

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| ใบรับรองโครงการ | ก |
| บทคัดย่อ | ข |
| Abstract | ค |
| กิตติกรรมประกาศ | ง |
| สารบัญ | จ |
| สารบัญตาราง | ฉ |
| สารบัญรูปภาพ | ญ |
| ลำดับสัญลักษณ์ | ฎ |
| | |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 หลักการ และเหตุผลของการศึกษาปริญญาโท | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 1 |
| 1.3 ขอบข่ายของปริญญาโท | 2 |
| 1.4 กิจกรรมการดำเนินงาน | 2 |
| 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากปริญญาโท | 2 |
| 1.6 งบประมาณในการจัดทำปริญญาโท | 2 |
| | |
| บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหอฝิ่งน้ำ | |
| 2.1 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับหอฝิ่งน้ำ | 3 |
| 2.2 ส่วนประกอบภายในหอฝิ่งน้ำ | 3 |
| 2.2.1 เคสซึ่ง (Casing) | 6 |
| 2.2.2 อ่างเก็บน้ำ (Basin) | 6 |
| 2.2.3 ขารับตัวถัง (Tower Support) | 6 |
| 2.2.4 โครงมอเตอร์พัดลม (Motor Frame) | 6 |
| 2.2.5 ตะแกรงลม (Inlet Louver) | 6 |
| 2.2.6 มอเตอร์พัดลม (Fan Motor) | 7 |
| 2.2.7 แผงดักละอองน้ำ (Eliminator) | 7 |
| 2.2.8 ชุดใบพัดลม (Fan) | 7 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|-----------|
| 2.2.9 ฟิลลิ่ง (Filling) | 7 |
| 2.2.10 ชุดกระจายน้ำ (Sprinkler System) | 8 |
| 2.3 ชนิดของหอผึ่งน้ำ | 8 |
| 2.3.1 ระบบน้ำ (Water Circulate System) | 8 |
| 2.3.2 ระบบควบคุมลม (Air Control) | 10 |
| 2.3.3 ทิศทางไหลของลม (Direction Air Flow) | 12 |
| 2.4 หอผึ่งน้ำที่นิยมใช้ในประเทศไทย | 13 |
| 2.4.1 Induced Draft Counter Flow | 13 |
| 2.4.2 Induced Draft Cross Flow | 13 |
| 2.5 การคำนวณการถ่ายเทความร้อนในหอผึ่งน้ำ | 15 |
| 2.6 การคำนวณขนาดหอผึ่งน้ำ | 17 |
| 2.7 ประสิทธิภาพของหอผึ่งน้ำ | 20 |
| บทที่ 3 การติดตั้ง ตรวจสอบ และบำรุงรักษาหอผึ่งน้ำ | 22 |
| 3.1 การติดตั้งหอผึ่งน้ำ | 22 |
| 3.1.1 ลักษณะในการติดตั้งหอผึ่งน้ำ | 22 |
| 3.1.2 ข้อควรปฏิบัติในการติดตั้งหอผึ่งน้ำ | 23 |
| 3.1.3 การติดตั้งและเดินท่อน้ำ | 27 |
| 3.1.4 การติดตั้งสายไฟฟ้า | 31 |
| 3.2 การลดปัญหาการสั่นสะเทือนที่เกิดจากหอผึ่งน้ำ | 32 |
| 3.2.1 รากฐาน | 32 |
| 3.2.2 การใช้อุปกรณ์ลดการสั่นสะเทือน | 34 |
| 3.2.3 การต่อสายไฟฟ้าข้ามเดอรั | 34 |
| 3.3 การลดปัญหาเรื่องเสียงที่เกิดจากหอผึ่งน้ำ | 35 |
| 3.3.1 การนำพาเสียง | 35 |
| 3.3.2 การวิเคราะห์ปัญหาของเสียงที่เกิดจากหอผึ่งน้ำ | 35 |
| 3.3.3 การแก้ไขปัญหาเรื่องเสียงที่เกิดจากหอผึ่งน้ำ | 36 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| 3.4 การตรวจสอบหอผึ่งน้ำ | 39 |
| 3.4.1 การตรวจสอบสภาพหอผึ่งน้ำก่อนการใช้งาน | 39 |
| 3.4.2 การตรวจสอบสภาพหอผึ่งน้ำขณะใช้งาน | 49 |
| 3.5 การตรวจวัดทางด้านพลังงานของหอผึ่งน้ำ | 52 |
| 3.5.1 รายการเครื่องมือวัดหรือมาตรวัดที่ใช้ดำเนินการ | 52 |
| 3.5.2 วิธีการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงาน | 52 |
| 3.6 การตรวจวัดทางพลังงานของเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) | 56 |
| 3.7 การบำรุงรักษาหอผึ่งน้ำ | 58 |
| 3.7.1 เคสซิ่งและเบซิน | 58 |
| 3.7.2 ฟिलลิ่ง | 58 |
| 3.7.3 ไบพัส | 58 |
| 3.7.4 ระบบขับเคลื่อนไบพัส | 58 |
| 3.7.5 โครงเหล็กภายใน | 59 |
| 3.7.6 ท่อกระจายน้ำ | 59 |
| 3.7.7 หัวกระจายน้ำ | 60 |
| บทที่ 4 บทสรุป วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ | 66 |
| 4.1 บทสรุป | 66 |
| 4.1.1 ชนิดของหอผึ่งน้ำ | 66 |
| 4.1.2 การคำนวณขนาดหอผึ่งน้ำ | 66 |
| 4.1.3 ประสิทธิภาพของหอผึ่งน้ำ | 67 |
| 4.1.4 การติดตั้งหอผึ่งน้ำ | 67 |
| 4.1.5 วิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาหอผึ่งน้ำ | 67 |
| 4.2 วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ | 69 |
| บรรณานุกรม | 70 |
| ภาคผนวก ก | 71 |
| ภาคผนวก ข | 76 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|-----------|------|
| ภาคผนวก ค | 82 |
| ภาคผนวก ง | 90 |

สารบัญตาราง

| | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 1.1 กิจกรรมการดำเนินการ | 2 |
| ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบระหว่างหอผึ่งน้ำชนิด Induced Draft Counter Flow กับ Induced Draft Cross Flow | 15 |
| ตารางที่ 3.1 มาตรฐานลมของหอผึ่งน้ำแบบ Counter Flow ของบริษัท บางกอกรีฟริกเจอเรชั่น จำกัด | 41 |
| ตารางที่ 3.2 มาตรฐานลมของหอผึ่งน้ำแบบ Cross Flow ของบริษัท บางกอกรีฟริกเจอเรชั่น จำกัด | 41 |
| ตารางที่ 3.3 มาตรฐานการใช้ไฟฟ้าของมอเตอร์ ของบริษัท บางกอกรีฟริกเจอเรชั่น จำกัด | 44 |
| ตารางที่ 3.4 มาตรฐานความคงเสถียรของหอผึ่งน้ำแบบ Counter Flow ของบริษัท บางกอกรีฟริกเจอเรชั่น จำกัด | 46 |
| ตารางที่ 3.5 มาตรฐานความคงเสถียรของหอผึ่งน้ำแบบ Cross Flow ของบริษัท บางกอกรีฟริกเจอเรชั่น จำกัด | 48 |
| ตารางที่ 3.6 ตารางตรวจสอบและแก้ไขปัญหามือเบื้องต้นในหอผึ่งน้ำ ของบริษัท มิตรเทคนิคัลคอนซัลแตนท์ จำกัด | 61 |
| ตารางที่ 3.7 ตารางระยะเวลาที่ควรทำการตรวจสอบหอผึ่งน้ำ ของบริษัท มิตรเทคนิคัลคอนซัลแตนท์ จำกัด | 64 |
| ตารางที่ ข-1 ตารางแสดงคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของน้ำ | 78 |
| ตารางที่ ค-1 ตารางสำหรับเลือกหอผึ่งน้ำ ของบริษัท กูลิ่งแมน จำกัด | 83 |
| ตารางที่ ค-2 ตารางสำหรับเลือกหอผึ่งน้ำ ของบริษัท กูลิ่งแมน จำกัด | 84 |
| ตารางที่ ค-3 ตารางสำหรับเลือกหอผึ่งน้ำ ของบริษัท สแควร์กูลิ่งเทวาเวอร์ จำกัด | 85 |
| ตารางที่ ค-4 ตารางสำหรับเลือกหอผึ่งน้ำ ของบริษัท สแควร์กูลิ่งเทวาเวอร์ จำกัด | 86 |
| ตารางที่ ค-5 ตารางสำหรับเลือกหอผึ่งน้ำ ของบริษัท ซินวา จำกัด | 87 |
| ตารางที่ ค-6 ตารางสำหรับเลือกหอผึ่งน้ำ ของบริษัท เหลียงชิวอุตสาหกรรม จำกัด | 88 |
| ตารางที่ ค-7 ตารางสำหรับเลือกหอผึ่งน้ำ ของบริษัท บี.เค.เค กูลิ่งแอนเนนจิเนียริง จำกัด | 89 |
| ตารางที่ ค-8 ตารางสำหรับเลือกหอผึ่งน้ำ ของบริษัท ไทยกูลิ่งเทวาเวอร์ จำกัด | 90 |

สารบัญรูปภาพ

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของหอผึ่งน้ำแบบ Induced Draft Counter Flow | 4 |
| รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของหอผึ่งน้ำแบบ Induced Draft Cross Flow | 5 |
| รูปที่ 2.3 หอผึ่งน้ำแบบระบบเปิด | 9 |
| รูปที่ 2.4 หอผึ่งน้ำแบบระบบปิด | 9 |
| รูปที่ 2.5 หอผึ่งน้ำระบบควบคุมลมแบบธรรมชาติ | 10 |
| รูปที่ 2.6 หอผึ่งน้ำระบบควบคุมลมแบบมอเตอร์พัดลม | 11 |
| รูปที่ 2.7 หอผึ่งน้ำแบบผสม (Wet-Dry Tower) | 12 |
| รูปที่ 2.8 Induced Draft Counter Flow | 13 |
| รูปที่ 2.9 Induced Draft Cross Flow (ด้านหน้า) | 14 |
| รูปที่ 2.10 Induced Draft Cross Flow (ด้านข้าง) | 14 |
| รูปที่ 2.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำ กับอุณหภูมิอากาศ | 15 |
| รูปที่ 2.12 การแสดงความสัมพันธ์ของน้ำกับอากาศบนตาราง Psychrometric Chart | 16 |
| รูปที่ 2.13 แสดงกราฟแฟกเตอร์ความจุความร้อนในหอผึ่งน้ำ | 21 |
| รูปที่ 3.1 ภาพหอผึ่งน้ำที่ติดตั้งบนอาคาร | 22 |
| รูปที่ 3.2 ภาพหอผึ่งน้ำที่ติดตั้งบนพื้น | 23 |
| รูปที่ 3.3 การติดตั้งหอผึ่งน้ำชิดตัวอาคารหรือผนัง | 24 |
| รูปที่ 3.4 การติดตั้งบานเกล็ดหรือปลีอกลมที่กำแพงด้านข้างหอผึ่งน้ำ | 24 |
| รูปที่ 3.5 การติดตั้งหอผึ่งน้ำให้ห่างจากปล่องควัน | 25 |
| รูปที่ 3.6 การใส่ท่ออ่อน (Flexible tube) ที่บริเวณก่อนเข้าอ่างรับน้ำเพื่อป้องกันการเสียหายแก่อ่างรับน้ำ | 25 |
| รูปที่ 3.7 การต่อท่อบาลานซ์ระหว่างหอผึ่งน้ำเมื่อใช้เครื่องสูบน้ำร่วมกัน | 26 |
| รูปที่ 3.8 การต่อท่อบาลานซ์ที่ทางเข้าและออกหอผึ่งน้ำชนิด Induced Draft Counter Flow | 26 |
| รูปที่ 3.9 การต่อท่อบาลานซ์ที่ทางเข้าและออกหอผึ่งน้ำชนิด Induced Draft Cross Flow | 27 |
| รูปที่ 3.10 ลักษณะของข้อต่อเกลียว (ท่อน้ำสั้น) | 28 |
| รูปที่ 3.11 ลักษณะของข้อต่อเชื่อม (ท่อน้ำเข้า) | 28 |
| รูปที่ 3.12 ลักษณะของข้อต่อหน้าแปลน (ช่วงท่อก่อนเข้าและออก สเตรนเนอร์) | 29 |
| รูปที่ 3.13 ลักษณะการเชื่อมด้วยไฟฟ้าชนิดเชื่อมชน (Butt Weld) | 29 |

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 3.14 การติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศที่จุดสูงสุดของท่อเพื่อระบายอากาศออก | 30 |
| รูปที่ 3.15 การติดตั้ง: 1. วาล์วไหลทางเดียว (Check valve) 2. ตัวกรอง (Strainer) | 31 |
| 3. อุปกรณ์วัดความดัน (Pressure Gate) | |
| รูปที่ 3.16 การติดตั้งสายไฟฟ้าเข้าห้องน้ำ | 32 |
| รูปที่ 3.17 รากฐานคอนกรีตสำหรับการติดตั้งบนพื้นดิน | 33 |
| รูปที่ 3.18 รากฐานโครงสร้างสำหรับการติดตั้งบนอาคาร | 33 |
| รูปที่ 3.19 การติดตั้ง แผ่นยางรองและสปริงระหว่างห้องน้ำกับรากฐาน | 34 |
| รูปที่ 3.20 ลักษณะการส่งผ่านเสียงจากแหล่งกำเนิด | 35 |
| รูปที่ 3.21 ตัวอย่างการติดตั้งปล่องข้อของ Induced Draft Counter Flow | 36 |
| รูปที่ 3.22 ตัวอย่างการติดตั้งปล่องข้อของ Induced Draft Cross Flow | 36 |
| รูปที่ 3.23 ตัวอย่างการติดตั้งปล่องข้อเพื่อเบี่ยงเบนกระแสลมออกไปนอกตัวอาคาร | 37 |
| รูปที่ 3.24 ตัวอย่างการติดตั้งปล่องตรงและปล่องข้อให้สูงพ้นตัวอาคาร | 37 |
| รูปที่ 3.25 รูปห้องน้ำร่นเสียงเบา (Low Noise) | 38 |
| รูปที่ 3.26 บริเวณที่ทำการวัดลมในวิธีการวัดลมแบบ 16 จุด | 40 |
| รูปที่ 3.27 การสุ่มวัดปริมาณลมที่บริเวณ Inlet Louver | 40 |
| รูปที่ 3.28 ภาพของใบพัดและบริเวณของน๊อตที่ต้องการขันเพื่อปรับใบ | 42 |
| รูปที่ 3.29 จุดที่ต้องทำการวัดเสียงของห้องน้ำแบบ Counter Flow | 46 |
| รูปที่ 3.30 จุดที่ต้องทำการวัดเสียงของห้องน้ำแบบ Cross Flow | 47 |
| รูปที่ 3.31 ภาพแสดงจุดการตรวจวัดห้องน้ำ Counter Flow | 54 |
| รูปที่ 3.32 ภาพแสดงจุดการตรวจวัดห้องน้ำ Cross Flow | 55 |
| รูปที่ 3.33 ภาพแสดงการตรวจวัดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น | 57 |
| รูปที่ ข-1 ตาราง Psychrometric Chart | 77 |
| รูปที่ ง-1 ภาพการซ่อมบำรุงฟิลล์ที่อุดตัน | 91 |
| รูปที่ ง-2 ภาพการซ่อมบำรุง โครงเหล็กของห้องน้ำแบบ Induced Draft Counter Flow | 93 |
| รูปที่ ง-3 ภาพการซ่อมบำรุงฟิลล์ | 95 |
| รูปที่ ง-4 ภาพการซ่อมบำรุง โครงเหล็กของห้องน้ำแบบ Induced Draft Cross Flow | 97 |
| รูปที่ ง-5 ภาพการซ่อมบำรุงรักษาท่อกระจายน้ำและหัวกระจายน้ำ | 99 |

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ ง-6 ภาพการเสียหายของมอเตอร์เฟรม | 101 |
| รูปที่ ง-7 ภาพคุมใบพัดที่แตกร้าว และ ใบพัดที่มีตะกรัน | 103 |
| รูปที่ ง-8 ภาพความเสียหายจากผลของใบพัด และคุมใบพัดที่ไม่ได้รับการดูแลรักษา | 104 |

ลำดับสัญลักษณ์

| สัญลักษณ์ | ความหมาย | หน่วย |
|-----------------------|--|---|
| α_1 | แฟกเตอร์ความจุความร้อนในหอฝิ่งน้ำ | - |
| ΔP | ค่าความแตกต่างของความดันน้ำ | ft.WG. |
| ΔT | ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ | $^{\circ}\text{C}$ |
| Approach | ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ออกจากหอฝิ่งน้ำกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก | $^{\circ}\text{C}$ |
| BHP | กำลังไฟฟ้า | hp |
| C_v | ความร้อนจำเพาะของน้ำที่ปริมาตรคงที่ | $\text{kJ} / \text{kg} \text{ } ^{\circ}\text{C}$ |
| E | ประสิทธิภาพของหอฝิ่งน้ำ | - |
| GPM | แกลลอนต่อนาที | - |
| h_o | เอนทาลปีของอากาศที่ออกจากหอฝิ่งน้ำ | kJ / kg |
| h_i | เอนทาลปีของอากาศที่เข้าไปหอฝิ่งน้ำ | kJ / kg |
| L | ความร้อนแฝงของการระเหยกลายเป็นไอของน้ำ | kJ / kg |
| LPM | ลิตรต่อนาที | - |
| M_a | มวลของอากาศ | $\text{kg}_{\text{ของอากาศ}}$ |
| M_o | มวลของน้ำที่ระเหย | $\text{kg}_{\text{ของน้ำ}} / \text{kg}_{\text{ของอากาศ}}$ |
| M_w | มวลของน้ำที่ออกจากหอฝิ่งน้ำ | $\text{kg}_{\text{ของน้ำ}} / \text{kg}_{\text{ของอากาศ}}$ |
| Q_{Total} | การถ่ายเทความร้อนรวม | kJ |
| Q_{Sensible} | การถ่ายเทความร้อนสัมผัส | kJ |
| Q_{Latent} | การถ่ายเทความร้อนแฝง | kJ |
| Range | ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่เข้าและออกจากหอฝิ่งน้ำ | $^{\circ}\text{C}$ |
| T_{wi} | อุณหภูมิของน้ำเข้าไปยังหอฝิ่งน้ำ | $^{\circ}\text{C}$ |
| T_{wo} | อุณหภูมิของน้ำออกจากหอฝิ่งน้ำ | $^{\circ}\text{C}$ |
| TR | ต้นทำความเย็นของหอฝิ่งน้ำ | - |