สุมาลี โฆษิตาพันธุ์

กรณีตัวอย่าง การใช้ Inverter ในระบบ Secondary Pump

ก่อนอื่น ผู้เขียนขอปูพื้นเรื่องระบบการจ่ายน้ำเย็น ในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ ส่วนมากจะเป็นระบบ primary pumping หมายความว่ามีปั๊มเพียงชุดเดียว จ่ายน้ำไปที่ทั้ง Chiller และที่ load ด้วย อีกระบบที่มีใช้กัน แต่มีน้อยกว่ามาก คือ ระบบ primary-secondary pumping ซึ่งต้องมีปั๊ม 2 ชุด คือ Primary และ Secondary

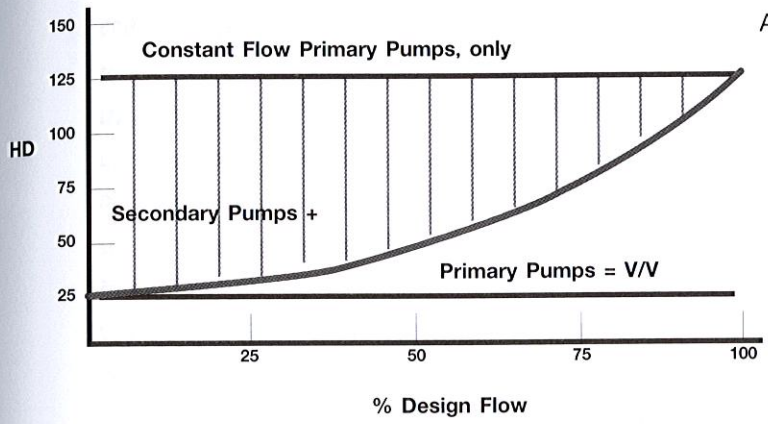
ความแตกต่างโดยหลักคงเป็นเรื่องต้นทุนในการติดตั้งเทียบกับพลังงานที่สามารถประหยัดได้ กล่าวคือในระบบ Primary นั้น ปั๊มน้ำเย็นชุดเดียวที่มีต้องทำงานหนักจ่ายน้ำเย็นในปริมาณคงที่ ไปที่ทั้ง Chiller และ Load ไม่ว่า load นั้นจะมากหรือน้อยเพียงไร การที่ปั๊มน้ำในปริมาณคงที่ ในอัตรามากที่สุด คือตามขนาดของ chiller จะทำให้ใช้กระแสไฟฟ้าในการขับมอเตอร์มากสุดเช่นกัน

ส่วนในระบบ Primary-secondary ปั๊มน้ำจะมี 2 ชุด คือ primary และ secondary ชุดของ primary จะมีขนาดเล็กกว่าเพราะหน้าที่มันเพียงจ่ายน้ำเย็นให้กับ chiller ในห้องเครื่องเท่านั้น ชุดนี้จะมีหน้าที่จ่ายน้ำในอัตราคงที่ ขณะที่ปั๊มอีกชุด หรือที่เรียกว่า Secondary pump จะจ่ายน้ำเย็นไปที่ load ซึ่งไกลกว่า ส่วนใหญ่จะมีขนาดใหญ่กว่าปั๊มชุดแรก ปั๊มตัวนี้สามารถเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเย็นให้เป็น

บริษัท แดนฟอส์ส (ประเทศไทย) จำกัด

ไปตาม load ส่วนใหญ่แล้ว load ความเย็นในพื้นที่ใช้งานจะ vary อยู่ตลอดเวลา ดังนั้น กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการขับปั๊มน้ำเย็นจะ vary ตาม load ด้วย นั้นหมายความว่า เราสามารถประหยัดพลังงานที่ Secondary pump ได้

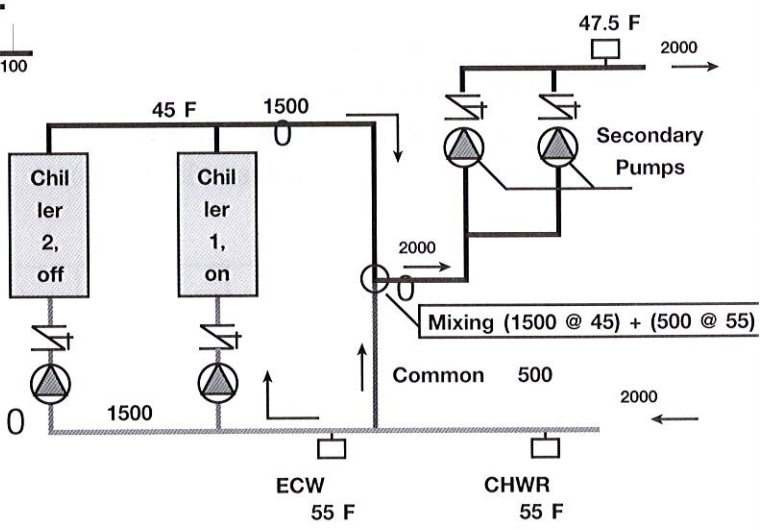
ดูภาพด้านล่าง ที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของ load กับ head ในระบบจ่ายน้ำเย็นของ Primary-secondary เทียบกับระบบ constant flow primary pump ซึ่งพื้นที่ใต้กราฟก็คือ กำลังไฟฟ้าที่ต้องใช้นั่นเอง พื้นที่ส่วนแรเงาคือส่วนที่จะประหยัดได้ หากใช้การจ่ายน้ำเย็นระบบ primary-secondary เทียบกับ constant flow primary



ข้อดีของการใช้ระบบ primary-secondary จึงเป็นเรื่อง การประหยัดพลังงาน ซึ่งเป็นกระแสที่กำลังมาแรงในขณะนี้ เพราะต้นทุนค่ากระแสไฟฟ้ากำลังสูงขึ้นอยู่ทุกขณะ เนื่องจาก ราคาของน้ำมันในตลาดโลกแพงขึ้น ส่วนข้อดีอื่นๆ ของระบบนี้ คงจะเป็นเรื่องช่วยลดการสึกหรอของระบบท่อและวาล์ว เนื่องจากความเร็วของน้ำลดลง แต่ข้อดีนี้ไม่สามารถนำมาคำนวณเป็นการประหยัดต้นทุนที่เราสามารถจับต้องได้

อีกเหตุผลหนึ่งของการแบ่งเป็น Primary-secondary pump ที่มีประโยชน์มากในการออกแบบในอดีต คือ การแบ่งโซนของ load ในโครงการที่มีขนาดใหญ่ มีหลายอาคาร หรือหลายโซน (เพราะอดีตมีโครงการใหญ่ๆ ทำนองนี้มาก) แต่ละโซน มีความต้องการใช้งานต่างๆ กันไป แต่มี chiller plant รวมอยู่จุดเดียว เราสามารถแบ่งชุดของ secondary pump ให้เป็นไปตามโซนการใช้งานได้ การควบคุม ปั๊มแต่ละชุดก็แยกกันไปเป็นการประหยัดพลังงานและยืดหยุ่นตามการทำงานจริงด้วย

อีกจุดหนึ่งที่ผู้เขียน อยากชี้ให้เห็น เมื่อเทียบระบบ primary-secondary ทั่วไปที่ไม่มี inverter กับที่มี inverter คือ ระบบ Primary-secondary ทั่วไปที่ไม่มี inverter ปกติควรจะมีอัตราการไหลของ primary เท่ากับหรือมากกว่า secondary loop แต่ความเป็นจริง ที่ผู้เขียนได้ไปตรวจวัดมาหลายๆ ที่ flow ของน้ำเย็น ใน secondary มักจะมากกว่าใน primary เนื่องจากระบบ secondary เป็นระบบที่ใหญ่ มีความไม่แน่นอนของ head มากกว่า ผู้ออกแบบจึงมีการเผื่อ head ขณะที่เลือกปั๊มมากกว่า ทำให้ในการ operate จริงได้ flow มากกว่า Primary ผลคือ อุณหภูมิของน้ำเย็นใน secondary loop หรือน้ำที่ไปจ่าย load จะมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำที่ออกจาก chiller เป็นการลด capacity ของเครื่อง Air handling unit และ Fan coil unit ที่ปลายทาง หากเราใช้ inverter ปรับ flow ตาม load ที่เป็นจริง หรือส่วนใหญ่คือ flow ใน secondary จะน้อยกว่า primary จะทำให้ได้อุณหภูมิของน้ำเย็นใน loop secondary เท่ากับ อุณหภูมิที่ออกจาก chiller ซึ่งก็คือทำให้ efficiency ของ AHU หรือ FCU นั้นสูงสุด



รูปด้านบน แสดงสมมติของ flow ใน primary และ secondary ที่ไม่เท่ากัน โดยน้ำใน primary น้อยกว่า secondary อยู่ 500 GPM มีผลให้อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไปจ่าย load มีค่าสูงกว่าที่ควรจะเป็น คือ 47.5 F แทนที่จะเป็น 45 F เท่ากับที่ออกจาก Chiller ท่านผู้อ่านลองไปเปิด Spec การทำความเย็นของเครื่อง AHU ดูว่าการที่น้ำเย็นเข้า 47.5 F เทียบกับ 45 F ที่อัตราการไหลเท่ากัน จะทำให้ความสามารถจ่ายความเย็นของ AHU เครื่องนั้นลดลงเท่าไร

กรณีตัวอย่างการใช้ Inverter ในระบบ Secondary pump

ผู้เขียนได้มีโอกาสใช้ Inverter เพื่อการประหยัดพลังงานในระบบ Secondary pump ในโรงแรมแห่งหนึ่งย่านสุขุมวิท โรงแรมดังกล่าวมีขนาดกลาง แต่ลูกค้าค่อนข้างเต็มตลอด โรงแรมนี้สร้างมาแล้วร่วม 10 ปี ปกติเดิน Chiller 1 ตัว ขนาด 250 Ton ตลอดเวลา ระบบจ่ายน้ำเย็นเป็นระบบ primary-secondary โรงแรมนี้จะเดิน primary pump 1 ตัว และ secondary pump 1 ตัว คู่กับ Chiller 1 ตัว เช่นเดียวกัน เดิมไม่มี inverter กับ secondary pump

Specification ที่ออกแบบมาของ secondary pump ตัวนี้ คือ

- Flow 660 GPM
- Head 85 FTWG.
- Motor size 18 kW
- QTY 3 units

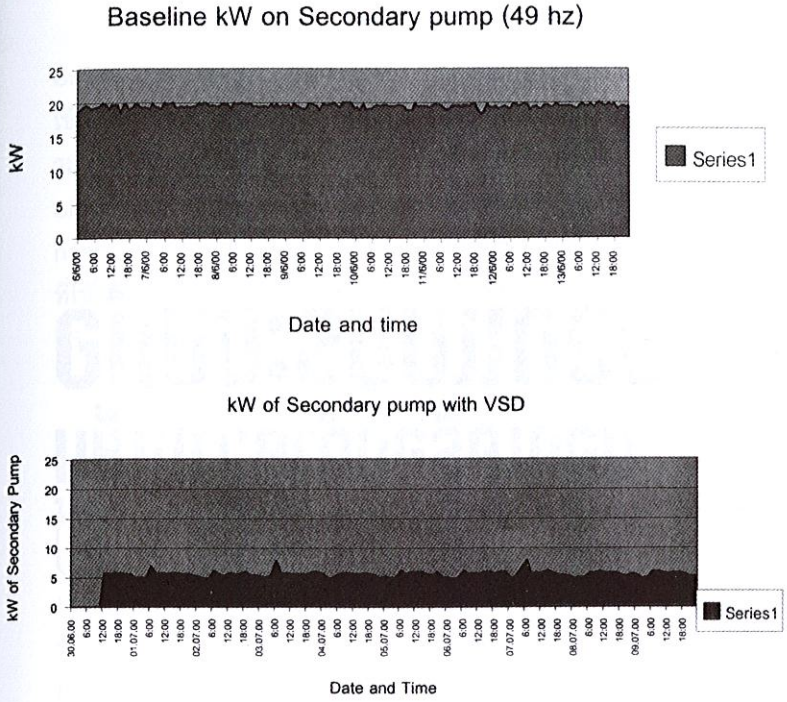
แต่ ณ วันที่ผู้เขียนไปตรวจวัดปั๊มตัวนี้ เมื่อปีที่แล้ว พบว่า Flow สูงร่วม 1,190 GPM ตัวเลขนี้อาจไม่ถูกต้องสมบูรณ์ แต่ถือว่าใกล้เคียง เพราะคงไม่มีใครสามารถวัด อัตราการไหลของน้ำได้ถูกต้องสมบูรณ์ การกินไฟที่มอเตอร์ก็สูงร่วม 20 kW ส่วนหนึ่งคงเพราะอัตราการไหลของน้ำสูงกว่า specification มาก ขณะที่ตรวจวัดพบว่ามีน้ำไหลผ่าน PRV มากด้วย ขณะที่วันที่ตรวจวัดพบว่าน้ำใน Primary ค่อนข้างใกล้เคียงกับ Spec คือมากกว่า Spec เล็กน้อย จึงสรุปว่าน้ำใน loop secondary มากกว่า primary

ตารางด้านบนเป็นสรุปข้อมูลต่างๆที่วัดได้ของปั๊มตัวนี้ โดยเปรียบเทียบระหว่าง ก่อนติดตั้งและ หลังติดตั้ง (อันที่จริงแล้วคือติดตั้ง Inverter แล้วทั้งคู่ หากแต่ข้อมูล baseline เป็นข้อมูลที่ยังไม่ได้ปรับลดหรือ ปรับแต่งใดๆ)

จะเห็นว่าใน column ที่ 1 คือการทำงาน ที่ 50 HZ ปรกติ หรือคือข้อมูลที่ผู้เขียนไปตรวจวัดมา โดยที่ยังไม่มีการติดตั้ง inverter ใดๆ เผอิญว่าการตรวจวัดดังกล่าว เป็น spot check และวันที่ไปตรวจวัด ปั๊มเบอร์ 1 กำลังทำงาน ใน column ที่ 2 จะถือว่าเป็น Baseline ในการคำนวณประหยัดพลังงาน สาเหตุที่ต้องผ่าน inverter และลดเป็น 49 HZ เพราะสะดวกในการบันทึกและอ่านค่าเราสามารถอ่านค่าทุกอย่างได้ที่ inverter โดยไม่ต้องติดอุปกรณ์เพิ่ม ส่วนที่ลดเป็น 49 HZ นั้น เพราะ Inverter ตัวนี้ขนาด 18 kW ตามขนาดมอเตอร์ การ operate ตามปกติที่ 50 HZ ทำให้กระแสและ kW เกิน inverter จะ trip เอา โดยที่เราวัด baseline ที่ ปั๊มเบอร์ 2 ข้อดีอีกอย่างที่เราวัด kW โดยวิธีนี้ คือ เทียบเท่ากับเราใช้ kW และ kWh meter ตัวเดียวกันในการวัดที่ baseline และเมื่อปรับแต่งระบบแล้ว การที่ meter ต่างตัวกันอาจทำให้มี error ในการอ่านค่าได้

ส่วน Column ที่ 3 คือค่าที่วัดเมื่อปรับแต่งระบบแล้ว เราปล่อยให้ inverter ทำงานที่รอบอัตโนมัติตาม Load ที่เวลาต่างๆ เราวัดที่ปั๊มเบอร์ 2 เช่นเดียวกับ baseline ผู้เขียนขอเรียนให้ทราบว่าเราจด log sheet ทุกชั่วโมง เป็นเวลาอย่างละ 1 สัปดาห์ ซึ่งจะทำให้เห็น profile การทำงานของมันทั้งวัน ประกอบกับการอ่านค่า kWh สะสม จะทำให้ทราบค่าของการประหยัดจริงๆ เมื่อนำมา plot เป็นกราฟ จะได้รายละเอียด ดังรูปข้างล่างนี้

Data Measure	Audit date	Baseline	After Implement
Measuring Date	02.07.99	06.06.00 to 13.06.00	31.06.00 to 9.07.00
Secondary Pump no	SCHP 1	SCHP2	SCHP2
Frequency (HZ)	50	49	30-35
Average kW	20	19.3	5.44
Flow rate	1195 GPM	1171 GPM	Varied approx 789 GPM
Differential pressure	11 psi	11 psi	Varied approx 6.7 psi
Feedback	NA.	2.6-3 psi	2.7 psi
Average saving per hour (kW)	10.39	-	13.86
Average saving per year (kW)	91,016	-	121,424.5



จากการผลที่ตรวจวัดนี้ พบว่าจะประหยัดได้ปีละ 121,424 kWh หรือเฉลี่ย 10,118 kWh ต่อเดือน ปรกติโรงแรมนี้เสียค่าไฟอยู่ที่ 400,000 บาทต่อเดือน สมมติว่าต้นทุนของค่าไฟ kWh ละ 2.3 บาทโดยเฉลี่ย (รวม demand และ FT แล้ว การที่เราลด kW ค่อนข้างเกือบจะตลอดเวลาเช่นนี้ มีผลให้ demand ลดลงด้วย) โรงแรมนี้จะประหยัดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับปั๊มตัวนี้ ได้เดือนละ 23,273 บาท เทียบกับค่าไฟที่เสียเป็นปรกติอยู่ จะลดลง 5% นับว่าเป็นการประหยัดพลังงาน ที่เหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจปัจจุบันมาก

พื้นที่ใต้กราฟของทั้ง 2 รูปคือ kWh ของมอเตอร์ตัวนี้ ณ ขณะที่ยังไม่ปรับลดรอบ และเมื่อปรับแล้ว จะเห็นว่าประหยัดกว่ากันมาก ประหยัดร่วม 70% อย่างไรก็ดี กราฟรูปนี้ยังไม่สมบูรณ์ ตรงที่มันทำงานไม่ค่อยสัมพันธ์กับ pattern ของ load เท่าไร กล่าวคือ ช่วงกลางคืน load น้อย (คงไม่มีใครแย้งในข้อนี้) ปั๊มควรจะทำงานเบากว่านี้ แต่จากกราฟของทำงานที่ลดความเร็วรอบแล้ว ดูดีๆ จะเห็นว่าเป็นลูกคลื่นโดยครบ 1 คลื่นใน 1 วัน นั้นหมายความว่ามีการลดรอบจริงในช่วงกลางคืน แต่ลดไม่มากเท่าที่ควร เหตุผลหนึ่งคงจะเป็นการที่ 2 way valve ส่วนใหญ่ในอาคารเสีย ทำให้ valve ไม่ปิด แม้ว่าตัวเครื่องจ่ายน้ำเย็นตัวนั้นจะปิดแล้ว หรือไม่ต้องการน้ำเย็นอีกแล้ว แต่ปริมาณการเสียจะมากหรือ น้อย และสัมพันธ์กับการที่ความเร็วของปั๊มลดลงเพียงเท่านี้หรือไม่ ผู้เขียนยังไม่ได้ศึกษาตรงนั้น

มีอีก 2-3 โรงแรมที่ผู้เขียนได้ทำกราฟในลักษณะเดียวกันขึ้นมา และได้ผลเป็นที่น่าพอใจกว่านี้มาก กล่าวคือ กราฟมีลักษณะเป็นลูกคลื่นขึ้นลงชัดเจนกว่านี้มาก ช่วงกลางวัน และกลางคืนความเร็วที่ปั๊มต่างกันเป็นเท่าตัว แต่เนื่องจากผู้เขียนไม่ได้จับงานดังกล่าวตั้งแต่ต้นจนจบ จึงมิบังอาจนำมาเขียนในที่นี้

บางคนอาจจะแย้งว่าการลดรอบของปั๊มทำให้แรงดันลดลง และผลคือน้ำจะไปไม่ถึง load ตัวใกลๆ ตามที่เราต้องการ ดูจากตารางด้านบนก็ได้ว่า เมื่อยังไม่ได้ลดรอบ แรงดันตกคร่อมที่ปั๊ม คือ 11 psi ขณะที่เมื่อลดความเร็วแล้วแรงดันเป็น 6.7 psi เป็นเช่นนี้แล้ว น้ำเย็นจะไปถึงปลายทางได้อย่างไร ผู้เขียนขอเรียนให้ทราบว่าเราได้ทำการวัด pressure drop (ในช่อง คือ Feedback) ตกคร่อม coil ที่ load เพื่อให้มั่นใจว่ามีน้ำไหลผ่านเท่าเดิม ไม่น้อยลงไปกว่าเดิม ยิ่ง pressure drop มาก คือมีน้ำไหลผ่านมาก โดยที่เราไม่สนใจ pressure ที่ต้นทางว่าจะเป็นเท่าไร ขอให้มีน้ำไหลผ่าน coil ตามปรกติเป็นพอ ดังนั้น เมื่อ pressure ที่ปั๊มลดลง แต่มีน้ำไหลผ่าน coil ตัวท้ายๆ พอ นั้นก็คือ การติด inverter ตัวนี้ ไม่ได้ไปรบกวนการทำงานของระบบแต่อย่างไร

สรุป

จากกรณีตัวอย่างนี้ คงพอบอกได้ว่าการติด inverter สามารถลดพลังงานที่ Secondary ได้จริง โดยไม่ไป disturb ระบบแต่อย่างไร กลับจะดีขึ้นด้วยซ้ำเนื่องจากอุณหภูมิน้ำเย็นที่ไปจ่ายระบบเย็นขึ้น ตามเหตุผลที่อธิบายในตอนต้น อย่างไรก็ดี หากเป็นอาคารอื่นระบบแตกต่างกันไป การประหยัดพลังงานอาจมากหรือน้อยแตกต่างกันไป ตามลักษณะการใช้งาน และการออกแบบอาคารในตอนแรก

จุดสุดท้ายที่ผู้เขียนอยากจะชี้ คือ ผู้ใช้งานบางคนมักปฏิเสธตัว inverter ด้วยสาเหตุที่มันแพง แต่หากเราเลือกใช้งานได้ถูกจุด กับอุปกรณ์ที่ลดพลังงานได้มากจริงๆ วิเคราะห์แล้วคุ้มกับเงินที่ลงทุนก็น่าสนใจที่จะลอง