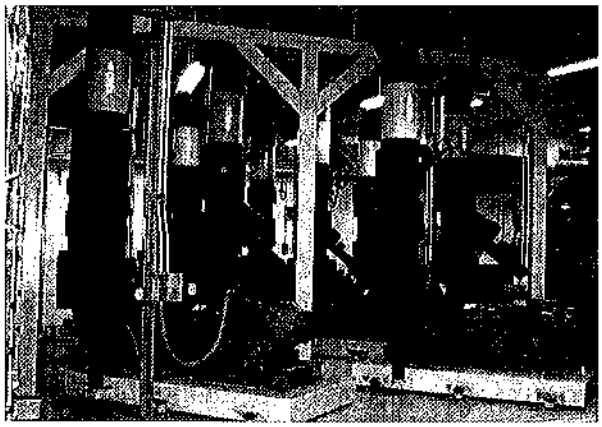
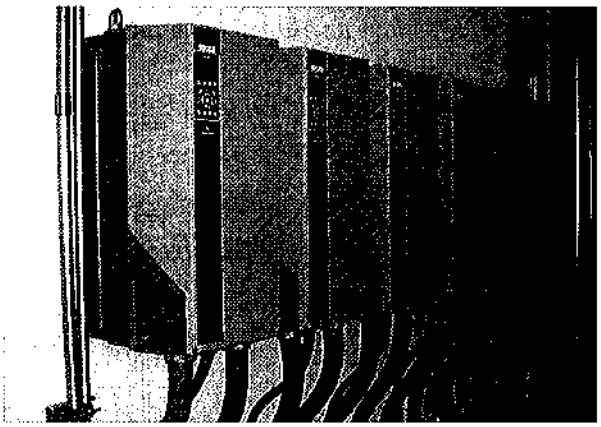
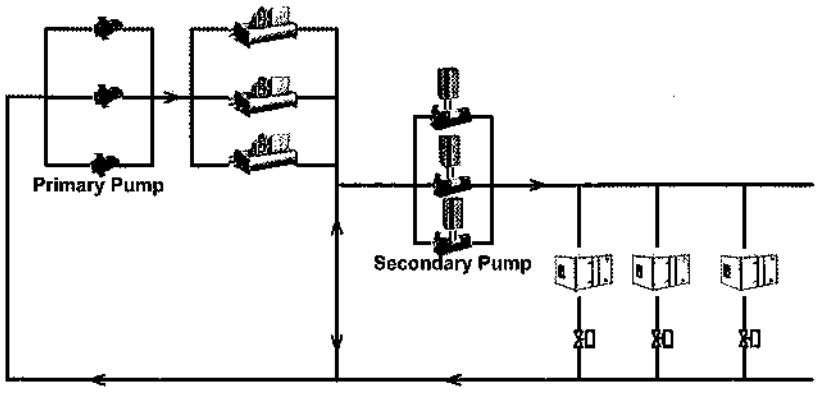
เรื่องแปลกของระบบน้ำ แบบ Primary-Secondary

สุมาลี โฆษิตาพันธุ์
บริษัท เดอะพาลาส จำกัด



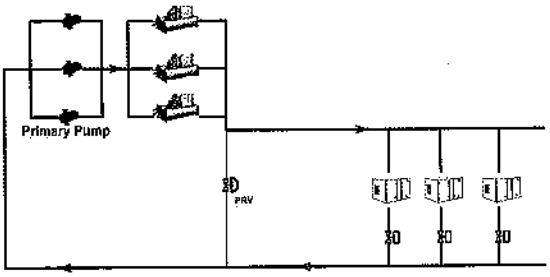


คำว่าแปลกในที่นี้หมายถึงระบบ primary–secondary ที่ไม่ปกติ ผิดแปลกไปจากที่ควรจะเป็น ซึ่งเกิดขึ้นทั้งจากการออกแบบผิด ติดตั้งผิด และใช้งานผิด ผู้เขียนไม่ได้มีเจตนาจะตำหนิผู้เกี่ยวข้องใดๆ ทั้งสิ้น แต่จะชี้ตัวอย่างความไม่ปกติที่เกิดขึ้น และเป็นอุทาหรณ์แก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง และกำลังจะเกี่ยวข้องลองไปพิจารณาดู



ระบบ primary-secondary มักมี VSD ที่ชุดของ secondary pump เพื่อควบคุมการไหลของน้ำ secondary ตาม load ที่แท้จริง

รูปที่ 1 ระบบการจ่ายน้ำแบบ primary-secondary



ในอดีตระบบนี้ไม่สามารถรองรับน้ำไหลผ่าน chiller เปลี่ยนแปลงไปมากๆ ได้ จำเป็นต้องออกแบบ control valve ที่ AHU ให้เป็น 3-way หรือ 2-way โดยมีชุด PRV คุม เพื่อรักษาน้ำใน chiller ให้คงที่ ซึ่งถ้า load น้อยลง ย่อมเสียโอกาสที่จะลดปริมาณน้ำทั้งระบบได้ เนื่องจาก chiller มีความต้องการน้ำคงที่

รูปที่ 2 ระบบจ่ายน้ำเย็น แบบ primary only มีเพียงปั๊มชุดเดียวจ่ายน้ำไปทั้งที่ chiller และ AHU

ระบบจ่ายน้ำเย็นแบบ Primary-Secondary นี้ จะมีปั๊มน้ำเย็น 2 ชุด คือ

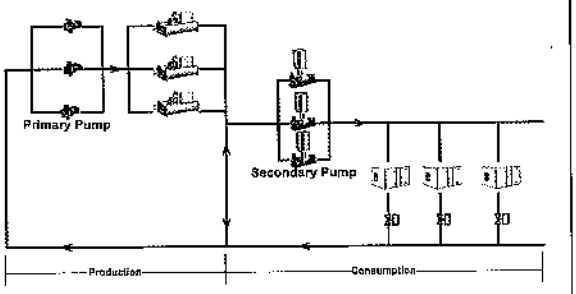
• Primary pump ปั๊มชุดนี้จะเป็นปั๊มชุดแรก หรือชุดหลักที่จ่ายน้ำให้กับ Chiller ซึ่งหน้าที่หลักคือ รักษาปริมาณน้ำเข้า Chiller คงที่ โดยไม่สนใจว่าที่ปลายทางต้องการน้ำเย็นมากน้อยแค่ไหน คือ ไม่สนใจ load นั่นเอง

• Secondary pump ปั๊มชุดนี้มีหน้าที่จ่ายน้ำเข้าไปที่ระบบ หรือที่ AHU, FCU ต่างๆ ปั๊มชุดนี้จะตรงข้ามกับ primary คือไม่สนใจว่า chiller จะจ่ายน้ำมามากน้อยแค่ไหน แต่มันมีหน้าที่ส่งน้ำไปที่ load ตามความต้องการของ load ที่เปลี่ยนไปตลอดเวลา

เงื่อนไขของการจ่ายน้ำลักษณะนี้ คือวาล์วควบคุมที่ AHU, FCU ต้องเป็น 2-way valve เท่านั้น

การจ่ายน้ำเย็นลักษณะนี้ค่อนข้างสมบูรณ์แก้ปัญหาเรื่องการจ่ายน้ำที่ chiller ไม่คงที่ได้ เนื่องจากระบบน้ำที่มีปั๊มเพียงชุดเดียว คือ primary จ่ายน้ำไปทั้งที่ chiller และที่ load และใช้ระบบควบคุมน้ำเย็นแบบ 2 way valve จะได้น้ำเปลี่ยนแปลงที่ chiller ตลอดเวลา ซึ่งเป็นที่ไม่ต้องการของ chiller

ถ้าจะอธิบายให้ชัดเจนอีกที่ คือเราแบ่งระบบน้ำเย็นออกเป็น 2 ส่วน คือส่วน production (ฝ่ายผลิต) และส่วน Consumption (ฝ่ายนำไปใช้)

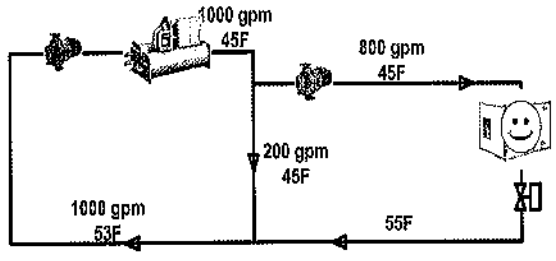


เราแยกวงจรน้ำเป็น ฝ่ายผลิต และฝ่ายใช้งาน ซึ่งจะแยกกันโดยท่อ decouple ที่อยู่ตรงกลาง

รูปที่ 3 ระบบการจ่ายน้ำแบบ primary-secondary จะแยกวงจรออกเป็น 2 วงจรชัดเจน

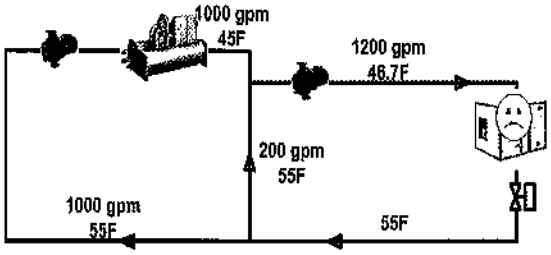
ฝ่ายผลิตมีหน้าที่ผลิตน้ำเย็นให้เพียงพอกับฝ่ายใช้งาน เพียงพอในที่นี้ คือจ่ายน้ำที่อุณหภูมิถูกต้อง และปริมาณน้ำตามข้อจำกัดของระบบ นั่นคือ chiller เป็นผู้บอกว่าต้องการน้ำเท่าไร ส่วนฝ่ายนำไปใช้ มีหน้าที่นำน้ำเย็นที่ฝ่ายผลิตผลิตได้ไปใช้งาน โดยมีเงื่อนไขว่าควรได้รับน้ำอุณหภูมิต่ำสุดหรือเท่ากับที่ฝ่ายผลิตผลิตได้ และปริมาณน้ำที่จ่ายไปเท่ากับที่ระบบต้องการจริงๆ ซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา

ระบบที่สมดุลย์ดีแล้ว น้ำด้าน secondary ควรมีอุณหภูมิเท่ากับด้าน primary หรือที่จ่ายออกจาก chiller ดูตัวอย่างในผังด้านล่างประกอบ



ระบบที่มี load ด้าน secondary น้อยกว่า primary ระบบจะสมดุลย์ด้วยตัวมันเอง อุณหภูมิน้ำด้าน supply ของ secondary จะเท่ากับด้าน primary หรือสูงกว่าเล็กน้อย

รูปที่ 4: ปริมาณน้ำใน primary มากกว่า secondary



ระบบที่มี load ด้าน secondary มากกว่า primary หรือมีความต้องการน้ำมากกว่าด้าน primary จะปรับสมดุลย์ใหม่ โดยให้น้ำจาก secondary ไหลกลับไปผสมกับน้ำออกจาก chiller ในท่อ decouple

รูปที่ 5 ปริมาณน้ำใน secondary มากกว่า primary

ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ อุณหภูมิน้ำด้าน secondary มักสูงกว่าด้าน primary ทำให้ไม่เป็นที่พอใจของ AHU, FCU ที่อยู่ปลายทาง เพราะได้รับน้ำเย็นอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ capacity ลดลง ไม่เป็นที่พึงประสงค์ ดังตัวอย่างด้านบน สาเหตุที่อุณหภูมิน้ำด้าน secondary สูงกว่าด้าน primary มาจาก 2 สาเหตุ คือ

1. Load ด้าน secondary สูงกว่าด้าน primary จริง

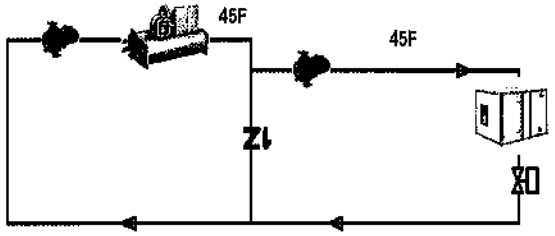
2. Load ด้าน secondary ไม่ได้สูงกว่าด้าน primary แต่มีความต้องการน้ำมาก ข้อสันนิษฐานอาจเกิดจาก

- o การที่ระบบมี 3-way valve ปนกับ 2-way valve ทำให้ระบบต้องการน้ำเกินความจำเป็น
- o มีวาล์ว bypass อื่นๆ เช่น Pressure relief valve และมีการ bypass น้ำโดยไม่จำเป็น
- o ระบบ balance น้ำไม่ดี บางจุดต้องการน้ำมากเกินไป
- o อาจเกิดจาก 2-way valve ค้าง ไม่ยอมปิด แม้ load น้อย หรือไม่มี load หรือ 2-way valve รั่ว

สาเหตุในแต่ละข้อมีเหตุผลแตกต่างกันไป แต่ประการที่สำคัญคือต้องการประหยัดพลังงาน พยายามไม่เปิด chiller เพิ่มอีกชุด เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำเย็นด้าน primary เนื่องจากการเปิด chiller เพิ่มอีกชุดทำให้ใช้พลังงานสูงขึ้นทันทีอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อปริมาณน้ำด้าน secondary สูงกว่าด้าน primary อุณหภูมิที่ท่อ decouple และท่อที่ไปจ่าย secondary จะเกิดผสมระหว่างอุณหภูมิน้ำกลับจาก secondary และน้ำ supply ออกจาก chiller ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิน้ำ supply ออกจาก chiller อุณหภูมิน้ำผสมนี้เป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ และทำให้ปั๊มชุด secondary ต้องทำงานหนักขึ้น อุณหภูมิน้ำ supply จ่ายไปที่ coil จะต้องเหมาะสมกับภาระความเย็น จึงจะสามารถทำอุณหภูมิและความชื้นได้ตามกำหนด แต่ในหลายๆ chiller plant ยังไม่พบว่าจะต้องจ่ายน้ำเย็นที่อุณหภูมิต่ำสุดตาม spec coil และแม้จะเดินระบบต่อเนื่องมาเป็นเวลานาน ก็ยังไม่เกิดปัญหาการเนื่องจากจ่ายน้ำอุณหภูมิสูงกว่า spec coil อาจเนื่องจากภาระความเย็นที่เกิดขึ้นยังไม่สูงสุดที่จุด design (การออกแบบหรือการเลือกมีการ oversize) หรือมิฉะนั้น ภายในพื้นที่เอง สามารถทนความชื้นที่สูงขึ้นไปได้ เพราะอุณหภูมิน้ำจะสัมพันธ์อย่างมากกับการลดความชื้นภายในพื้นที่

แต่สาเหตุข้อสองนั้น มองไม่เห็นและพิสูจน์ยาก ท่านผู้รู้บางท่านอาจจะทราบหรือไม่ทราบสาเหตุแต่แก้ไขโดยวิธีติด check valve ที่ท่อ decouple อย่างง่ายๆ



การติด check valve ดังกล่าว เป็นการรับประกันว่าน้ำที่ออกจาก chiller จะไม่ผสมกับน้ำกลับมาจากระบบดังในรูปที่ 5 แน่นอน และน้ำที่ไประบบจะมีอุณหภูมิเท่ากับน้ำที่ออกจาก chiller

รูปที่ 6 ติด check valve ในท่อ decouple ป้องกันไม่ให้น้ำ return มาผสม

ย้อนกลับไปดูรูปที่ 4 จะเห็นว่าถ้าปริมาณน้ำใน primary มากกว่า secondary รูปที่ 6 จะให้ผลเหมือนรูปที่ 4 และยังคงแนวความคิดของระบบ เรื่อง primary-secondary

แต่ถ้าเมื่อไรก็ตามที่น้ำในด้าน secondary ต้องการมากกว่าด้าน primary แล้วมี check valve เป็นอุปสรรคไม่ให้ระบบทำงานแบบ primary-secondary ได้สมบูรณ์ จะเกิดอะไรขึ้น ระบบจะทำงานเสมือนมีปั๊ม 2 ชุด ทำงานอนุกรมกัน น้ำที่ผ่านปั๊มทั้งสองชุดจะเท่ากันทุกประการ เมื่อปั๊มชุดใดชุดหนึ่ง เพิ่มน้ำหรือลดน้ำ จะทำให้ปั๊มอีกชุดต้องเพิ่มน้ำหรือลดน้ำไปด้วยโดยอัตโนมัติ

ลักษณะของ pump curve ที่มีปั๊มสองชุดทำงานอนุกรมกัน จะมีปริมาณน้ำเท่ากัน แต่ head ไม่เท่ากัน head ของปั๊มทั้งสอง จะช่วยกันทำงานเป็น head รวมของระบบ

ระบบปั๊มแบบนี้ย่อมผิดหลักการของ primary-secondary การจะปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำที่ด้าน secondary จะทำให้น้ำด้าน primary เปลี่ยนด้วย และทำให้น้ำที่ผ่าน chiller ไม่คงที่ แต่ในความเป็นจริงไม่มีหลักการไหนถูก หลักการไหนผิด ถ้าการเดินระบบแบบใดที่ตอบสนองความต้องการของระบบได้ และใช้พลังงานต่ำลงกว่าเดิม หลักการนั้นก็ย่อมใช้ได้

ระบบที่ติด check valve นี้ แม้จะไม่ดีในแง่ที่ทำให้ระบบเป็น variable primary flow คือน้ำไหลผ่าน chiller มีการแปรเปลี่ยนตาม load มีการจ่ายน้ำเข้าปั๊ม 2 ชุดแบบอนุกรมกัน และ chiller เองก็มีความเสี่ยงในแง่ที่ได้รับปริมาณน้ำมากเกินไป หรือแปรเปลี่ยนแบบกระทันหัน แต่ในทางปฏิบัติ เหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นยาก เนื่องจากปั๊มเองมักมี VSD ควบคุม และการเปลี่ยนแปลง load มักค่อยเป็นค่อยไป

ระบบแบบนี้ที่ติด check valve เมื่อมองในแง่พลังงานแล้ว พบว่าให้ผลประหยัดกว่าการใช้ primary-secondary แบบ conventional มีผลการจำลองการเดินระบบในสองแบบนี้ โดยใช้ software การคำนวนของ DOE โดยจำลองทั้ง plant นำข้อมูลของปั๊ม และ cooling tower มาจากผู้ผลิต ที่มีการติด check valve ดังกล่าว เทียบกับการใช้ primary-secondary แบบธรรมดา ในการจำลองดังกล่าวยังเทียบกับระบบ variable primary flow ด้วย

เหตุผลหลักๆ ที่ระบบ primary-secondary แบบธรรมดา ใช้พลังงานสูงกว่า ระบบ primary-secondary ที่ติด check valve เพราะเมื่อ load สูงขึ้นจนทำให้น้ำ return ไหลกลับในท่อ decouple มาผสมกับ supply ทำให้น้ำไประบบมีอุณหภูมิสูงขึ้น จะมีการเปิด chiller เพิ่มอีกหนึ่งตัว และปิดกลับเมื่อ load ลดลง แต่ระบบที่มี check valve จะยอมให้น้ำไหลผ่าน evaporator ของ chiller เกินจากจุด design และจะเปิด chiller เพิ่มต่อเมื่อปริมาณน้ำสูงมากเกินกำหนด นั้นคือจะเปิด chiller เพิ่มช้ากว่าแบบ primary-secondary นั้นเอง

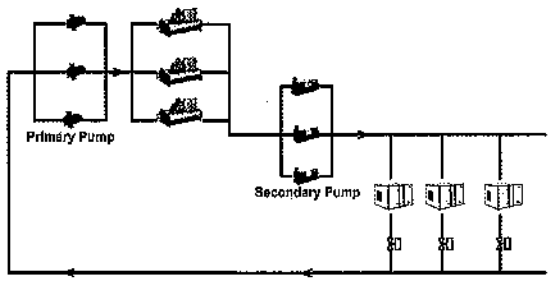
จากการ simulate ดังกล่าว จะเห็นว่า ระบบ primary-secondary แบบติด check valve จะใช้พลังงานน้อยกว่าแบบ primary-secondary แบบธรรมดา ประมาณ 0-1% ของทั้ง chiller plant โดยประหยัดได้ในส่วนที่เป็นปั๊ม 0-2% และส่วนที่เป็น chiller ประมาณ 0-4% ซึ่งอธิบายได้จากการเปิด chiller ช้าลง

		Constant flow primary/ variable flow secondary	Primary/ secondary with a check valve	Variable flow primary-only
Office building	*Total plant energy, kWh/ton(kWh/kW)*[1]	3,157(898) to 2,587(736)	3,160(899) to 2,568 (730)	3,013(857) to 2,517(716)
	Δ plant energy, %[1]	*Base*	0 to -1	-5 to -3
	CHW pump energy, kWh/ton(kWh/kW)[1]	343(98) to 223(63)	345(98) to 219(62)	199(57) to 170(48)
	Δ CHW pump energy, %[1]	*Base*	1 to -2	-42 to -24
	Δ chiller aux. energy, %[1]	*Base*	0 to -4	0 to -4

รูปที่ 7 ผลการจำลองการใช้พลังงานในระบบ primary–secondary ที่ติด check valve และไม่ติด check valve

ที่มา: Energy Use Characteristics of Variable Primary Flow Chilled Water Pumping Systems– International Congress of Refrigeration 2003, Washing, D.C. William P. Bahnfleth, Eric B. Peyer

ในการ simulate ดังกล่าว จะแถมเรื่อง variable flow primary-only ซึ่งได้ผลว่าใช้พลังงานน้อยที่สุดในทั้ง 3 แบบนี้ และค่อนข้างเด่นอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ผู้เขียนจะได้นำมาเขียนถึงเรื่องนี้โดยเฉพาะในโอกาสหน้าต่อไป



ระบบนี้อาจเกิดจากการออกแบบระบบผิด หรือการติดตั้งระบบผิด ไม่มีท่อ decouple ทำให้ปั๊มทั้งสองชุดทำงานแบบอนุกรมกัน โดยไม่ตั้งใจ

รูปที่ 8 ระบบ primary-secondary ไม่มีท่อ decouple ทำให้ระบบไม่เป็น primary-secondary

รูปที่ 8 เป็นระบบการจ่ายน้ำที่แปลกประหลาดที่สุด ผู้เขียนเข้าใจว่าน่าจะเกิดการผิดพลาดที่ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งในช่วงออกแบบ หรือช่วงติดตั้ง คือไม่มีท่อ decouple เลย ทั้งที่การเรียกชื่อปั๊ม เรียกว่า primary pump และ secondary pump ได้ถูกต้อง โรงงาน และอาคารขนาดใหญ่หลายแห่ง (ขอเน้นว่าหลายแห่งมาก ร่วม 30-40% ของ chiller plant แบบ primary-secondary ที่ผู้เขียนพบมา) มีการติดตั้งระบบท่อน้ำแบบนี้ ซึ่งผู้เขียนก็พลิกตำราเปิดหาไม่พบว่ามีระบบท่อแบบนี้ในตำรา จึงอนุมานเอาว่ามีความผิดพลาดในช่วงออกแบบก่อสร้าง

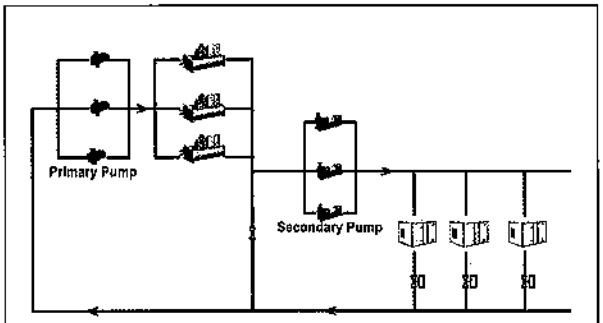
คำอธิบายของการเดินระบบปั๊มแบบนี้ จะเหมือนกับระบบที่มี check valve ในรูปที่ 6 ในเป็นช่วงที่น้ำใน secondary มากกว่า primary ทำให้ check valve ทำงาน ส่งผลให้น้ำทั้งด้าน primary เท่ากับน้ำด้าน secondary และระบบจะกลายเป็น variable flow primary-only ไป

ข้อเสียของระบบน้ำแบบนี้คงจะเป็นเรื่องเสียโอกาสในการประหยัดพลังงานช่วงที่ load น้อย เพราะน้ำทั้งวงจร ไม่สามารถลดต่ำมากๆ หรือทำงานเพิ่มๆ ลดๆ ได้ตาม load ที่เปลี่ยนแปลง เนื่องจาก chiller ไม่ต้องการลักษณะน้ำดังกล่าว ยกเว้นว่า chiller ออกแบบมาให้เดินในลักษณะดังกล่าวได้ ดังนั้น ปั๊ม 2 ชุดนี้ควรจะช่วยกันทำงานแบบ constant หรือถ้าจะเพิ่มลดตาม load จะทำได้บ้างเล็กน้อย เพราะ chiller ไม่ต้องการให้น้ำที่ไหลผ่านตัวเองเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

ข้อเสียอีกอย่างหนึ่งที่อาจนึกไม่ถึง คือการที่น้ำต้องไหลผ่านปั๊ม 2 ชุด ทั้งที่ปั๊มทั้งสองชุดนั้นต่างก็ทำหน้าที่เหมือนกัน ปั๊มจะต้องเอาชนะ friction loss ของ fitting ต่างๆ ที่อยู่ภายในตัวมัน และอุปกรณ์ประกอบ เช่น ข้องอ สามทาง check valve, strainer, อื่นๆ ซึ่ง friction loss เหล่านี้เพิ่มขึ้นมาโดยไม่จำเป็น เมื่อเทียบกับมีปั๊มเพียงชุดเดียว ทำให้เกิดการใช้พลังงานสูงกว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งจะขัดแย้งกับกระแสการอนุรักษ์พลังงานในปัจจุบันมาก

แต่ถ้า chiller plant ใดมีท่อลักษณะนี้ แล้วต้องการแก้ไขให้เป็น primary-secondary ที่สมบูรณ์ จะทำได้ยากมาก เพราะต้องตัดต่อท่อเมนเส้นใหญ่ มีค่าใช้จ่ายและยุ่งยากมากในการดำเนินงาน ในทางปฏิบัติ ผู้เขียนยังไม่เห็นมีผู้ใดแก้ไขกรณีนี้เลย

ในความเห็นผู้เขียน วิธีที่ง่ายที่สุดคือเปลี่ยนระบบเป็น variable flow เสีย โดยตรวจสอบ chiller ในการรับภาระน้ำที่เปลี่ยนแปลง แก้ไขระบบ control ให้น้ำจ่ายทั้งระบบมีการเปลี่ยนแปลงตาม load แต่อยู่ในช่วงที่ chiller รับได้



ท่อ decouple มี shut off valve และ shut off valve ตัวนี้ก็ปิดไว้ตลอดเวลา ตั้งแต่เปิดเดิน chiller plant มา

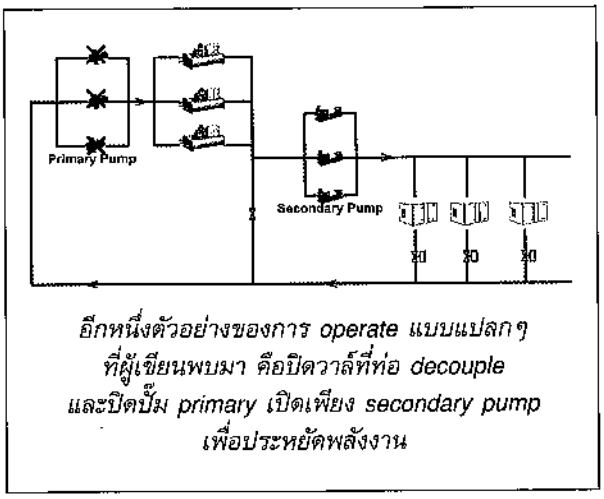
รูปที่ 9ระบบ primary-secondary ที่ท่อ decouple มี shut off valve และ shut off valve ปิดตลอดเวลา

ตัวอย่างด้านบน เป็นระบบที่มี shut off valve ที่ท่อ decouple เกือบทุก chiller plant จะมีลักษณะคล้ายตัวอย่างนี้ ประมาณครึ่งหนึ่งของ chiller plant แบบนี้ที่ผู้เขียนมีโอกาสเข้าตรวจสอบจะพบว่าวาล์วปิดอยู่

วาล์วที่ decouple ปิด ลักษณะไม่ต่างอะไรกับไม่มีท่อ decouple เหมือนรูปที่ 8 ระบบปั๊มจะทำงานอนุกรมกัน และไม่เป็น primary-secondary ที่สมบูรณ์

เหตุผลที่ติดตั้งวาล์วตัวนี้ คงเนื่องจากผู้ออกแบบหรือผู้ติดตั้งต้องการเผื่อในการ service ระบบ หรือให้ระบบเป็นอนุกรม เปรียบเสมือน primary loop ธรรมดาในบางขณะ ซึ่งผลก็คือในการใช้งานจริง วาล์วตัวนี้ถูกปิดตลอดเวลา

ที่น่าประหลาดอีกลักษณะหนึ่งคือในตอน Operate จริง มีบางแห่งเดิน pump เพียงชุดเดียว คือ secondary pump และไม่เดิน primary เลย ระบบก็ยังคงอยู่ได้ จ่ายความเย็นไปยัง AHU ตามปกติ ซึ่งก็เป็นไปได้ เนื่องจากการออกแบบปั๊มนั้นมีการเผื่อไว้มาก แม้เมื่อเดินปั๊มเพียงชุดเดียวยังสามารถเอาชนะ friction loss ของทั้งระบบได้ Flow ที่ได้รับอาจจะน้อยลง ไม่ถูกต้องตาม spec แต่ตราบใดที่ระบบที่ติดตั้งจริงมีการ oversize ไปมาก ก็ยังคงไม่เป็นปัญหากับระบบ

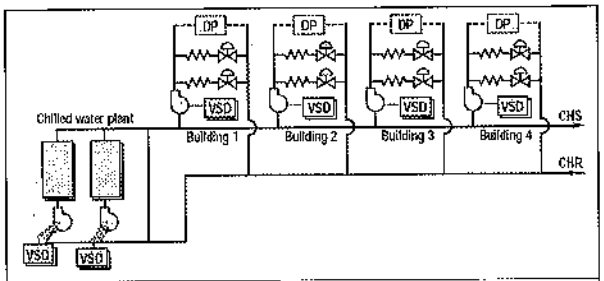


อีกหนึ่งตัวอย่างของการ operate แบบแปลกๆ ที่ผู้เขียนพบมา คือปิดวาล์วที่ท่อ decouple และปิดปั๊ม primary เปิดเพียง secondary pump เพื่อประหยัดพลังงาน

รูปที่ 10 ระบบ primary-secondary มีการปิดวาล์วที่ท่อ decouple และปิด primary pump เปิดเพียง secondary pump

นอกจากนี้ยังมีความต้องการประหยัดพลังงานในเกือบทุกแห่ง ต้องการติดตั้ง VSD ซึ่งเมื่อผู้เขียนมาพบระบบที่แปลกๆ ข้างต้น ก็รู้ข้อจำกัดของระบบอยู่แม้ VSD จะไม่ได้ช่วยให้ประหยัดได้เต็มที่ตามหลักการดั้งเดิม แต่ก็ช่วยได้ส่วนหนึ่ง มากน้อยขึ้นอยู่กับระบบดั้งเดิมที่ออกแบบมาว่ามีสภาพอย่างไร

ระบบที่เป็น Primary-Secondary ในอุดมคติที่ผู้เขียนเห็นว่ามีประโยชน์ที่สุดคือ ระบบที่แบ่งการใช้น้ำเป็น Zone และแบ่งชุดของ secondary pump เป็น zone ให้สอดคล้องกับการใช้งาน จะทำให้เราสามารถเดินปั๊มในแต่ละ zone ได้เป็นอิสระ ไม่ขึ้นกับ zone อื่นๆ ยิ่งถ้าแต่ละ zone มีความต้องการน้ำเย็นแตกต่างกันมาก ยิ่งได้ประโยชน์มาก



การแบ่งน้ำเป็น zone จะทำให้ง่ายต่อการควบคุม แต่ละ zone ควรมีการใช้งานที่คล้ายกัน เปิดปิดเวลาใกล้เคียงกัน จะทำให้ระบบนี้สมบูรณ์ที่สุด

รูปที่ 11 การจ่ายน้ำใน secondary เป็น zone แต่ละ zone มี VSD ควบคุมที่ปั๊ม

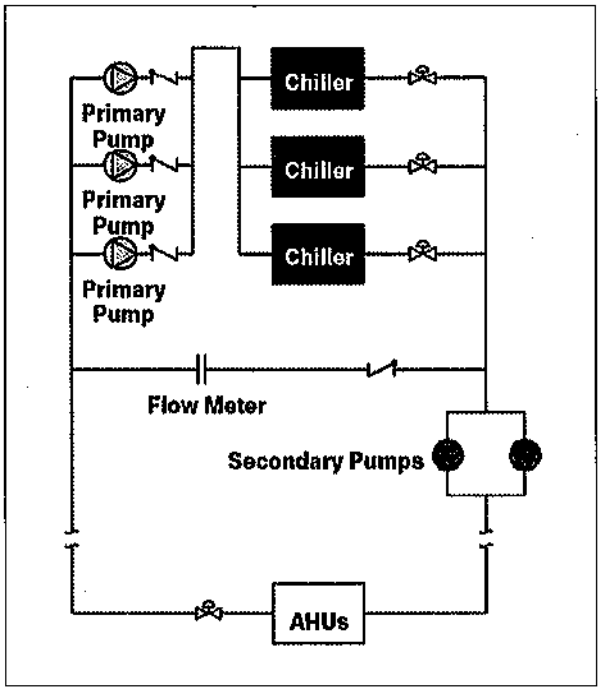
ในระบบการจ่ายน้ำที่เป็นระบบใหญ่ มักมี head สูงเพื่อจ่ายน้ำไป AHU ชุดที่อยู่ไกลๆ ได้ ระบบ secondary ในรูปที่ 1 จะช่วยแก้ปัญหานี้ได้ แต่อาจไม่ดีที่สุด เนื่องจาก secondary ชุดดังกล่าวจะจ่ายน้ำที่แรงดันเดียวกันไปทั่วระบบน้ำ แม้ว่าบางชุดของ AHU จะอยู่ใกล้ๆ และระบบท่อสั้นมาก หรือบางชุด AHU มีท่อที่ไกล ทำให้มีแรงดันหลงเหลืออยู่ในระบบท่อที่อยู่ใกล้ๆ และต้องสูญเสียพลังงานไปจากการหรี่วาล์วน้ำผ่าน balancing valve ขณะที่มีเพียง AHU ที่อยู่ไกลไม่กี่ชุดเท่านั้นที่ได้ประโยชน์จากการจ่ายน้ำแรงดันสูงที่ต้นทาง และไม่ต้องสูญเสียจากการหรี่น้ำ

หากทำได้ทางที่ดีที่สุดคือการจ่ายน้ำผ่านระบบ pumps หลายชุดตามรูป 11 การเลือกปั๊ม secondary จะเลือกให้เหมาะสมกับ load แต่และกลุ่ม ไม่ต้องจ่ายแรงดันมากเกินไปสำหรับกลุ่มอื่นๆ ที่อยู่ไกลออกไป และพาเอาน้ำกลับมาที่ chiller plant ใช้ balancing valve น้อยหรือไม่ใช้เลย นั้นคือไม่มีการสิ้นเปลืองพลังงานจากการหรี่วาล์วที่ balancing นั่นเอง

เรื่องน่ารู้อื่นๆ ของระบบการจ่ายน้ำแบบ Primary-Secondary

ระบบ primary pump Manifold หรือ Dedicated

ระบบปั๊มที่เป็น Manifold คือชุดปั๊มที่มี header ร่วมทางด้าน discharge ก่อนจะจ่ายออกไประบบ มีข้อได้เปรียบอยู่ 2-3 ประการ ประการแรก เราสามารถเดินปั๊มตัวไหนก็ได้ จ่ายน้ำไปยังระบบ ซึ่งเมื่อปั๊มตัวใดตัวหนึ่งเสียหรือต้องปิดซ่อมแซมไป ไม่ทำให้ chiller ที่มีหมายเลขเดียวกันต้องหยุดเดินไปด้วย

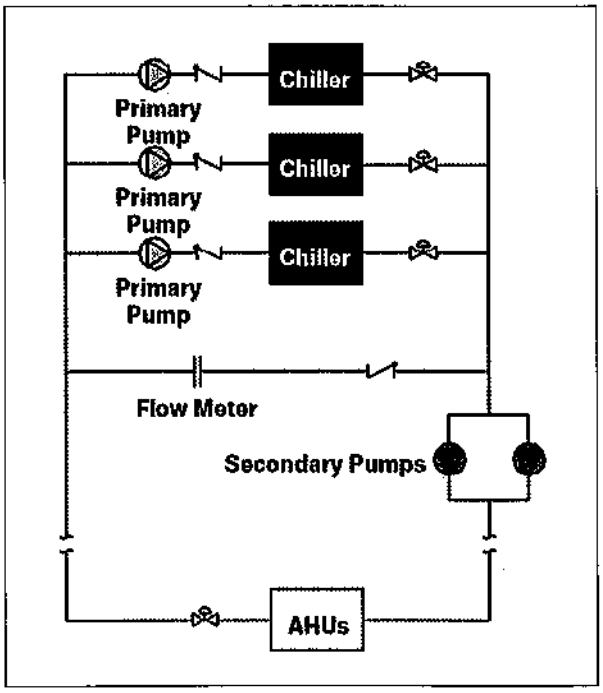


รูปที่ 12 ระบบ primary-secondary ที่มี primary pump แบบ manifold

การต่อแบบ manifold pumps ทำให้เราสามารถเดินจำนวนปั๊มไม่เท่ากับจำนวน chiller ได้ เป็นระบบที่นิยมกันมากในบ้านเรา chiller plant ประมาณ 80-90% ที่เป็นระบบ manifold

ปัญหาของ manifold pumps คือระบบ chiller plant อาจล้มเหลวเนื่องจากการเดินที่ผิดพลาดของ pump เพียงตัวเดียว สมมติว่าในระบบมี 3 chillers และ 3 pumps ขณะที่ 2 chillers และ 2 pumps กำลังทำงาน ถ้ามี pump ชุดหนึ่งเสียขึ้นมา ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านแต่ละ chiller จะลดลงทันที และเป็นผลให้ flow switch ของ chiller ตัดการทำงาน ทำให้ chiller หยุดทำงานทั้งสองชุด ผิดไปจากแนวความคิดที่ต้องการให้มีปั๊มสำรอง เมื่อมีปั๊มชุดใดชุดหนึ่งใช้งานไม่ได้ และแม้จะมีระบบควบคุมที่คอยเปิดปั๊มใหม่ขึ้นมา เมื่อมีปั๊มชุดใดชุดหนึ่งเสีย ทำงานไม่ได้ ก็ย่อมไม่ทันการ และจะทำให้ chiller หยุดการเดินก่อนอยู่ดี

Dedicated pumps คือระบบปั๊มที่ต่อตรงกับ chiller แบบ 1 ต่อ 1 ไม่มี header เป็นระบบที่เชื่อมต่อปั๊มกับ chiller แบบง่ายๆ เมื่อไรก็ตาม ที่เดิน chiller จะต้องเดินปั๊มชุดที่คู่กัน แม้ว่าเราจะไม่สามารถสลับชุดเดินได้ แต่พบว่าการเดินลักษณะนี้ มีความเรียบง่าย ไม่ซับซ้อน



รูปที่ 13 ระบบ primary-secondary ที่มี primary pump แบบ dedicate

ประโยชน์อีกประการของระบบปั๊มแบบ dedicate คือ สามารถจัดการกับ chiller plant ที่มีขนาด chiller ไม่เท่ากันได้ โดยไม่ต้องใช้ control valve หรือ balancing valve ใดๆ

ท่อ decouple

หลักการเบื้องต้นของท่อ decouple (ท่อที่เชื่อมระหว่างวงจร primary และ secondary) คือ มี pressure drop น้อยที่สุดคร่อมท่อชุดนี้ เพื่อจุดประสงค์ในการแบ่งวงจรออกเป็น 2 วงจรจากกัน การเปลี่ยนแปลงในวงหนึ่ง จะไม่มีผลกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ

ในอีกวงจรหนึ่ง เนื่องจากว่าท่อร่วมที่ต่อเชื่อมกันมี pressure drop ต่ำมากหรือแทบไม่มีเลย ตามหลักความเชื่อนี้ ท่อนี้จึงต้องสั้นที่สุด ไม่มีวาล์วหรืออุปกรณ์ใดๆ คั่นกลาง

หลักการอื่นที่แตกต่างออกไป คือต้องมี pressure drop ในท่อนี้ในขนาดที่ยอมรับได้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำงานของ chiller นั้นคือระบบควบคุมจะคุมความเร็วของ secondary pump โดยใช้ differential pressure และในเทคโนโลยีปัจจุบัน chiller ยอมรับปริมาณน้ำแปรเปลี่ยนในตัวเองได้เล็กน้อยโดยไม่เกิดปัญหา ดังนั้นท่อ decouple นี้แม้จะมีขนาดเล็กไป ก็ไม่เกิดปัญหาใดๆ

คำถามอีกประการของท่อ decouple คือ จำเป็นต้องมี check valve คั่นกลางหรือไม่ เหตุผลสองประการที่สนับสนุนการมี check valve คือ

- Check valve จะทำให้ secondary และ primary pump ทำงานเป็นอนุกรมเมื่อปริมาณน้ำใน secondary สูงกว่าด้าน primary check valve ตัวนี้จะทำให้ secondary pump ช่วยด้าน primary ให้ดึงน้ำผ่าน chiller ให้เต็มตามจุด design หรือสูงกว่าจุด design ประโยชน์ที่เห็นชัดเจนคือจะยังไม่เปิด chiller จนกว่า chiller จะเดินเต็มที่ตาม capacity เสียก่อน
- Check valve จะกันไม่ให้น้ำกลับจากระบบเข้ามาผสมที่ supply และทำให้อุณหภูมิ supply สูงขึ้น การจ่ายน้ำอุณหภูมิสูงไปที่ระบบที่ออกแบบมาที่อุณหภูมิต่ำกว่าเป็นผลให้ต้องการปริมาณน้ำสูงขึ้นกว่าปกติ และ ΔT จะลดลง เนื่องจากน้ำมากขึ้น กล่าวสั้นๆ คือ การที่มีน้ำไหลย้อนกลับในท่อ decouple ไม่เป็นผลดีกับระบบ AHU และ check valve จะช่วยได้

Secondary Pump

วัตถุประสงค์หลักของ secondary pump คือ จ่ายน้ำไป load และรักษา differential setpoint ในระบบจ่ายน้ำ การคุมการทำงานของปั๊มชุดนี้ทำได้โดยให้ปั๊มตัวที่ทำงานได้ทำงานเต็มที่ก่อนที่จะเปิดเพิ่มตัวถัดไป แต่อาจเกิดปัญหาที่ motor เกิด overload จากการเปิดเต็มที่ของปั๊ม จุดนี้อาจแก้ไขได้ด้วยการใช้ software มาช่วยในการคำนวนหาจุดที่เหมาะสมก่อนจะเปิดปั๊มเพิ่มอีกตัว ให้ตระหนักว่าจำนวนที่ทำงานของ secondary pump อาจไม่จำเป็นต้องเท่ากับ primary pump ก็ได้

Delta T (ΔT)

เป็นที่ทราบกันว่า ΔT มีส่วนสัมพันธ์กับปริมาณน้ำและภาระความเย็นของอาคาร ในการออกแบบ และในการทำงานจริงควรมีค่า ΔT ประมาณการค่าหนึ่งที่ไม่สูงหรือไม่ต่ำจนเกินไป ยิ่งเป็นระบบที่ variable flow ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำและ ΔT ย่อมเกี่ยวกันอย่างแยกไม่ออก หากเรามีโอกาสได้เห็นการทำงานของ chiller plant ต่างๆ ในปัจจุบัน จะเห็นว่าส่วนใหญ่จะมี ΔT ที่ต่ำกว่าจุดออกแบบ หรือจะเรียกว่าอาการของโรค "Low ΔT"

พึงระลึกไว้ว่า สภาพ Low ΔT จะทำให้ประสิทธิภาพของ chiller plant ลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ ไม่ว่าระบบน้ำจะเป็นระบบใดก็ตาม การใช้พลังงานจะสูงกว่าที่ควรจะเป็น และเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยง

สรุป

เนื่องจากกระแสการประหยัดพลังงานมีอิทธิพลต่อการออกแบบและการใช้งานจริง ทำให้การออกแบบระบบการจ่ายน้ำและการทำงานจริงมีการพลิกแพลงจากแนวความคิดดั้งเดิมและแตกแขนงออกไปมากมาย ซึ่งผู้เขียนไม่อาจระบุได้ชัดเจนว่าแบบใดเหมาะสมที่สุด ระบบ primary-secondary เป็นระบบมีความซับซ้อนของท่อน้ำสูง และอาจทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจผิด ใช้งานผิดได้ แม้ว่าบางครั้งการใช้งานผิดนั้นไม่ได้ส่งผลเสียออกมาชัดเจน

ความเข้าใจที่ถูกต้องและระบบการควบคุมที่ดี (ทั้ง manual และ auto) จะเป็นส่วนสำคัญให้เราสามารถใช้ระบบปรับอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ใช้พลังงานน้อยที่สุดขณะที่ยังจ่ายความเย็นได้ตามภาระจริง.

เอกสารอ้างอิง

1. Energy Use Characteristics of Variable Primary Flow Chilled Water Pumping Systems: William P. Bahnfleth, Eric B. Peyer, International Congress of Refrigeration 2003, Washington, D.C.
2. Making Them Work–Primary-Secondary Chilled Water Systems: Steven C. Severini, Ashrae Journal 2004
3. The Demise of the Primary-Secondary Pumping Paradigm for Chilled Water Plant Design: Wayne Kirsner, PE, HPAC Heating/Piping/Air Conditioning