้กับท่อลมความดันสูง

โครงสร้างภายใน (Splitters) ประกอบด้วยเหล็กสังกะสีเจาะรู (Galvanized Steel Sheet) ความหนาอย่างน้อย 0.8 มิลลิเมตร (Gauge No.22) รูที่เจาะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร พื้นที่ที่เป็นรูพรุนต้องมีพื้นที่อย่างน้อย 23% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด

โครงสร้างภายใน (Splitter) จะสอดประกอบและยึดติดกับตัวโครงสร้างภายนอก (Casing) ของตัว Duct Silencer ตามแนวของแนวขบยัดภายใน (Interlocking Track) โดยตัว Interlocking Track นี้ต้องทำจากแผ่นเหล็กชุบสังกะสี (Solid Galvanized Steel Sheet) ที่มีความหนาเท่ากับความหนาโครงสร้างภายนอกของตัว Duct Silencer และเชื่อมติดกับโครงสร้างภายนอก

วัสดุที่ใช้ในโครงสร้างภายใน (Splitter Infill Material) จะต้องทำจากใยแก้ว (Glass fiber) ตามมาตรฐานของ ASTM-C 423 ความหนาแน่นของวัสดุดูดซับเสียงที่ถูกบรรจุต้องไม่ต่ำกว่า 10% ของปริมาตรตัวโครงสร้างภายใน (Splitter)

วัสดุดูดซับเสียงที่ใช้ต้องถูกทดสอบตามมาตรฐาน ASTM 411 ทนความร้อนได้ 120°C และแผ่นเหล็กชุบสังกะสี (Galvanized Steel Sheet) ที่ใช้ต้องทนความร้อนได้ 250°C สำหรับกรณีที่ใช้กับอุณหภูมิสูงวัสดุดูดซับเสียงที่ใช้บรรจุจะต้องทนความร้อนได้ 540°C และแผ่นเหล็กชุบสังกะสี (Galvanized Steel Sheet) ทนความร้อนได้ 650°C วัสดุดูดซับเสียงที่ใช้ต้องเป็นไปตามมาตรฐานอุปกรณ์กันไฟ มาตรฐานของ NFPA-90 และ ASTM E84 โครงสร้างภายนอก (Casing) และโครงสร้างภายใน (Splitter) สามารถเลือกวัสดุได้ตามความเหมาะสมของงานที่ใช้ โครงสร้างภายใน (Splitter) ต้องมีเยื่อที่ทำจาก Polyester หรือ Mylar เพื่อป้องกันการเข้าของฝุ่นละออง และน้ำที่จะเข้าถึงวัสดุดูดซับเสียง

มาตรฐานการทนไฟ ตัวอุปกรณ์ลดเสียงในท่อลม (Duct Silencer) ต้องผ่านการทดสอบความสามารถในการทนไฟ ที่อุณหภูมิ 650°C โดยทำการ Pre-Heat 1 ชม. และ Heating 1 ชม. ตามมาตรฐาน BS476 Part24

มาตรฐานในการทดสอบคุณสมบัติการป้องกันเสียง ผู้ผลิตต้องเป็นสินค้าในประเทศไทยและมีห้องทดสอบเสียง (Aero Acoustical Reverberation Laboratory) ที่มีคุณภาพและได้มาตรฐาน สามารถทดสอบคุณสมบัติในการดูดซับเสียงของอุปกรณ์ Duct Silencer ให้ผ่านและเป็นที่ไปตามมาตรฐาน ASTM E477-90A

#### 4.4.2 ฉนวนบุภายในท่อลม (DUCT LINER)

ท่อส่งลมเย็น และลมกลับที่ติดตั้งผ่านห้องหรือโถงที่ไม่มีฝ้า และ/หรือใต้ฝ้าตามที่ระบุไว้ในแบบให้บุด้วยฉนวนไว้ภายในพื้นที่หน้าตัดของท่อลมส่วนที่บุฉนวนภายใน ต้องไม่เล็กกว่าพื้นที่หน้าตัดของท่อลมส่วนที่หุ้มฉนวนภายนอกที่มีขนาดท่อลมเท่ากัน ฉนวนทำด้วยไฟเบอร์กลาสอย่างแข็ง (Rigid Board) ความหนาแน่นไม่น้อยกว่า 48 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (3 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต) ความหนาไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) หรือตามที่ระบุในแบบ โดยปิดทับหน้าด้านสัมผัสด้วยอลูมิเนียมฟอยล์แบบมีรูพรุน (Perforated Aluminum Foil) ฉนวนต้องยึดแน่นติดกับท่อ

ลมด้วยกาารชนิดไม่ติดไฟ หรือหมุดยึด (Pin) รอยต่ออุดด้วยกาารชนิดไม่ติด ช่วงหัว-ท้าย ยึดด้วย  
กรอบสังกะสีเบอร์เกจเดียวกับท่อลม



## บทที่ 5 ระบบท่อน้ำ

### 5.1 วาล์วและอุปกรณ์ประกอบ

#### 5.1.1 ข้อกำหนดทั่วไป

วาล์วที่ใช้ต้องทนความดันได้ไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของความดัน ณ จุดติดตั้ง และไม่ต่ำกว่า 200 PSI.

อุปกรณ์ที่ผู้ผลิตแนะนำให้ติดตั้งวาล์วเพิ่มเติมโดยผู้ใช้

จุดสูงสุดของท่อน้ำดีแต่ละวงจรและที่เครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ต้องติดตั้ง automatic air vent พร้อม shut off valve

ที่จุดต่ำสุดของท่อน้ำดีแต่ละวงจรต้องมี drain valve สำหรับระบายน้ำทิ้ง

ท่อ riser หรือ branch ที่มีเครื่องส่งลมเย็นหลายชุด ให้ติดตั้ง shut off valve ไว้ที่ต้นท่อน้ำเย็น และ balancing valve ที่ปลายท่อน้ำเย็นกลับ

#### 5.1.2 GATE VALVE

ขนาด 2 นิ้วและเล็กกว่าเป็น bronze body, bronze trim, screw bonnet, screwed end.

#### 5.1.3 GLOBE VALVE

ขนาด 2 นิ้วและเล็กกว่าเป็น bronze body, bronze trim, union bonnet, screwed end, renewable disc.

ขนาด 2½ นิ้วและใหญ่กว่าเป็น cast iron body, bronze trim, rising stem, bolt bonnet, OS & Y, flanged end, renewable seat and disc.

#### 5.1.4 BUTTERFLY VALVE

เป็น lug type with resilient seat, cast iron body, aluminium bronze disc, หรือ Ductile iron disc stainless steel stem, flanged end and bolted. seat ต้องเป็น BUNA-N หรือ EPDM สามารถถอดเปลี่ยนใหม่ได้

ใช้แทน gate valve ขนาดตั้งแต่ 2½ นิ้วขึ้นไป

Butterfly valve ขนาด 6 นิ้วขึ้นไป การเปิด-ปิด เป็น gear drive

#### 5.1.5 CHECK VALVE

เป็น wafer type, non-slam or silent check valve, internally guided flat disc lift type

ขนาด 2 นิ้ว และเล็กกว่า เป็น bronze body, bronze trim ขนาด 2 ½ นิ้ว และใหญ่กว่า เป็น cast iron body, bronze trim

#### 5.1.6 AUTOMATICALLY BALANCED COMBINATION VALVE

ก. ชุดอุปกรณ์ควบคุมเป็นแบบ Automatically Balanced Combination valve ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนควบคุมอัตราการไหล (Automatic Balancing Valve) และส่วนควบคุมอุณหภูมิ (Control Valve) ในตัวเดียวกัน สามารถทนแรงดันได้ 16 bar ตัวเรือนทำด้วย Brass, Membrane และ O ring เป็น EPDM. , Cone และ Spring เป็น Stainless Steel

ข. ส่วนควบคุมอัตราการไหล (Automatic Balancing Valve) จะต้องเป็นชนิด Diaphragm สามารถควบคุม, กำหนด และปรับอัตราการไหลได้โดยอิสระ มีเครื่องหมายบ่งบอก scale เป็น Percent linear รวมถึงมีการกำหนดค่า สูงสุดของ Max Flow อย่างชัดเจน มี in-out measuring port ครบถ้วน สามารถทนอุณหภูมิในช่วง -10 .+ 120 องศาเซลเซียส, และควบคุม Pressure drop สูงสุดในตัวเรือนไม่เกิน 1.5 bar

ค. การควบคุมอุณหภูมิ (Control Valve)

ง. คุณสมบัติของวาล์วเป็น linear หัวขับเป็นชนิด Thermal Actuator, Normal Close, 220 VAC. มี Indicator บอกระบบการทำงานเปิดปิด (สำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดไม่เกิน 36,000 BTU)

จ. คุณสมบัติของวาล์วเป็น linear หัวขับเป็นชนิด Motorized Actuator, Normal Close, 0-10 VAC. มี Indicator บอกระบบการทำงานเปิดปิด (สำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดตั้งแต่ 36,000 BTU ขึ้นไป)

#### 5.1.7 AUTOMATIC AIR VENT VALVE

ตัววาล์วเป็นเหล็กหรือทองเหลือง หลากหลายทำด้วย stainless steel เลือกขนาดที่เหมาะสมกับอุณหภูมิและความดันที่ใช้งาน

ติด gate valve ไว้ก่อน automatic air vent valve ทุกตัว

#### 5.1.8 STRAINER

เป็นแบบรูปตัววาย ขนาดเดียวกับท่อที่ติดตั้ง ได้กรองเป็น stainless steel

ขนาด 2 นิ้ว และเล็กกว่า เป็น bronze body, screwed end.

ขนาด 2 ½ นิ้ว และใหญ่กว่าเป็น cast iron หรือ steel body, flanged end และมี drain valve.

ได้กรองมีขนาด perforation ดังนี้

ขนาด Strainer	Perforation
½ - 2 นิ้ว	1/32 นิ้ว
2 ½ - 6 นิ้ว	1/16 นิ้ว
8 - 12 นิ้ว	1/8 นิ้ว
12 นิ้วขึ้นไป	1/4 นิ้ว

#### 5.1.9 PRESSURE GAUGE

เป็นแบบ bourdon tube เหมาะสำหรับใช้กับน้ำ ตัวเรือนเป็น Stainless Steel ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหน้าปัทม์ไม่น้อยกว่า 4 นิ้ว หน้าปัทม์เป็นกระจกใสหรือ Acrylic Plastic with O-ring Seal หน้าปัทม์มีสีขาว มีขีดแบ่งและตัวเลขเป็นสีดำ ความคลาดเคลื่อนของมาตรวัดต้องไม่เกิน 1% มีที่ปรับให้อ่านค่าศูนย์หรือเทียบค่าได้ ช่วงสเกลของเกจแต่ละตัวอยู่ที่ 150-200% ของ working pressure สเกลที่ใช้มีหน่วยเป็น PSI เกจแต่ละชุดต้องมี shut off needle valve และ snubber connector

#### 5.1.10 THERMOMETER

ก. เป็นแบบที่อาศัยการขยายหรือหดตัวของปรอทในหลอดแก้ว ความยาวของก้านที่อยู่ภายในท่อน้ำ (Stem length) ยาว 3.5 นิ้ว ช่วงสเกลยาว 9 นิ้ว thermowell เป็นทองเหลือง เกลียว ¼" NPT ตัวเรือนเป็นอลูมิเนียมอบสี epoxy enamel ตัวเลขเป็นสีดำบนหน้าปัทม์สีขาว สเกลที่ใช้มีหน่วยเป็นองศาฟาเรนไฮต์และองศาเซลเซียส

ข. เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้กับน้ำเย็นต้องมีช่วงสเกลวัดเป็น 0-100°F

ค. เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้กับน้ำหล่อเย็นต้องมีช่วงสเกลวัดเป็น 0-160°F

#### 5.1.11 WATER METER

ก. เป็นแบบใบพัดชั้นเดียว Class C ตาม EEC/ISO Standard มีความคลาดเคลื่อนของมาตรวัดไม่เกิน 2% อ่านค่าได้ถึงทศนิยมตำแหน่งที่สาม

ข. สามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิ 40-100°F

ค. pressure drop ไม่เกิน 4 ฟุตน้ำ โดยที่ working pressure ณ ตำแหน่งที่ติดตั้งได้

#### 5.1.12 CLOSED EXPANSION TANK

จัดเตรียม pre-charge bladder expansion tank ขนาดความจุตามที่ระบุในแบบ shell ทำด้วย heavy duty butyl สามารถทน working pressure ที่จุดใช้งานได้ อุปกรณ์ที่ติดตั้งกับตัวถัง ดังนี้

- Ring base, lifting rings, NPT system connection

- Air charging valve connection (standard tire valve) สามารถปรับตั้งค่า pre-charge pressure ได้

## 5.2 ระบบปรับสภาพน้ำ

### 5.2.1 การปรับสภาพน้ำเย็น

ระบบจะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์สำหรับบ่อนสารเคมีเข้าสู่ น้ำเย็น ที่ไหลหมุนเวียนในระบบโดยผ่านเข้าทาง bypass feeder tank ซึ่งบรรจุสารต้านทานการกัดกร่อนโดยเฉพาะสำหรับน้ำเย็น ถึงบ่อนสารเคมีต้องทำด้วย stainless steel และมีความจุไม่น้อยกว่าที่ระบุในแบบ

### 5.2.2 การรับรองคุณภาพของน้ำที่ปรับสภาวะแล้ว

ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบจัดหาผู้เชี่ยวชาญด้านการปรับสภาวะน้ำ ทำการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำที่ปรับสภาวะแล้ว พิจารณาอัตราขี้นลงของสารประกอบในน้ำในช่วงระยะเวลาหนึ่ง และจะต้องจัดทำคู่มือการทำงานที่สมบูรณ์ รวมทั้งจัดการฝึกหัดวิธีการดำเนินการต่างๆ ให้กับผู้แทนของผู้ว่าจ้าง เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างสมบูรณ์แบบ

### 5.2.3 อุปกรณ์ทดสอบ (TEST KIT)

ผู้รับจ้างต้องจัดหาอุปกรณ์ทดสอบครบชุด บรรจุในกระเป๋าที่ถือหิ้วไปทำการทดสอบคุณภาพของน้ำที่ปรับสภาวะแล้ว ณ ที่ใดก็ได้เกี่ยวกับความเป็นกรด-ด่าง (pH tester) ความกระด้างชั่วคราว และความกระด้างถาวร chloride และ chromate เป็นอย่างน้อย

### 5.2.4 สารเคมีอะไหล่

ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาสารเคมีชนิดต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ และมีปริมาณเพียงพอที่จะใช้งานได้ 12 เดือนหลังจากรับมอบงานแล้ว

## 5.3 ท่อน้ำ

### 5.3.1 ท่อน้ำเย็น และท่อน้ำหล่อเย็น

- ก. เป็นท่อเหล็กกล้าดำแบบมีตะเข็บ ERW ตามมาตรฐาน ASTM A-53 หรือ API 5L (Sch. 40) ข้อต่อเป็นแบบเชื่อม หรือขันเกลียว
- ข. ท่อน้ำหล่อเย็นเช่นเดียวกับท่อน้ำเย็นและอาบสังกะสีจากโรงงาน
- ค. ท่อขนาด 2 นิ้วและเล็กกว่าใช้ข้อต่อแบบขันเกลียว
- ง. ท่อขนาด 2 ½ นิ้วและใหญ่กว่า ใช้การต่อแบบเชื่อมหรือหน้าแปลน

### 5.3.2 ท่อน้ำเติม (MAKE-UP WATER PIPE)

ก. ท่อที่ต่อเข้ากับท่อจ่ายน้ำจากถังเก็บน้ำของอาคาร หรือท่อน้ำเมนต้องเป็นท่อเหล็ก อาบสังกะสีตามมาตรฐาน BS 1387 medium class

ข. ข้อต่อท่อต่างๆ ต้องเป็น malleable iron มีเกลียว standard weight, caned และอาบสังกะสี

### 5.3.3 ท่อน้ำทิ้ง

ก. ให้ต่อท่อน้ำทิ้งจากถาดรองน้ำของแฟนคอยล์ไปหาท่อระบายน้ำที่ใกล้ที่สุดตรงจุดที่ต่อออกจากเครื่องต้องมีข้องอเพื่อดักผง และเปิดออกทำความสะอาดได้ง่าย

ข. ท่อน้ำทิ้งให้ใช้เหล็กอาบสังกะสี ตามมาตรฐาน BS 1387 medium class หรือ PVC Class 8.5

ค. ข้อต่อท่อต่างๆ ต้องเป็น malleable iron มีเกลียว standard weight, caned และอาบสังกะสี

### 5.3.4 ข้อต่อท่อ (PIPE FITTING)

ก. หน้าแปลน (Flange) เป็นเหล็กกล้าแบบ welding neck pattern สามารถทนความดันได้ไม่น้อยกว่าวาล์วที่ใช้ติดตั้ง

ข. ข้อโค้ง (Elbow), ท่อแยก, Lateral, ข้อลด (Reducer) ต้องเป็นเหล็กกล้า Weight เท่ากับท่อน้ำที่ใช้การต่อท่อกิ่ง (Branch) ที่มีขนาดเล็กกว่ากับท่อเมนใหญ่ให้ใช้ shaped welding fitting จำพวก weldolet, teolet หรือ threadolet เชื่อมต่อ ห้ามใช้ข้อต่อแบบ miter elbow หรือแบบทำขึ้นเองโดยเด็ดขาด

ค. ข้อต่อแบบขันเกลียว (Screwed fitting) ต้องเป็น malleable iron threaded, standard weight

### 5.3.5 การติดตั้ง

การติดตั้งท่อน้ำ ตามที่ปรากฏในแบบเป็นเพียงแนวทางที่แนะนำให้เท่านั้น แนวการเดินที่แท้จริงจะต้องเป็นไปตามที่ระบุในแบบหรือตาม Shop drawing ที่ได้รับอนุมัติแล้วเท่านั้น ผู้รับจ้างต้องตรวจสอบแบบท่อน้ำกับแบบสถาปัตยกรรม โครงสร้าง ไฟฟ้า สุขาภิบาลให้แน่ใจก่อนการติดตั้งว่าจะไม่ขัดกัน และให้ความสะดวกแก่การซ่อมบำรุงรักษาตัวท่อได้มากที่สุด ท่อส่วนใดที่ระบุในแบบว่าต้องเดินผ่านผนัง คาน เสา ช่องเดินท่อ (Pipe shaft) trench ผู้รับจ้างจะต้องทำตามโดยเคร่งครัดโดยจัดทำ offset, tee, sleeve, escutcheon หรืออื่นๆ ตามที่จำเป็น

ความลาดของท่อน้ำ (Pipe pitch) แนวท่อน้ำเย็น แนวท่อที่เดินต้องมีความลาดเล็กน้อย เพียงพอที่จะสามารถระบายน้ำทิ้งออกจากระบบได้เมื่อต้องการ ท่อที่เป็น trap หรือ loop จะต้องจัดเตรียมวาล์วระบายน้ำทิ้งไว้ทุกแห่ง

แนวท่อระบายน้ำทิ้งของเครื่องส่งลมเย็น (Condensate drain line) แนวท่อต้องมีความลาดตามทิศทางการไหลของน้ำเพียงพอที่จะระบายน้ำทิ้งออกได้สะดวก

แนวท่อระบายน้ำทิ้ง (Drainage piping) ควรมากที่สุดเท่าที่ทำได้และต้องไม่น้อยกว่า 1/8 นิ้วต่อฟุต

ที่ดักสิ่งสกปรก (Dirt leg) ท่อน้ำที่เดินในแนวตั้ง (Riser) จะต้องมียูนิทดักสิ่งสกปรกไว้ที่ปลายล่างสุดของทุกท่อ

ฝีมือการเดินท่อ (Workmanship) ท่อทุกท่อที่ยังไม่ได้ใช้ต้องเก็บรักษาให้สะอาดโดยอุดปลายทั้งสองข้างด้วยฝาปิดหรือ plug มิให้สิ่งสกปรกเข้าไปได้ การตัดท่อเพื่อการติดตั้งจะต้องวัดให้ได้ระยะจากสถานที่จริง เพื่อให้แนวท่อที่เดินแล้วเป็นระเบียบเรียบร้อย ท่อที่ตัดออกมาแล้ว ต้องคว้านปลายให้เรียบ ตรวจสอบและทำความสะอาดผิวในท่อ ขั้วต่อและวาล์วทุกตัวก่อนนำขึ้นติดตั้งเกลียวที่เหลือหลังจากการต่อท่อแล้วต้องทาสี zinc chromate อย่างน้อย 1 ครั้งทันที การยึดท่อในขณะติดตั้งต้องมั่นคงแข็งแรงพอที่จะไม่ทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ และต้องได้รับการเห็นชอบจากผู้ว่าจ้าง

ปะเก็น (Gasket) หน้าแปลนทุกตัวจะต้องมีปะเก็นคั่น ความหนาที่ใช้ต้องไม่น้อยกว่า 1/16 นิ้ว นอกจากนี้จะได้กำหนดเป็นอย่างอื่น

สารอัดเกลียว (Pipe joint compound) การต่อท่อโดยใช้ข้อต่อเกลียวต้องใช้ Teflon tape หรือสารประกอบของ graphite พันหรือทาบนเกลียวตัวผู้ก่อนเข้าเกลียวให้แน่น ปลายเกลียวที่เหลือจะต้องทำความสะอาดก่อนทาด้วยสี zinc chromate อย่างน้อย 1 ครั้งและต้องเหลือไม่มากกว่าสองเกลียว

Expansion Joint ในกรณีที่แบบระบุให้ผู้รับจ้างจัดหาอุปกรณ์เพื่อการขยายตัวของท่อที่เกิดขึ้นเนื่องจาก offset หรือ loop ของท่อที่มีอยู่ไม่สามารถลดการขยายหรือหดตัวอย่างได้ผล ผู้รับจ้างจะต้องใช้ expansion joint ซึ่งเหมาะสมที่จะใช้กับน้ำอุณหภูมิระหว่าง 35 – 350 °F และสามารถทนแรงดันขณะใช้งาน (Operating pressure) ได้ไม่น้อยกว่า 150 PSI มีคุณสมบัติลดแรงดัน (Stress) อันเกิดจากการขยายหรือหดตัวของท่อได้ทั้งหมด โดยถือว่าน้ำที่ใช้มีอุณหภูมิ 95°F เป็นเกณฑ์ การเลือกขนาดที่เหมาะสมตลอดจนการติดตั้งต้องเป็นไปตามที่ผู้ผลิตแนะนำเท่านั้น ในกรณีที่การขยายตัวของท่อจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนหรือยกตัว ผู้รับจ้างต้องทำที่แขวนท่อแบบใช้สปริง โดยได้รับการเห็นชอบเรื่องรูปแบบจากผู้ว่าจ้างเสียก่อน

ท่อที่เดินตามแนวนอนให้ใช้ที่แขวนท่อแบบ Clevis ชนิดปรับได้ ยึดติดกับโครงสร้างของอาคารด้วยก้านเหล็กอย่างมั่นคง แต่อาจใช้ trapeze hanger แทนได้ ในกรณีที่ท่อขนานกันหลายท่อ

ท่อที่เดินใกล้ระดับพื้นให้ใช้ pipe stanchions ที่มี base flange และ top yoke ที่สามารถปรับระดับได้ หรือจะใช้ roller support ตั้งบนฐานคอนกรีตหรือแบบอื่นที่ได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้าง

ท่อที่เดินใกล้กำแพงให้ใช้ท้าวแขนเหล็กกล้า (Steel bracket) ที่เหมาะสมรองรับท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1 ½ นิ้วหรือเล็กกว่าอาจใช้ประกับยึดท่อเพียงอันเดียว

การแขวนหรือรองรับท่อต้องไม่เกิน 1.50 เมตร จากชั้นส่วนที่หนัก เช่น ข้อต่อหรือวาล์ว สำหรับบริเวณท่อแยกทั้งต้นท่อและปลายท่อต้องยึดห่างไม่เกิน 0.90 เมตร ส่วนบริเวณที่หักเลี้ยวต้องไม่มากกว่า 0.30 เมตร ท่อส่วนที่นอกเหนือจากนี้ต้องรองรับไม่ห่างเกินที่กำหนดในตารางข้างล่างนี้

ขนาดท่อ (Nominal size)	ระยะห่างสูงสุดของช่วงท่อ
1, 1 ½ นิ้ว	2.00 เมตร
2, 2 ½ นิ้ว	2.50 เมตร
3 นิ้ว	3.00 เมตร
4 นิ้วและใหญ่กว่า	3.50 เมตร

ที่แขวนหรือรองรับท่อต่อแต่ละอันต้องสามารถปรับระยะในแนวตั้งไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว

การรองรับท่อตามแนวตั้ง (Vertical piping support) ต้องมี guide หรือที่รองรับ ณ กึ่งกลางของ riser แต่ละชั้นโดยมีระยะห่างกันไม่เกิน 5.00 เมตร และต้องทำที่รองรับเพิ่มเติมที่ฐานของบริเวณข้อโค้ง (Elbow) หรือท่อแยก (Tee) ด้วย pipe stand ในบริเวณที่มีท่อเดินในแนวตั้งอยู่ใกล้กันหลายท่อ อาจใช้ guide ที่เหมาะสมร่วมกันได้ guide และ spacer ต้องทำด้วยเหล็ก โครงสร้างเชื่อมและตรึงยึดให้อยู่กับที่อย่างมั่นคง

Pipe Sleeve และ Escutcheon ในบริเวณที่ท่อน้ำเดินผ่านผนังคอนกรีตหรือเพดาน ผู้รับจ้างต้องฝัง pipe sleeve (Galvanized steel pipe) ขนาดใหญ่กว่าเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของท่อไม่น้อยกว่า 1 นิ้วไว้แล้วอัดช่องว่างที่เหลืออยู่ด้วยวัสดุที่มีความยืดหยุ่นและกันน้ำกันไฟได้ภายหลังจากที่เดินท่อตลอดแล้วเสร็จ สำหรับท่อที่จำเป็นต้องเดินผ่านผนังบริเวณที่สามารถมองเห็นได้ง่าย ให้ทำ escutcheon ด้วย stainless steel ปิดไว้รอบท่อเพื่อให้แลดูสวยงาม

Flexible Joint ต้องเป็นแบบข้อต่ออ่อน (รายละเอียดดังแสดงในหัวข้อ Vibration Isolator) ปลายทั้งสองข้างเป็นแบบหน้าแปลน

### 5.3.6 การเชื่อม (WELDING)

ก. คุณสมบัติของช่างเชื่อม และวิธีการเชื่อม ช่างเชื่อมผู้ใดมีคุณสมบัติเหมาะสมตามต้องการหรือไม่ จะใช้วิธีดูจากฝีมือเชื่อม ณ สถานที่ที่ทำงาน หากเห็นว่าฝีมือของช่างคนใดยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ผู้ว่าจ้างมีสิทธิ์ที่จะไม่ให้ช่างผู้นั้นทำงานต่อไปได้

ข. Pipe Connection ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ½ นิ้ว และเล็กกว่า ต้องใช้ข้อต่อแบบเกลียว ท่อขนาดระหว่าง 2-4 นิ้ว อาจใช้ข้อต่อแบบเชื่อมแทนการทำเกลียวก็ได้ ส่วนท่อที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 นิ้วขึ้นไปให้ใช้ข้อต่อแบบเชื่อมทั้งหมด ผู้รับจ้างต้องปฏิบัติตามนี้โดยเคร่งครัด นอกจากจะได้ระบุในแบบเป็นอย่างอื่น

ค. การลบมุมท่อ (Pipe beveling) ท่อทุกท่อนก่อนที่จะนำมาเชื่อมติดกันต้องลบมุมทั้งสองข้างให้เรียบร้อย ซึ่งอาจทำโดยใช้เครื่องจักรหรือใช้เปลวไฟตัดท่อให้ขาดก่อนแล้วใช้ตะไบดูแลแต่งขอบให้เรียบอีกทีหนึ่ง

ง. ลวดเชื่อม (Welding rod) ต้องเหมาะสมกับเนื้อโลหะที่ใช้เชื่อมตามมาตรฐาน AWS

จ. การเชื่อมท่อ (Pipe welding) ก่อนเชื่อมต้องทำความสะอาดปลายท่อให้เรียบร้อยก่อนวางท่อให้อยู่ในแนวที่ต้องการแล้วค้ำยันให้มั่นคงด้วยท่อส่วนอื่นๆ ทำการเชื่อมแถมยึดเป็นจุดๆ (Tack weld) ก่อนเชื่อมจริง ขณะเชื่อมต้องพยายามให้เนื้อโลหะจากลวดเชื่อม และท่อหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันตลอดแนวเชื่อมลึกลงไปถึงผิวภายในตัวท่อทุกส่วน

ฉ. การทำความสะอาดระบบท่อน้ำ (Cleaning of piping system) ท่อทุกท่อนำไปใช้งานต้องเช็ดทำความสะอาดผิวในให้เรียบร้อยก่อน ในขณะที่เชื่อมต้องระวังมิให้เศษโลหะจากการเชื่อมหรือสิ่งสกปรกอื่นๆ ตกหล่นลงในท่อโดยเด็ดขาด ท่อส่วนใดที่ผ่านการทดสอบด้วยความดันแล้วให้ระบายน้ำภายในทิ้งให้หมด อุดปลายท่อทั้งสองด้านให้แน่นป้องกันฝุ่นและสิ่งสกปรกจากภายนอกเข้าไปอีก

ช. การทำความสะอาดระบบท่อน้ำครั้งสุดท้าย (Final cleaning of piping system) ให้ใช้สารเคมี polyphosphate, synthetic detergent หรือของผสมระหว่างสารสองอย่างนี้เติมลงในน้ำให้มีความเข้มข้นพอเหมาะแล้วสูบน้ำให้ไหลวนเวียนในระบบ เพื่อขจัดคราบน้ำมัน สารอัดเกลียว (Pipe thread compound) และสิ่งสกปรกอื่นๆ เป็นเวลาหนึ่งหรือสองวัน หลังจากนั้นให้ระบายน้ำทิ้ง เติมน้ำอ่อนที่สะอาดลงไปล้างระบบให้ทั่วอีกครั้งหนึ่ง เสร็จแล้วต้องถอด strainer และ dirt pocket ออกดู และล้างทำความสะอาดให้หมด

### 5.3.7 การทดสอบท่อด้วยความดัน (PRESSURE TEST)

ท่อที่เชื่อมเสร็จแล้วต้องนำไปทดสอบอัดด้วยความดันของน้ำเพื่อหารอยรั่ว โดยทำเฉพาะส่วนใดส่วนหนึ่งก่อนแล้วทดสอบทั้งระบบอีกทีเมื่อการติดตั้งเสร็จสมบูรณ์แล้ว ให้ใช้ความดัน



ทดสอบอย่างน้อย 1.5 เท่าของ working pressure ณ จุดนั้น (ไม่น้อยกว่า 195 PSI) อัดทดสอบเป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง หากปรากฏว่ามีรอยรั่วที่ตัวท่อ ข้อต่อ หรือวาล์ว จะต้องถอดชิ้นส่วนนั้นออกแล้วเปลี่ยนด้วยของใหม่ที่ยังไม่เคยใช้งานมาก่อน ทำการทดสอบด้วยความดันซ้ำอีกจนกว่าจะเป็นที่แน่ใจว่าไม่มีรอยรั่วอยู่ในระบบอีก

การทดสอบด้วยความดันนี้ ผู้รับจ้างจะต้องแจ้งให้ผู้ว่าจ้างทราบล่วงหน้าเป็นลายลักษณ์อักษร และต้องกระทำต่อหน้าบุคคลที่ผู้ว่าจ้างมอบหมายจนกว่าจะเป็นที่พอใจ บุคคลที่ผู้ว่าจ้างมอบหมายจะเป็นผู้เซ็นอนุมัติท่อที่ผ่านการทดสอบแล้ว

## 5.4 ฉนวนหุ้มท่อ

### 5.4.1 คุณสมบัติของฉนวน

ต้องมีคุณสมบัติครบถ้วนตามความต้องการต่อไปนี้

คุณสมบัติ	ความต้องการ
Fire rating	ไฟดับได้เองตาม ASTM D1692-74
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal conductivity)	ไม่เกิน 0.26 Btu-in/hr-ft <sup>2</sup> -°F ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 75 °F
Water absorption	ตาม ASTM D1056 และ ASTM C534 Type I
Water vapor permeability	ตาม ASTM C355
Linear shrinkage	ตาม ASTM C548
ความหนาแน่น	4-6 lb/ft <sup>3</sup>

### 5.4.2 ขนาดฉนวนที่ใช้ (APPLICATION SIZE)

ฉนวนที่ใช้ต้องมีความหนาดังต่อไปนี้

ขนาดท่อ	ขนาดของฉนวน
2 ½ นิ้ว และเล็กกว่า	เป็นแบบท่อนกลวงยาว หนา 1 ¼ นิ้ว
3 นิ้ว - 6 นิ้ว IPS	หนาไม่น้อยกว่า 1 ½ นิ้ว
8 นิ้ว IPS และใหญ่กว่า	หนาไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว
ท่อน้ำทิ้งทุกขนาด	หนาไม่น้อยกว่า ¾ นิ้ว
สำหรับฉนวนที่ใช้หุ้มเครื่องสูบน้ำและวาล์ว	ต้องหนาไม่น้อยกว่า 1 ½ นิ้ว

### 5.4.3 การติดตั้งฉนวนหุ้มท่อน้ำ

ท่อน้ำและรอยต่อของท่อน้ำต้องผ่านการทดสอบอัดด้วยความดันก่อน จึงจะสามารถหุ้มทับด้วยฉนวนได้

ระบบท่อที่ต้องหุ้มฉนวน ได้แก่ ท่อน้ำเย็นและท่อดูดสารทำความเย็น (Refrigerant suction line) การหุ้มฉนวนต้องรวมถึงข้อต่อต่างๆ หน้าแปลน วาล์วและอุปกรณ์อื่นๆ ของระบบด้วย

บริเวณที่แขวนและรองรับท่อให้ใช้ฉนวนแบบ rigid insulation ความยาวไม่น้อยกว่า 1 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนั้นและรองรับด้วย shield ทำจาก galvanized steel sheet No.18 BWG ความยาวไม่ต่ำกว่า 6 นิ้ว ความกว้างไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของเส้นรอบวงของท่อที่หุ้มฉนวน ปิดทับรอยต่อของฉนวนด้วย rubber sheet foam กว้างไม่น้อยกว่า 1 นิ้วหนา ¼ นิ้ว ท่อน้ำและอุปกรณ์อื่นๆที่หุ้มฉนวนและติดตั้งอยู่ภายนอกอาคารให้หุ้มทับด้วย stainless steel jacket No. 26 SWG.

### 5.4.4 Pre-insulated pipe system

การหุ้มฉนวน เป็นการหุ้มฉนวนสำเร็จรูปจากโรงงานผู้ผลิต โดยไม่มีช่องว่างอากาศระหว่างตัวท่อกับฉนวน และฉนวนต้องมีคุณสมบัติยึดเกาะติดแน่นกับท่อลำเลียงสาร ผลิตภัณฑ์นี้

ท่อหุ้มฉนวนสำเร็จรูป จะต้องมีการฉนวนหุ้มห่อการนำความร้อนของฉนวน (ค่าk), ผลการทดสอบสภาพการไหม้ไฟและการลามไฟ

#### 5.4.4.1 เปลือกหุ้มภายนอก (Outer Casing)

เป็นโลหะสังกะสีหรืออลูมิเนียม (ความหนาอย่างต่ำ 0.45 มม.) แบบเกลียวลัดตะเข็บ

#### 5.4.4.2 วัสดุฉนวน

วัสดุที่เป็นฉนวนเป็น โฟมโพลียูรีเทนชนิดแข็ง ซึ่งถูกฉีดด้วยเครื่องฉีดพิเศษเข้าไปในช่องว่างที่เป็นวงรอบระหว่างท่อลำเลียงสารและเปลือกหุ้ม

- ความหนาแน่นไม่ต่ำกว่า 32 ก.ก. / ลูกบาศก์เมตร (ASTM D 1622)
- ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K Value) = 0.022 W/m K ที่ mean temperature 30 °C (Tested to ASTM C518)
- ปริมาณเซลล์ปิด (Closed Cell) ไม่ต่ำกว่า 90% ของปริมาณ
- การซึมผ่านของความชื้น / ไอน้ำ ( ASTM E96, DIN 52615)

$$1.8 \times 10^{-5} \text{ metric perms}$$

$(2.6 \times 10^{-2} \text{ perm inch})$

$\text{Mu} > 7000$

- ไม้ลามไฟ จัดอยู่ใน Class 0 tested to BS476 : Part 7 , 1997 (Surface spread of flame test) and BS476 : Part 6 , 1989 (Fire propagation test.)

## บทที่ 6 AUTOMATIC CONTROL

### 6.1 AUTOMATIC CONTROL

#### 6.1.1 TWO WAY AND THREE WAY CONTROL VALVE

- ก. วาล์วขนาด 2 นิ้วและเล็กกว่าเป็น bronze, brass body, screwed end
- ข. วาล์วขนาด 2 ½ นิ้วและใหญ่กว่าเป็น cast iron หรือ steel body, flanged end
- ค. Pressure drop ต้องไม่เกิน 5 PSI ที่ working pressure และปริมาณน้ำที่ต้องการ
- ง. Modulating valve เป็นแบบ equal percentage characteristic, Actuator เป็นแบบ proportional spring return รับสัญญาณจาก proportional thermostat, ขนาดของ actuator ที่เลือกใช้ต้องปิดวาล์วได้สนิท สามารถทน maximum differential pressure ที่เกิดขึ้นได้
  - จ. หากไม่ได้ระบุ Class ของวาล์วไว้ ต้องเลือกวาล์วที่เหมาะสมกับ working pressure ณ ตำแหน่งนั้น
  - ฉ. เลือกขนาดของ ON/OFF valve เท่ากับขนาดของท่อที่ติดตั้ง

#### 6.1.2 THERMOSTAT

ก. สำหรับ Modulating Control Valve สามารถรับสัญญาณ Duct temperature sensor ได้ มีการควบคุมแบบ PI control sensing element วัสดุที่ใช้ทำ sensor เป็น NTC Thermister (10k  $\Omega$  at 25 องศาเซลเซียส) มีค่าแรงดันมาตรฐาน 220 VAC หรือ 24 VAC ส่งสัญญาณ output แบบ Modulating 0.10 VDC มี selector switch cool/off เมื่อเลือกตำแหน่ง OFF หรือระบบปิด สัญญาณจะประวิงเวลาค่าหนึ่งประมาณ 60-70 sec และตำแหน่งวาล์วจะอยู่ในสถานะปิด มี Temperature range 10-30 องศาเซลเซียส สามารถปรับความเที่ยงตรงของช่วงอุณหภูมิได้ สามารถปรับตำแหน่งการล๊อคอุณหภูมิได้อย่างน้อย 4 ตำแหน่ง

ข. สำหรับ ON/OFF Control Valve มีค่าแรงดันมาตรฐาน 220 VAC ส่งสัญญาณ output แบบ on/off และมี 3-speed switch มี temperature range 10-30 องศาเซลเซียส sensing element ทำมาจาก Electromechanical เพื่อความแม่นยำและคงทน มี Temp. Diff ประมาณ 0.8 องศาเซลเซียส มี switch ON/OFF เพื่อตัดระบบวงจรทั้งหมด ตัว Body และ Cover ทำมาจากวัสดุที่คงทนและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

### 6.1.3 FLOW SWITCH

เป็นแบบ 2 position action ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำ paddle ต้องสามารถปรับแต่งให้เหมาะสมกับขนาดของท่อหน้าได้ ทนแรงดันน้ำได้ไม่น้อยกว่า 250 PSI หากติดตั้งนอกอาคารต้องเป็นชนิด weatherproof

### 6.1.4 ELECTRIC ACTUATOR (OR ELECTRONIC)

ก. Electric actuator สำหรับ 2-way, 3-way proportional valve และ fresh air grille ต้องเป็นแบบ proportional action, spring return with limit switch & transformer เหมาะสำหรับระบบไฟ 24 VAC, valve linkage จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับ control valve แต่ละตัว การเลือกขนาดของ actuator ต้องเลือกขนาดที่มี torque ที่เหมาะสมกับ valve และต้องตรวจสอบค่า closed off rating ของ valve แต่ละชุดด้วย actuator แต่ละตัวจะต้องมี valve position indicator เพื่อบอกตำแหน่งของการเปิด-ปิดของ control valve, actuator ต้องมี ambient temperature limitation ระหว่าง -40 ถึง 140°F

ข. Electric actuator สำหรับ 2-way ON/OFF valve, butterfly valve และ damper ต้องเป็นแบบ two position operation, spring return เหมาะกับระบบไฟ 24 VAC หรือ 220 VAC valve linkage จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับ control valve แต่ละตัว actuator แต่ละตัวจะต้องมี valve position indicator, ambient temperature limitation ระหว่าง -40 ถึง 140°F

ค. Transformer ต้องเป็นผลิตภัณฑ์มาตรฐาน มีประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า 95% เหมาะกับการใช้งานแบบ heavy duty สามารถ overload ได้ 25% แปลงไฟจาก AC 220 V เป็น AC 24 V

### 6.1.5 Differential Pressure Sensor and Transmitter

เป็น Sensor สำหรับวัดความแตกต่างความดันของท่อน้ำส่งและท่อน้ำกลับ ใช้ประกอบกับอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบได้อย่างเหมาะสม และมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ก. Control Output 4-20 MA, 2-Wire 24 VDC
- ข. Adjustable Span 0-100 Psi
- ค. Accuracy  $\pm 0.25\%$  Of Full Span
- ง. Protection Against Radio Frequency Interference
- จ. Watertight Electrical Enclosure

สายส่งสัญญาณจาก Differential Pressure Transmitter ไปยัง Inverter Controller ให้ปฏิบัติตามข้อแนะนำของผู้ผลิต โดยสายสัญญาณจะเป็นชนิดป้องกันคลื่นรบกวนจากภายนอก (Shield Cable) และถ้ายาวเกินกว่ามาตรฐาน จะต้องมียตัวขยายสัญญาณ (Amplifier)

## บทที่ 7 FIRE AND SMOKE CONTROL SYSTEM

### 7.1 AIR FLOW SWITCH

ติดตั้งในท่อลมของพัดลมเพื่อตรวจสอบการทำงานของพัดลม โดยแสดงผลที่ remote control panel

### 7.2 BAROMETRIC DAMPER

Counterbalanced automatic dampers (Barometric) shall be of the parallel, multiple blade type. Dampers shall be fabricated of all like metal either steel or aluminum. Shafts shall be of stainless steel, shaft bearing shall be permanently lubricated full ball bearings. Dampers shall be fully closed at air pressure equal to 0 inch water gauge and shall pass the design air quantity at an upstream static pressure of not more than 0.25 inch water gauge. The maximum damper throat velocity shall not exceed 500 fpm. (Based on net free area fully open), unless otherwise specifically shown on the Drawings, Blade tips and frame seals of an approved material shall be provided to prevent backflow.

### 7.3 STATIC PRESSURE REGULATOR

เป็น pressure switch แบบ SPDT ซึ่งมีตำแหน่งศูนย์อยู่ตรงกลาง (Center null position) สามารถตั้งปรับค่าความดันและค่า differential ตามต้องการได้ ใช้ควบคุมการทำงานของมอดเตอร์ damper โดยการรักษาระดับความดันภายในให้คงที่และสูงกว่าความดันของอากาศภายนอก ประมาณ 0.1 นิ้วของน้ำ

### 7.4 อุปกรณ์ควบคุมเพลิงไหม้

1. ระบบควบคุมสำหรับเครื่องส่งลมเย็น (AHU) และพัดลมทุก ๆ เครื่อง ที่มีอัตราการส่ง ตั้งแต่ 3,400-8,500 Cu.M/Hr. (2000-5000 CFM) และพัดลมที่ใช้ระบายควันจาก Kitchen Hood ทุกขนาดจะต้องติดตั้ง Firestat ไว้ ณ ทางลมกลับหรือลมส่งของเครื่องแต่ละชุดแล้วแต่กรณี เมื่อเกิดเพลิงไหม้ หรืออุณหภูมิของลมสูงเกินกว่า 55 °C (130 °F) ระบบควบคุมจะตัดวงจรควบคุมของเครื่องปรับอากาศออก ทำให้เครื่องหยุดทำงาน และในกรณีที่ต้องการเดินเครื่องใหม่ต้องใช้มีกด (Manual Reset) Firestat ต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรองจาก UL. หรือเทียบเท่า ในกรณีที่อาคารนั้นมี Heat Detector อยู่แล้ว ให้เอาสัญญาณจาก Heat Detector มาใช้ควบคุมมอดเตอร์ของเครื่องส่งลมเย็นแทนได้

2. ระบบควบคุมสำหรับเครื่องปรับอากาศที่มีอัตราการส่งเกินกว่า 8500 Cu.M/Hr. (5000 CFM) ต้องใช้ Smoke Detector เป็นแบบ Duct (Insert) Type ใช้สำหรับตรวจจับการควบคุมของมอเตอร์เครื่องส่งลมเย็น หรือของเครื่องปรับอากาศทั้งชุดเมื่อตรวจจับควันที่มากับลมได้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรองจาก UL. ในกรณีที่อาคารนั้นมี Smoke Detector อยู่แล้ว ให้เอาสัญญาณจาก Smoke Detector มาใช้ควบคุมมอเตอร์ของเครื่องส่งลมเย็นแทนได้

#### 7.5 ชุดแผ่นป้องกันไฟลามและควัน (Combination Fire Smoke Damper, Multi Blade Type)

ชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลาม และควันแบบหลายใบจะต้องติดตั้งภายในผนังหรือพื้นทึบไฟที่ทอลมผ่าน ทำหน้าที่ป้องกันไฟและควบคุมการแพร่กระจายของควันที่เกิดจากเพลิงไหม้ ชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควันจะต้องสอดคล้องตามมาตรฐาน NFPA 90A, 92A, 92B

ชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควันจะต้องผ่านการทดสอบและรับรอง (UL Listed) ตามมาตรฐาน UL 555 และ UL 555S ฉบับล่าสุด

สำหรับผนังหรือพื้นที่มีความสามารถทนไฟไม่เกิน 3 ชั่วโมง ให้ติดตั้งชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควันที่ผ่านการรับรองการทนไฟ 1 ½ ชั่วโมงตามมาตรฐาน UL 555 และหากผนังหรือพื้นที่มีความสามารถทนไฟเกินกว่า 3 ชั่วโมง ให้ติดตั้งชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควันที่ผ่านการรับรองการทนไฟ 3 ชั่วโมงตามมาตรฐาน UL 555 โดยชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควันจะต้องผ่านการทดสอบที่ความดัน 4 นิ้วน้ำ (995 Pa) และความเร็วลม 2000 ฟุตต่อวินาที (10 m/s) ตามมาตรฐาน UL 555 และ UL 555S (Dynamic Closure Ratings)

ชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลาม และควันจะต้องมีความสามารถในการป้องกันการรั่วของควันได้เป็นอย่างดีผ่านการรับรองตามมาตรฐาน UL555S Leakage rating of Class I มอเตอร์ที่ใช้เป็นมอเตอร์ที่ผ่านการทดสอบและรับรอง (UL Listed) จากสถาบัน UL สำหรับใช้งานกับชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควันโดยเฉพาะ สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 250 องศาฟาเรนไฮต์ (121 องศาเซลเซียส) ต้องติดตั้งและทดสอบมอเตอร์สำหรับชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควันมาจากโรงงานผู้ผลิต ตามมาตรฐาน UL555S

ชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลาม และควันจะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์สั่งงานที่ไวต่อความร้อน (Electronic Fusible Link) โดยจะต้องติดตั้งมาจากโรงงาน และสามารถสั่งงานให้ชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควัน ปิดเมื่อมีอุณหภูมิสูงกว่า 165 องศาฟาเรนไฮต์ (74 องศาเซลเซียส) ชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควันจะต้องมีฉลากจากสถาบัน UL (UL Label) แสดงการรับรองตามมาตรฐาน UL 555 และ UL 555S

ชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลาม และควันจะต้องผ่านการทดสอบ และรับรองประสิทธิภาพในด้านความดันสูญเสีย จากสถาบัน AMCA โดยทดสอบในการติดตั้งที่หลายหลายรูปแบบตาม

AMCA Certified Ratings Program for Test Figures 5.2, 5.3 and 5.5 และมาตรฐาน AMCA 500-D

ใบ (Blade) ของชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควันทำจากเหล็กเคลือบสังกะสีหนาไม่น้อยกว่า 16 Guage (1.6 มม.) เสริมความแข็งแรงโดยการพับยกความลึกไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว (25 มม.) ไม่น้อยกว่า 3 แถว (3 Vee Type) ตลอดความยาวใบ มีแกนยึดใบชนิดป้องกันการหลุดลื่นออกของใบ ผลิตจากเหล็กกล้าผ่านการป้องกันสนิมมีขนาดไม่น้อยกว่า ½ นิ้ว (12 มม.) ติดตั้งที่กึ่งกลางใบพอดีเพื่อให้สามารถใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพเท่ากันเมื่อมีลมผ่านทั้ง 2 ด้าน ปลายใบติดตั้งปะเก็นกันรั่วผลิตจากวัสดุยางสังเคราะห์ (Silicone Rubber) ยึดติดอยู่อย่างถาวรกับใบ

กรอบ (Frame) ของชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควันทำจากเหล็กเคลือบสังกะสีจำนวน 4 ชั้น มีความหนาไม่น้อยกว่า 16 Guage (1.6 มม.) เสริมความแข็งแรงโดยการพับรูปหมวก (Hat Channel) ความกว้างไม่เกิน 5 นิ้ว (125 มม.) และความสูงไม่เกิน 1 นิ้ว (25 มม.) เสริมความแข็งแรงที่บริเวณมุมที่บรรจบกัน โดยมีความยาวของไม้ไม่น้อยกว่า 1 ½ นิ้ว (35 มม.) กลไกควบคุมการเคลื่อนไหวยู้อยู่ภายนอกด้านข้างของกรอบใบ (Concealed Linkage) ไม่กีดขวางการไหลของลม และมีแนวหยุดใบ (Blade Stop) กว้างไม่เกิน ½ นิ้ว (12 มม.) แบริงผลิตจากโลหะผสม (Sintered Bronze) คว้านรูขนาดพอดีกับขนาดของแกนยึดใบโดยมีความเรียบและลื่น ปะเก็นข้างป้องกันใบขัด (Jamb Seal) ผลิตจากเหล็กปลอดสนิมที่มีความลื่นและสามารถยืดหยุ่นได้

การติดตั้งชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควันทุกๆ ตัวจะต้องติดตั้งอยู่ในปลอก (Sleeve) ที่มีความยาวเพียงพอให้พ้นจากผนังหรือพื้น ผลิตจากเหล็กเคลือบสังกะสี โดยมีการยึดติดกับชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควัน ความหนาของวัสดุไม่ต่ำกว่าที่ผู้ผลิตชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควันได้ระบุไว้ในคู่มือติดตั้ง และสอดคล้องตามมาตรฐาน UL

การติดตั้งชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควันทุกๆ ตัวจะต้องติดตั้งเหล็กฉากก้ำกับ (Retaining Angles) ทั้ง 2 ด้านของพื้นหรือผนังโดยเหล็กฉากก้ำกับผลิตจากเหล็กพับหรือเหล็กฉาก โดยมีขนาดและการยึดติดกับชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควันตามที่ผู้ผลิตชุดแผ่นปรับลมป้องกันไฟลามและควัน ได้ระบุไว้ในคู่มือติดตั้งเท่านั้น และสอดคล้องตามมาตรฐาน UL

## 7.6 พัฒนาระบายควัน

พัฒนาระบายควันจะต้องการทดสอบและรับรองประสิทธิภาพจากสถาบัน AMCA โดยแสดงฉลากจากสถาบัน AMCA (AMCA Seal) แสดงการรับรองไว้ที่ตัวพัดลม

พัฒนาระบายควันจะต้องได้รับการออกแบบเพื่อใช้สำหรับระบายควันที่เกิดจากเพลิงไหม้ โดยเฉพาะ ได้รับการทดสอบและรับรองสถาบัน UL (UL Listed, Power Ventilator for Smoke Exhaust System) มีความสามารถระบายควันอุณหภูมิไม่น้อยกว่า 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา



ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง และจะต้องมีฉลากจากสถาบัน UL (UL Label) แสดงการรับรองไว้ที่ตัวพัดลม ไม่อนุญาตให้ใช้พัดลมที่ออกแบบการใช้งานอุณหภูมิปกตินำมาดัดแปลง โดยไม่ผ่านการทดสอบ และรับรองจากสถาบัน UL โดยเด็ดขาด

แบร์ริงของพัดลมออกแบบโดยเฉพาะสำหรับการทำงานกับอากาศอุณหภูมิสูง ผ่านการทดสอบ 100% จากโรงงาน มีอายุการใช้งานขั้นต่ำ ( $L_{10}$ ) ไม่น้อยกว่า 80,000 ชั่วโมง

เพลลาของพัดลมผลิตจากเหล็กกล้าผ่านการขึ้นรูป และขัดเงาอย่างดี โดยมีความเร็วรอบวิกฤติ (First Critical Speed) สูงกว่าความเร็วรอบใช้งานสูงสุดไม่ต่ำกว่า 25%

ใช้สายพานไม่น้อยกว่า 2 เส้น ชุดสายพาน, มุเลย์ และลิ้ม สามารถทนต่อแรงขับไม่น้อยกว่า 150% ใช้มุเลย์ชนิดที่สามารถปรับรอบได้ และใช้สายพานที่ทนทานต่อน้ำมันและความร้อน

หากเป็นพัดลมชนิดขับตรง มอเตอร์ของพัดลมจะต้องเลือกชนิดที่มีอุณหภูมิใช้งานไม่น้อยกว่า 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง

## 7.7 สารทนไฟ

เตรียมปลอกท่อสำหรับท่อน้ำ ท่อสายไฟและท่อลมที่ผ่านพื้นและผนังทนไฟ โดยมีขนาดใหญ่กว่าท่อนั้น 1 ขนาด แล้วเทคอนกรีตปิดโดยรอบนอกปลอกท่อ ส่วนภายในปลอกท่อให้ปิดด้วยสารทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง เช่น Hysol, EVO-STIK INTUFIL 2 เป็นต้น

## บทที่ 8 อุปกรณ์ไฟฟ้า

### 8.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ผู้รับจ้างงานปรับอากาศและระบายอากาศต้องรับผิดชอบในการจัดหา และติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อไปนี้

ก. มอเตอร์สำหรับเครื่องส่งลมเย็น พัดลม เครื่องสูบน้ำ Damper Cooling tower และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับและระบายอากาศ

ข. เครื่องช่วยในการเริ่มต้น (Starter) สำหรับมอเตอร์ที่ระบุในข้างต้น

ค. แผงควบคุมและแผงจ่ายไฟใหญ่ (A/C control board and switchboard) สำหรับระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ภายในห้องเครื่องและที่อื่นๆ ตามที่ระบุในแบบ

ง. สายไฟควบคุม (Control wiring) สำหรับระบบปรับอากาศและระบายอากาศทั้งหมด

จ. อุปกรณ์ควบคุม (Control device) สำหรับควบคุมสถานะที่ต้องการภายในห้องโดยอัตโนมัติ

ฉ. อุปกรณ์ควบคุมต่างๆ (Remote control and monitoring) ของระบบปรับอากาศและระบายอากาศพร้อมเดินสายควบคุมให้เรียบร้อยไปที่ A/C control board ภายใน control room ทำการเดินสายไฟโดยร้อยในท่อร้อยสายจากสวิทช์ตัดตอนอัตโนมัติหรือสวิทช์ตัดตอนธรรมดา ซึ่งผู้รับจ้างไฟฟ้าได้จัดเตรียมไว้ภายในห้องเครื่องส่งลมเย็นทุกห้อง หรือที่ใกล้เคียงเข้าแผงสวิทช์จ่ายไฟเฉพาะแห่งของระบบปรับอากาศ (Localized A/C switchboard) สำหรับมอเตอร์เครื่องส่งลมเย็นทุกเครื่อง

ช. อุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชิ้นต้องเป็นของใหม่ แบบล่าสุดและอยู่ในสภาพดี เป็นผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นตามมาตรฐาน NEMA หรือ IEC ได้รับการรับรองโดยสถาบันที่ผู้รับจ้างยอมรับและเหมาะสมสำหรับใช้กับระบบไฟฟ้าที่กำหนดให้ใช้ ณ สถานที่ติดตั้ง

### 8.2 มอเตอร์

ก. เป็นของใหม่ที่ได้รับการออกแบบตามมาตรฐาน IEC

ข. มอเตอร์ทุกเครื่องที่ใช้ขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ ต้องมีกำลังเพียงพอที่จะขับเคลื่อนดังกล่าวมีสมรรถนะตามที่กำหนด โดยไม่เกินสมรรถนะที่ปรากฏบนแผ่น Nameplate ของมอเตอร์

ค. เป็นชนิดที่เหมาะสมกับการใช้งานต่อเนื่อง โดยยึดถืออุณหภูมิของอากาศโดยรอบเท่ากับ 40°C เป็นเกณฑ์

ง. ต้องเป็นชนิดมีแรงบิด-เปิด (Normal torque) ใช้กระแสไฟฟ้าน้อยตอนเริ่มเดิน (Low starting current) และ lowslip ขณะใช้งาน โดยถือว่า synchronous speed เป็น 1,500 รอบต่อนาที เว้นแต่จะได้ระบุเป็นอย่างอื่น

จ. สำหรับชนิดที่มีขนาดเล็กกว่า 1 แรงม้า ต้องเป็นแบบ split-phase สามารถใช้กับระบบไฟ 1Ph/220V/50Hz ได้ ส่วนชนิดที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 แรงม้าขึ้นไป ต้องเป็นแบบ squirrel cage และใช้กับระบบไฟ 3Ph/380V/50Hz เท่านั้น

ฉ. มอเตอร์ทุกเครื่องเมื่อติดตั้งเสร็จแล้ว จะต้องต่อสายดินเข้ากับระบบต่อลงดินที่เหมาะสม

ช. มอเตอร์ของ damper และระบบควบคุมอื่นๆ ต้องเป็นชนิดที่ได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละประเภทตามมาตรฐานของผู้ผลิต การติดตั้งต้องมีหม้อแปลง (Transformer) ขนาดพอเหมาะกับความต้องการ

### 8.3 เครื่องช่วยการเริ่มเดินของมอเตอร์ (MOTOR STARTER)

#### 8.3.1 เครื่องช่วยการเริ่มเดินแบบ AC MANUAL FULL-VOLTAGE

ใช้สำหรับมอเตอร์ที่มีขนาดเล็กกว่า 1 แรงม้า ประกอบด้วย manually operated toggle switch พร้อม thermal และ overcurrent protection ติดตั้งภายใน general purpose enclosure

#### 8.3.2 เครื่องช่วยการเริ่มเดินแบบ AC magnetic full-voltage across-the-line

สำหรับระบบไฟฟ้า 380V/3Ph ใช้กับมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้าหรือต่ำกว่า เครื่องควบคุม (Controller) ซึ่งติดตั้งภายในตู้เนกประสงค์ (General purpose) กันน้ำได้ หรือในแผงสวิทช์จ่ายไฟต้องประกอบด้วย สวิทช์เลือก (Selector switch) ที่สามารถบิดไปยังตำแหน่ง “ควบคุมด้วยมือ-ปิด-อัตโนมัติ” (Hand-off-automatic) ตามต้องการได้ นอกจากนี้จะต้องมี remote push button สำหรับการควบคุมจากระยะไกล (Remote control) ได้อีกด้วย เครื่องช่วยการเริ่มเดินนี้ต้องมี thermal overload และ magnetic short circuit protection สำหรับสายเฟสทุกเส้น สามารถต่อ interlock switch ได้ไม่น้อยกว่า 4 ตัว

#### 8.3.3 เครื่องช่วยการเริ่มเดินแบบ AC MAGNETIC REDUCED VOLTAGE

สำหรับมอเตอร์ขนาด 7.5 แรงม้าหรือใหญ่กว่าที่ใช้ระบบไฟ 380V/50Hz เป็นแบบ Wye-delta พร้อม overload relay และ holding interlock protection

#### 8.3.4 สวิตช์ตัดตอน (DISCONNECTING SWITCH)

ในกรณีที่ตำแหน่งของมอเตอร์อยู่ห่างไกลจากเครื่องควบคุม (Controller) จนมีอาจมองเห็นได้ระยะ (Out-of-sight) ตามความหมายของ NEC ผู้รับจ้างต้องจัดหาสวิตช์ตัดตอนควบคุมด้วยมือ (Manual operated switch) สำหรับตัดไฟที่ไปป้อนมอเตอร์ตัวนั้นไว้ใกล้ๆ อุปกรณ์ชนิดใดที่ติดตั้งในระยะไกลและต่อพ่วง (Interlock) กับวงจรควบคุมของมอเตอร์ อาจใช้ snap switch แบบใช้มือโยกติดไว้ใกล้อุปกรณ์ชิ้นนั้นก็ได้

### 8.4 แผงสวิตช์ควบคุมและแผงจ่ายไฟ สำหรับระบบปรับอากาศ

#### 8.4.1 แผงสวิตช์จ่ายไฟ (SWITCHBOARD)

มีลักษณะเป็นตู้โลหะชนิดตั้งพื้นหลายๆ ใบ ยึดติดกันด้วยสกรูและน็อต ตู้ออกแบบสำหรับใช้ระบบไฟฟ้า 380V/3Ph/50Hz สามารถทนแรงดันไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 600 โวลต์ที่ได้โดยปลอดภัย โครงตู้ทำด้วยเหล็กฉากเชื่อมติดกันเพื่อเสริมความแข็งแรง บานประตูด้านหน้าเป็นแบบเปิดได้ โดยใช้บานพับชนิดซ่อนรูป (Hidden hinge) เปิดปิดได้โดยใช้กุญแจเหล็กเหลี่ยม ฝาตู้ทุกด้านต้องทำเป็นแบบถอดได้ สามารถเข้าไปตรวจสอบบำรุงรักษาสายไฟและบัสบาร์ได้โดยสะดวก มีบานเกล็ดระบายอากาศตามความจำเป็น ผนังตู้ทั้งหมดให้ใช้แผ่นเหล็กกล้าหนาไม่น้อยกว่า 1.5 มม. และชิ้นส่วนที่เป็นเหล็กจะต้องทาสีรองพื้นไม่น้อยกว่า 2 ชั้น ส่วนผิวผนังด้านนอกให้ทา pearl gray lacquer ทับอีกชั้นหนึ่งให้สวยงาม ภายในตู้ทุกใบต้องมีที่ว่างพอที่จะร้อยสายเข้าออกได้ทางด้านบน สามารถเดินสายไฟ ติดตั้งเครื่องวัดอุปกรณ์ควบคุม บัสบาร์กำลัง (Power bus) และบัสบาร์ดิน (Ground bus) พร้อมฉนวนได้

#### 8.4.2 บัสบาร์ (BUS BAR)

เป็นแท่งทองแดงยาวตลอดสามารถทนกระแสได้ไม่น้อยกว่าที่กำหนด ที่ระบบไฟฟ้า 380V/3Ph ขนาดของบัสศูนย์เท่ากับบัสกำลัง (Full neutral) ตัวบัสยึดติดกับแผงสวิตช์ทางตอนบน สามารถทนกระแสอันเกิดจากการลัดวงจรได้ 30 KA rms Asymmetrical การจัดวางบัสต้องห่างจากรางสายไฟและบริเวณที่ต้องซ่อมบำรุงรักษาพอสมควร

#### 8.4.3 การต่อสายไฟเข้าแผงสวิตช์ (INCOMING CIRCUIT)

การร้อยสายไฟเข้าตู้ให้เข้าทางตอนบนเท่านั้น ปลายสายต่อเข้ากับสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติเมนของตัวแผง (Main automatic breaker) การต่อลงดินให้เป็นไปตามข้อกำหนดทางไฟฟ้า

#### 8.4.4 สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติของสายป้อน (FEEDER CIRCUIT BREAKER)

ต้องเป็นแบบ adjustable overload trip and instantaneous short circuit trip สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติที่ใช้ต้องเป็นของผู้ผลิตเดียวกันเป็นชนิด molded case ทำด้วยฉนวน สามารถทนกระแสไฟลัดวงจรได้ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่การไฟฟ้านครหลวงกำหนดไว้แต่ไม่ต่ำกว่า 5 KA ที่ 380V โดยไม่ต้องใช้ฟิวส์ป้องกัน หากมีความจำเป็นต้องใช้ฟิวส์ จะต้องใช้ฟิวส์แบบที่สามารถตัดสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติได้เอง ในกรณีที่ฟิวส์อันใดอันหนึ่งขาด โดยจัดให้มี control power supply ตามที่จำเป็น ส่วนขนาดทรูปคอยล์ต้องเหมาะสมกับภาวะการใช้ไฟฟ้าที่แท้จริงของอุปกรณ์ต่าง ๆ

#### 8.4.5 INDICATING INSTRUMENT

ที่บานประตูหน้าแผง ผู้รับจ้างต้องติดตั้งอุปกรณ์ต่อไปนี้

ก. หลอดไฟสัญญาณ 3 ดวง สำหรับแสดงว่าไฟมาป้อนเข้าแผงครบทุกเฟส

ข. โวลท์มิเตอร์ที่สามารถอ่านค่าได้ระหว่าง 0-500 โวลท์ พร้อมสวิตช์เลือก สำหรับวัดค่าความต่างศักย์แต่ละเฟส

ค. แอมป์มิเตอร์ที่มีช่วงวัดพอเหมาะพร้อมสวิตช์เลือกและ Current transformer สำหรับวัดค่ากระแสไฟในสายแต่ละเส้นของเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำเย็น และเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น เครื่องละ 1 ชุด

#### 8.4.6 PUSH BUTTON และหลอดไฟสัญญาณ

ซึ่งแสดงว่าเครื่องกำลังทำงานอยู่ สำหรับอุปกรณ์ที่มีความสำคัญ รวมทั้งเครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ทุกเครื่อง

#### 8.4.7 หม้อแปลงวงจรควบคุม (CONTROL TRANSFORMER)

ต้องเป็นชนิด dry type separate winding ใช้กับระบบไฟ 1Ph/50Hz ติดตั้งพร้อม สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติทางด้าน primary

#### 8.4.8 หม้อแปลงของระบบไฟสัญญาณ (LIGHTING TRANSFORMER)

ถ้าจำเป็นต้องติดตั้งให้ใช้ชนิด dry type

#### 8.4.9 ป้ายชื่อ (NAMEPLATE)

ป้ายชื่อของอุปกรณ์ทุกชนิด ต้องเป็นแบบพลาสติกสีดำอัดแข็ง (Phenolic) แกะสลักอักษรตัวใหญ่สีขาวขนาดตามที่พิจารณาอนุมัติ

#### 8.4.10 แผงสวิตช์จ่ายไฟเฉพาะแห่ง (LOCALIZED A/C SWITCHBOARD)

แผงสวิตช์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์ติดตั้งกระจายตามที่ต่างๆ นั้น ต้องมีการออกแบบให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้งาน ตัวตู้ต้องเป็นแบบ general purpose หรือแบบกันน้ำได้ (Water tight) ขนาดแผงต้องมีขนาดพอเหมาะ ที่จะบรรจุเครื่องช่วยการเริ่มเดินของมอเตอร์ (Motor starter) พร้อมวงจร interlock และวงจรควบคุมจากระยะไกล (Remotely control circuit) และปุ่มกดปิด-เปิด (Push button) Toggle switch หลอดไฟสัญญาณสีแดงซึ่งแสดงว่ามอเตอร์กำลังทำงาน บานประตูหน้าแผงต้องติดแผ่นป้ายบอกชื่ออุปกรณ์ทุกชนิด

### 8.5 การติดตั้ง

#### 8.5.1 การเดินสายไฟวงจรควบคุม (CONTROL WIRING)

สายไฟที่ใช้ต้องเป็นชนิด มอก. 838-2531 70°C ขนาดไม่เล็กกว่า 1.5 ตร.มม. ฉนวนหุ้มสายมีหลายสีเพื่อใช้เป็นรหัสสาย สายทั้งหมดต้องร้อยในท่อ EMT หรือ IMC จำนวนสูงสุดที่ร้อยได้ในท่อแต่ละขนาดต้องเป็นไปตามที่ระบุใน NEC บริเวณใดที่จำเป็นต้องทำการบำรุงรักษา ผู้รับจ้างต้องร้อยสายในท่อชนิดอ่อน (Flexible Conduit) หรือติดตั้งสวิตช์ตัดตอนไว้ตามความจำเป็น

#### 8.5.2 การเดินสายไฟกำลัง (POWER WIRING)

ก. สายไฟกำลังต้องเป็นชนิด มอก. 11-2531 70°C ตัวนำแกนเดียว ฉนวน สามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้ 750 โวลท์ ขนาดสายต้องทนกระแสไฟฟ้าได้ตาม NEC แต่ไม่น้อยกว่า 125% ของกระแสสูงสุดที่อุณหภูมิ 40°C และแรงดันไฟฟ้าต้องตกไม่เกิน 2% ที่กระแสไฟฟ้าสูงสุดโดยวัดจากแผง A/C power distribution board

ข. สายไฟฟ้าที่เดินภายในอาคารให้ร้อยในท่อชนิดบาง (EMT) หรือท่อโลหะชนิดอ่อน (Flexible metallic conduit) ที่สามารถกันน้ำได้

ค. ส่วนสายไฟที่เดินฝังในคอนกรีตหรืออยู่นอกอาคารให้ร้อยในท่อชนิดกลาง (IMC) ท่อร้อยสายต้องเป็นชนิด UL-approved

ง. ต้องทำตามกฎของการไฟฟ้านครหลวง มาตรฐานควบคุมการก่อสร้างและติดตั้งไฟฟ้าของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยและUS, NEC โดยถือฉบับล่าสุดเป็นหลัก ผู้รับจ้างต้องแก้ไขงานที่ทำผิดกฎต่างๆ ดังกล่าวให้ถูกต้องโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายใดๆ เพิ่มทั้งสิ้น

## บทที่ 9 การตกแต่งและการทาสี

### 9.1 การทาสีและพ่นสี

ก. ชิ้นส่วนและอุปกรณ์ทุกชนิดตามมาตรฐานของผู้ผลิต จะต้องพ่นสีเสร็จเรียบร้อยจากโรงงาน ผิวส่วนใดที่เสียหายหรือบุบ จะต้องซ่อมและตกแต่งให้สวยงามเข้ากับสีเดิม

ข. ทาสีหรือพ่นสีในสถานที่ติดตั้ง (Field painting) ของผิวของวัสดุและอุปกรณ์ ต่อไปนี้

- ที่รองรับที่ประกอบขึ้นใช้เอง (Shop fabricated support)
- ที่แขวนท่อน้ำ
- ที่รองรับและแขวนท่อน้ำ
- ท่อน้ำ
- วาล์วต่างๆ
- ท่อร้อยสายไฟส่วนที่มองเห็นได้ (Exposed conduit)
- Cooling tower

ค. การเตรียมพื้นผิว (SURFACE PREPARATION)

เนื้อโลหะส่วนที่จะทาสี ต้องขจัดคราบน้ำมันด้วยทินเนอร์ หรือน้ำมันก๊าด และขจัดขี้สนิมและสิ่งสกปรกต่างๆออกให้หมดด้วยการขัดกระดาษทราย หรือแปรงลวด ล้างสะอาดด้วยน้ำแล้วเช็ดหรือเป่าลมให้แห้ง หลังจากนั้นจึงค่อยทาสีรองพื้นสั้มนกันสนิม Red Lead Primer 2 ชั้น ก่อนทาทับด้วย Alkyd Finishing Paint อีก 2 ชั้น

### 9.2 ป้ายชื่อ (IDENTIFICATION)

ก. เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ (Instrument and equipment) ผู้รับจ้างต้องจัดทำป้ายชื่อติดไว้ข้างใต้เกจ เทอร์โมมิเตอร์ มาตรวัด หลอดไฟสัญญาณ remote control switch, motor controller และอื่นๆ เพื่อแสดงชื่อการใช้งานตามที่ปรากฏใน flow diagram แผ่นป้ายต้องทำด้วยพลาสติกอัดสีดำ (Phenolic) แกะสลักตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ตามที่พิจารณาเห็นชอบ การยึดแผ่นป้ายให้ใช้สกรู

ข. ถ้าสามารถทำได้ ป้ายชื่อของวาล์วต้องทำด้วยแผ่นอลูมิเนียม แกะสลักตัวอักษรผูกติดไว้ที่ตัวตามแต่จะพิจารณาอนุมัติ อุปกรณ์ชนิดใดที่มีหลายชุดจะต้องมีเลขหมายกำกับตามที่แสดงไว้ใน flow diagram

ค. ป้ายชื่อของท่อ (Pipe identification) ตัวอักษรที่กำกับบนตัวท่อต้องเป็นสีดำ ผู้รับจ้างอาจใช้ตัวอักษรที่ทำสำเร็จรูป ซึ่งสามารถปะติดได้โดยไม่หลุดลอกแทนการทำ painting stencil

**การจัดป้ายชื่อของท่อ ต้องเป็นดังนี้**

<u>ชนิดของท่อ</u>	<u>รหัสสีท่อ</u>	<u>รหัสแถบสีลูกศร</u>	<u>อักษรกำกับ</u>
Make-up Water	แดง	เหลือง	MW
Chilled Water Supply	ฟ้าอ่อน	เหลือง	CHS
Chilled Water Return	น้ำเงินเข้ม	เหลือง	CHR
Condenser Water Supply	เขียวอ่อน	เหลือง	CWS
Condenser Water Return	เทา	เหลือง	CWR
Softened Water	ขาว	เหลือง	SW
Refrigerant line Suction	เหลืองอ่อน	ขาว	RS
Refrigerant line Liquid	เหลืองอ่อน	ขาว	RL

**ขนาดของแถบสีลูกศรและตัวอักษร เป็นดังนี้**

<u>ขนาดท่อ</u>	<u>ความสูงของแถบสีลูกศร</u>	<u>ความสูงของตัวอักษรในแถบสีลูกศร</u>
½ - 1 ½ นิ้ว	สูง 1 นิ้ว x ยาวตามต้องการ	3/4 นิ้ว
2 - 3 นิ้ว	สูง 1 ½ นิ้ว x ยาวตามต้องการ	1 นิ้ว
4 - 6 นิ้ว	สูง 3 นิ้ว x ยาวตามต้องการ	2 นิ้ว
ใหญ่กว่า 6 นิ้ว	สูง 6 นิ้ว x ยาวตามต้องการ	4 นิ้ว

**ระยะห่างของการพันแถบสีลูกศรและตัวอักษรกำกับท่อต่อละแห่ง เป็นดังนี้**

ท่อที่เดินอยู่ภายในห้องเดียวกัน ประมาณ 2 เมตร

ท่อที่เดินในแนวตรง ไม่เกิน 4 เมตร

ท่อที่ต่อเข้าหรือออกจากอุปกรณ์ขึ้นใดๆ ท่อละแห่งใกล้อุปกรณ์นั้นๆ มากที่สุด

ลูกศรซึ่งแสดงทิศทางการไหลของสารในท่อ ต้องพ่นนำหน้าแถบรหัสสีและที่ท่อโค้งทุกอัน

ท่อส่วนใดที่สารภายในอาจไหลกลับทิศทางการไหลได้ ให้พ่นลูกศรสองอันกลับทิศกันกำกับไว้



## บทที่ 10 การปรับสมดุล การทดสอบระบบลมและระบบน้ำ

### 10.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ก. ผู้รับจ้างต้องจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ที่จำเป็นและเหมาะสมทั้งหมด เพื่อใช้วัดปริมาณลม แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความเร็วรอบพัดลม ความดันสถิต ความเร็วลม ความดันตกคร่อม ด้านน้ำ แรงดันน้ำยาและค่าอื่นๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการประเมินสมรรถนะของระบบ การปรับแต่งปริมาณต่างๆ ให้เป็นไปตามที่ต้องการและเพื่อการทดสอบระบบ

ข. ผู้รับจ้างเป็นผู้จัดหา บำรุงรักษา และเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายต่างๆ ทั้งหมด ได้แก่ อุปกรณ์ เครื่องมือวัดและดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของผู้ดำเนินการทดสอบ

ค. ในการปรับแต่งหรือปรับสมดุลขั้นสุดท้าย อุปกรณ์หรือระบบจะต้องทำงานในสภาวะและสมรรถนะตามที่ระบุในแบบหรือในรายการข้อกำหนด

ง. ให้ถอดเปลี่ยนหรือถอดซ่อมอุปกรณ์ระบบหรืองานที่ตรวจพบความผิดปกติในระหว่างทำการทดสอบการปรับสมดุลและการทดสอบระบบลมและระบบน้ำ ให้เริ่มทำการทดสอบ เมื่อระบบได้รับการติดตั้งอย่างสมบูรณ์ครบถ้วนแล้ว และให้ดำเนินการทดสอบเต็มรูปแบบและต่อเนื่องตลอดวันทำการทดสอบ

### 10.2 รายงานการปรับสมดุลและสมรรถนะที่ได้จากการทดสอบ

จัดส่งรายงานการประเมินผล การปรับสมดุลระบบลมและระบบน้ำทั้งระบบที่ผ่านการอนุมัติจากวิศวกรควบคุมงาน จำนวนสาม (3) ชุด รายงานผลการทดสอบดังกล่าวต้องประกอบด้วยหัวข้อข้างล่างนี้เป็นอย่างน้อย

#### 10.2.1 รายงานการปรับสมดุลและการทดสอบด้านลม

ก. **เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก พัดลม** ประกอบด้วยข้อมูลการติดตั้งดังนี้

ชื่อผู้ผลิตและรุ่นเครื่อง

ขนาด

การจัดวางเครื่อง ด้านลมจ่ายและระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ขนาดแรงม้ามอเตอร์ แรงดันไฟฟ้า ความถี่ เฟสและกระแสไฟฟ้าที่ภาระสูงสุด

ตำแหน่งติดตั้งและข้อมูลจำเพาะต่างๆ

ข้อมูลออกแบบของอุปกรณ์ทั้งหมดตามที่ระบุใน Equipment Schedule, Drawing และ Specification

ข. **ข้อมูลการทดสอบพัดลม** ดังนี้ (ทั้งที่อัตราการไหลสูงสุดและต่ำสุด)

ปริมาณลม

ความดันสถิตยัด้านดูดและด้านจ่ายของพัดลมทุกเครื่อง

ความเร็วรอบ (RPM)

กระแสไฟฟ้าขณะใช้งานของมอเตอร์

แรงแม่เบรคขณะใช้งานของมอเตอร์ (หน่วย Watts หรือ kW)

ค. **ข้อมูลการทดสอบระบบส่งลม** ดังนี้

ปริมาณลมในท่อที่อัตราการไหลสูงสุดและต่ำสุดที่ท่อลมหลัก ท่อลมรอง ท่อ

ลมกิ่ง ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ ปริมาณลมทั้งหมด ปริมาณอากาศระบาย

ขนาดท่อลม

จำนวนจุดวัดความดัน

ผลรวมความเร็วลมสุทธิ (หมายเหตุ ไม่ควรเพิ่มความดันที่วัดได้)

ความเร็วลมเฉลี่ย

ปริมาณลมที่วัดได้จากการทดสอบ

ปริมาณลมที่ออกแบบ

ง. **ข้อมูลอุปกรณ์ขับเคลื่อนอากาศ** ดังนี้

หมายเลขเครื่องดูดอากาศหรือจ่ายอากาศตำแหน่งติดตั้งหรือพื้นที่ใช้งาน

และจำนวนที่ออกแบบ

ชนิด ขนาด ผู้ผลิตและแคตตาล็อกแสดงข้อมูลจำเพาะ

การประยุกต์แฟคเตอร์การใช้งาน ความเร็ว พื้นที่ และพื้นที่ที่ออกแบบ

ความเร็วลมที่ออกแบบและที่บันทึกได้ ความเร็วที่ state core ความเร็วที่

ทางเข้า เป็นต้น

ปริมาณลมที่ออกแบบและที่วัดได้

ตำแหน่ง deflector vane หรือ diffuser cone ที่ปรับตั้งอุณหภูมิห้องภายใต้

สภาวะการใช้งานจริง (ขณะเปิดไฟแสงสว่าง) และที่อุณหภูมิภายนอกในฤดู

ร้อนสำหรับระบบปรับอากาศ

10.2.2 **รายงานการปรับสมดุล และการทดสอบด้านน้ำ**

ก. **ข้อมูลการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ** ดังนี้

1. ชื่อผู้ผลิตและรุ่นเครื่อง

2. ขนาด

3. ประเภทการขับเคลื่อน

4. ขนาดแรงแม่เบรคมอเตอร์ แรงดันไฟฟ้า เฟส ความถี่ กระแสไฟฟ้าที่ภาระสูงสุด

5. กราฟแสดงคุณลักษณะของเครื่องสูบน้ำระหว่างความดัน-อัตราการไหล และแรงม้าเบรค-อัตราการไหล
- ข. ข้อมูลออกแบบเครื่องสูบน้ำ
1. ปริมาตรอัตราการไหลของน้ำ
  2. ความต้านทานแรงดันด้านสถิตและพลวัต
  3. ความเร็วรอบเครื่องสูบน้ำ (RPM)
  4. กระแสไฟฟ้าและแรงม้าเบรค
- ค. ข้อมูลที่วัดได้ของเครื่องสูบน้ำ
1. ความดันด้านจ่าย ที่อัตราการไหลสูงสุดและที่อัตราการไหลเป็นศูนย์
  2. ความดันด้านดูด ที่อัตราการไหลสูงสุดและที่อัตราการไหลเป็นศูนย์
  3. ความดันขณะใช้งาน
  4. อัตราการไหลขณะใช้งาน โดยอ่านจากเส้นกราฟแสดงคุณลักษณะของเครื่องสูบน้ำ
  5. กระแสไฟฟ้า
- ง. ข้อมูลการติดตั้งซิลเลอร์ คูลิ่งทาวเวอร์ คอยล์เย็น
1. ชื่อผู้ผลิต และรุ่นเครื่อง
  2. ขนาด
  3. ชนิดและการจัดวาง
  4. ขนาดแรงม้ามอเตอร์ กำลังป้อนเข้าคอมเพรสเซอร์ แรงดันไฟฟ้า ความถี่ เฟสและกระแสไฟฟ้าสูงสุด
  5. ตำแหน่งติดตั้งและข้อมูลจำเพาะ
- จ. ข้อมูลออกแบบซิลเลอร์ คูลิ่งทาวเวอร์ คอยล์เย็น
1. ภาวะความร้อนตามทีออกแบบ
  2. อัตราการไหลของน้ำตามทีออกแบบ
  3. อุณหภูมิน้ำทั้งขาเข้า-ขาออก
  4. อุณหภูมิอากาศขาเข้า-ขาออกคอยล์ (ทั้ง db, wb)
  5. อัตราการไหลของลมตามทีออกแบบ (เฉพาะคอยล์)
  6. ความดันตกคร่อมด้านน้ำ
- ฉ. ข้อมูลที่วัดได้ของซิลเลอร์ คูลิ่งทาวเวอร์ คอยล์
1. ชนิดและข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ ตำแหน่งการจัดวางหรือหมายเลขเครื่อง

2. อุณหภูมิอากาศเข้า-ออกคอยล์ (ทั้ง db, wb)
3. อุณหภูมิน้ำเข้า-ออก
4. อัตราการไหลเชิงปริมาตร
5. อุณหภูมิแตกต่างที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง

### 10.3 การทดสอบเบื้องต้นโดยผู้รับจ้าง

ก. ก่อนที่จะเดินเครื่องหรือระบบใดๆ ก็ตาม ให้ตรวจสอบทั้งระบบให้ทั่วก่อนว่าได้ล้างและทำความสะอาดระบบหรือไม่ อุปกรณ์ต่างๆ ติดตั้งอย่างถูกต้องเหมาะสมหรือไม่ ระบบต่างๆ ของเครื่องพร้อมใช้งานหรือไม่ โดยให้ยึดถือปฏิบัติตามคู่มือจากโรงงานผู้ผลิต

ข. ตรวจสอบระบบหล่อลื่นลูกปืนต่างๆ เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายจาก overlubrication และ blowing out seal พร้อมทั้งตรวจสอบการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ผู้รับจ้างต้องดำเนินการแก้ไขอุปกรณ์ที่เสียหายโดยการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างก่อน

ค. ภายหลังจากดำเนินการตามข้างต้นแล้ว ให้ผู้รับจ้างถอดทำความสะอาดแผงกรองอากาศหรือเปลี่ยนชิ้นใหม่ก่อนที่จะดำเนินการทดสอบ

ง. ผู้รับจ้างต้องทำความสะอาดท่อทั้งระบบให้ปราศจากสิ่งสกปรก สิ่งแปลกปลอม จัดเตรียมท่อ bypass ชั่วคราวที่คอยล์น้ำทุกเครื่อง เพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอมจากการล้างระบบท่อจะเข้าไปอุดตันในคอยล์และให้ทำความสะอาดตัว strainer และวาล์วทุกตัวด้วย ในขณะที่เติมน้ำหรือสารทำความเย็นเข้าสู่ระบบให้ทำการระบายอากาศในระบบทั้งผ่านทาง air vent valve

จ. ผู้รับจ้างต้องทำความสะอาดชิ้นส่วนภายในของเครื่องส่งลมเย็นและ plenum ทั้งหมด จากนั้นเดินแบริคัมดูเอาสิ่งสกปรกในระบบออกให้หมดก่อน จึงจะเริ่มเดินเครื่องส่งลมเย็นและติดตั้ง outlet and inlet grilles, registers, diffusers

### 10.4 การทดสอบสมรรถนะและปรับสมดุล

ก. แจ้งวันทดสอบให้วิศวกรควบคุมงานทราบล่วงหน้าอย่างน้อย 10 วัน

ข. นอกเหนือจากความสมบูรณ์ในการทดสอบแรกเริ่ม หรือก่อนที่วิศวกรควบคุมงานจะยอมรับมอบงาน ระบบและอุปกรณ์ต่างๆ ต้องเดินเครื่องทดสอบเป็นเวลาต่อเนื่องอย่างน้อย 5 วัน เพื่อยืนยันความสมบูรณ์ของระบบทั้งหมด

ค. ปรับแต่งและปรับสมดุลทั้งทางด้านลมและด้านน้ำ รวมถึงอุปกรณ์ร่วมอื่นๆ เพื่อให้ระบบสามารถส่งลม ส่งน้ำ ได้ตามที่ออกแบบ และตามคำแนะนำจากวิศวกรควบคุมงาน โดยทดสอบแบบแยกย่อยเป็นจุดๆ ว่าสามารถทำงานได้ครบตามต้องการ ทำการทดสอบขั้นสุดท้าย

หลังจากได้แก้ไข และปรับแต่งแล้วเสร็จ ให้ปิดรูสอดเครื่องมือวัดต่างๆ เมื่อได้ดำเนินการปรับสมดุลระบบเสร็จสมบูรณ์

- ทดสอบและปรับแต่งปริมาณลมที่ outlet และ inlet ให้อยู่ในช่วง  $\pm 10\%$  ของค่าออกแบบ
- ทดสอบและปรับแต่งปริมาณลมที่ทางออกพัดลม ให้อยู่ในช่วง  $\pm 10\%$  ของค่าออกแบบ

## 10.5 การปรับสมดุลด้านระบบลม

ก. วัดปริมาณลมในท่อลมหลักและท่อลมกิ่ง โดยใช้ pitot tube วัดที่จุดกึ่งกลางพื้นที่หน้าตัดของท่อลม กรณีที่ความเร็วในท่อลมตั้งแต่ 5.1 m/s ขึ้นไป ให้ใช้ inclined manometer (draft gauge) หรือ magnetic gauge ส่วนความเร็วต่ำกว่า 5.1 m/s ให้ใช้ micromanometer, hook gauge หรือเครื่องมือวัดอื่นๆ ภายหลังจากทำการปรับสมดุลด้านลมเรียบร้อยแล้ว ให้ปิดช่องสอดเครื่องมือวัดดังกล่าวด้วย snap-in plug

ข. วัดปริมาณอากาศที่ outlet และ inlet โดยอ่านค่าโดยตรงจาก velocity meter ทั้งนี้ต้องทำตามคำแนะนำของผู้ผลิต register และ grille

ค. ปรับความเร็วรอบของพัดลมเพื่อให้ได้ปริมาณลมทั้งหมดตามต้องการ ใช้ splitter damper สำหรับปรับปริมาณลมที่ท่อลมกิ่ง หลังจากได้ปรับสมดุลด้านลมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทำเครื่องหมายถาวรแสดงตำแหน่ง damper ไว้ด้วย เพื่อให้สามารถกลับมาตำแหน่งที่ถูกต้องได้ ถ้ามีการขยับ damper

ง. ห้ามปรับแต่งปริมาณลมที่ outlet deflector, grille หรือ air scoop

จ. หลังจากที่ได้ปรับสมดุลปริมาณลมที่ทุกๆ หัวจ่ายของ register การปรับแต่ง supply register bar ต้องดำเนินการภายใต้คำแนะนำของวิศวกรควบคุมงาน เพื่อให้ได้แนวการกระจายลมที่ดีที่สุด

ฉ. ทำการทดสอบและวัดปริมาณลมที่ full speed mode นอกเหนือจากทำที่ low speed mode

ช. ปรับแต่งอุปกรณ์ควบคุมปริมาณลมของ AHU เช่น actuator, damper และอื่นๆ ให้ได้ปริมาณลมตามที่ออกแบบ และปรับสมดุลภายใต้สภาวะต่างๆ ได้แก่ การหมุนเวียนลมกลับ และที่ free cooling mode พร้อมกับส่งบันทึกผลการทดสอบด้วย

## 10.6 การปรับสมดุลระบบน้ำ

ก. ให้ดำเนินการวัดปริมาณน้ำและปรับสมดุลอัตราการไหล โดยใช้ Annubar หรือ Venturis และ portable flow meter ตามที่ระบุ

ข. ในระหว่างขั้นตอนการปรับสมดุล ให้ตั้ง automatic control valve ที่อัตราการไหลสูงสุดเมื่อผ่านคอยล์

ค. ใช้ค่าความดันแตกต่างตกคร่อมปั๊ม เป็นตัววัดขนาดของปั๊มน้ำ การปรับเปลี่ยนวงจรมอเตอร์ปั๊มน้ำให้ใช้ Balancing Valve เมื่อดำเนินการปรับสมดุลระบบเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ทำเครื่องหมายอย่างถาวรที่ Balancing Valve เพื่อสามารถกลับสู่ตำแหน่งเดิมได้เมื่อถูกเปลี่ยนแปลง

ง. ภายหลังจากการปรับสมดุลระบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้อ่านค่า running current ที่ปั๊มน้ำทุกตัว ถ้ามีมอเตอร์ปั๊มน้ำทำงานเกินภาวะ ให้ทำการปรับแก้ไขให้ถูกต้องพร้อมส่งมอบงานแก้ไขกับวิศวกรควบคุมงาน ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายดังกล่าวถือเป็นภาระความรับผิดชอบของผู้รับจ้างทั้งสิ้น

## บทที่ 11 มาตรฐานผลิตภัณฑ์

### 11.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ในการกำหนดนาม และ/หรือ ผู้ทำวัสดุอุปกรณ์ไว้นั้น ให้ถือเป็นการกำหนดให้ทราบถึง ลักษณะ คุณภาพ และการทำงานของอุปกรณ์นั้น ในกรณีที่ผู้รับจ้างต้องการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่เทียบเท่า หรือนอกเหนือจากมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ในแบบ และ/หรือ รายการ ผู้รับจ้างต้องพิสูจน์ และชี้แจงให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาให้ความเห็นชอบก่อน โดยทำตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่เสนอเทียบเท่ากับรายละเอียดที่กำหนดไว้ หากผู้ว่าจ้างเห็นว่าจำเป็นต้องมีการทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพกับวัสดุและอุปกรณ์ที่กำหนด ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้ชำระค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น

### 11.2 รายชื่อผลิตภัณฑ์มาตรฐาน

#### FANCOIL AND AIR HANDLING UNIT

Carrier,	USA
Trane,	USA
York,	USA
Daikin	Japan
BENDIG	Thailand

#### VENTILATION FAN

Greenheck,	USA
Kruger,	Switzerland
Mitsubishi,	Japan
Panasonic,	Japan
Nicotra,	Italy
Daikin,	Japan
Toshiba,	Japan

Wolter, National, Fantech, Sharp, Hitachi, Sanyo

#### VIBRATION ISOLATOR

Mason,	USA
Tozen,	Japan
Metraflex,	USA

#### GATE VALVE AND GLOBE VALVE

Kitz,	Japan
Nibco,	USA
Watts,	USA
Keystone,	USA
Crane, Valor, Hattersley, Hoffer	

#### BUTTERFLY VALVE

Kitz,	Japan
Nibco,	USA
Watts,	USA
Keystone,	USA
Crane, Valor, Hattersley, Hoffer	

#### CHECK VALVE

Metraflex,	USA
Nibco,	USA
Val-Matic,	USA
Watts,	USA
Crane, Hattersley, Hoffer, Valor	

#### AUTOMATIC FLOW LIMITING VALVE

Auto Flow,	USA
Danfoss,	Denmark
Flow Con,	USA
ESBE,	Sweden
Frese	Denmark

#### AUTOMATIC BALANCING AND TEMPERATURE CONTROL VALVE (PICV

Valve)

Auto Flow,	USA
OVENTROP	Germany
Danfoss,	Denmark
Honeywell,	USA
Flow Con,	USA



ESBE,	Sweden
Frese	Denmark
TA	

#### WATER STRAINER

Kitz,	Japan
Metraflex,	USA
Nibco,	USA
Toyo,	Japan
Watt, Valor, Crane	

#### AUTOMATIC AIR VENT

American Air Vent,	USA
Armstrong,	USA
Metraflex,	USA
Val-Matic,	USA
Crispin,	USA
Weflo,	

#### PRESSURE DIFFERENTIAL CONTROL VALVE

Bermad,	Israel
Ocv,	USA
Muesco,	USA
Singer,	USA
Valor,	Local
Wilkins	USA

#### FLOW SWITCH

Mc-Donell,	USA
Miller,	USA
Penn,	USA

#### FLEXIBLE PIPE CONNECTOR AND EXPANSION JOINT

Mason,	USA
Metraflex,	USA
Tozen,	Japan

#### SOUND ATTENUATOR

ABEc,	Thailand
IAC,	Thailand
Mason Acoustics,	Thailand

#### PRESSURE GAUGE AND THERMOMETER

Taylor,	USA
Trerice,	USA
Weksler,	USA
Weiss,	USA

#### WATER METER

Asahi,	JAPAN
Kent,	UK
Schlumberger,	USA

#### FLOW METER

Eagle Eye,	USA
Metraflex,	USA
Pennwalt,	USA

#### AUTOMATIC CONTROL VALVE, THERMOSTAT EQUIPMENT

Danfoss,	Denmark
Honeywell,	USA
Johnson Control,	USA
Siemens,	German
TAC,	Sweden
Yamatake,	Japan
Regin,	Sweden

#### GALVANIZED STEEL SHEET

Singha,	Thailand
Biue Scope	Thailand
Thai Galvanized Steel,	Thailand
Truzing,	Thailand

#### BLACK STEEL SHEET

Singha, Thailand

Thai Galvanized Steel, Thailand

Truzing, Thailand

#### FIBERGLASS INSULATION

Microfiber, Thailand

SFG, Thailand

BSF,

#### AIR FILTER

American Air Filter, USA

Farr, USA

Filtration Group, USA

#### GRILLES, REGISTERS AND DIFFUSERS

Flowthru, Thailand

Komfort Flow, Thailand

Metal Duct, Thailand

Stream air, Thailand

Escoflow, Thailand

#### FILTER GAUGE

American Air Filter, USA

Dwyer, USA

Honeywell, USA

#### FIRE DAMPER

Greenheck, USA

Metal Aire, USA

Ruskin, USA

Belimo, Switzerland

#### FIRE BARRIER

3M, USA

Furukawa, Japan

GE, USA

KBS, German

Sumitomo Electric, Japan

Tremco, Astro, Flame, STI

#### VIBRATION ISOLATOR

Mason, USA

Tozen, Japan

Vibration Mounting, USA

#### POLYVINYL CHLORIDE PIPE

Siam Cement Pipe, Thailand

Thai Pipe, Thailand

Pacific Pipe, Thailand

#### BLACK STEEL PIPE

Inter Steel Pipe, Thailand

Thai Union Steel Pipe, Thailand

Thai Steel Pipe, Thailand

Pacific Pipe, Thailand

Siam Steel Pipe, Thailand

Samchai Steel, Thailand

KLM Steel Pipe, Thailand

FSP, COTCO, MITR STEEL, SPS

#### GALVANIZED STEEL PIPE

Inter Steel Pipe, Thailand

Thai Union Steel Pipe, Thailand

Thai Steel Pipe, Thailand

Pacific Pipe, Thailand

Siam Steel Pipe, Thailand

Samchai Steel, Thailand

KLM Steel Pipe, Thailand

COTCO, SPS

#### PIPE INSULATION (CLOSED CELL ELASTOMERIC FOAM)

Aeroflex, Thailand

Armaflex, Thailand

Maxflex,	Thailand
K-flex,	Thailand
MOTOR	
ABB,	USA
Brook,	UK
Mitsubishi,	Japan
Siemens,	Germany
INVERTER & VARIABLE SPEED CONTROLLER	
ABB,	Local
Danfoss,	Denmark
Siemens,	Germany
LEVEL ALARM SWITCH	
Omron,	Germany
Johnson Control,	USA
FIRE STAT	
Siemens,	Germany
Johnson Control,	USA
SWITCH GEAR	
ABB,	USA
Siemens,	Germany
Square-D,	USA
Westinghouse,	USA
STARTER	
AEG,	Germany
Siemens,	Germany
Square-D,	USA
Westinghouse,	USA
CIRCUIT BREAKER	
ABB,	USA
Merlin Gerin,	France
Siemens,	Germany

Square-D,	USA
Westinghouse,	USA
CONTACTOR & CONTROL RELAY	
Fuji,	Japan
Siemens,	Germany
Square-D,	USA
Telemecanique,	France
SWITCH BOARD	
ABB,	Thailand
SCI,	Thailand
Siam Industry,	Thailand
Siemens,	Germany
Square-D,	USA
Westinghouse,	USA
METERING EQUIPMENT	
ABB,	Thailand
Crompton,	UK
Mitsubishi,	Japan
Siemens,	Germany
Westinghouse,	USA
ELECTRICAL CONDUCTOR	
Bangkok Cable,	Thailand
Phelps Dodge,	Thailand
Thai Yazaki,	Thailand
ELECTRICAL CONDUIT	
CDC,	Thailand
Matsushita,	Japan
TAS,	Thailand
TSP,	Thailand
FIRE RESISTANCE CABLE	
Draka,	UK

Furogawa,	Japan
Pirelli,	Germany

PRE INSULATED PIPE

Flexalen,  
Gekko,

ELECTRONIC AIR FILTER

Daikin,  
ECO Air,  
Honey Well,  
Alpinc,  
Trion,

ULTRAVIOLET (UV) AIR PURIFIER

Steril - Air,	Usa
Renox,	Usa
Airknight,	Usa
UV Matrix,	

PRE – INSULATE DUCT

Easy,	Dubi
P3 ductl,	Italy
Kingspan,	Uk
Gekko,	