

การเลือกวิปกรณ์ประจวบ เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในระบบปรับอากาศ

Suchart Siritaworachan

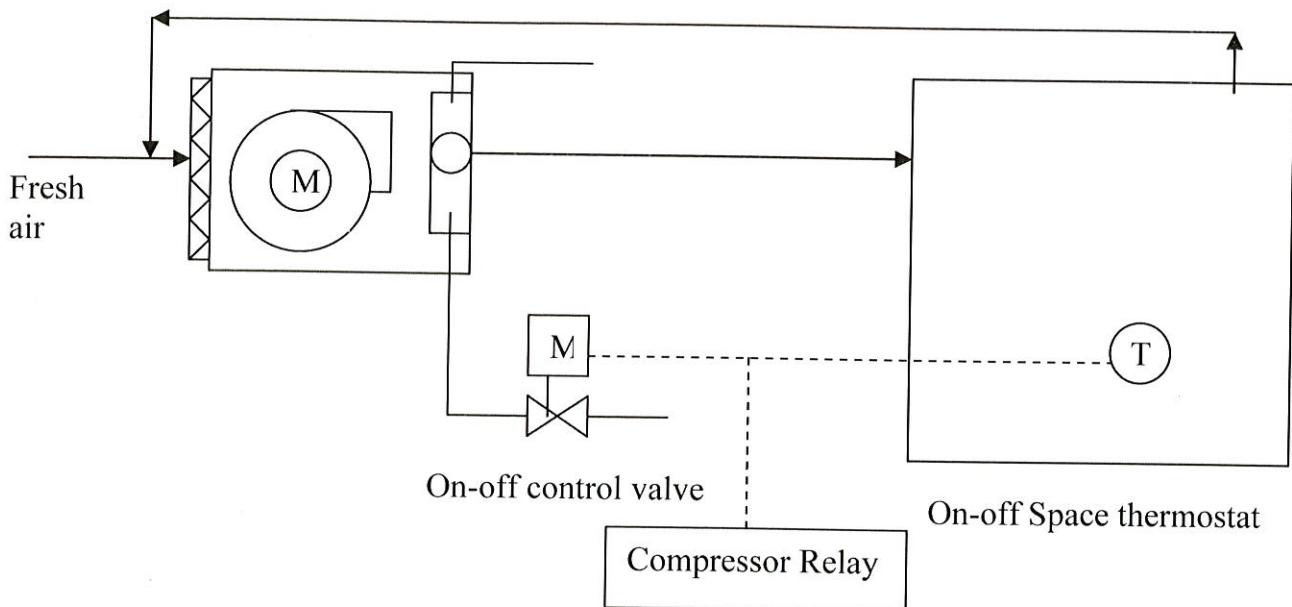
กระบวนการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นของเครื่องปรับอากาศจะได้ผลหรือเป็นไปตามความต้องการได้เป็นอย่างดีนั้น การออกแบบระบบควบคุมต้องรองรับตัวแปรต่างๆดังนี้

- การเปลี่ยนของภาวะความเย็นภายในออก ได้แก่ อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร, ที่ดังอาคาร, สภาพแวดล้อม เป็นต้น
- ชนิดวัสดุที่นำมาประกอบได้แก่ วัสดุผนัง, กระจก, หลังคาชนิดต่าง ๆ และพื้นที่ขององค์ประกอบของวัสดุต่าง ๆ ข้างต้น ซึ่งจะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคารและอัตราการรั่วไหลของอากาศเข้ามายังอาคาร
- การเปลี่ยนแปลงของภาระการทำความเย็นภายในห้อง เช่น จำนวนคน, ไฟฟ้าแสงสว่าง, อุปกรณ์ที่กำเนิดความร้อน ต่าง ๆ ทั้งความร้อนสัมผัสและความร้อนแห้งภายในห้อง
- ช่วงเวลาการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศซึ่งจะมีผลต่อการ Pull Down ของเครื่องปรับอากาศ

ดังนั้น การออกแบบระบบปรับอากาศ เพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องได้ดีนั้น จะต้องสอดคล้อง กับปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้น ในบทความนี้จะกล่าวถึงวิธีการต่าง ๆ ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ มา ประกอบกัน เพื่อให้ผลการควบคุมเป็นไปตามต้องการ ซึ่งผู้ออกแบบระบบจะต้องมีข้อมูลเรื่องภาระการทำความเย็นต่าง ๆ, วัสดุประกอบ, ลักษณะการใช้งานเครื่องปรับอากาศจากผู้ใช้งานโดยละเอียดเพื่อจะได้ตัดสินใจเลือกระบบให้เหมาะสม, ประหยัด ในเบ็ดเตล็ดและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

1) การควบคุมแบบเปิด-ปิด (On-Off Control)

แบบนี้จะหมายความว่าไม่ต้องการความละเอียดในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ระบบเป็นแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนโดยทั่วไปจะใช้กับบ้านพักอาศัยทั่ว ๆ ไป ได้แก่ Fan Coil Unit ชนิดใช้น้ำเป็นวาร์ล์วควบคุมแบบเปิด-ปิด หรือเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน DX coil ขนาดเล็ก ๆ ไม่เกิน 5 ตัน ความเย็น เป็นระบบควบคุมแบบปริมาณลมหมุนเวียน คงที่ และอุณหภูมิคงที่โดยเปลี่ยนตามภาระการทำความเย็น (Constant Airflow, Varies supply air temperature) กระบวนการควบคุมจะใช้ On-off Thermostat สั่งให้เปิด-ปิดวาร์ล์วเย็น หรือสั่งให้เดิน-หยุดคอมเพรสเซอร์ตามค่า ที่ปรับตั้งไว้ดังนี้



- ถ้าอุณหภูมิห้องสูงกว่าหรือเท่ากับ Set Point + Throttling Range จะสั่งให้เปิดวาล์วน้ำเย็นในหลังเข้า coils เย็น 100% หรือสั่งให้เดินคอมเพรสเซอร์ จนกระทั่งอุณหภูมิห้องจะลดต่ำลงเรื่อยๆ จนอุณหภูมิห้องต่ำกว่าหรือเท่ากับ Set Point
- Throttling Range จะสั่งให้ปิดวาล์วน้ำเย็น หรือสั่งให้หยุดคอมเพรสเซอร์ และเป็นวัฏจักรต่อไป
- พัดลมหมุนเวียนสามารถบังคับทำงานตามปกติ

ข้อควรระวังในระบบควบคุมแบบนี้คือในขณะที่瓦ล์วควบคุมปิด หรือหยุดคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศจะดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกที่มีอุณหภูมิสูง และความชื้นสูงเข้ามาเดิมภายในห้องโดยตรงจะทำให้ห้องมีความชื้นสะสมและอุณหภูมิแปรเปลี่ยนในช่วงที่ค่อนข้างกว้าง ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ 2 วิธีคือ

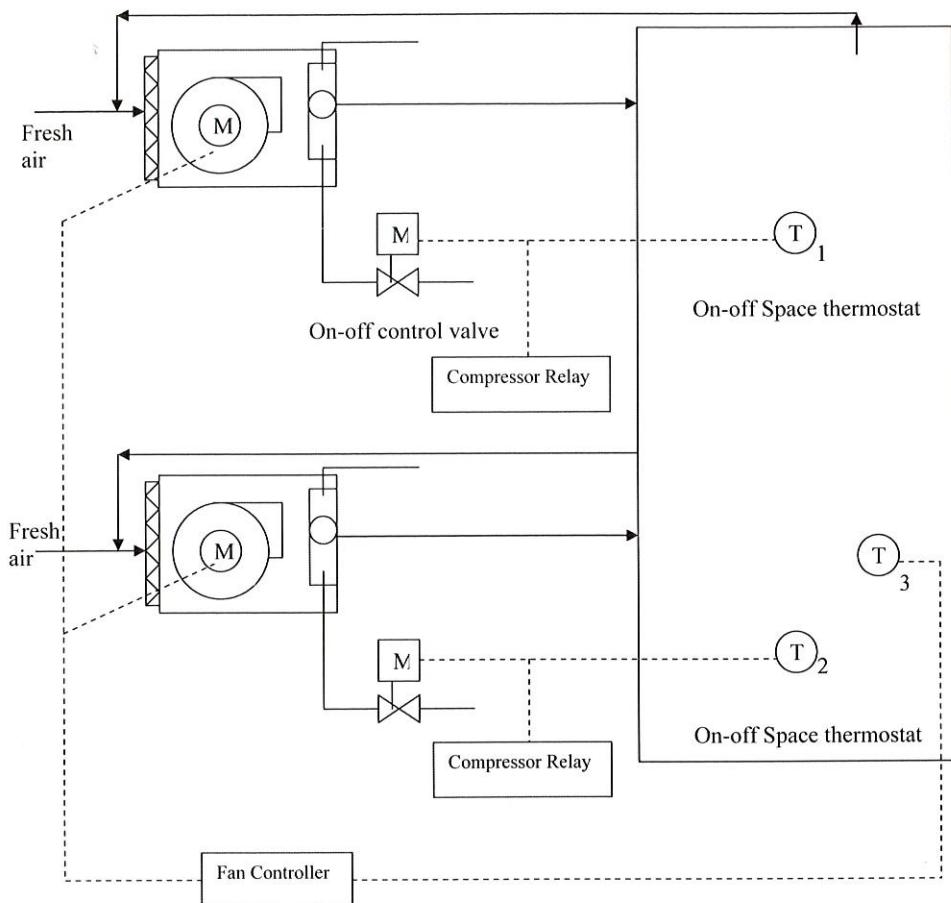
ก. ใช้ Pre-Cooled Fresh Air Unit ซึ่งจะต้องมีเครื่องปรับอากาศอีก 1 ชุด ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเดิมในชั้นดันก่อนที่จะส่งเข้าสู่เครื่อง Fan Coil Unit ของห้อง

ข. เพิ่มชุด Motorized Damper ที่ท่อลมหรือหน้ากาก fresh air โดยอยู่ในตำแหน่งปิด (หรือหรือที่ประมาณ 10%) ถ้าคอมเพรสเซอร์หยุดหรือวาล์วควบคุมปิด และในทางกลับกันจะอยู่ในตำแหน่งเปิด 100% ถ้าคอมเพรสเซอร์เดินและวาล์วควบคุมปิด

2) การควบคุมแบบลำดับชั้น Step Control

แบบนี้ก็คือนำเครื่องปรับอากาศแบบ On-off มา กกว่า 1 ชุด มาต่อขนาดกัน ซึ่งการลดลำดับชั้นระบบจะหยุดพัดลมหมุนเวียนอากาศด้วย เนื่องจากเป็นระบบแปรเปลี่ยนอัตราลมเย็นจ่ายเป็นลำดับชั้น จึงเหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานที่ต้องการความละเอียดในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพอสมควร

ข้อควรระวังเรื่องอัตราการหมุนเวียนอากาศขณะเดินพัดลม 1 ชุด คือถ้าระบบกระจายลมแบบเดินท่อลมที่มีแนวท่อใกล้ๆ แบบไม่สมมาตร (Non Self Balancing) จะทำให้บริเวณห่างจากเครื่องปรับอากาศมีการกระจายลมต่ำทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ นอกจากนี้การเลือกหัวจ่ายจะต้องพิจารณาการกระจายลมขณะปริมาณลมต่ำด้วย



(T₁) จะควบคุมว่าล์วน้ำเย็นแบบ on-off ของ Fan Coil Unit ชุดที่ 1

(T₂) จะควบคุมว่าล์วน้ำเย็นแบบ on-off ของ Fan Coil Unit ชุดที่ 2

(T₃) จะใช้ควบคุมการเดิน-หยุดพัดลม ถ้าเป็นพัดลม 2 ชุด T₃ จะต้องเป็น 2-Stage Thermostat ถ้าอุณหภูมิห้องสูง จะเดินพัดลมของ Fan Coil Unit ทั้ง 2 ชุด ถ้าอุณหภูมิต่ำลง Controller จะสั่งการให้เดินพัดลมเพียง 1 ชุด

ระบบควบคุมแบบนี้จะให้ผลดีในการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นได้ผลดีพอสมควร เนื่องจากภาวะความร้อนสัมผัส ของห้องจะแปรผันตามอัตราการส่งลมเย็นเนื่องจากว่าล์วน้ำควบคุมเป็นแบบ on-off T₁ และ T₂ จึงต้องติดตั้งไว้ภายในห้อง ถ้าติดตั้งไว้ที่จุดออกจากcoilยังจะทำให้ว่าล์วน้ำควบคุมจะเปิด-ปิดอยู่ตลอดเวลาเนื่องจากขณะที่เปิดว่าล์วน้ำควบคุมเปิดน้ำเย็น ให้หล่อ寒coilยังเต็มที่ (หรือคอมเพรสเซอร์เดินเต็มที่) ทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วทำให้ว่าล์วน้ำควบคุมถูกสั่งให้ปิด อีกครั้งในช่วงระยะเวลาไม่นาน ระบบควบคุมไม่เสียร แต่ถ้าว่าล์วน้ำควบคุมเป็นแบบ Proportional คือสามารถหารได้ T₁, T₂ สามารถติดตั้งเพื่อตรวจจับอุณหภูมิลดเย็นจ่ายห้องcoilยังได้ ซึ่งแบบนี้จะให้ผลในการควบคุมความชื้นที่ดีกว่า

3) แบบ Proportional

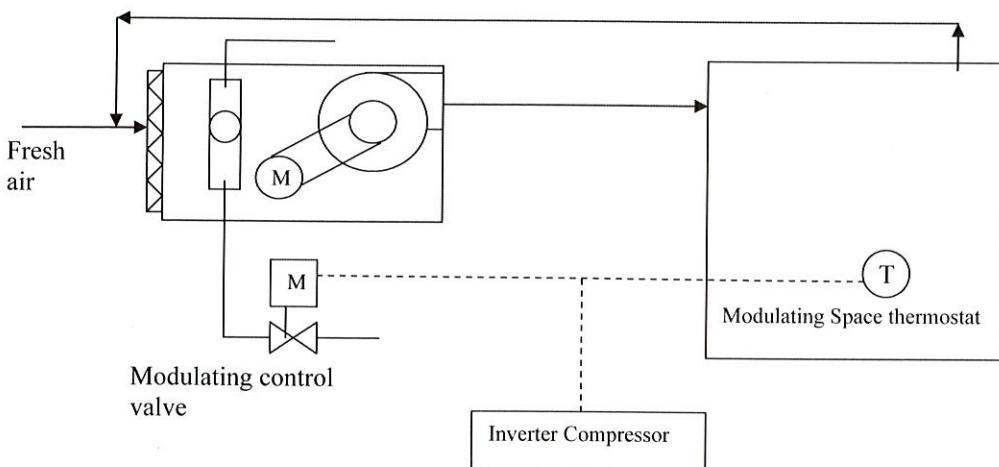
ระบบควบคุมแบบนี้จะให้ความละเอียดในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสูงกว่า 2 แบบแรก นิยมใช้กับเครื่อง ปรับอากาศขนาดใหญ่ ตั้งแต่มากกว่า 5 ตันความเย็นขึ้นไปสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบcoilน้ำเย็น และเครื่องปรับอากาศแบบบีcoilน้ำยาที่ใช้ระบบควบคุมแบบ Inverter ในรุ่นใหม่ ๆ

3.1 แบบ Constant Air Flow, Varies supply Air Temperature

เครื่องปรับอากาศแบบนี้เป็นแบบปริมาณลมเย็นจ่ายคงที่ และอุณหภูมิลมเย็นจ่ายแปรผันตามภาระการทำความเย็น กล่าวคือ ขณะที่ภาระการทำความเย็นต่ำ ๆ Space Thermostat จะสั่งให้ดูดว่าล์วน้ำควบคุม ทำให้อุณหภูมิอากาศที่ออกมาน

คอยล์เย็นสูงขึ้น ในทางกลับกันถ้าภายในห้องมีอุณหภูมิสูง Space Thermostat จะสั่งให้เปิดวาล์วควบคุมเพื่อเพิ่มน้ำเย็นไหลเข้า คอยล์เย็นทำให้อุณหภูมิลดจ่ายต่ำลง

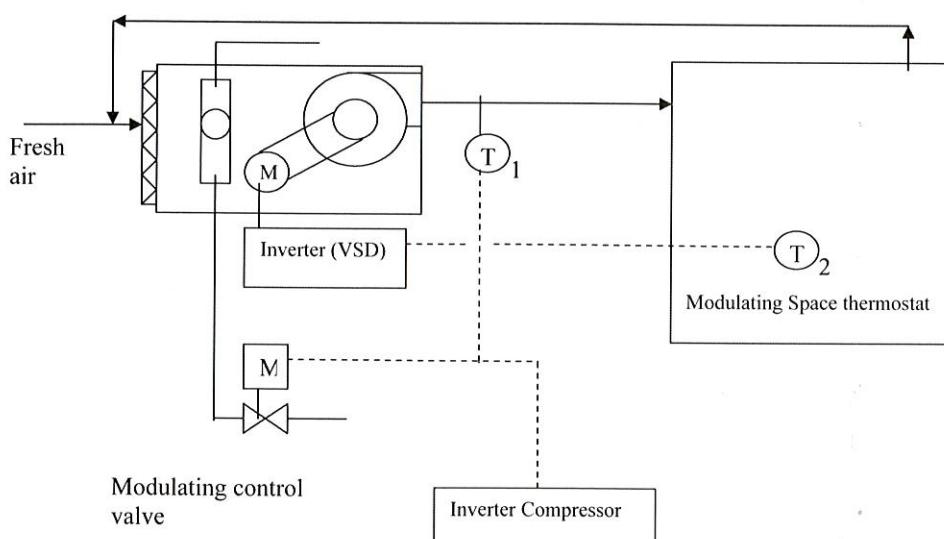
(หมายเหตุ: จากข้างต้นถ้าออกแบบเลือกเครื่องปรับอากาศที่อัตราลมเย็นจ่ายสูงเกินความต้องการ และเลือกคอยล์เย็นที่ใหญ่เกินกว่าความเย็นจำเป็นจะทำให้วาล์วควบคุมสั่งการให้ห้องคอยล์อยู่ต่อลดเวลาในขณะใช้งาน เป็นสาเหตุให้อุณหภูมิลดเย็นจ่ายสูงอยู่ต่อลดเวลา และคอยล์เย็นดึงน้ำออกจากอากาศได้น้อยเป็นสาเหตุให้ห้องมีความชื้นสูงทั้ง ๆ ที่เครื่องปรับอากาศสามารถควบคุมอุณหภูมิห้องได้ตามค่า Set Point ที่ตั้งไว้)



3.2 แบบ Constant Supply Air Temperature, varies Supply Air Flow Rate

ระบบนี้ก็คือระบบ VAV ที่เรารู้จักกันนั่นเอง เนื่องจากเป็นระบบที่คงค่าอุณหภูมิลดเย็นจ่ายให้อยู่ในระดับต่ำ ดังนั้นจึงให้ผลในการควบคุมความชื้นห้องได้ดีกว่าระบบควบคุมอื่น ๆ ดังกล่าวข้างต้น

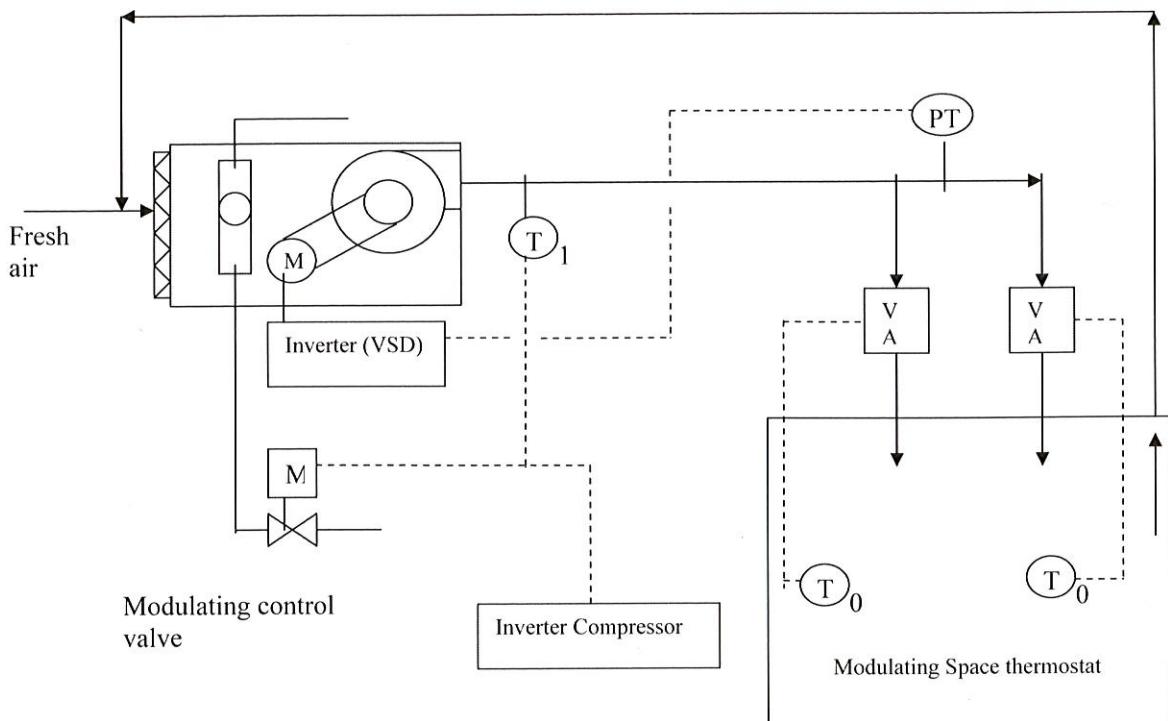
รูปแสดง Single Zone VAV



T_1 จะควบคุมคอยล์เย็นแบบ Modulating ถ้าอุณหภูมิลดเย็นจ่ายจากคอยล์สูงเกินค่าที่ตั้งไว้ T_1 จะสั่งให้เปิดวาล์วควบคุมมากขึ้น และในทางกลับกัน

T_2 จะควบคุมรอบมอเตอร์พัดลมส่งลมเย็น ถ้าห้องมีอุณหภูมิสูง จะสั่งให้เพิ่มรอบมอเตอร์เพื่อเพิ่มอัตราส่งจ่ายลมเย็นเข้าห้อง และในทางกลับกัน

รูปแสดง Multi Zone VAV



T_1 จะควบคุมคุณภาพอากาศแบบ Modulating ถ้าอุณหภูมิลมเย็นจ่ายออกจาก coils ลงเกินค่าที่ตั้งไว้จะสั่งการให้เปิดวาล์วควบคุมมากขึ้นและในทางกลับกัน

T_0 ในแต่ละ Zone จะควบคุมปริมาณลมเย็นจ่ายจาก Damper ใน VAV Box ถ้าภาวะความเย็นในแต่ละ Zone ลดต่ำลง จะทำให้ Damper ใน VAV Box หรือเพื่อลดอัตราลมเย็นจ่ายให้สัมพันธ์กับภาระการทำความเย็นในแต่ละโซนเมื่อแต่ละ Box หรือความตันภายในห้องลดลงจนถึง Pressure Transmitter PT ซึ่งติดตั้งที่ระยะ 3/4 ของความยาวห้องลมส่งจะส่งให้ VSD ลดรอบมอเตอร์ และในทางกลับกัน

ข้อควรระวังของระบบควบคุมแบบนี้คือ ถ้า Zone หนึ่ง Zone ได้ภาวะความเย็นต่ำมาก ๆ จนกระทั่งอัตราส่งลมเย็นที่โซนนั้นต้องการจะต่ำกว่าค่า Minimum % Opening of VAV Damper จะทำให้ Zone นั้น ๆ มีอุณหภูมิต่ำกว่าค่ากำหนดสามารถแก้ไขได้โดยเพิ่มค่า Set Point อุณหภูมิลมเย็นจ่าย T_1 ให้สูงขึ้นแต่ละต้องใช้ควบคู่กับ Pre-Cooled Fresh Air Unit มิเช่นนั้นจะทำให้ทุก Zone มีความชื้นสูงเนื่องจากที่อุณหภูมิลมเย็นจ่ายสูงจะมีปริมาณน้ำในอากาศ (Water Content) มากกว่า

3.3 แบบ Modulating Control Valve & Modulating Face and By-pass Damper

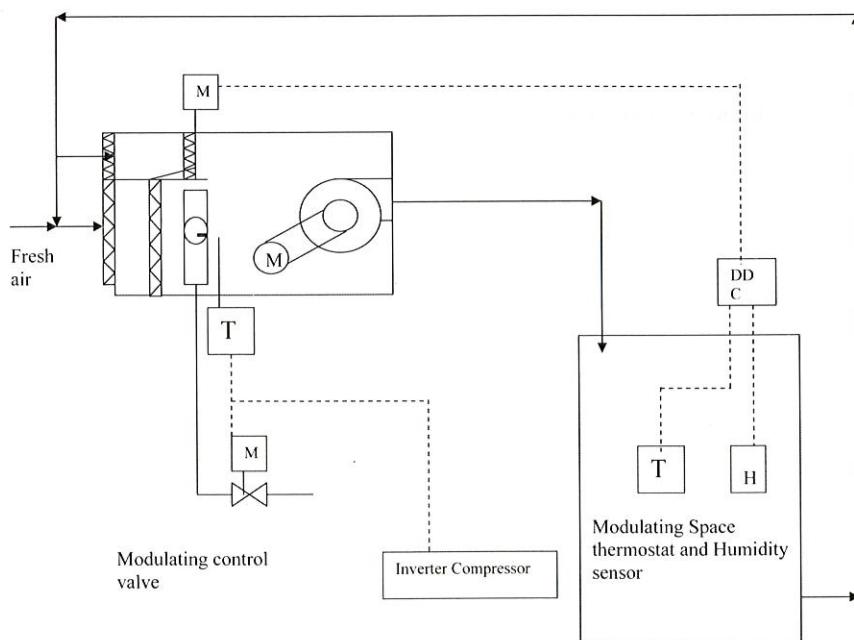
ผู้ออกแบบหลายท่านคงเคยพบปัญหาในการคำนวณภาระการทำความเย็น แล้วให้ผลออกมากที่ปริมาณลมเย็นจ่ายต่อตันความเย็นที่ค่อนข้างต่ำ เช่น ค่านวนได้ต่ำกว่า 280 cfm ต่อตันความเย็น (ปกติจะอยู่ที่ประมาณ 350-400 cfm ต่อตันความเย็น) ซึ่งแสดงว่าห้องดังกล่าวมีภาระการทำความร้อนแฝงค่อนข้างต่ำ เมื่อนำผลดังกล่าวไปพล็อตลงบนไฮโครเมติกซ์ชาร์ต แล้วพบว่า ค่าความชื้นของขบวนการเก็บความร้อนภายในห้องมีค่าความชื้นค่อนข้างมาก ($\text{Room Sensible heat ratio} - \text{RSHR}$ ต่ำ) เมื่อถูกมาตัดเส้นขบวนการทำความเย็นของคุณลักษณะที่ Apparatus dew point ประมาณ $7^\circ\text{C} - 8^\circ\text{C}$ ที่ค่า By-pass factor (B.F.) ของคุณลักษณะปกติที่ 0.1-0.15 แล้วสามารถควบคุมอุณหภูมิห้องได้ตามต้องการ แต่ที่ความชื้นของห้องค่อนข้างสูง เมื่อทดลองเปลี่ยนค่า B.F. ดังตารางข้างล่าง

โดยปรับให้สูงขึ้นแต่ไม่เกิน $BF=0.5$ และพบว่าสามารถทำให้เส้นขบวนการรับความร้อนของห้อง(เส้น Room)

<u>B.F.</u>	<u>Application</u>	<u>Example</u>
0.30-0.50	ห้องที่มีภาวะความเย็นน้อยๆหรือห้องที่มีภาวะความร้อนสัมผัสน้อยๆ มีค่า RSHR ต่ำ	ที่พักอาศัย
0.20-0.30	ห้องที่มีภาวะความเย็นปานกลางหรือห้องที่มีภาวะความร้อนสัมผัสปานกลาง มีค่า RSHR ต่ำ	ที่พักอาศัย, ร้านค้า,ร้านอาหาร
0.10-0.20	ห้องปรับอากาศทั่วๆไปมีภาระการทำความเย็นและค่า RSHR ปกติ	ร้านค้า,ธนาคาร
0.05-0.10	ห้องปรับอากาศทั่วๆไปมีความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้ามาก และค่า RSHR สูง	ร้านค้า,สำนักงานสมัยใหม่ที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวนมาก,โรงงาน
0.0-0.10	ห้องปรับอากาศที่ต้องการอากาศบริสุทธิ์เดิม 100 %	โรงพยาบาล,ห้องผ่าตัด, ห้องปรับอากาศที่มีการระบายอากาศมาก

ตัดกับเส้นขวนการทำความเย็นของคอยล์เย็น(เส้น coil) ที่ให้ผลที่ความชื้นของห้องที่ต่ำลง

จากหลักการข้างต้น เราสามารถปรับเปลี่ยนค่า BF ของคอยล์เย็นได้โดยให้สัมพันธ์กับภาวะความร้อนของห้องขณะได้ ขณะหนึ่งได้ โดย Modulating faces and by pass damper เพื่อให้คอยล์เย็นได้ๆมีค่า BF แปรเปลี่ยนในช่วงที่กว้างพอที่จะสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงภาวะความเย็นของห้องได้ เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นห้องให้อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการ



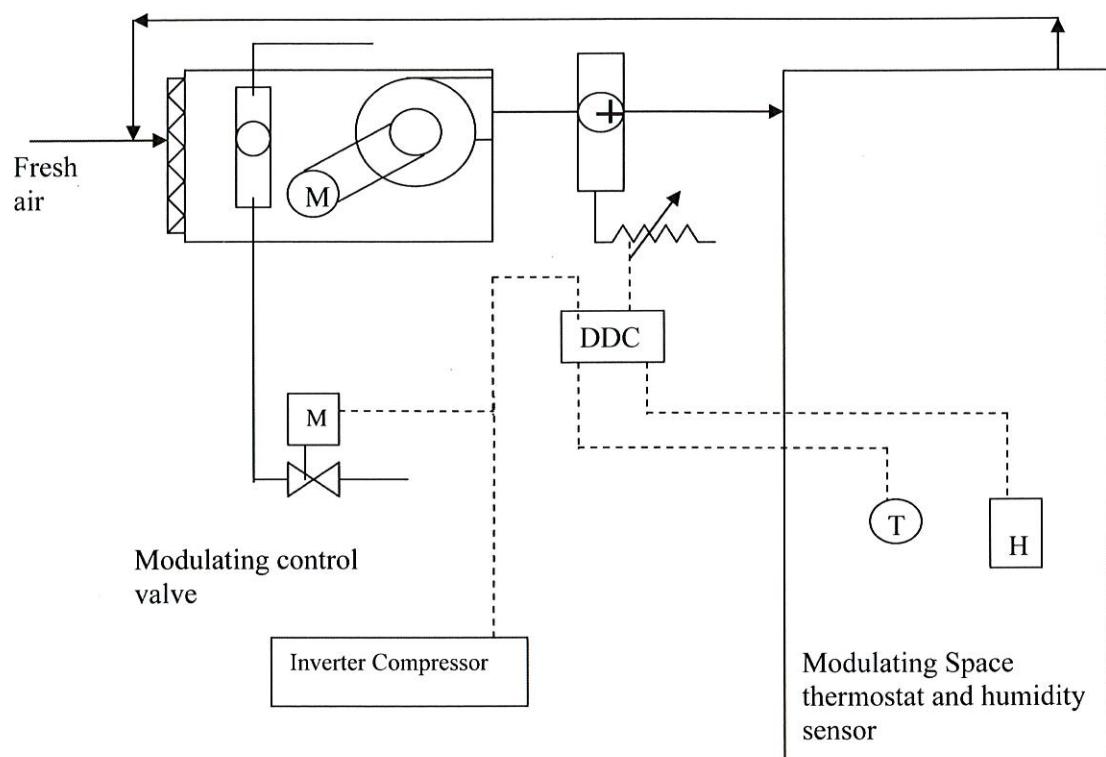
จากรูป T_1 จะเป็นชุดควบคุมอุณหภูมิอากาศที่ออกจากคอยล์เย็น โดยทั่วไปจะกำหนดค่าไว้ที่ต่ำ เพื่อให้อากาศ เนพาส่วนที่ผ่านคอยล์มีอุณหภูมิต่ำและแห้ง

T_2 และ H เป็นชุดควบคุมอุณหภูมิและความชื้นห้องโดยทำงานในลักษณะเป็นลำดับขั้น T_2 จะเป็นชุดควบคุมหลัก ทำหน้าที่ควบคุม Face and Bypass damper เพื่อให้อุณหภูมิอากาศสมควรระหว่าง Return กับ mixed air ที่ผ่านคอยล์เย็นแล้ว จ่ายเข้าห้องให้เหมาะสมกับภาวะความร้อนสัมผัส เมื่อห้องได้รับการควบคุมอุณหภูมิจึงได้ตามต้องการแล้ว ชุดควบคุม

จะสลับให้ชุดตรวจสอบความชื้น H เป็นชุดสั่งการรอง ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุม Face and bypass damper เพื่อควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ห้องให้อยู่ในเกณฑ์ แต่ในช่วงเวลาดังกล่าวชุดควบคุมจะมีการตรวจสอบอุณหภูมิห้องอยู่เป็นระยะๆ ถ้าอุณหภูมิห้องอยู่นอกค่า Set point + throttling range และชุดควบคุมจะสลับการควบคุม Face and bypass damper จะกลับไปปรับสัญญาณควบคุมจาก T_2 อีกครั้ง

(หมายเหตุ: ถ้าค่าอยล์เย็นเป็นแบบ DX หรือแบบ On-off ตำแหน่งของ T1 จะต้องย้ายไปติดตั้งภายในห้องแทน)

ระบบควบคุมแบบ Face and bypass damper สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องได้ด้วยขั้นตอนใช้ pre-cooled fresh air ประกอบเข้าไปกับระบบ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการประหยัดพลังงานเมื่อเทียบกับระบบตั้งเติมซึ่งมีการใช้ electric reheat จำนวนมาก ดังรูปข้างล่าง



รูปแสดง Modulating chilled water coil & reheat

ระบบควบคุมแบบนี้ H จะควบคุมความชื้นควบคุมอัตราการไหลน้ำเย็นเข้าค่ายล์เย็นเพื่อลดความชื้นและลดอุณหภูมิด้วย T จะควบคุม electric reheat ให้ทำงานเท่าที่จำเป็นเพื่อให้ห้องมีอุณหภูมิที่เหมาะสม พร้อมกันนี้ T จะข้ามไปควบคุมความชื้นควบคุมอัตราการไหลน้ำเย็นเข้าค่ายล์เย็นด้วย ถ้าอุณหภูมิห้องสูงกว่าค่า set point

สรุป

ในการออกแบบระบบควบคุมสภาพอากาศด้วยอุปกรณ์ต่างๆ เช่น อุปกรณ์ค่ายล์เย็น, อุปกรณ์เพิ่ม-ลดความชื้น, reheat, face and bypass damper ตั้งกล่าวข้างต้นสามารถควบคุมสภาพอากาศภายในห้องได้กว่าเครื่องปรับอากาศแบบปกติทั่วๆ ไป ได้รับการพิจารณาอย่างละเอียดในการออกแบบและเลือกใช้ให้เหมาะสม ก็จะสามารถลดทั้งเงินลงทุน, ประหยัดพลังงาน ได้เป็นอย่างดี

