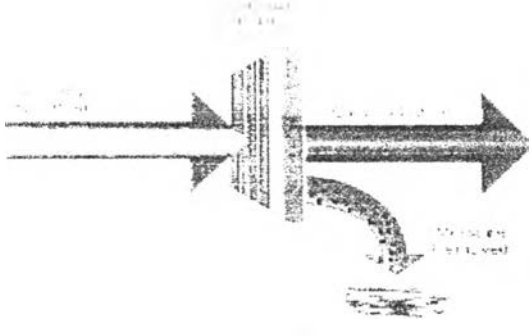
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นตลอดทั้งปี ซึ่งความชื้นที่มีมากเกินไปนี้ จึงส่งผลโดยตรงต่อระบบปรับอากาศที่จะใช้ในการควบคุมความชื้นให้มีค่าคงที่แน่นอนในหลาย ๆ สถานที่ เช่น ในโรงงานอุตสาหกรรม ในอาคารควบคุมต่าง ๆ ในห้องสมุด ในซุปเปอร์มาร์เก็ต ในโกดังเก็บสินค้า เป็นต้น ซึ่งถ้าหากในพื้นที่ดังกล่าวมานี้ เครื่องปรับอากาศไม่สามารถควบคุมความชื้นให้คงที่ได้ ทำให้ความชื้นมีมากเกินไป จะทำให้เกิดปัญหาและความเสียหายตามมา เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ทำงานผิดพลาด เสียหาย อายุสั้น เกิดกลิ่นอับและเชื้อรา ทำให้เกิดเชื้อโรคต่าง ๆ และโรคภูมิแพ้ เป็นต้น

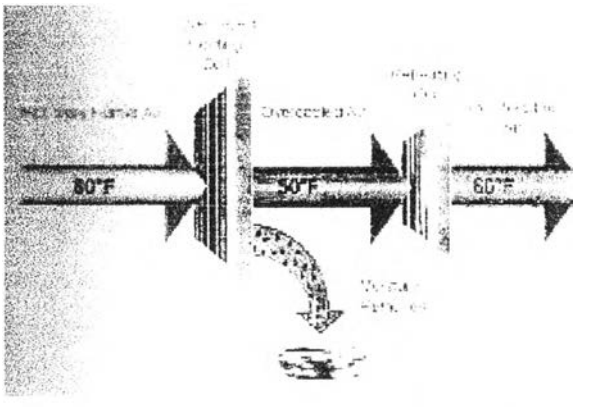
ในปัจจุบันนี้ ระบบปรับอากาศโดยทั่วไป เครื่องปรับอากาศจะลดอุณหภูมิของอากาศ (Sensible cooling) และกำจัดความชื้นในอากาศออกไปบางส่วน (latent cooling) แต่เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มมากขึ้น จึงเป็นการเพิ่มโหลดให้เครื่องปรับอากาศ ทำให้เครื่องปรับอากาศไม่สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้ ดังนั้นเครื่องปรับอากาศต้องใช้ "พลังงาน" เพิ่มมากขึ้นในการดึงความร้อนแฝงออกจากไอน้ำ เพื่อทำให้อุณหภูมิของอากาศต่ำลง และไอน้ำกลั่นตัว



รูปที่ 1-1 แสดงระบบปรับอากาศโดยทั่วไป

โดยปกติ เราต้องการคงสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นต่ำ ดังนั้นอากาศที่ผ่าน Cooling coil มีอุณหภูมิจนถึงจุดกลั่นตัว เพื่อให้ไอน้ำในอากาศกลั่นตัว ทำในอากาศแห้งลง จึงต้องมาเพิ่มอุณหภูมิทีหลัง เนื่องจากวิธีนี้ทำให้อากาศจากเครื่องปรับอากาศเย็นเกินไป จึงมีความจำเป็นต้องติดเครื่องให้ความร้อนแก่อากาศส่วนนี้ (reheat) เพื่อปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้น และโดยมากจะใช้

ระบบทำความร้อนด้วยไฟฟ้า (Electric reheat) หรือใช้ท่อที่มีแก๊สร้อนผ่าน (hot gas coil) ระบบที่กล่าวมานี้กำจัดไอน้ำได้ดี แต่ค่าใช้จ่ายในการทำงานสูงในแง่ที่ใช้ไฟมาก

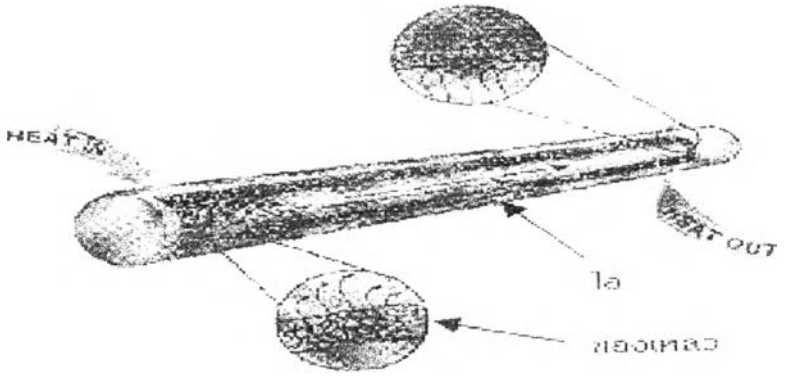


รูปที่ 1-2 แสดงระบบปรับอากาศที่มีการ Reheat

จะเห็นได้ว่า ระบบปรับอากาศที่ใช้โดยทั่วไปนั้น ถ้าจะสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ได้ตามความต้องการนั้น จะต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในส่วนของการทำให้อุณหภูมิของอากาศนั้นเย็นลงจนถึงจุดกลั่นตัวของไอน้ำ เพื่อดึงไอน้ำออกจากอากาศ และการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศที่เย็นเกินไปเนื่องจากขั้นตอนของการลดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ ซึ่งจะต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นด้วย

จากการเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันที่มีราคาสูงขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของประเทศไทย อีกทั้งการหาพลังงานมาทดแทนน้ำมันยังไม่เพียงพอ ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนที่สูงขึ้นในการใช้ระบบปรับอากาศ ที่จำเป็นต้องใช้ในการควบคุมความชื้นในสถานที่ต่าง ๆ จึงทำให้เราต้องคำนึงถึง "การประหยัดพลังงาน" มากขึ้น ซึ่งส่งผลให้เราต้องร่วมมือกันในการลดการใช้พลังงานลง

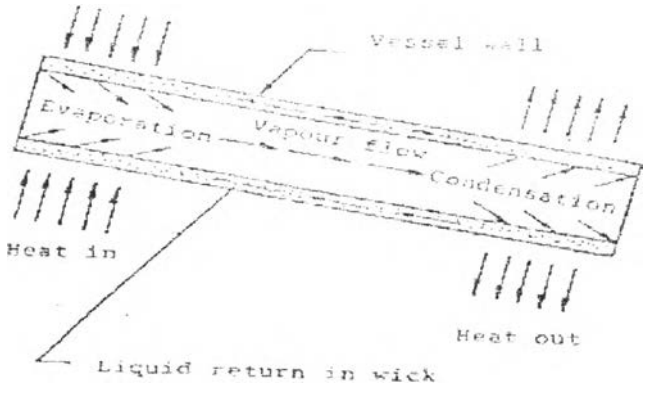
HEAT PIPE คือ อุปกรณ์ที่สามารถนำความร้อนจาก Heat Source ไปสู่ Heat Sink ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แบบ Passive ไม่มี Moving Part และมีลักษณะเป็น Super Conductor ประเภทหนึ่ง เนื่องจากคุณสมบัติเด่นดังกล่าวนี้ จึงทำให้ Heat Pipe เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะถูกนำมาพัฒนา และออกแบบเพื่อสามารถใช้ควบคู่กับเครื่องปรับอากาศ ในการลดความชื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นการช่วยลดพลังงานอีกด้วย



รูปที่ 1-3 แสดงลักษณะโดยทั่วไปของฮีทไปป์

หลักการทำงาน

หลักการทำงานของฮีทไปป์นั้นง่ายมาก โดยที่โครงสร้างพื้นฐานของฮีทไปป์เป็นท่อทองแดงปิดหัวปิดท้าย ภายในบรรจุด้วยสารทำความเย็น เช่น ฟรีออน แอมโมเนีย ออกซิเจน มีเทน หรือน้ำ เป็นต้น สารที่บรรจุอยู่ภายในท่อเมื่อได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอ และเคลื่อนตัวไปสู่ปลายอีกด้านหนึ่ง ในระหว่างการเคลื่อนตัวนี้ จะคายความร้อนและกลายเป็นของเหลวที่บริเวณผิวภายในของท่อ แล้วไหลกลับไปสู่ปลายท่อที่รับความร้อนที่อยู่ต่ำกว่า



รูปที่ 1-4 แสดงลักษณะการทำงานของฮีทไปป์แบบมีวิกค์

เคล็ดลับของเทคโนโลยีนี้อยู่ที่การออกแบบให้ภายในท่อสามารถแยกสารที่เป็นของเหลวออกจากสารที่เป็นไอ เนื่องจากการเคลื่อนตัวของสารทั้งสองสถานะนี้เคลื่อนในทิศทางตรงข้ามกัน หากไม่สามารถแยกสารออกจากันได้ก็จะเคลื่อนชนกันเอง และจะไม่ไปไหน

วิธีการแยกสารที่เป็นของเหลว และที่เป็นไอออกจากกันนี้ โดยทั่วไปอาศัยแผ่นตะแกรงตาละเอียดม้วนเป็นท่อใส่ซ้อนเข้าไปภายในท่อ เพื่อแยกของเหลวที่เกาะอยู่กับผิวภายใน

ของท่อออกจากไอ ซึ่งอยู่ใจกลางท่อ แผ่นตะแกรงที่เป็นท่อซ้อนอยู่กับผิวภายในเรียกว่า วิกค์ (Wick)

เงื่อนไขที่ HP จะทำงานได้อย่างต่อเนื่องในสภาวะคงที่ คือ หัวน้ำ (Water Head) สูงสุด ΔP_c ที่สามารถดูดขึ้นได้โดยแรงท่อรูเข็มจะต้องมีขนาดโตกว่าความดันลดรวมของภายในท่อ ถ้าเงื่อนไขดังกล่าวนั้นไม่เป็นจริง วิกค์ในช่วงการระเหยจะแห้งตัวหมด (เรียกว่า Dry Out) และจะไม่ทำงาน เงื่อนไขข้างต้นอาจแสดงในรูปสมการนี้

$$\Delta P_c > \Delta P_e + \Delta P_v + \Delta P_g$$

ΔP_c คือ ความดันที่จำเป็นสำหรับการส่งของไหลใช้งานจากช่วงการควบแน่นกลับไปดช่วงการระเหย (แรงท่อรูเข็ม แรงหนีศูนย์กลาง เป็นต้น)

ΔP_e คือ ความดันลดที่เกิดขึ้นจากการไหลกลับของของเหลวใช้งาน

ΔP_v คือ ความดันลดที่เกิดขึ้นจากการไหลของไอจากช่วงการระเหยไปช่วงการควบแน่น

ΔP_g คือ Potential Head ระหว่างช่วงการระเหย และช่วงการควบแน่น

นอกจากนี้ การนำฮีทไปป์ไปใช้งานยังต้องให้ท่อมีความยาวเพิ่มขึ้น สามารถขดเป็นรูปคอยล์ได้ หรือขดไปมาตามที่ต้องการได้

ลักษณะเด่น

HP มีสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนที่ดีเลิศกว่าสมรรถนะทีเคยพบเห็นในการนำความร้อนผ่านของแข็ง ลักษณะเด่นของ HP มีดังต่อไปนี้

1. "สภาพการนำความร้อนมีค่าสูงมาก"

2. "มีความสามารถเปลี่ยนขนาดของฟลักซ์ความร้อน (Heat Flux)"

3. "มีความสม่ำเสมอ (เท่ากัน) ของอุณหภูมิผิว" ในระหว่างที่ทำงานอุณหภูมิของช่วงการควบแน่นอง HP จะเท่ากันถ้าหากว่าที่จุดใดจุดหนึ่งเกิดมีอุณหภูมิต่ำลงที่บริเวณนั้นจะเกิดการควบแน่นของไอเพิ่มขึ้น ทำให้คงอุณหภูมิให้เท่ากันตลอดได้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. "มีคุณสมบัติเป็น Thermal Diode and Thermal Switch" Thermal Diode คือ HP ที่ส่งถ่ายความร้อนเฉพาะในทิศทางเดียวกันเท่านั้น ส่วน Thermal Switch สามารถ "เปิด-ปิด" ฟลักซ์ของความร้อนได้

5. "มีคุณสมบัติเป็น Variable conductance or Variable Heat Resistance" โดยการเติมก๊าซเฉื่อย แล้วอาศัยการเปลี่ยนแปลงปริมาณของก๊าซ แม้ว่าความร้อนที่ป้อนเข้าจะเปลี่ยนแปลงไปมาก ผิวสัมผัสระหว่างก๊าซเฉื่อยกับไอก็จะเคลื่อนที่ตาม ทำให้พื้นที่ถ่ายเทความร้อนของช่วงการควบแน่นเปลี่ยนตามไปด้วย ผลก็คือ ความดันภายในจะถูกรักษาให้มีค่าคงที่ และสามารถควบคุมอุณหภูมิของไอให้คงที่ได้

6. "การตอบสนองเชิงความร้อน (Thermal Response) ดี" เนื่องจากการขนส่งความร้อนเกิดขึ้นในรูปของความร้อนแฝง การตอบสนองเชิงความร้อนจึงดี และสามารถรับการเปลี่ยนแปลงของแหล่งความร้อนได้อย่างรวดเร็ว

7. "สามารถแยกช่วงการรับความร้อน และช่วงการคายความร้อนให้ออกห่างได้" เนื่องจาก HP สามารถขนส่งความร้อนปริมาณสูงไปไกล ๆ ได้ ดังนั้นจึงได้เปรียบเทียบในการขนส่งความร้อนออกจากตำแหน่งที่ดึงความร้อนได้ยาก เช่น จากที่แคบมาก ๆ

8. "โครงสร้างง่าย ๆ น้ำหนักเบา และรูปร่างกระทัดรัด"

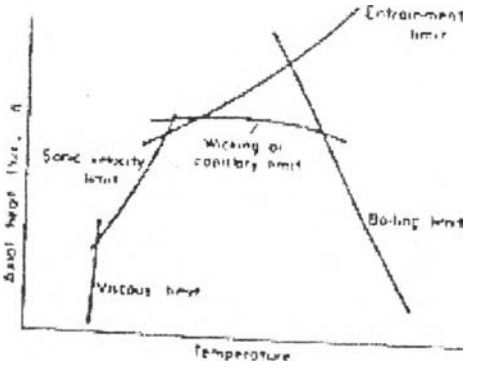
9. "ไม่ต้องทำการบำรุงรักษา (Maintenance Free)" เนื่องจากไม่ได้ใช้ปั๊มปั๊ในการส่งถ่ายความร้อน ดังนั้นความถี่ในการบำรุงรักษาจึงน้อย ความเชื่อถือได้ (Reliability) สูง และไม่มีเสียงดัง (Noise)

10. "ถ้าใช้ความระมัดระวังในการเลือกของเหลวใช้งาน และวัสดุภาชนะ จะสามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง และอายุใช้งานยาว"

11. "สามารถทำงานได้ในที่ไร้แรงโน้มถ่วง" สามารถใช้งานในยานอวกาศ ดาวเทียม เป็นต้น

ขีดจำกัดการถ่ายเทความร้อนของฮีทไปป์แบบมีวิกค์

ปัจจัย (factor) ที่กำหนดขีดจำกัดของสมรรถนะการส่งถ่ายความร้อนของฮีทไปป์มีหลายอย่าง



รูปที่ 1-5 แสดงข้อจำกัดของฮีทไปป์แบบมีวิกค์

1.ขีดจำกัดของความหนืด (Viscous limit)

ในกรณีที่อุณหภูมิต่ำ ความหนืดของไออาจเป็นตัวหลักที่กำหนดอัตราการไหลของไอภายในฮีทไปป์

2.ขีดจำกัดของความเร็วเสียง (Sonic limit)

ในตอนเริ่มต้นใช้งาน ถ้าของเหลวใช้งานภายในฮีทไปป์มีอุณหภูมิสูง ความเร็วไอที่ปลายสุดของช่วงการระเหย อาจมีค่าใกล้เคียงกับความเร็วเสียง ซึ่งจะทำให้เกิด Compressibility Effect ก่อให้เกิดขีดจำกัดของสมรรถนะการส่งถ่ายความร้อนได้เช่นกัน

3.ขีดจำกัดของการหลุดลอย (Entrainment limit)

เมื่อไอมีความเร็วสูงขึ้น แรงเฉือนที่ไอกระทำต่อของเหลวใช้ภายในวิกค์ที่ผิวสัมผัสระหว่างไอกับผิววิกค์ อาจมีขนาดโตกว่าแรงต้านที่เกิดขึ้นจากแรงตึงผิวของของเหลวใช้งาน ทำให้หยดของเหลวระเหยลอยไปกับไอไปยังช่วงการควบแน่น ปรากฏการณ์ดังกล่าวจะขัดขวางการทำงานของฮีทไปป์ และเป็นขีดจำกัดอันหนึ่งของสมรรถนะของฮีทไปป์ด้วย

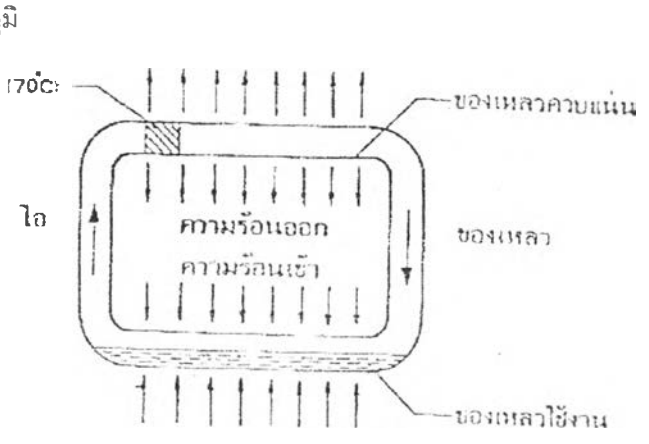
4.ขีดจำกัดของท่อรูเข็ม (Capillary limit)

ถ้าความดันลดสูงสุดที่วิกค์ดูดขึ้นได้ โดยแรงท่อรูเข็มมีขนาดเล็กกว่าความดันลดรวมที่เกิดจากการไหลเวียนของของไหลใช้งานเมื่อไร ของเหลวใช้งานจะไม่สามารถไหลกลับถึงช่วงการระเหยได้ ผลก็คือ เกิดการแห้งตัว (Dry out) ของวิกค์ และฮีทไปป์จะหยุดการทำงาน

ฮีทไปป์แบบไหลครบวงจร (แบบไม่มีวิกค์)

ฮีทไปป์ไร้วิกค์แบบไหลครบวงจรนี้ เป็นฮีทไปป์ที่มีการไหลของไอ และของเหลวควบแน่นเป็นวงจรในทิศเดียว ซึ่งเป็นผลของการที่ของเหลวหลุดลอยตามไอ การไหลสวนทางกันของไอและของเหลว และการแห้งเหือด ซึ่งจะเกิดขึ้นกับฮีทไปป์แบบทั่วไป

ผลการทดสอบที่ฟลักซ์ความร้อนต่ำพบว่า ฮีทไปป์แบบไหลครบวงจรนี้สามารถส่งผ่านความร้อนในแนวแกนจากช่วงของการระเหยไปยังช่วงควบแน่นได้ดีกว่าฮีทไปป์แบบทั่วไป ซึ่งผนังท่อทำจากวัสดุชนิดเดียวกัน



รูปที่ 1-6 แสดงฮีทไปป์แบบไหลครบวงจร

ในการดำเนินการทดลองในวิทยานิพนธ์นี้ จึงได้ทำการออกแบบและสร้างฮีทไปป์แบบไหลครบวงจร เพื่อทำการศึกษาการลดความชื้นในห้องปรับอากาศ แทนการใช้ฮีทไปป์ที่มีวิกค์ซึ่งมีราคาแพงกว่า สร้างยากกว่า และมีขีดจำกัดการถ่ายเทความร้อนดังได้กล่าวมาแล้ว

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาหลักการทำงานของ Heat Pipe ในการนำความร้อน ซึ่งจะมีผลต่อการลด และเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศ และสามารถนำอุปกรณ์ Heat Pipe ไปใช้กับเครื่องปรับอากาศเพื่อประสิทธิภาพในการลดความชื้นให้กับอากาศได้อย่างเหมาะ และก่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน และการคุ้มทุนได้

1.2 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

ในงานวิทยานิพนธ์นี้ มีความสนใจที่จะศึกษาทดลองคุณสมบัติของ Heat Pipe และการออกแบบเพื่อการนำไปใช้งาน

1.การดำเนินวัฏจักรของระบบโดยแรงโน้มถ่วง โดยไม่ใช้พลังงานภายนอก

2.การไหลไป-กลับ ของสารทำความเย็นภายในท่อ Heat Pipe ในทิศทางเดียวกัน

3.การเปลี่ยนแปลงความชื้นของอากาศภายในห้องปรับอากาศ ผลของอุณหภูมิที่เข้า-ออกเครื่องปรับอากาศ

4.ความสัมพันธ์ของการถ่ายเทความร้อนของไอ กับของเหลวในช่วง precool และ reheat

5.การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้าง Heat Pipe ให้มี capacity ที่เหมาะสมกับเครื่องปรับอากาศ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน และการคุ้มทุน

1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.ทำการศึกษาเบื้องต้น โดยเตรียมชุดอุปกรณ์การทดลอง และทำการทดลองเพื่อดูการทำงานของ Working Fluid ในอุปกรณ์ Heat Pipe ที่ได้ออกแบบเบื้องต้นนั้น โดยใช้หลักการดำเนินวัฏจักรของระบบโดยแรงโน้มถ่วง ดูผลของอุณหภูมิก่อนเข้าและหลังออกจากชุดอุปกรณ์การทดลองว่าทีผลอย่างไร และส่งผลต่อการควบคุมความชื้นในอากาศอย่างไร

2.ออกแบบและจัดสร้างชุดทดลองที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

3.ทำการทดลองวัดค่าต่าง ๆ ดังเช่นที่ทำในการศึกษาเบื้องต้น

4.ศึกษาและเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองเบื้องต้น กับชุดลองที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

5.นำมาวิเคราะห์หาขนาดของอุปกรณ์ Heat Pipe ที่เหมาะสมที่จะใช้งานในระบบปรับอากาศ เพื่อการประหยัดพลังงาน และการคุ้มทุน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ขยายความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติ และลักษณะเด่นในการทำงานของ Heat Pipe มากขึ้น อีกทั้งลักษณะในการทำงานร่วมกับเครื่องปรับอากาศในการลดอุณหภูมิให้กับอากาศ และผลที่มีต่อการลดความชื้นในอากาศ เพื่อให้สามารถนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปประยุกต์ใช้กับลักษณะการทำงานจริงในสถานที่ควบคุมการปรับอากาศให้มีความชื้นที่เหมาะสม และเป็นการช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงาน และการคุ้มทุนได้ต่อไปในอนาคต