พิมุข มีพรหม

บริษัท อีอีซี จำกัด

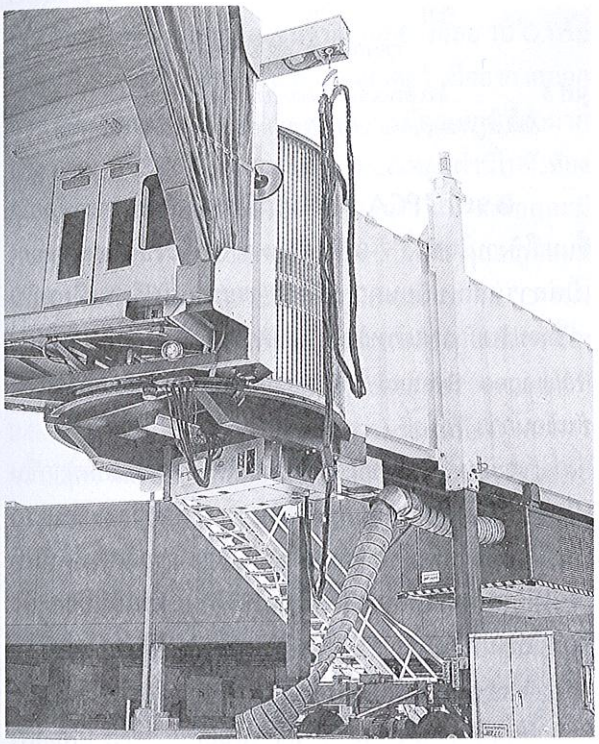
## แนะนำ

# Pre-Conditioned Air System

ผู้ที่มีโอกาสใช้บริการของสนามบินเพื่อการเดินทางทางอากาศเคยมีคำถามกับตนเองหรือไม่ว่า ขณะที่เครื่องบินจอดเทียบเพื่อรอผู้โดยสารขึ้นเครื่องนั้น ระบบไฟฟ้าและระบบปรับอากาศภายในห้องผู้โดยสารเกิดขึ้นได้อย่างไร หลายสิบปีที่ผ่านมา เมื่อเครื่องบินจอดรอที่ Gate นั้น จะต้องเดินเครื่องยนต์เพื่อทำการผลิตกระแสไฟฟ้าและเดินเครื่องปรับอากาศจากตัวเครื่องบินเอง โดยมีอุปกรณ์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าบนเครื่องเรียกว่า On-Board Auxiliary Power Unit (APU) ซึ่งการเดินเครื่องยนต์จากเครื่องบินจะใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไม่ต่ำกว่า 140 litter/ชั่วโมง สำหรับเครื่องบินขนาดกลาง และถ้าเป็นเครื่องบินขนาดใหญ่ เช่น B747-400 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก็จะสูงกว่านี้ การเดินเครื่องยนต์จะมีไอเสียปริมาณมาก ก่อให้เกิดมลภาวะรอบ ๆ บริเวณสนามบินและเสียค่าบำรุงรักษา APU สูง ทางสนามบินจึงหันมาสนใจแก้ไขปัญหาเหล่านี้อย่างจริงจัง

เมื่อเป็นเช่นนี้ ได้มีการหาวิธีหยุดการใช้งาน APU สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าโดยมีระบบพิเศษขึ้นมา เรียกว่า Fixed 400 Hz Syste เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่างๆ บนเครื่องบินขณะที่จอดรอที่ลานจอด ค่าความถี่ของกระแสไฟฟ้าเป็น 400 Hz ไม่ใช่ 50 Hz หรือ 60 Hz เหมือนกับความถี่ใช้งานทั่วๆ ไป ก็เนื่องจากเพื่อลดขนาดของ

อุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งบนเครื่องให้มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ในปัจจุบันสนามบินจะมีระบบ 400 Hz ติดตั้งอยู่ใต้ Passenger Loading Bridge (สะพานเชื่อมต่อบริเวณที่พักรอในอาคารไปยังเครื่องบิน ดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2) เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องบินขณะจอดรอผู้โดยสารขึ้นเครื่อง



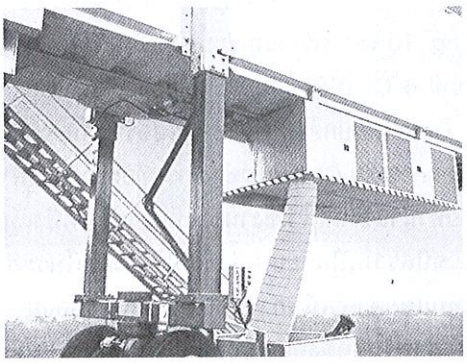
*รูปที่ 1* *ทางเดินด้านบนเรียกว่า passenger loading brigde บริเวณใต้ทางเดินนี้ จะติดตั้งระบบ 400 Hz อยู่ทางด้านหน้า และระบบ PCA จะอยู่ถัดมา โดย จะเห็นว่ามี hose ต่ออยู่*

*รูปที่ 2* *เมื่อเครื่องบินมาจอดแทนบที่ gate จะเชื่อมต่อด้วย passenger loading bridge ดังรูปนี้*

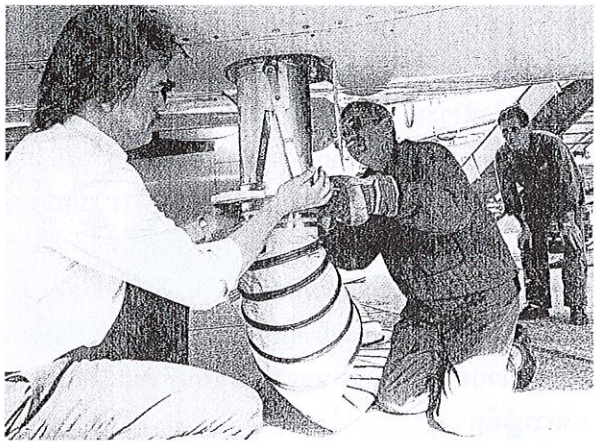
กลับมาที่ระบบปรับอากาศภายในห้องผู้โดยสาร ขณะที่จอดบนลานจอด เมื่อไม่มีการเดินเครื่องยนต์ จึงจำเป็นต้องติดตั้งระบบปรับอากาศ เรียกว่า Pre-Conditioned Air System (PCA System) ระบบปรับอากาศสำหรับชนิด PCA จะแตกต่างกับเครื่องปรับอากาศในอาคาร เนื่องจากโครงสร้างและการใช้งานของเครื่องบินเองแตกต่างจากอาคาร เช่น เครื่องบินจะไม่มีหน้าต่างเปิดเพื่อรับ Fresh Air จากภายนอก ฉนวนกันความร้อนที่ใช้ต่างจากการใช้ในอาคาร หรือจำนวนความหนาแน่นของคนในพื้นที่ซึ่งมีสูงกว่างานอาคารทั่วไป

## หลักการทำงานทั่วไปของระบบ PCA

การทำงานของ PCA จะทำงานคล้ายกับ Outside Air Handling Unit คือ ลดอุณหภูมิอากาศภายนอกมายังจุดที่ต้องการ แล้วจ่ายไปยังบริเวณที่ใช้งาน นั้นคือระบบ PCA จะรับอากาศภายนอกมาทั้งหมดแล้วจ่ายอากาศเข้าไปในตัวเครื่องบินโดยผ่านท่อส่งลมชนิดอ่อน (Flixible Hose) หุ้มฉนวนเพื่อใช้ต่อเข้ากับจุดรับที่บริเวณใต้ท้องเครื่องบิน (ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4) อากาศภายนอกที่ถูกลดอุณหภูมิ จะมีอุณหภูมิต่ำมาก ประมาณ 0 °C-2 °C เรียกว่า Supercooled Air อากาศที่อุณหภูมินี้ เมื่อผ่านท่อส่งลมและระบบท่อลมภายในเครื่องบิน จนกระทั่งมาออกที่หัวจ่ายลม จะไม่ใช้อุณหภูมิเดียวกับ Supercooled Air แต่จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ปกติจะอยู่ในช่วง 15 °C-17 °C อุณหภูมิของอากาศที่สูงขึ้นเกิดจากการสูญเสียความเย็นในช่วงที่อากาศไหลผ่านท่อส่งลมอ่อนและระบบท่อลมในเครื่องบิน อุณหภูมิที่ใช้งาน ในห้องผู้โดยสารจะออกแบบที่ 24 °C โดยมี Temperature Sensor จากชุด PCA มาเสียบเข้ากับจุดวัดอุณหภูมิที่บริเวณประตูของเครื่องบิน หลังจากที่อากาศเย็นจ่ายให้กับผู้โดยสารแล้วจะไหลออกไปทางประตูเครื่องบินที่ต่อกับ Passenger Loading Bridge



*รูปที่ 3* *ระบบ PCA จะติดตั้งอยู่ใต้ bridge โดยมี hose ต่ออยู่เพื่อส่งลมเย็นไปยังจุดรับของเครื่องบิน*



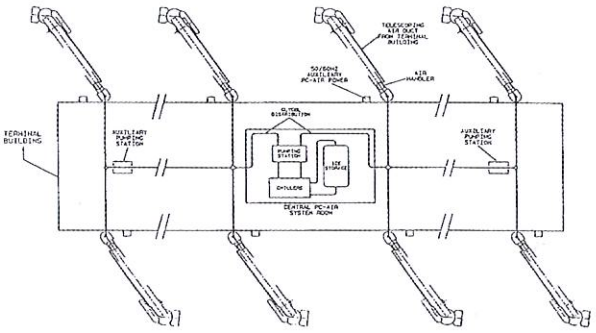
*รูปที่ 4* *แสดงการต่อท่อลมจากPCA เข้าไปที่จุดรับของเครื่องบิน ซึ่งภายในเครื่องบินจะมีระบบ ท่อลมติดตั้งอยู่ภายในเครื่องแล้ว*

นอกจากระบบ PCA จะใช้งานเพื่อปรับอากาศให้กับเครื่องบินขณะที่จอดรอแล้ว ช่วงเวลาที่ก่อนเครื่องบินจะมาเทียบ Gate ระบบ PCA ยังสามารถนำมาใช้งานเพื่อปรับอากาศบริเวณ Passenger Loading Bridge ได้ด้วย เนื่องจากลมเย็นที่ออกจากระบบ PCA จะเป็นอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำมาก ซึ่งสามารถจะ Cool บริเวณนี้ให้มีอุณหภูมิที่เย็นสบายต่อผู้โดยสารที่จะเดินขึ้นเครื่องได้ โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งเครื่อง AHU ประจำสำหรับบริเวณนี้

## ชนิดของระบบ Pre-conditioned Air System

ระบบ PCA ที่เริ่มใช้งานจนถึงปัจจุบันจะมีอยู่ 2 ชนิด คือ ระบบ PCA ชนิดรวม (Central System) และระบบ PCA ชนิดแยกอิสระ (Point of Use or Dedicated System)

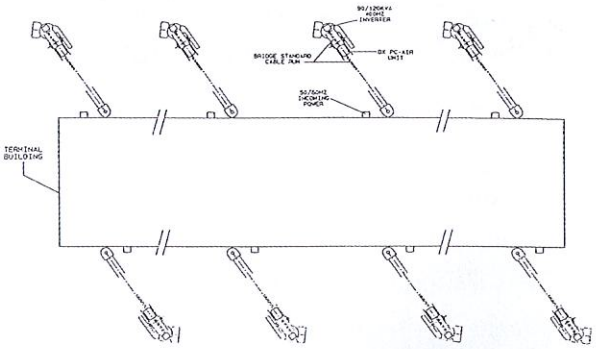
● **ระบบ PCA ชนิดรวม** ประกอบด้วย Chiller ชนิด Ethylene-Glyecol/Water (EG/W), Circulating Pump สำหรับด้าน Evaparator และ Condenser ของ Chiller, Cooling Tower พร้อมกับระบบท่อส่งสารละลาย EG/W (อุณหภูมิ-6 °C) ไปยัง Pre-Conditioned Air Unit ประจำแต่ละ Gate โดยปกติจะมีการออกแบบรวมกับ Ice Storage เพื่อเลือกการเดิน Chiller ในช่วงเวลาที่อัตราค่าไฟฟ้ามีราคาถูก เพื่อทำน้ำแข็งเก็บไว้ใช้งานช่วงที่อัตราค่าไฟฟ้าแพงระบบ PCA ชนิดรวมเป็นระบบเก่าซึ่งมีใช้งานกันในระยะแรกๆ ค่าลงทุนและค่าดำเนินการค่อนข้างสูงและต้องมี Chiller Plant สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ทำความเย็นต่างๆ ด้วย ซึ่งปัจจุบันระบบนี้ไม่ค่อยเป็นที่นิยมสำหรับสนามบินใหม่ๆ (ดังแสดงในรูปที่ 5)




*รูปที่ 5* *ไดอะแกรมแสดงภาพของระบบ PCA ชนิดรวม ซึ่งต้องมี chiller plant และการเดินท่อส่งสารละลาย EG/W ไปยัง PCA*

● **ระบบ PCA ชนิดแยกอิสระ** เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นมาใช้งานในช่วง 7-8 ปีที่ผ่านมา โดยจะใช้ Refrigerant เป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน ระบบนี้เปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศสำหรับงานอาคารจะคล้าย Air-Cooled Packaged System แต่อุปกรณ์ภายในจะมีมากกว่าและซับซ้อนกว่า

ระบบ PCA ชนิดแยกอิสระได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากค่าลงทุนและค่าดำเนินงานที่ต่ำกว่าระบบแรก เมื่อมีการขยายพื้นที่สำหรับ Gate ก็สามารถติดตั้งได้ทันที โดยไม่ต้องติดตั้งท่อสารละลาย EG/W เพิ่มเติมอีก (ดังแสดงในรูปที่ 6)



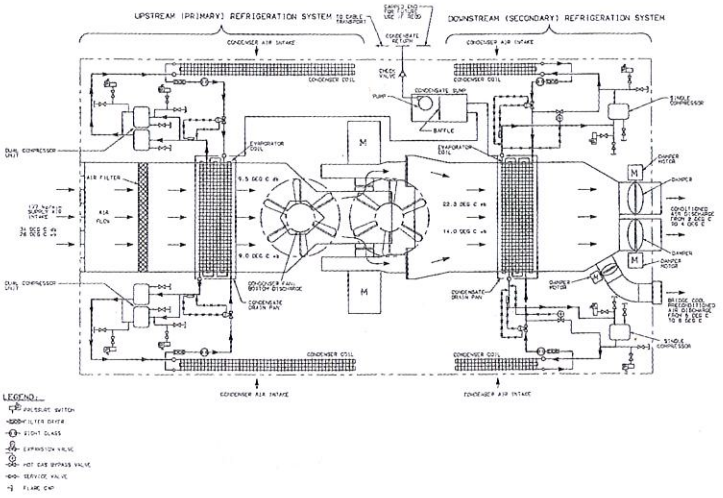

*รูปที่ 6* *ระบบ PCA แบบแยกอิสระ จะติดตั้งประจำแต่ละ gate ซึ่งไม่มีระบบการเดินท่อภายในตัวอาคาร*

## การทำงานของระบบ PCA ชนิดแยกอิสระ

ปกติชุด PCA จะติดตั้งอยู่ใต้ Passenger Loading Bridge (ดังแสดงในรูปที่ 7) ชุด PCA จะมีวงจร 2 ส่วน โดยจะแยกเป็นส่วน Primary และ Secondary Refrigerant System (ดังแสดงในรูปที่ 8) ทั้ง 2 ส่วนนี้จะประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐานที่เหมือนกัน คือ Condenser Coil, Evaparator Coil, Compressor และ Expansion Valve แต่จะมีวงจรน้ำยาที่แยกอิสระจำนวน 2 วงจร ประจำอยู่ในแต่ละส่วนของ Primary และ Secondary Refrigerant

System ในส่วนของ Primary จะทำการลดอุณหภูมิอากาศภายนอกที่ 34 °C-35 °C ลงมาที่ประมาณ 9 °C-10 °C อากาศเย็นที่อุณหภูมินี้จะถูกดูดผ่านพัดลม เพื่อส่งต่อไปยังส่วนของ Secondary อุณหภูมิที่ออกจากพัดลมจะมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากความร้อนจากมอเตอร์พัดลม จึงเสมือนเป็นการช่วยทำหน้าที่ Reheat อากาศส่วนนี้ ก่อนส่งไป Secondary Cooling Coil ด้วย อากาศเย็นที่จะเข้าไปผ่าน Secondary Cooling Coil มีอุณหภูมิสูงขึ้นจากเดิมอย่างน้อย 10°C หรืออาจมากกว่านี้ ซึ่งแล้วแต่ขนาดของมอเตอร์ เมื่ออากาศออกจาก Secondary Cooling Coil จะมีอุณหภูมิที่ต่ำมาก ประมาณ 0 °C-2 °C แต่ขณะที่ส่งลมอุณหภูมิต่ำนี้ไปยังห้องผู้โดยสารบนเครื่อง ลมจะผ่านท่อลมที่มีขนาดเล็กและมีความยาวมาก ทำให้เกิดการสูญเสียความเย็น อุณหภูมิลมที่หัวจ่ายในห้องผู้โดยสารจะมีอุณหภูมิประมาณ 15 °C โดยจะมารับภาระความร้อนที่เกิดในบริเวณห้องผู้โดยสารเพื่อให้ได้อุณหภูมิออกแบบตามที่กำหนดไว้ซึ่งปกติจะออกแบบไว้ที่ 24 °C สำหรับในด้านการควบคุมความชื้นในห้องผู้โดยสารจะไม่มีความสำคัญมากนัก เนื่องจากการใช้งานของ PCA จะใช้งานชั่วคราวเฉพาะจอดรอและการทำงานของ Cooling Coil ซึ่งมีถึง 2 ส่วนนี้อากาศที่ผ่าน Cooling Coil เหล่านี้จะถูกดึง ความชื้นออกมาปริมาณที่สูงค่า Humidity Ratio จะมีค่าต่ำมากทำให้อากาศที่จะจ่ายออกมามีความสามารถที่จะรับปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นในห้องผู้โดยสารได้อย่างเพียงพอ ค่าความชื้นสัมพันธ์ภายในห้องโดยสารโดยปกติจะไม่เกิน 60%

ในชุด PCA จะมี Condensate Drain Pump ติดตั้งไว้เพื่อนำ Condensate Drain ไปทิ้งแทนการใช้ Gravity เพราะเพื่อความสะดวกในการเดินท่อ Drain ซึ่งบางครั้งอาจต้องเดินท่อน้ำทิ้งไปยังจุดรับที่สูงกว่าชุด PCA



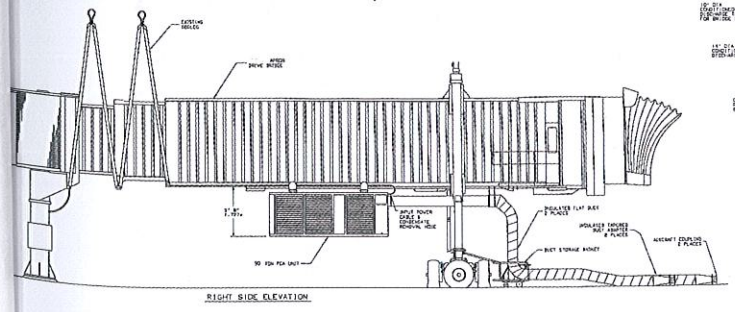

*รูปที่ 8 ไดอะแกรมแสดงวงจร primary และ secondary refrigerant system รวมทั้งอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบ PCA*

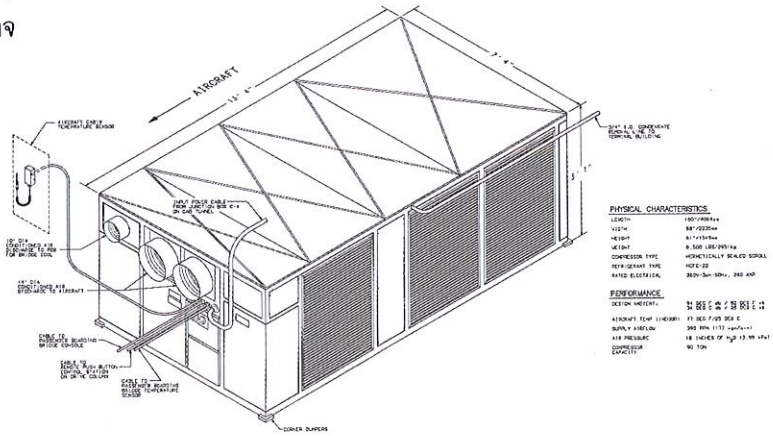
## การเลือกขนาด PCA

โดยปกติการคำนวณขนาด Cooling Load ของเครื่องบินจะมีขนาดแน่นอนตามชนิดและรุ่นของเครื่องบินที่ผู้ผลิตเครื่องบินทำขึ้น ทางผู้ผลิตระบบ PCA ก็จะผลิต PCA ตามขนาดและรุ่นของเครื่องบินที่มีใช้ในปัจจุบันเช่นกัน ดังนั้นการเลือก PCA เพื่อติดตั้งประจำแต่ละ Gate นั้น จะต้องทราบรายละเอียดของเครื่องบิน ที่จะให้บริการที่ Gate นั้นๆ ว่าเป็นชนิดหรือรุ่นอะไร เพื่อที่จะสามารถเลือกขนาดของ PCA ให้เหมาะสม

สำหรับ Cooling Capacity ของ PCA ที่ผู้ผลิตทำขึ้นจะมีขนาดเป็น 30 Ton , 45 Ton , 60 Ton , 75 Ton และ 90 Ton ซึ่งเป็นขนาดใหญ่ที่สุดที่มีอยู่ขณะนี้ (ดังแสดงในรูปที่ 9) และในกรณีที่ Cooling Load ของเครื่องบินมากกว่า Capacity ของ PCA ที่มีการผลิตก็จะใช้วิธีเพิ่มจำนวนการติดตั้งแทน

*รูปที่ 7 แสดงการติดตั้งระบบ PCA แบบแยกอิสระและอุปกรณ์ท่อส่งลม*




*รูปที่ 9 ตัวอย่างแสดงข้อมูลทางเทคนิคของระบบ PCA ชนิดแยกอิสระขนาด 90TON*