ประสิทธิภาพที่มาพร้อมด้วยเสถียรภาพ

แปล และเรียบเรียงโดย : ***นายบัลลังก์ สาธร, นายประสงค์ หล่อเกิดผล***
Johnson Controls International (Thailand) Co., Ltd
จากบทความในหนังสือ ASHRAE Journal, Dec, 2007
by Christopher Kurkjian, Jack Glass,
P.E., Member ASRAE and Geoffrey Rousten P.E.

การใช้ศูนย์ข้อมูลเพื่อรองรับการทำงานของระบบ Computer สำหรับกิจการที่เกี่ยวกับระบบการเงินการธนาคารนั้น โดยปกติทั่วไปแล้วห้องศูนย์ข้อมูลจะทำงานตลอด 24 ชั่วโมงและ 7 วันในหนึ่งสัปดาห์ ซึ่งโดยปรกติแล้วความต้องการทางไฟฟ้าของศูนย์ข้อมูลเหล่านี้จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ประมาณ 50 W/ft^2 ถึง 100 W/ft^2 (540 W/m^2 ถึง 1080 W/m^2) โดยที่ พื้นที่ๆ เรากล่าวอ้างอิงนี้จะมีค่าเท่ากับพื้นที่รวมทั้งหมดของห้องศูนย์ข้อมูล

ในกิจการผู้ให้บริการรายใหม่มักออกแบบระบบที่รองรับกำลังไฟอยู่ที่ช่วงระหว่าง 100 W/ft^2 ถึง 200 W/ft^2 (1,080 W/m^2 ถึง 2,160 W/m^2) ด้วยเหตุดังกล่าว จากพื้นที่ 100,000 ft^2 ความต้องการทางไฟฟ้าของระบบคอมพิวเตอร์จึงมีค่าเท่ากับ 10 MW. ถึงแม้ว่าได้ใช้ระบบระบายความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงแบบ Water-Cooled Centrifugal Chiller ซึ่งเหมาะกับศูนย์ข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ ศูนย์ข้อมูลนี้อย่างน้อยต้องการกำลังทางไฟฟ้าเท่ากับ 7 MW. สำหรับระบบทำความเย็นที่ภาระสูงสุดต้องรองรับภาระจากหม้อแปลงไฟฟ้า และความสูญเสียกำลังไฟฟ้าจาก ชุด UPS (uninterruptible power supply) รวมทั้งอุปกรณ์อื่นๆ ในระบบคอมพิวเตอร์อีกทำให้มีความต้องการทางไฟฟ้ารวมเท่ากับ 10 MW.

จากแนวโน้มของอุตสาหกรรมชี้ให้เห็นการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องของตลาดศูนย์ข้อมูลและต่อเนื่องที่เกี่ยวกับสถาบันการเงิน และการให้บริการทาง Internet ที่ต้องสร้างศูนย์ข้อมูลที่ใหญ่กว่าเดิมหลายแห่งจะมีขนาดใหญ่กว่า 50,000 ft^2 (4,645 m^2) และจากผลลัพท์ดังกล่าว เจ้าของกิจการหลายๆ แห่งที่กำลังจะสร้างศูนย์ข้อมูลได้ค้นหาวิธีที่จะออกแบบศูนย์ข้อมูลที่ประหยัดพลังงานโดยใช้มาตราฐาน ANSI /ASHRAE/IESNA Standard 90.1 สำหรับสถาบันทางการเงินแล้วการประหยัดพลังงานเพียงอย่างเดียวไม่สามารถนำมาใช้หากว่าส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบ เพราะค่าความเสียหายจากการหยุดระบบนั้นจะมีมูลค่ามากกว่าค่าพลังงานที่ใช้ทั้งปี การออกแบบระบบสำหรับศูนย์ข้อมูลนี้จะต้องรวมการประหยัดพลังงานโดยที่ไม่ลดเสถียรภาพของระบบหรือเพิ่มความเสี่ยงในการใช้งาน

บทความนี้ได้พิจารณาหัวข้อหลักๆ เพื่อลดการใช้พลังงานของ ศูนย์ข้อมูลแห่งหนึ่งทางตะวันออกเฉียงเหนือของอเมริกา โดย ศูนย์ข้อมูลแห่งนี้ใช้ **Chilled Water Computer Room Air Handlers** (CRAHs) ในการจ่ายความเย็นให้กับ Computer Server โดยใช้ Water-Cooled Centrifugal Chiller Plant จำนวน 2 ชุด แต่ละชุดมีขนาดเท่ากับขนาดรวมของความเย็นที่ต้องการ (สำรอง 100%) จ่ายน้ำเย็นให้กับ CRAHs รายละเอียดของคุณสมบัติในการประหยัดไฟของระบบมี ดังนี้

- ใช้ระบบ Series Water-Side Economizer 1 ชุด จากทั้งหมด 2 ชุด/ชุดของ Chillers Plant ที่มีให้ทำงานแทน Chiller เมื่ออุณหภูมิภายนอกต่ำเพียงพอ (ดูรูปที่ 1)

- ระบบปรับความเร็วรอบได้ถูกนำมาใช้กับมอเตอร์ที่ขับ Chiller, พัดลมของ CRAHs, Secondary Chiller Water Pump และ Cooling Tower Fan เพื่อลดปริมาณการสิ้นเปลืองพลังงาน เมื่อระบบอยู่ในสภาวะ Partial Load

- ใช้ Heat Recovery จากระบบ UPS ในการรักษาอุณหภูมิของแบตตารี่ของระบบ UPS ซึ่งจะมีอุณหภูมิประมาณ 77°F (25°C) โดยไม่ต้องใช้พลังงานเพิ่มเติม

นอกจากนี้ยังทำการพันขดลวดประสิทธิภาพสูงสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อลดการสูญเสียจากการแปลงกระแสไฟฟ้า และยังติดตั้ง ระบบ **Selective Catalytic Reduction** (SCR) และ Soot Trap ในระบบระบายไอเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง ถึงแม้ว่า Selective Catalytic Reduce (SCR) ไม่ได้เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการประหยัดพลังโดยตรง แต่ก็เป็นประโยชน์ในแง่ของการลดการแพร่กระจายของคารบอน ในบรรยากาศ

การลดการใช้พลังงานจาก Chiller Plant

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของพลังงานไฟฟ้าใน 1 วัน ที่ใช้ของเครื่องจักรทั้งหมดในอาคารดังกล่าว (7,500 kW จาก Computer Load) พลังงานจาก Chiller และตามด้วยพลังงานจากพัดลม AHU สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนว่าเป็นแหล่งใช้พลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่สุดของอาคารและได้ถูกพิจารณาเป็นพิเศษในหัวข้อของการลดการใช้พลังงานของระบบเครื่องกล จากวันแรกที่สร้างจะต้องใช้ Chiller 1,000 ton (3517 KW) จำนวน 3 ตัวในระบบ และสามารถขยายเพิ่มเป็น Chiller 1,000 ton จำนวน 4 ตัว ได้เพื่อรองรับการเติบโตของศูนย์ข้อมูลในอีก 5 ปี ซึ่งได้คาดการณ์ไว้ว่าจะมีปริมาณการทำความเย็นรวมประมาณ 3,000 ton (10,551 kW) โดยใช้ Water-Cooled Centrifugal Chiller ที่มีประสิทธิภาพสูง (0.535 kW/ton ตอนออกแบบ) พร้อมด้วยระบบแปรผันความเร็วรอบเพื่อให้ได้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดในช่วง part load เครื่อง chiller จะต้องผ่านการทดสอบให้ได้ตามกำหนดที่โรงงานผู้ผลิต ที่สภาวะ Full load และ Part load และจากการทดสอบประสิทธิภาพตามมาตราฐาน ARI ได้ยืนยันค่าประสิทธิภาพที่ Full load และจากค่า

Mechanical Energy Consumption		
Category	Electrical Demand at Full Load (kW)	Percent of Full-Load Power Consumption
Water-Cooled Centrifugal Chillers	1,605	50%
Computer Room Fan Energy	713	22%
Condenser Water Pumps	260	8%
Chilled Water Pumps	257	8%
Humidification	144	4%
Cooling Tower Fan Energy	81	3%
Miscellaneous Fan Energy	157	5%

Table 1: Full-load mechanical energy use.

ทดสอบประสิทธิภาพที่ Part Load ระบุได้ 0.232 kW/ton. ที่ 400 tons ที่อุณหภูมิน้ำ Condenser เท่ากับ 60°F (15.5°C) และเมื่อ Condenser Water มีอุณหภูมิลดต่ำลงอันเนื่องมาจากอุณหภูมิ wet-bulb ของอากาศภายนอกที่ลดลง ได้ถูกนำมาใช้ในการประเมินค่าประสิทธิภาพตลอดปี ได้เท่ากับ 0.37 kW/ton ระบบปรับความเร็วถูกนำมาใช้กับพัดลมของ Cooling Tower เพื่อให้การควบคุมอุณหภูมิน้ำคอนเดนเซอร์ให้เที่ยงตรงที่สุด การออกแบบได้กำหนดค่าแตกต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นจะอยู่ในช่วง 47°F-59°F (8°C-15°C) และค่าประสิทธิภาพ 0.535 kW/ton. นั้นได้มาจากอุณหภูมิน้ำออกของ chiller เท่ากับ 47°F (8°C)

การลดพลังงานของ Centrifugal Chiller Plant ด้วยการใช้ Water-Side Economizer นั้นการใช้งานจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ Wet bulb เป็นหลักสำคัญ คณะผู้ออกแบบได้พิจารณาจะเลือกใช้ Air-Side Economizers แต่ได้ตัดสินใจเลือกใช้ Water-Side Economizer แทน เนื่องจากต้องการลดการเพิ่มความชื้นและความต้องการอากาศจากภายนอก

การออกแบบได้กำหนดให้มีอุณหภูมิ 68°F ถึง 77°F (20°C ถึง 25°F) และ 40% ถึง 55% RH. โดยใช้ข้อมูลอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของอเมริกาซึ่งเป็นที่ตั้งของศูนย์ข้อมูลแห่งนี้ และผลจากที่ใช้ค่า 40% RH ในฤดูหนาวนี้ทำให้ภาระของการทำความชื้นได้เพิ่มขึ้นเป็นนัยสำคัญจากการใช้ Air-Side Economizers มันเป็นข้ออ้างของคณะผู้ออกแบบในการลดการใช้ระบบเพิ่มความชื้นให้น้อยที่สุด แทนที่จะใช้ระบบเพิ่มความชื้นขนาดใหญ่กว่าซึ่งจำเป็นต้องติดตั้งระบบ Air-Side Economizer

ทางเจ้าของกิจการต้องการที่จะให้การใช้ระบบ Economizer นี้โดยไม่ต้องแลกด้วยการเสียเสถียรภาพของระบบ ดังนั้นทางทีมผู้ออกแบบได้ออกแบบระบบให้มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดมากกว่าที่กำหนดไว้ของ ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในการลดการใช้พลังงาน อย่างไรก็ตามความมีเสถียรภาพของระบบ น่าจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึง เมื่อเทียบกับการประหยัดพลังงานที่ทำได้ ความสนใจเป็นพิเศษได้ถูกใส่เข้าไปในทุกๆ แง่ของการประหยัดพลังงาน

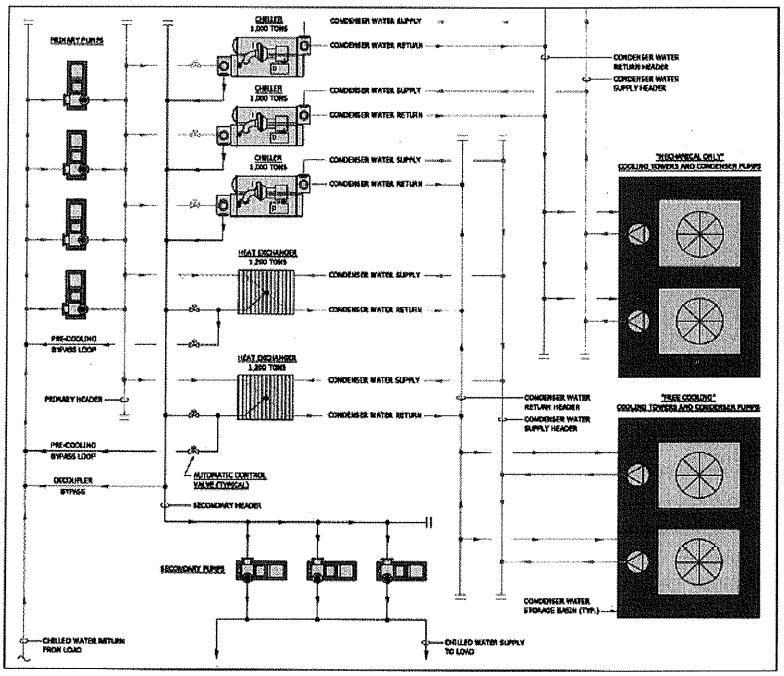

Figure 1: Water-side economizer cooling approach.

โดยการเพิ่มขั้นตอนการทำงาน หรือเพิ่มอุปกรณ์เข้าไป มีหัวข้อในเรื่องการติดตั้งระบบ Water-Side Economizer ที่ถูกพิจารณาในเรื่องความเสี่ยงในเรื่องการทำงานอย่างต่อเนื่องของระบบทำน้ำเย็น

1. อุณหภูมิ Condenser Water ต่ำ

อุณหภูมิของน้ำ Condenser Water ที่มีอุณหภูมิต่ำมากๆ จะทำให้ไม่ต้องใช้ระบบ Chiller ทำงาน แต่สิ่งที่ควรจะต้องพิจารณาเป็นพิเศษในโครงการนี้ คือ มีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ถูกสร้างอยู่ใต้ cooling tower เพื่อให้แน่ใจว่า Cooling tower สามารถใช้งานได้ แม้ว่าระบบเติมน้ำจากสาธารณูปโภคส่วนกลางจะไม่ทำงาน ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำนี้สามารถใช้งานได้เป็นเวลานานมากกว่าที่น้ำจะร้อนถึงจุดที่ทำให้ระบบ Chiller ต้องทำงาน

การลดพลังงานโดยการใช้ Water-Side Economizer ทำได้โดยจ่ายน้ำออกจากคูลลิ่งทาวเวอร์ให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ใช้ และน้ำเย็นจากคูลลิ่งทาวเวอร์นี้จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อทำหน้าที่ลดอุณหภูมิน้ำเย็นโดยตรง การเริ่มต้นทำงานของระบบในช่วงอากาศเย็นจะเกิดขึ้นระหว่างการเปลี่ยนจากการทำความเย็นแบบฟรีคูลลิ่ง (ใช้น้ำเย็นจาก Cooling Tower) มาเป็นการทำความเย็นด้วย Chiller ในช่วงที่เปลี่ยนนี้ น้ำเย็นจากคูลลิ่งทาวเวอร์จะถูกส่งไปยังชุดคอนเดนเซอร์แทน และระบบ Chiller จึงสามารถเริ่มต้นได้

2. เมื่อมีการสลับเดิน ระบบ Economizer Cooling ไปมา

เพื่อให้ได้การประหยัดพลังที่สูงสุด Heat Exchanger ในระบบ Water-Side Economizer จะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติ เมื่ออุณหภูมิ Wet-bulb ของอากาศถึงจุดที่กำหนดไว้ สิ่งที่สั่งการให้ระบบ Economizer ทำงานโดยอัตโนมัติหรือไม่ จะใช้การสั่งการจากระบบ **Building Management System** (BMS) ซึ่งมันจะทำงานอัตโนมัติ โดยไม่ต้องรับคำสั่งการของเจ้าหน้าที่ การเปลี่ยนคำสั่งบ่อยๆ และไม่มีหมายกำหนดการล่วงหน้าในการเปลี่ยนสภาวะการทำงานเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้สำหรับเสถียรภาพของศูนย์ข้อมูล

3. ความซับซ้อนของระบบควบคุม

เนื่องจากมีการต่ออนุกรมกันในระบบมาก ระบบ Water-Side Economizers จึงต้องใช้ Motorized Valves มากถึง 4 ตัว เพื่อควมคุมทางเดินของน้ำที่ส่งผ่านไปยัง Heat Exchanger และ Chillers ซึ่งควบคุมการทำงานให้อุปรณ์แต่ละตัวทำงานทำงานเพียงตัวเดียวหรือทำงานร่วมกันของ Motorized Valves เหล่านี้ ไม่ต้องใช้ในกรณีที่ไม่มี ระบบ Economizers และอุปกรณ์เหล่านี้ได้ถูกมองเป็นจุดเพิ่มของความซับซ้อนและความเสี่ยงของการล่มของระบบ

จากภาพที่ 1 เป็น Diagram ง่ายๆ ของระบบ Water-Side Economizer ในส่วนของ Plate Heat Exchanger ออกแบบให้มีเพียงชุดเดียวจากทั้งหมดสองระบบทำความเย็น ซึ่งจะทำให้ระบบทำน้ำเย็นอีกชุดหนึ่งยังสามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิน้ำคอนเดนเซอร์ยังสูงพอ ลดปัญหาที่จะเกิดจากระบบทำน้ำเย็นไม่ทำงานด้วยสาเหตุจากอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ต่ำเกินไป นอกจากนี้แล้วอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั้งคู่นี้จะทำงานเฉพาะกับ Cooling Tower เพียงคู่เดียวเท่านั้นเพื่อรักษาอุณหภูมิน้ำของคอนเดนเซอร์ให้สูงพอ ในการเดินสำหรับการใช้ Cooling Tower สองชุดสำหรับระบบทำน้ำเย็นแบบ Free Cooling ระบบควบคุมความเร็วของพัดลม Cooling Tower และ Condenser

Water bypass ได้ถูกนำมาใช้ในการควบคุมโดยอุณหภูมิของ Condenser Water เพื่อให้แน่ใจว่าอุณหภูมิน้ำที่อยู่ในอ่างเก็บใต้ถัง Cooling Tower นั้นสามารถรักษาอยู่ได้ ณ จุดที่ต้องการ ในกรณีที่การทำงานของระบบ Free Cooling ล้มเหลวไปในขณะที่ภาวะทำความเย็นอยู่ในสภาวะ Full Load ระบบ BMS จะสั่งให้ Chiller ที่มีอยู่ในระบบทำงานขึ้นมาแทนโดยอัตโนมัติ โดยที่อุณหภูมิของ Condenser Water จะต้องถูกรักษาให้อยู่ในระดับ 60°F (15.5°C) หรือสูงกว่า

เพื่อลดปัญหาการทำงานหรือหยุดระบบโดยอัตโนมัติ โดยไม่มีการไม่ได้กำหนดไว้ก่อนของระบบ Water-Side Economizer จึงได้มีการตกลงกันว่าผู้ปฏิบัติการจะเป็นผู้เปิดปิดวาล์วที่เข้าตัวอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเอง ในกรณีที่ต้องการใช้ระบบ Free Cooling ระบบ BMS จะทำหน้าที่แจ้งผู้ปฏิบัติการให้เปิดระบบ Free Cooling เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกถึงจุดที่ใช้งานได้หรือให้เปลี่ยนกลับไปใช้ระบบทำความเย็นแบบปรกติเมื่อสภาวะอากาศไม่เหมาะสมกับการใช้ระบบ Free Cooling ดังนั้นจึงเป็นที่มั่นใจได้ว่าในตอนที่มีการเปลี่ยนสลับการใช้งานของระบบทั้งสอง เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานจะต้องอยู่คอยเฝ้าดูตลอดเวลาและพร้อมที่จะเปลี่ยนกลับคืนหากเกิดเหตุการณ์ที่อยู่นอกเหนือความคาดหมาย

เพื่อลดระบบควบคุมอัตโนมัติในการเดินระบบ Economizer ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนได้ถูกต่อแบบขนานเข้ากับตัว chiller ซึ่งสามารถเปรียบได้กับ Chiller ในตอนที่มันทำงาน

การจัดปั๊มเป็นแบบ Primary/Secondary โดย Primary Pump จะต่อกับ Header (รูปที่ 1) ทำให้ปั๊มพ์น้ำที่มีอยู่จะสามารถส่งน้ำไปยัง Chiller หรือ Plate Heat Exchanger. ตัวใดๆ ก็ได้ที่อยู่ในวงจรนี้

อุปกรณ์ Motorized valves 2 ตัว จะถูกติดตั้งไว้เพื่อ เปิด/ปิด น้ำให้เข้าไปยังตัวแลกเปลี่ยนความร้อนก่อนเพื่อทำหน้าที่ Pre-Cooling ของน้ำก่อนที่จะเข้า Chiller (ทำงานแบบผสมระหว่างตัวแลกเปลี่ยนความร้อนและ Chiller) หรือ ทำการส่งน้ำเย็นโดยตรงไปยัง Suction Header ของ Secondary Pumps (ไม่ต้องใช้ระบบ Chiller เลย)

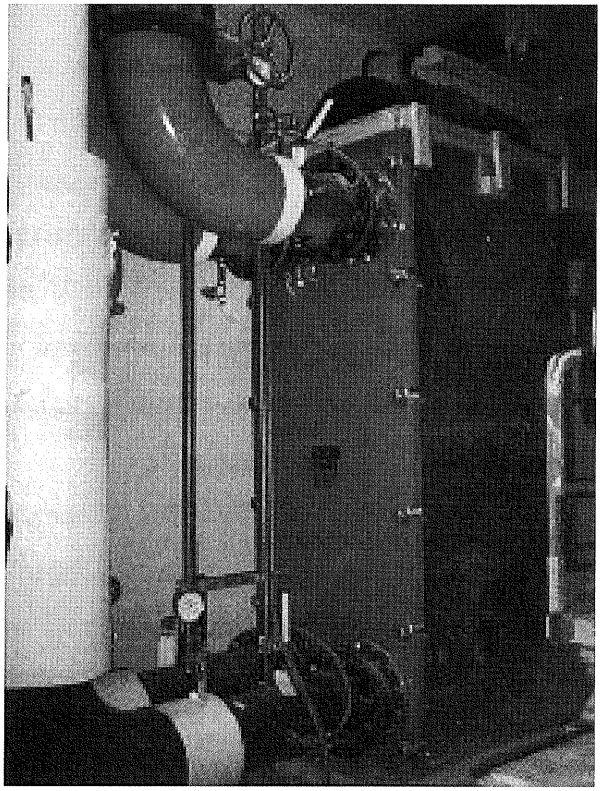

Photo 2: Plate-and-frame heat exchanger.

ในช่วง Pre-Cooling Mode นั้นน้ำเย็นที่ออกจากชุดแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นจะถูกส่งตรงไปยังด้านดูดของ Primary Pump และในช่วงการทำงานแบบ Free Cooling นั้น Chiller หนึ่งชุดจะถูกแยกออกจากการควบคุม (Unavailable) คณะผู้ออกแบบเห็นว่าการติดตั้งลักษณะนี้จะใช้ระบบควบคุมน้อยที่สุดสำหรับการทำงานกับระบบ Series Water-Side Economizer

จากข้อมูลที่ชี้ให้ก่อนหน้านี้ อุณหภูมิน้ำเย็นได้ถูกออกแบบการทำงานในช่วง 47 F ถึง 59 F (8 C ถึง 15 C) ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนถูกออกแบบที่ค่า

ผลต่าง 2 องศาระหว่างอุณหภูมิน้ำที่ Condenser Water และ Chilled Water ทำให้ระบบสามารถทำงานแบบ Free Cooling ณ ภาระความเย็นสูงสุด เมื่ออุณหภูมิน้ำจากหอผึ่งเย็นมีค่าเท่ากับ 55 F(13 C) หรือต่ำกว่า เนื่องจากข้อจำกัดด้วยขนาดของ Cooling Tower การออกแบบได้กำหนดช่วงดึงอุณหภูมิน้ำคอนเดนเซอร์ที่ 55 F(13 C) โดยตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการไว้ที่ 42 F (6 C)WB ซึ่งจะทำให้ระบบนี้สามารถทำงานในโหมด Free Cooling (Full and Part-load) ได้ประมาณ 3,800 ชั่วโมงต่อปี และประหยัดค่าพลังงานได้ถึง 110,000 เหรียญสหรัฐต่อปีโดยคิดเทียบกับแบบเดิมที่จะต้องเดินระบบที่ 3,000 ton (10,551 KW) โดยอ้างอิงที่ค่าไฟฟ้าเท่ากับ 10 cent ต่อ KWh (รูปด้านล่างแสดงในส่วนของ Cooiling Tower และ ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในระบบ Free Cooling)

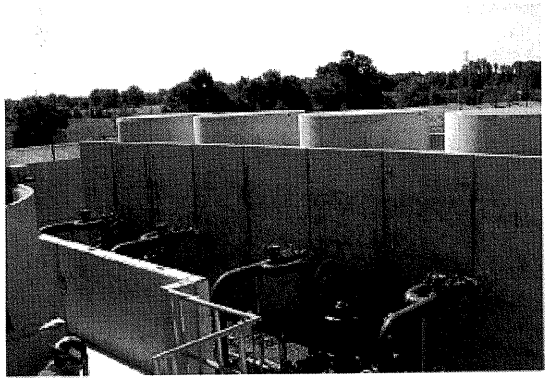

Photo 1: Concrete cooling towers.

CRAH สำหรับอนาคตที่ประมาณโหลดรวมที่ 10 MW ซึ่งห้องคอมพิวเตอร์จะมีการใช้งานอย่างเต็มกำลังทั้งหมดในอีกห้าปีข้างหน้า ดังนั้นการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ลดความเร็วรอบเพื่อลดปริมาณลมในช่วงเริ่มต้นนี้จึงเป็นเรื่องที่คุ้มทุนอย่างยิ่ง โดยทั่วไปเซิร์ฟเวอร์จะติดตั้งอยู่ในตู้ (Cabinet) ที่มีการระบายความร้อนโดยพัดลมที่ปรับความเร็วรอบได้ โดยลมเย็นจะส่งผ่านจากใต้พื้นและช่องลมเย็น (Cold aisle) และส่งไประบายความร้อนให้เซิร์ฟเวอร์ที่อยู่ในตู้ โดยพัดลม (Cabinet fan) จะทำงานเพื่อรักษาอุณหภูมิในตู้เซิร์ฟเวอร์ให้คงที่ ขณะที่เซิร์ฟเวอร์ทำงานจะมีความร้อนเกิดขึ้นไม่คงที่ตลอดเวลา พัดลม (Cabinet Fan) ก็จะปรับเปลี่ยนปริมาณลมเพื่อรักษาอุณหภูมิในตู้เซิร์ฟเวอร์ให้คงที่และจะส่งผ่านลมร้อนกลับขึ้นเหนือฝ้าผ่านท่อลมกลับไปที่เครื่องเป่าลมเย็น (รูปประกอบที่ 2)

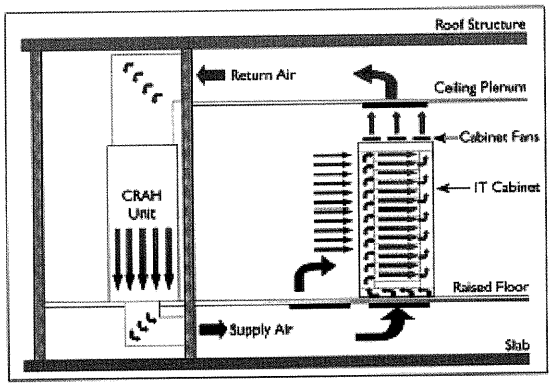

Figure 2: Raised floor air distribution.

การลดการใช้พลังงานในเครื่องเป่าลมเย็นของห้องคอมพิวเตอร์ (CRAH)

อุปกรณ์ลดความเร็วรอบ (Variable Speed Drive) ถูกนำมาใช้กับ CRAH เพื่อลดการใช้พลังงานของมอเตอร์พัดลมเครื่องเป่าลมเย็นทั้งหมดจำนวน 76 เครื่องโดยแต่ละเครื่องมีขนาดเท่ากับ 18,000 CFM ซึ่งขับด้วยมอเตอร์ทที่มีการกินไฟเท่ากับ 9 kW และมีการออกแบบเพื่อรองรับไว้ถึง 102 เครื่อง

การควบคุมปริมาณลมของเครื่องเป่าลมเย็นให้เหมาะสมกับพัดลม (Cabinet fan) ทำโดยการติดตั้ง Pressure Sensor ใต้ Cabinet และตั้งค่าให้อยู่ที่ความดันต่ำสุดที่จะให้ปริมาณลมที่เพียงพอกับการทำงานเต็มที่ของเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งหากมีเซิร์ฟเวอร์หลายขนาดที่มีความต้องการปริมาณลมต่างกันในหลายพื้นที่ก็สามารถควบคุมโดยการติดตั้ง Sensor หลายชุดแยกตามพื้นที่ที่ต้องการต่างกันไป (Zoning)

และยังสามารถควบคุมผ่านระบบ BMS ซึ่งผู้ใช้งานอาคารสามารถปรับตั้งค่า Set Point ได้ตามเหมาะสมผ่านหน้าจอของระบบ BMS ซึ่งจะประมวลผลและจะส่งค่า Set Point ไปยังหน่วยประมวลผลที่ควบคุมเครื่องเป่าลมเย็นของห้องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องเพื่อควบคุมอุปกรณ์ลดความเร็วรอบ

ในกรณีที่สัญญาณจาก BMS มีปัญหาหรือเกินช่วงใช้งาน (Out of Control Range) หน่วยประมวลผลที่ควบคุมเครื่องเป่าลมเย็นของห้องคอมพิวเตอร์ก็จะสั่งให้พัดลมของเครื่องกลับมาทำงานที่ภาระเต็มที่ (Full load) โดยอัตโนมัติเพื่อความมีเสถียรภาพของระบบ ซึ่งจากการประมาณการระบบนี้จะช่วยสามารถประหยัดค่าพลังงานได้ถึง 100,000 $ ต่อปี ในอีกระยะห้าปีข้างหน้า

เพื่อที่จะลดต้นทุนพลังงานของระบบทำความเย็นในห้องคอมพิวเตอร์ให้ต่ำที่สุด จึงไม่มีการติดตั้งระบบ Reheat กับระบบ Humidification ในเครื่องเป่าลมเย็นทั้งหมด เพื่อลดการใช้พลังงานจากการที่เครื่องเป่าลมเย็นจะทำงานในโหมด Cooling และ Heating ในเวลาเดียวกัน และยังช่วยลดต้นทุนค่าติดตั้งจากการไม่ใช้สองระบบดังกล่าวด้วย โดยเปลี่ยนไปติดตั้งในเครื่องเป่าลมเย็นเพียงหนึ่งชุดที่มีระบบควบคุมความชื้น (ระบบ Reheat กับระบบ Humidification) และการเติมอากาศจากภายนอกและติดตั้ง Dew Point Sensor ในห้องคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของระบบควบคุมความชื้นแทนเครื่องเป่าลมเย็นของห้องคอมพิวเตอร์โดยปกติจะถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานในสภาพอากาศแห้ง (เป็นภาระความร้อนสัมผัสทั้งหมด) เพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่มีการใช้พลังงานของชิลเลอร์ไปกับความร้อนแฝงหรือการเพิ่มความชื้น (Humidification) เพื่อรักษา Dew Point ในห้องโดยไม่จำเป็น

วาล์วน้ำเย็นที่อยู่ในเครื่องเป่าลมเย็นของห้องคอมพิวเตอร์จะถูกควบคุมโดยหน่วยประมวลผลที่ควบคุมเครื่องเป่าลมเย็นเพื่อจ่ายน้ำเย็นให้กับเครื่องในปริมาณที่เหมาะสม โดยอาศัยสัญญาณจากลมจ่ายหรือลมกลับ นอกจากนั้นหน่วยประมวลผลจะสั่งการลำดับการทำงานของวาล์วน้ำเย็นและปริมาณลมเย็นเพื่อรักษาความดันและอุณหภูมิ และช่วยให้แน่ใจได้ว่าคอล์ยทำความเย็นจะแห้งตลอดเวลา

Heat Recovery สำหรับห้องควบคุมอุณหภูมิ

น่าสังเกตุว่าปริมาณความร้อนที่อยู่ในอากาศที่ไหลกลับมาจากห้องคอมพิวเตอร์ ที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ 76°F ถึง 90°F (24°C ถึง 32°C) ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในการทำงาน จึงเป็นเรื่องที่ยากที่เราใช้ประโยชน์จากความร้อนของห้องศูนย์ข้อมูลซึ่งอาจมีน้อยหรือไม่มีเลย แต่มีอยู่ที่หนึ่งซึ่งน่าจะมีความร้อนอยู่นั่นคือ ห้องเก็บ Battery

สำหรับ UPS แล้วผู้ผลิตจะกำหนดอุณหภูมิการใช้งานของ Battery อยู่ที่ 77°F (25°C) ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวเป็นอุณหภูมิที่ยอมรับได้ โดยทำให้อายุการใช้งาน และได้ประสิทธิภาพสูงในการจ่ายไฟของ Battery เพราะหากอุณหภูมิมีค่าสูงกว่านี้จะทำให้อายุการใช้งานของ Battery สั้นลง แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่านี้ก็จะทำให้ประสิทธิภาพการจ่ายไฟของ Battery ต่ำลง ส่วนมากแล้ว Battery ทุกตัวจะมี การติด Thermometer เพื่อวัดค่าอุณหภูมิ

ศูนย์ข้อมูลนี้ได้ใช้ Battery แบบ Wet-Cell และต้องการการระบายอากาศอย่างต่อเนื่องเพื่อกำจัดก๊าซไฮโดรเจนที่ถูกปล่อยออกมาตลอดเวลา ค่ามาตรฐานสำหรับโครงการนี้อยู่ที่ ปริมาณ 1 cfm. (0.5 L/s) ต่อตารางฟุต หรือ 2,500 cfm. (1,180 L/s) ต่อห้อง โดยโครงการนี้มีห้อง Battery ทั้งหมด 6 ห้อง ดังนั้นความต้องการของอากาศระบายเท่ากับ 15,000 cfm. (7,079 L/s) โดยแต่ละห้องจะใช้

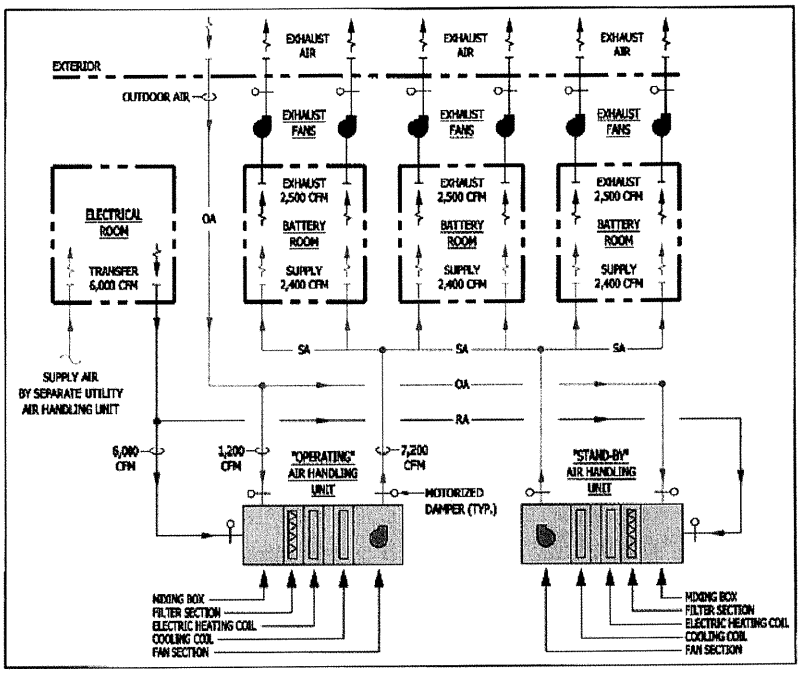

Figure 3: Battery room airflow diagram.

พัดลมระบายอากาศ 2 ตัว (ตัวหนึ่งเป็นตัวหลัก อีกตัวเป็นตัวสำรอง)

รูปที่ 3 เป็นแผนผังกระแสลม เพื่อแสดงการเอาความร้อนที่กลับมาจากห้องไฟฟ้ามาใช้ โดยมี AHU 4 ชุด (2 ชุดเป็นตัวหลัก อีก 2 ตัวเป็นตัวสำรอง) มีขนาด 7,200 cfm. (3,398 L/s) ส่งลมเย็นไปยัง Battery Room แต่ละห้องเท่ากับ 2,400 cfm. ขนาดของพัดลมระบายอากาศจะมีขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการเท่ากับ 100 cfm. (ขนาดของพัดลมเท่ากับ 2,500 cfm.) เพื่อรักษาห้อง Battery Room ให้เป็น Negative Pressure

AHU 2 ตัว ทำการจ่ายลมไปยังห้อง Electronic Room ในปริมาณ 12,000 cfm.(5,663 L/s) จากนั้นก็ไหลมารวมกันกับอากาศภายนอกในปริมาณ 1,200 cfm.(5,663 L/s) ก่อนที่จะถูกส่งผ่าน AHU ไปยัง Battery Room ในช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิอากาศภายนอกอาจจะมีค่าเท่ากับ $0^{\circ}F$ ($-18^{\circ}C$) ทำให้ลดความต้องการการใช้พลังงานถึง 294 kw. ลดค่าใช้จ่ายได้ถึง $50,000 ต่อปี

สรุป

ถึงแม้ว่าความมีเสถียรภาพของระบบจะเป็นหัวใจของการออกแบบระบบศูนย์ข้อมูลการลดการใช้พลังงานก็สามารถนำมาใช้ควบคู่กันได้โดยไม่ทำให้ความมีเสถียรภาพของระบบลดลงไป ด้วยระบบ Free Cooling, อุปกรณ์มอเตอร์ปรับความเร็วได้, การปรับอุณหภูมิของ Water Condenser, การทำงานของระบบทำความเย็นที่ต่ำกว่าค่ามาตราฐาน $45^{\circ}F$ ($7^{\circ}C$) และการใช้งานระบบ Heat Recovery ในช่วงที่สามารถใช้งานได้ การออกแบบโดยใช้หลักการประหยัดพลังงานที่ศูนย์ข้อมูลแห่งนี้ด้วยการพิจารณาอย่างรอบคอบในการใช้อุปกรณ์เสริมและขั้นตอนการทำงานให้น้อยที่สุด พร้อมระบบรองรับกรณีเกิดความผิดพลาดในการทำงานในกรณีที่ระบบประหยัดพลังงานไม่ทำงาน ซึ่งศูนย์ข้อมูลนี้สามารถประหยัดพลังงานรวมทั้งหมดได้ประมาณ $260,000 ต่อปี การประเมิณดังกล่าวไม่รวมถึงการเพิ่มราคาของอุปกรณ์และอัตราค่าไฟฟ้าในอนาคต ซึ่งคาดว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นกว่าในปัจจุบัน

อ้างอิง

(1.) Koomey, J. 2007. "Estimating Total Power Consumption by Servers in the U.S. and the World." AMD. http://tinyurl.com/yr5ers (or http://enterprise.amd.com/Downloads/svrpwrusecompletefinal. pdf).

(2.) ASHRAE TC 9.9. 2004. Thermal Guidelines for Data Processing Environments.