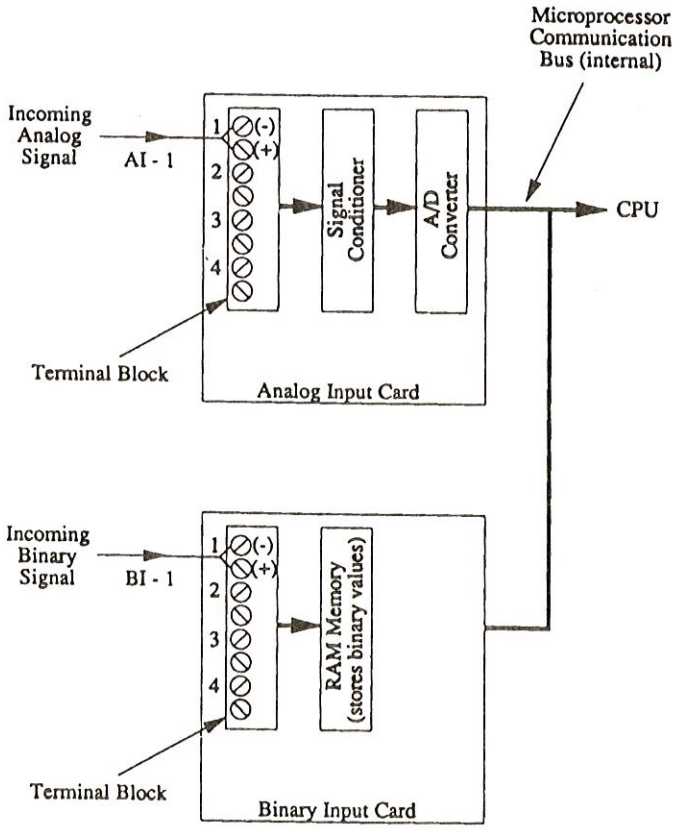
การควบคุมเชิงเลขสำหรับระบบปรับอากาศ (ตอนที่ 3)

การประยุกต์ใช้งานระบบควบคุม DDC (1)

ศ.ดร. วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์

การเชื่อมโยงตัวควบคุมเชิงเลขเข้ากับอุปกรณ์ควบคุมปกติ

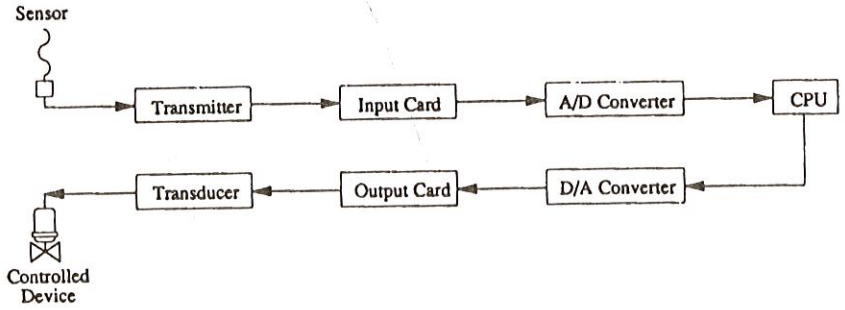
ในกระบวนการควบคุมด้วย DDC ระบบจะต้องทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ DDC และอุปกรณ์ควบคุมที่ใช้กันอยู่ตามปกติ ตัวอย่างเช่น ระหว่างตัววัดอุณหภูมิกับไมโครโปรเซสเซอร์หรือระหว่าง ไมโครโปรเซสเซอร์กับวาล์วควบคุมน้ำเย็น เป็นต้น ฉะนั้นการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ดังกล่าวนี้จึงต้องมีการเปลี่ยนรูปแบบของสัญญาณไปมาระหว่างสัญญาณประเภทต่าง ๆ เพื่อให้อุปกรณ์ทุกชิ้นทำงานร่วมกันได้ นอกจากสื่อสารข้อมูลในรูปแบบที่เหมาะสมแล้ว ในบางครั้งจะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณควบคุมที่อ่อน หรือมีความเข้มต่ำ ให้มีคุณภาพพอเหมาะแก่การรับ (อ่านสัญญาณ) โดยตัวควบคุมด้วย ซึ่งเรียกว่า Signal Conditioning รูปที่ 1 แสดงถึงทางเดินของสัญญาณแอนาล็อก (สัญญาณต่อเนื่อง) และของสัญญาณเชิงเลข (Digital หรือ Binary Signals) ที่เข้ามายังจุดต่อของบัสรับสัญญาณเพื่อเดินทางไปยัง CPU สำหรับสัญญาณแอนาล็อกจะต้องผ่านตัวแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณเชิงเลข (A/D) เสียก่อนจึงสามารถป้อนเข้าสู่ CPU ได้



รูปที่ 1 แผงรับและแปลงสัญญาณเข้า/ออก

การปรับปรุงคุณภาพสัญญาณของตัวรับสัญญาณ (Sensor) จากระยะไกล (เช่น อุณหภูมิ ความดัน) เป็นสิ่งที่จำเป็น มิฉะนั้นสัญญาณที่ไปถึงตัวควบคุมเชิงเลขอาจอ่อนเกินกว่าที่จะอ่านได้ หรือถ้ามีการรบกวนของสัญญาณจากอุปกรณ์ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์อื่นๆ ในระหว่างทาง ก็จะทำให้สัญญาณที่มีความเข้มน้อยนี้ผิดไปได้ อันจะเป็นผลให้ระบบควบคุมสั่งการทำงานของระบบ HVAC ผิดไปด้วย เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้ เราจึงต้องใช้ตัวส่งผ่านสัญญาณ (Transmitter เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งสามารถขยายสัญญาณความเข้มต่ำให้มีความเข้มสูงขึ้น เพื่อให้สามารถส่งไปในสายส่งที่มีความยาวมากได้) ในการปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณ โดยปกติเรามักจะติดตั้งตัวส่งผ่านสัญญาณไว้ใกล้กับตัวรับสัญญาณ (Sensor) เพื่อให้สายส่งส่วนที่มีความเข้มต่ำมีระยะสั้นที่สุด ตัวส่งผ่านสัญญาณมี 3 ชนิด คือ ชนิดกระแสไฟฟ้า (Current Transmitter) ชนิดแรงดันไฟฟ้า (Voltage Transmitter) และชนิดความต้านทานไฟฟ้า (Resistance) ตัวส่งผ่านสัญญาณส่วนใหญ่มักจะเป็นตัวแปลงสัญญาณ (Transducer) ด้วย ทั้งนี้เพราะในกระบวนการส่งผ่านสัญญาณมักจะมีการแปลงสัญญาณควบคุมจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่งด้วย (เช่น PE Relay จะแปลงสัญญาณลมอัดเป็นสัญญาณไฟฟ้า) ตัวส่งผ่านสัญญาณ ชนิดกระแสไฟฟ้ามักจะให้สัญญาณขาออกอยู่ระหว่าง 4 ถึง 20 มิลลิแอมแปร์ และตัวส่งผ่านสัญญาณชนิดแรงดันไฟฟ้าจะให้สัญญาณไฟฟ้าต่ำซึ่งมักจะเป็นไฟกระแสตรงไม่เกิน 24 โวลท์

ในระบบควบคุม DDC ถ้าสัญญาณที่วัดได้เป็นสัญญาณแอนาล็อก เราจะต้องเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณเชิงเลขก่อนป้อนเข้าสู่ไมโครโปรเซสเซอร์ โดยใช้ตัวแปลงสัญญาณ A/D ในทางกลับกันสัญญาณ ควบคุมที่ส่งออกจาก CPU จะเป็นสัญญาณเชิงเลข ก็จะต้องได้รับการแปลงให้เป็นสัญญาณแอนาล็อกก่อนที่จะส่งไปควบคุมอุปกรณ์ตามปกติได้ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 2 สำหรับ Interface Cards (Input and Output Cards) มักจะประกอบสำเร็จรูปอยู่ร่วมกับตัวแปลงสัญญาณ



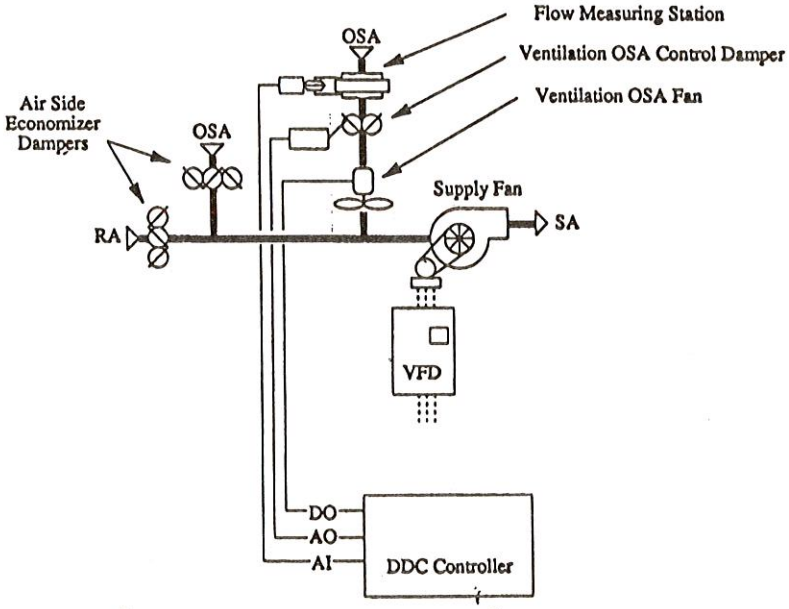
รูปที่ 2 แสดงการส่งผ่านสัญญาณในระบบ DDC

ระบบควบคุมการระบายอากาศ

วัตถุประสงค์ของระบบควบคุมการระบายอากาศก็เพื่อที่จะให้ภายในห้องหรือในอาคารได้รับ อากาศใหม่ (Fresh Air) หรือลมบริสุทธิ์เป็นปริมาณไม่น้อยกว่าตามมาตรฐานของการระบายอากาศเพื่อความสุขสบาย หรือเพื่อเป็นไปตามที่กระบวนการผลิตต้องการ ASHRAE ได้ระบุเอาไว้ว่าบริเวณภายในอาคารจะต้องมีอากาศใหม่อย่างต่ำ 15% จึงจะได้มาตรฐานของการอยู่อาศัย

โดยปกติเรามักจะใช้แดมเปอร์พร้อมกลไกติดตั้งเอาไว้ในท่อลมบริสุทธิ์เพื่อควบคุมปริมาณลมบริสุทธิ์เข้าสู่ระบบ ในขณะภาวะสมดุลเราจะตั้งตำแหน่งของแดมเปอร์เพื่อให้ได้อัตราลมบริสุทธิ์ตามต้องการพอดี วิธีการนี้ใช้ได้ดีกับระบบปรับอากาศแบบจ่ายลมคงที่เท่านั้น (ระบบ CAV) แต่เมื่อนำมาใช้กับระบบจ่ายลมปริมาณแปรเปลี่ยน หรือ ระบบ VAV (Variable Air Volume) แล้ว ในขณะที่ลมจ่ายลดลงตามภาระความเย็น ความดันของระบบที่เปลี่ยนไปอาจจะทำให้ปริมาณลมใหม่ลดลงต่ำกว่าที่มาตรฐานกำหนดได้ อันจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้สถานที่นั้น โดยเฉพาะบริเวณที่มีการสูบบุหรี่มาก เราจะเห็นว่าระบบการควบคุมด้วยแดมเปอร์ในลักษณะนี้เป็นแบบขึ้นอยู่กับความดัน (Pressure Dependent) ซึ่งไม่เหมาะกับระบบ VAV ดังนั้นเราจึงต้องใช้ระบบควบคุมลมบริสุทธิ์แบบไม่ขึ้นอยู่กับความดัน (Pressure Independent Control Loop)แทน รูปที่ 3 แสดงวิธีการควบคุมวิธีหนึ่งซึ่งทำงานดังนี้

สัญญาณควบคุม DO จะใช้สำหรับเดิน/หยุดพัดลมจ่ายลมบริสุทธิ์ AO เป็นสัญญาณควบคุมตำแหน่งแดมเปอร์ของลมบริสุทธิ์ และ AI เป็นสัญญาณตรวจวัดอัตราการจ่ายลมบริสุทธิ์เข้ามาในระบบ อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดอัตราลมนี้เราเรียกย่อ ๆ ว่า AFMS (Air Flow Measuring Station) ส่วนพัดลมจ่ายลมให้ระบบจะถูกขับด้วยมอเตอร์ที่แปรเปลี่ยนความเร็วได้ VFD (Variable Frequency Drive หรือ Variable Frequency Inverter) ในระบบ VAV เรามักใช้สัญญาณจากความดันสถิต SP (Static Pressure) ภายในท่อลมมาควบคุมความเร็วของมอเตอร์พัดลมที่จ่ายลมให้ระบบ ในรูปจะมีท่อลมบริสุทธิ์เข้าสู่ระบบ 2 ท่อ โดยที่ท่อหนึ่งจะมี AFMS คอยตรวจวัดอัตราการไหลอยู่ด้วย และจะส่งเป็นสัญญาณ AI ไปเข้าตัวควบคุม DDC ซึ่งจะทำการคำนวณก่อนส่งสัญญาณควบคุม AO ไปปรับตำแหน่งของแดมเปอร์ เพื่อให้แน่ใจว่าระบบได้รับลมบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่ามาตรฐานกำหนด ส่วนสัญญาณควบคุม DO จะสั่งการให้พัดลมจ่ายลมบริสุทธิ์เดินทันทีที่มีการเดินระบบจ่ายลม เหตุผลของการที่ต้องมีพัดลมจ่ายลมบริสุทธิ์ก็เพราะว่า ในขณะที่อัตราการจ่ายลมลดลงตามภาระความเย็น ความดันภายในระบบท่อลมจะลดลงด้วย ซึ่งอาจจะทำให้ไม่สามารถดูดลมบริสุทธิ์เข้ามาได้ตามที่ต้องการ และความเร็วลมที่ไหลผ่าน AFMS จะต่ำเกินกว่าที่จะวัดได้ด้วย การที่มีพัดลมบริสุทธิ์ก็เพื่อให้แน่ใจว่าระบบจะได้รับลมบริสุทธิ์ขั้นต่ำอย่างแน่นอน นั่นคือขนาดของพัดลมบริสุทธิ์จะต้องประมาณเท่ากับอัตราลมบริสุทธิ์ขั้นต่ำที่ต้องการ



รูปที่ 3 การควบคุมปริมาณลมบริสุทธิ์ในระบบ VAV

การควบคุมความดันสถิต

การควบคุมความดันสถิต (SP หรือ Static Pressure) ในระบบปรับอากาศมี 2 ชนิดคือ การควบคุม SP ในท่อลม และการควบคุม SP ภายในห้อง ในระบบ VAV จะต้องมีการควบคุม SP ในท่อลมก็เพื่อที่จะรักษาระดับ SP ขั้นต่ำภายในท่อลมไว้ ให้เพียงพอแก่การส่งลมเย็นไปยังกล่องจ่ายลมทุกกล่อง ในขณะที่ปริมาณลมแปรเปลี่ยนไปตามภาระความเย็นซึ่งกระทำได้โดยการตรวจวัด SP ในตำแหน่งที่เหมาะสมในท่อส่งลม แล้วใช้สัญญาณนี้มาแปรเปลี่ยนอัตราลมที่จ่ายออกมาสู่ระบบ ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานของมอเตอร์พัดลมในขณะที่ภาระความเย็นลดลง หรือเพื่อการส่งลมจากระบบเดียวกันไปยังหลายเขตที่มีพฤติกรรมของการแปรเปลี่ยนภาระความเย็นไม่คล้ายคลึงกัน การควบคุมการแปรเปลี่ยนปริมาณลมอาจจะทำได้ 3 วิธี คือ

- การปรับตำแหน่งแดมเปอร์ในท่อเมนจ่ายลม
- การปรับมุมของใบตรงทางดูดลมเข้าพัดลมส่งลมเย็น (Inlet Vanes)
- การแปรเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์ขับ

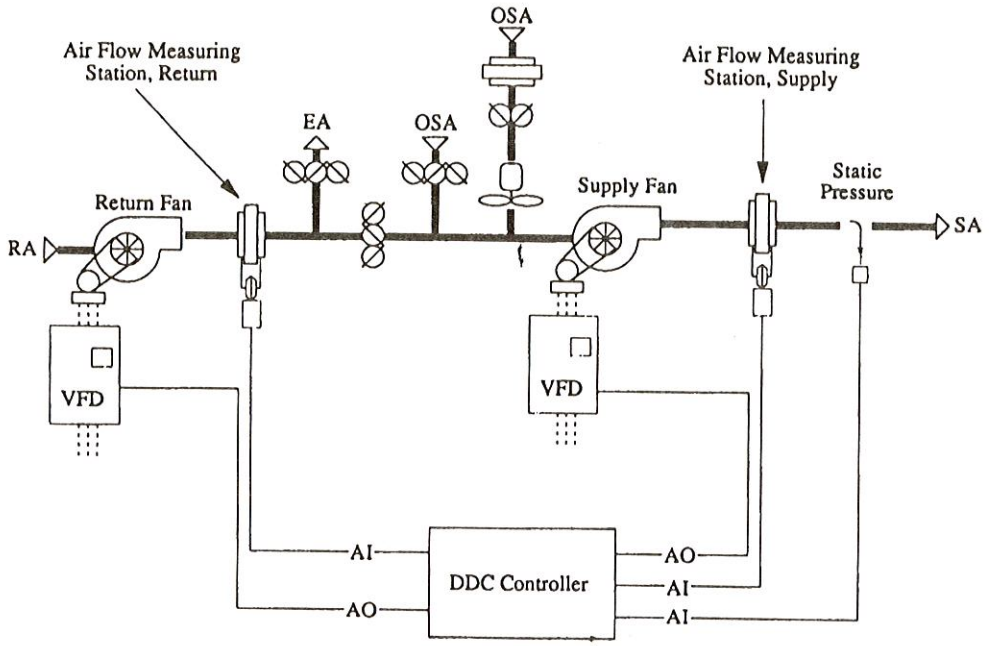
ในที่นี้จะขอสรุปเพียงสั้นๆ ว่า การใช้วิธีแปรเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์โดยใช้ Variable Frequency Inverter Drive หรือ VFD จะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในขณะนี้

สำหรับการควบคุม SP ภายในห้องปรับอากาศ อาจจะมีความจำเป็นในบริเวณที่เราต้องการที่จะรักษาระดับความดันให้สูงหรือต่ำกว่าบริเวณที่อยู่รอบๆ เช่น บางพื้นที่ในโรงพยาบาล ห้องปฏิบัติการหรือศูนย์วิจัยบางส่วน เรามีความต้องการให้มี SP สูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ที่อยู่ติดกัน เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคหรือสิ่งสกปรกมิให้เข้ามาในพื้นที่ควบคุมได้ ภายในช่องบันไดหนีไฟของอาคารสูง ก็จำเป็นที่จะต้องให้มี SP สูงกว่าภายนอกช่องบันไดในขณะเกิดเพลิงไหม้ เพื่อป้องกันการกระจายของควันเข้ามาภายในช่องบันได วิธีการรักษาระดับ SP ของพื้นที่หนึ่งให้สูงกว่าอีกพื้นที่หนึ่งอาจกระทำได้ 2 วิธี คือ

- การตรวจวัด SP ภายในห้องนั้นเมื่อเทียบกับบริเวณข้างเคียง (ΔSP) แล้วใช้เป็นสัญญาณมาควบคุม VFD โดยผ่านทางตัวควบคุม DDC
- การควบคุมให้มีผลต่างระหว่างอัตราลมจ่ายและลมกลับ เพื่อให้เหลือลมส่วนเกินภายในห้องเพียงพอกับการรักษาความดันตามต้องการ

โดยปกติแล้วระบบการควบคุม SP ภายในท่อลมจะไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับระบบการควบคุม SP ภายในห้อง ทั้งสองระบบต่างก็ทำงานเป็นอิสระต่อกัน อย่างไรก็ตามในขณะที่ระบบทั้งสองทำงานพร้อมกันอยู่ในระบบ VAV แต่ละระบบก็จะมีผลต่อกันในทางอ้อม ดังจะเห็นได้ชัดเจนว่าในขณะที่ภาระความเย็นของห้องลดลง อัตราการจ่ายลมก็จะลดลงด้วย พัดลมส่งลมเย็นจะลดความเร็วลง ซึ่งมีผลให้เกิดการปลี่ยนแปลง SP

ภายในห้องขึ้นด้วย ดังนั้นการที่จะรักษา SP ทั้งภายในห้องและภายในท่อลมไปพร้อมๆ กัน เราควรใช้หลักการควบคุมความเร็วของพัดลมจ่ายลมและดูดลมกลับควบคู่กันไปด้วย รูปที่ 4 แสดงถึงระบบการควบคุม DDC ซึ่งมีการทำงานดังนี้



รูปที่ 4 การควบคุม SP ภายในท่อลมและในห้อง

การควบคุมผลต่างระหว่างปริมาณลมจ่ายและลมดูดกลับทำได้โดยการใช้ AFMS ตรวจวัดอัตราลมในท่อจ่ายลมและท่อลมกลับ สัญญาณ AI จาก AFMS ทั้งสองจะถูกส่งไปยังตัวควบคุม DDC เพื่อใช้เป็นสัญญาณควบคุม AO ส่งไปยัง VFD ของพัดลมดูดกลับ สำหรับอุปกรณ์ตรวจวัด SP ภายในท่อก็จะถูกส่งเป็นสัญญาณ AI ไปยังตัวควบคุม DDC ซึ่งจะส่งเป็นสัญญาณ AO ไปควบคุม VFD ของพัดลมจ่าย เพื่อเพิ่มหรือลดความเร็วของมอเตอร์พัดลมตามความจำเป็น ให้สังเกตว่าในระบบที่กำลังพูดถึงนี้จะมีการควบคุม ปริมาณลมบริสุทธิ์เช่นเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วในรูปที่ 3 ด้วย (ในรูปที่ 4 ไม่ได้แสดงลายเส้นควบคุมเอาไว้)

การควบคุม SP ภายในห้องอีกวิธีหนึ่งที่ลงทุนน้อยกว่าที่ได้กล่าวมาแล้ว คือการใช้อุปกรณ์ตรวจวัด ΔSP แล้วส่งเป็นสัญญาณไปเข้าตัวควบคุม DDC ซึ่งจะส่งเป็นสัญญาณควบคุม AO ไปยัง VFD ของพัดลมดูดกลับอีกทีหนึ่งโดยไม่ต้องใช้ AFMS ทางท่อจ่ายและท่อดูดกลับก็ได้ แต่ผลการทำงานควบคุมอาจจะไม่ดีเท่ากับวิธีการควบคุมปริมาณลมโดยตรง