

การจำลองการไหลเวียนของอากาศภายในอาคารวงแหวนกักเก็บอิเล็กตรอน

และห้องโถงทดลอง: สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

Simulation of Airflow Pattern inside a Storage Ring and Experimental Hall Building

Synchrotron Light Research Institute (Public Organization)

เกริกฤทธิ์ สัทธิตาสตร¹ และ กิรติ สุลักษณ์^{2*}¹สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง นครราชสีมา 30000

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง นครราชสีมา 30000

*ติดต่อ: Email: keerati@sut.ac.th, โทร. 044-224235, โทรสาร 044-224613

บทคัดย่อ

แสงซินโครตรอนถูกผลิตขึ้นโดยอาศัยการเร่งอิเล็กตรอนให้มีความเร็วเกือบเท่าความเร็วแสง จากนั้นอิเล็กตรอนจะถูกส่งไปยังวงแหวนกักเก็บอิเล็กตรอน แล้วบังคับให้เลี้ยวเบนเพื่อปลดปล่อยแสงซินโครตรอนออกมา วงแหวนดังกล่าวนี้ ประกอบด้วยท่อสุญญากาศซึ่งใช้เป็นเส้นทางเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอน และอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งใช้ปรับค่าสมบัติและควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอน ดังนั้น เสถียรภาพของลำแสงจึงขึ้นอยู่กับค่าสมบัติและควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ดังกล่าวให้ได้เที่ยงตรงที่สุด อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแวดล้อมรอบวงแหวนเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ท่อสุญญากาศและอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าเกิดการหดหรือขยายตัว ส่งผลให้สมบัติและทิศทางของลำแสงเบี่ยงเบนไปจากที่ควบคุม ทำให้เสถียรภาพของลำแสงลดลงจนถึงขั้นใช้งานไม่ได้ งานวิจัยนี้นำเสนอพฤติกรรมของการไหลเวียนของอากาศภายในอาคารวงแหวนกักเก็บอิเล็กตรอนและห้องโถงทดลอง การศึกษาใช้การจำลองด้วยซอฟต์แวร์ซีเอฟดี ผลที่ได้จะนำไปสู่แนวทางการปรับปรุงระบบไหลเวียนอากาศที่เหมาะสมขึ้น

คำหลัก: แสงซินโครตรอน, ห้องโถงทดลอง, วงแหวนกักเก็บอิเล็กตรอน, การจำลองการไหล, ซีเอฟดี

Abstract

Synchrotron light is generated by accelerating the electron with the speed close to the speed of light. After that, the generated electron will be transmitted into the storage ring and its moving direction will be controlled within the curvature path in order to release the synchrotron light. This storage ring consists of vacuum tube which is used as the moving path of the electron. The electron properties and its moving direction are controlled by the electromagnet. Therefore, the stability of the electron beam is depended on the accuracy in controlling those properties and direction of the electron beam as much as possible. However, changing in temperature surrounding the storage ring is one of the main influents that effect to the vacuum tube and electromagnet devices in which both can be deformed due to the effect of thermal stress. This results to the incorrect direction and properties of the electron beam leading to the

CST-2008

unavailable of the light. The research presents the air flow behaviors within the experimental hall and storage ring. The CFD simulation has been investigated in the study. The results of the study will be used to improve the air ventilation system.

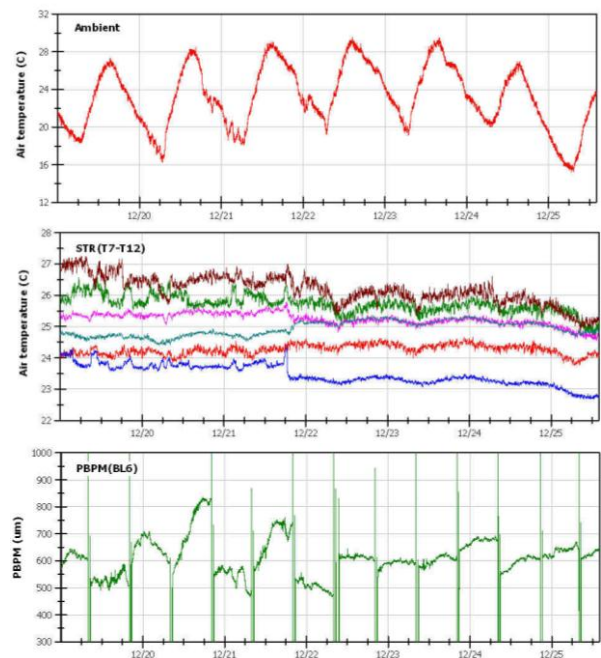
Keyword: Synchrotron light, Experimental hall, Storage ring, Flow simulation, CFD

1. บทนำ

สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) สังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นหน่วยงานที่เปิดให้บริการใช้ประโยชน์จากแสงซินโครตรอนแก่นักวิทยาศาสตร์และนักวิจัยหลายแขนง ทั้งจากภาครัฐและภาคเอกชนตั้งแต่ปี 2546 ถึงปัจจุบัน [1] การผลิตแสงซินโครตรอนใช้เทคโนโลยีขั้นสูงและมีความละเอียดอ่อน ผลจากการใช้งานมาระยะเวลาหนึ่งบวกกับปัจจัยกระทบต่างๆ ส่งผลให้ประสิทธิภาพและเสถียรภาพของแสงซินโครตรอนไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ ที่ผ่านมามีแผนการปรับปรุงระบบผลิตแสงซินโครตรอนให้ได้ประสิทธิภาพตรงตามความต้องการของผู้ใช้มาโดยตลอด แนวทางหนึ่งคือการปรับปรุงระบบปรับอากาศและระบายอากาศภายในอาคารเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน ให้สามารถรักษาอุณหภูมิที่เหมาะสมและสม่ำเสมอได้

แสงซินโครตรอนผลิตขึ้นจากเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน โดยอาศัยการเร่งอิเล็กตรอนให้มีความเร็วเกือบเท่าความเร็วแสง แล้วบังคับให้เลี้ยวเบนภายใต้สนามแม่เหล็กเพื่อปลดปล่อยแสงซินโครตรอนออกมา อิเล็กตรอนที่ถูกเร่งนี้จะถูกเก็บและบังคับให้เลี้ยวเบนใน “วงแหวนกักเก็บอิเล็กตรอน (Storage ring)” ซึ่งประกอบด้วยท่อสุญญากาศและอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้า ที่ใช้ปรับค่าคุณสมบัติและควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอน ดังนั้น ประสิทธิภาพของแสงซินโครตรอนจึงขึ้นอยู่กับความแม่นยำในการปรับค่าดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแวดล้อมรอบวงแหวนกักเก็บอิเล็กตรอน มักทำให้ท่อสุญญากาศและอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าเกิดการหดหรือขยายตัวจากผลของความเค้นเชิงความร้อน ส่งผลให้สมบัติของลำแสงเบี่ยงเบนไปจากที่ควบคุมไว้ ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

ของการใช้งาน ในรูปที่ 1 (บน) แสดงอุณหภูมิแวดล้อมรอบอุปกรณ์และวงแหวนกักเก็บอิเล็กตรอน พบว่ามีค่าการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง $24 \pm 4^{\circ}\text{C}$ ซึ่งนับว่าสูง ทำให้อุณหภูมิบนอุปกรณ์มีการเปลี่ยนแปลงและส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของลำแสงไม่คงที่ดังแสดงในรูปกลางและล่าง ตามลำดับ



รูปที่ 1 (บน) อุณหภูมิอากาศแวดล้อม (กลาง) อุณหภูมิบนอุปกรณ์วงกักเก็บอิเล็กตรอนที่ได้จากเซ็นเซอร์ตรวจวัด และ (ล่าง) ความไม่เสถียรของลำแสง

ความไม่เสถียรภาพดังกล่าวได้รับการพิสูจน์ว่าเกิดจากพฤติกรรมการไหลเวียนอากาศไม่เหมาะสม มีการศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศภายในตัวอาคารและอุโมงค์วงแหวนกักเก็บอิเล็กตรอนของศูนย์วิจัยแสงซินโครตรอนแห่งชาติ ประเทศไทยได้ค้นพบว่าการจัดวางตำแหน่งช่องจ่ายอากาศและช่องกลับอากาศที่เหมาะสม มีส่วนช่วยให้อุณหภูมิกะจัดตัวได้สม่ำเสมอขึ้น [2, 3]

CST-2008

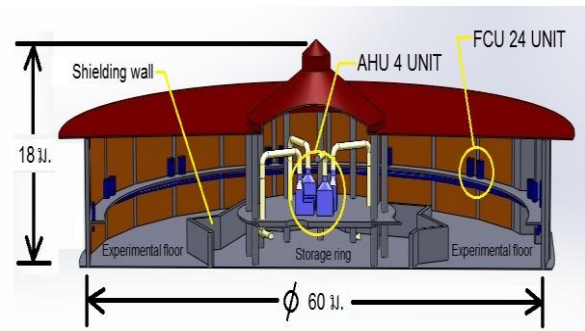
งานวิจัยนี้นำเสนอผลพฤติกรรมการไหลเวียนของอากาศ ภายในอาคารรวงแหวนกักเก็บอิเล็กทรอนิกส์และห้องโถงทดลองของสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน การศึกษาใช้การจำลองด้วยซอฟต์แวร์ซีเอฟดี (CFD) เพื่อดูพฤติกรรมการไหลของอากาศ ผลที่ได้จะถูกนำไปต่อยอดเพื่อศึกษาพฤติกรรมการกระจายอุณหภูมิในวงแหวนกักเก็บอิเล็กทรอนิกส์ นำไปสู่แนวทางการปรับปรุงระบบไหลเวียนอากาศที่ให้การกระจายอุณหภูมิสม่ำเสมอ

2. วิธีดำเนินการวิจัย

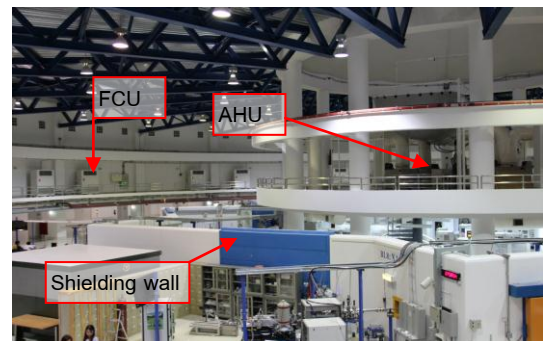
อาคารรวงแหวนกักเก็บอิเล็กทรอนิกส์เป็นห้องโถงปรับอากาศขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่กว่า 2,800 ตารางเมตร เป็นรูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เมตร สูง 18 เมตร พื้นที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ (1) ส่วนทำความเย็นวงรอบนอก ประกอบ Fan Coil Unit (FCU) จำนวน 24 ชุด ติดตั้งอยู่รอบตัวอาคารภายใน ใช้ปรับอากาศให้กับบริเวณโถงทดลอง โดยลักษณะของ FCU ที่ใช้จะมีช่องจ่ายลมอยู่ด้านบน และช่องกลับอากาศอยู่ด้านล่างภายในตัวเดียวกัน (ดูรูปที่ 4) และ (2) ส่วนทำความเย็นวงรอบใน ประกอบด้วย Air Handling Unit (AHU) จำนวน 4 ตัว ติดตั้งอยู่บนชั้นลอยที่บริเวณกลางตัวอาคาร ใช้การปรับอากาศให้กับบริเวณวงแหวนกักเก็บอิเล็กทรอนิกส์ โดย AHU จะจ่ายอากาศไปตามท่อส่ง ช่องกลับอากาศที่อยู่ด้านล่าง และช่องเติมอากาศใหม่ที่ด้านข้าง (ดูรูปที่ 5) โดยโซนโถงทดลองและโซนวงแหวนกักเก็บอิเล็กทรอนิกส์ถูกแบ่งจากกันด้วยกำแพงกันรังสี (Shielding wall) ที่มีลักษณะเป็นรูปดาวแฉก ดังแสดงในรูปที่ 2

ปัจจุบัน อาคารรวงแหวนกักเก็บอิเล็กทรอนิกส์และโถงทดลอง ประกอบด้วยท่อสุญญากาศที่ใช้กักเก็บอิเล็กทรอนิกส์ แม่เหล็กไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ระบบลำเลียงแสงซินโครตรอน สถานีวิจัยและทดลอง ตลอดจนอุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้า และอุปกรณ์ควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์จำนวนหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 3 อุปกรณ์เหล่านี้ในความเป็นจริงส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการไหลของอากาศ

ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การศึกษาเบื้องต้นของงานวิจัยนี้สนใจพฤติกรรมการไหลโดยภาพรวม ดังนั้นจึงได้ตัดอุปกรณ์ปลีกย่อยออกจากการจำลองผล โดยเลือกทำการจำลองพฤติกรรมการไหลเฉพาะส่วนที่เกิดผลกระทบจากระบบทำความเย็นหลัก คือ จาก FCU จำนวน 24 ตัว และจาก AHU จำนวน 4 ตัว



รูปที่ 2 อาคารรวงแหวนกักเก็บอิเล็กทรอนิกส์และโถงทดลองของสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน

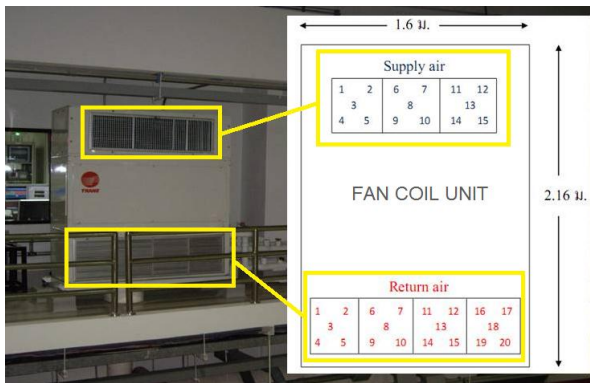


รูปที่ 3 เครื่องมือและอุปกรณ์ภายในตัวอาคาร

2.1 การวัดและเก็บข้อมูล

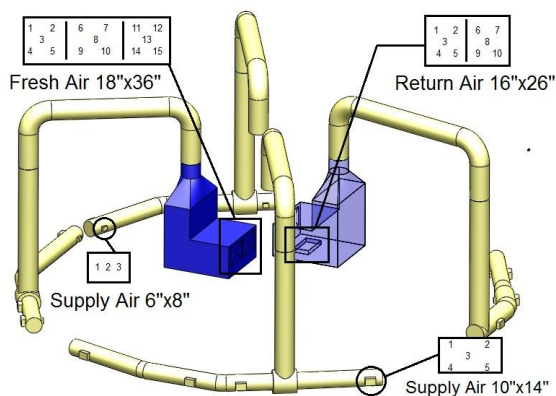
การดำเนินการเริ่มจากการตรวจวัดความเร็วลมออกที่ช่องจ่ายอากาศขนาด $14 \times 46 \text{ in}^2$ และที่ช่องกลับอากาศขนาด $16 \times 56 \text{ in}^2$ ของ FCU ทั้ง 24 ตัว การวัดอิงตามมาตรฐาน ANSI/ASHRAE 41.2-1987 (RA 92) (ASHREA, 1992) [4] โดยแต่ละช่องได้ทำการตรวจวัดทั้งหมด 15 และ 20 จุด ผลการวัดได้ค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ช่องจ่ายอากาศเท่ากับ 3.7 m/s และความเร็วลมเฉลี่ยที่ช่องกลับอากาศเท่ากับ 1.9 m/s ตำแหน่งการตรวจวัดความเร็วลมที่ช่อง FCU แสดงในรูปที่ 4

CST-2008



รูปที่ 4 ตำแหน่งตรวจวัดความเร็วลมของ FCU

สำหรับ AHU ทั้ง 4 ตัว ได้ทำการวัดความเร็วลมที่ช่องจ่ายอากาศทั้ง 25 ช่อง คือขนาด 6x8 in² จำนวน 11 ช่อง และขนาด 10x14 in² จำนวน 14 ช่อง โดยวัดค่าความเร็วลมเฉลี่ยได้ 5.9 m/s และ 6.2 m/s ตามลำดับ ส่วนช่องกลับอากาศซึ่งมีทั้งหมด 4 ช่อง ขนาด 16x26 in² วัดค่าความเร็วลมเฉลี่ยได้ 3.3 m/s และช่องเติมอากาศใหม่ขนาด 18x36 in² จำนวน 4 ช่อง วัดค่าความเร็วลมเฉลี่ยได้ 3.3 m/s ดังแสดงตามรูปที่ 5



รูปที่ 5 ตำแหน่งตรวจวัดความเร็วลมของ AHU

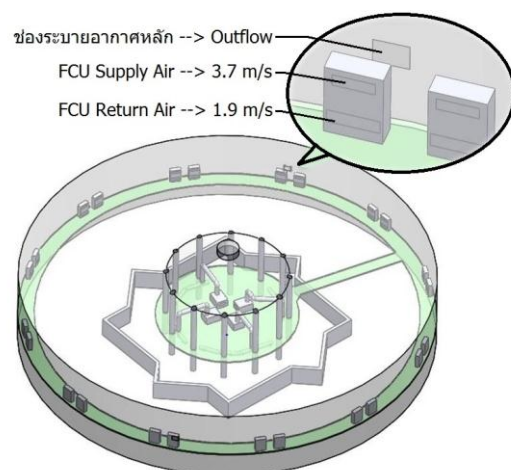
ตารางที่ 1 ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่ได้จากการตรวจวัดจริง กับค่าจากการออกแบบของระบบปรับอากาศในตัวอาคารและโถงทดลอง พบว่าค่าจากการตรวจวัดจริงเกือบทุกจุดมีค่าแตกต่างจากค่าการออกแบบเดิม สาเหตุอาจเป็นเพราะสมรรถนะของอุปกรณ์และระบบที่ลดลงตามอายุการใช้งาน อย่างไรก็ตาม การจำลองผลในที่นี่จะใช้ค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง

ตำแหน่งการวัด	อัตราการไหล (CFM)	
	ค่าการออกแบบ	ค่าเฉลี่ยการตรวจวัด
FCU Supply Air (14"x46")	4,300	3,227
FCU Return Air (16"x56")	4,000	2,344
AHU Supply Air (6"x8")	400	386
AHU Supply Air (10"x14")	1,200	1,185
AHU Return Air (16"x26")	1,200	1,877
AHU Fresh Air (18"x36")	3,600	2,951

ตารางที่ 1 ข้อมูลความเร็วอากาศจากการตรวจวัดจริงเทียบกับข้อมูลตามค่าการออกแบบเดิม

2.2 การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์

แบบจำลองตัวอาคาร ห้องโถง รวมถึงอุปกรณ์ลำเลียงและจ่ายอากาศ ถูกเขียนขึ้นตามสเกลเท่าขนาดจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เนื่องจากการจ่ายอากาศสำหรับ FCU กำหนดให้ความเร็วลมที่ช่องจ่ายอากาศและช่องกลับอากาศ เท่ากับ 3.7 และ 1.9 m/s ตามลำดับ สำหรับ AHU กำหนดให้ความเร็วลมที่ช่องจ่ายอากาศขนาด 6x8 in² และ 10x14 in² มีค่าเท่ากับ 5.9 และ 6.2 m/s ตามลำดับ ส่วนช่องกลับอากาศและช่องเติมอากาศใหม่มีความเร็วลมเท่ากับ 3.3 m/s เท่ากันทั้งคู่ นอกจากนี้ตัวอาคารยังมีช่องระบายอากาศหลัก (Exhaust Air) ซึ่งจะถูกกำหนดเงื่อนไขเป็นแบบ Outflow และที่ผนังอาคารกำหนดให้เป็นสภาพการไม่ลื่นไหล (No-slip condition) ดังแสดงในรูปที่ 6

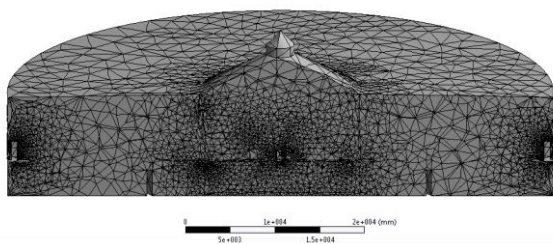


รูปที่ 6 ตำแหน่งช่องระบายอากาศหลัก

CST-2008

การจำลองพฤติกรรมการไหลเวียนอากาศใช้วิธีคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป FLUENT เวอร์ชัน 12 ซึ่งเป็นวิธีเชิงตัวเลขบนพื้นฐานระเบียบวิธีไฟไนต์โวลุ่ม จากลักษณะของห้องโถงที่มีขนาดใหญ่และอากาศภายในโดยมากมีความเร็วต่ำจึงกำหนดให้การจำลองผลอยู่บนสมมติฐานการไหลแบบราบเรียบและอัดตัวไม่ได้ โดยในเบื้องต้นนี้ยังไม่พิจารณาผลกระทบของอุณหภูมิซึ่งจะได้ทำการศึกษาในลำดับต่อไปของงานวิจัย

การจำลองคอมพิวเตอร์ใช้กริดแบบ Tetrahedral เพราะรูปทรงของปัญหาที่วิเคราะห์มีความซับซ้อน โดยเริ่มจากการทดสอบความเป็นอิสระของกริดที่จะใช้ในการคำนวณ ที่มีความละเอียดแตกต่างกัน 3 ชุด ได้แก่ ชุด 149,342 ชุด 560,507 และชุด 737,423 จากการทดสอบพบว่ากริดชุดที่มีความละเอียดขนาด 560,507 และ 737,423 ให้ผลที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้นจึงเลือกใช้กริดชุด 560,507 ในการคำนวณ รูปที่ 7 แสดงลักษณะกริดที่ใช้ จะเห็นได้ว่ากริดถูกสร้างอย่างหนาแน่นบริเวณ FCU, AHU, บริเวณช่องระบายอากาศหลัก และบริเวณวงรอบในของตัวอาคาร เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์หลักซึ่งส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมกริดไหล และเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนในบริเวณดังกล่าว



รูปที่ 7 ลักษณะกริดที่ใช้ในการจำลองผล

3. ผลการจำลองและการวิเคราะห์

ผลการจำลองแสดงในรูปคอนทัวร์ความเร็วที่ระนาบความสูง 3 ระดับ ได้แก่ ระนาบ 1.2 m ซึ่งเป็นตำแหน่งความสูงที่ติดตั้งวงแหวนกักเก็บอิเล็กตรอน (รูปที่ 8) ระนาบ 3.6 m ซึ่งเป็นตำแหน่งความสูงที่ติดตั้งหัวจ่ายของท่อส่งอากาศที่ต่อมาจาก AHU (รูปที่ 9) และระนาบ 6.0 m ซึ่งเป็นตำแหน่งของหน้าต่างช่อง

จ่ายอากาศของ FCU (รูปที่ 10) เพื่อให้เห็นการกระจายอากาศบนแต่ละระนาบที่สำคัญ นอกจากนี้ยังแสดงผลในรูปเส้นการไหลของอากาศที่ออกจากช่องจ่ายอากาศของ FCU และ AHU (รูปที่ 12 และ 13) เพื่อให้เห็นพฤติกรรมกระจายของอากาศใน 3 มิติ

จากรูปที่ 8 แสดงการกระจายความเร็วลมที่ระนาบเดียวกับหัวจ่าย FCU (ความสูง 6 m จากพื้นอาคาร) ผลที่ได้พบว่า FCU ซึ่งถูกติดตั้งไว้รอบตัวอาคารสามารถส่งแรงลมไปได้จนถึงโซนด้านในบริเวณที่ติดตั้งวงแหวนกักเก็บอิเล็กตรอนได้ ระดับความเร็วลมบริเวณวงแหวนอยู่ในช่วง 0.25-1.5 m/s แต่สำหรับบริเวณที่ FCU ตั้งอยู่ใกล้กับช่องระบายอากาศหลักพบว่าความเร็วลมที่ช่องจ่ายอากาศของ FCU ไม่สามารถส่งแรงลมไปได้จนถึงโซนของวงแหวนกักเก็บอิเล็กตรอน เพราะอากาศถูกเหนี่ยวมาจากช่องทางออกหลักจนสูญเสียความเร็วไป

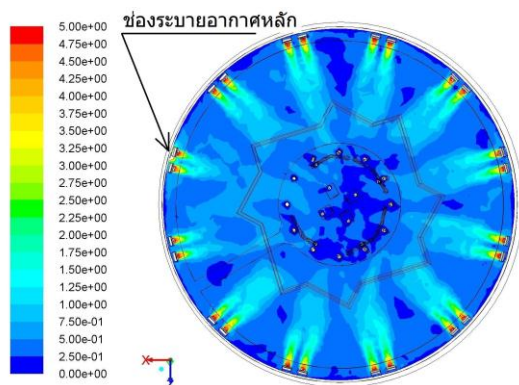
สำหรับที่ระนาบความสูง 3.6 m จากระดับพื้นอาคาร ซึ่งเป็นระนาบเดียวกับหน้าต่างหัวจ่ายอากาศของท่อลำเลียงที่ต่อกับ AHU พบว่าแรงลมจากหัวจ่ายขับเคลื่อนให้อากาศไหลเป็นลำพุ่งออกไปสู่บริเวณโซนกำแพงกันรังสี และยังเหนี่ยวนำให้อากาศโซนด้านในพุ่งออกไปสู่บริเวณด้านนอกด้วย นอกจากนี้ ยังพบว่าหัวจ่ายอากาศไม่สามารถกระจายอากาศให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอได้ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิแวดล้อมรอบวงแหวนกักเก็บอิเล็กตรอนไม่สม่ำเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 9

การกระจายความเร็วของอากาศที่ระนาบเดียวกับท่อลำเลียงอิเล็กตรอน (ระดับความสูง 1.2 m จากพื้น) แสดงในรูปที่ 10 พบว่าบริเวณภายในกำแพงกันรังสีความเร็วลมกระจายตัวอยู่ในช่วง 0.3 – 1.0 m/s ส่วนบริเวณภายนอกกำแพงความเร็วลมมีค่าไม่เกิน 0.4 m/s โดยมีการกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอทั่วบริเวณ

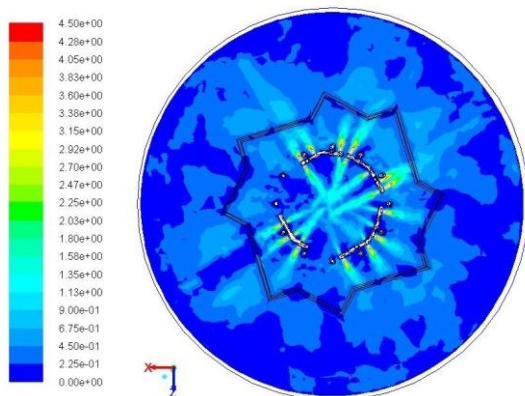
สำหรับภาพรวมของการกระจายความเร็วที่หน้าต่างกึ่งกลางตัวอาคารในแนวตั้ง ที่ลากผ่านแนวของหัวจ่ายอากาศของ FCU ที่ติดตั้งอยู่ด้านข้าง และของ AHU ซึ่งติดตั้งอยู่โซนตรงกลางตัวอาคาร แสดงในรูปที่ 11 พบว่าอากาศกระจายจากหัวจ่ายของ FCU ทาง

CST-2008

ด้านข้างเข้าสู่โซนกลางโดยมีแนวโน้มฟุ้งกระจายขึ้นด้านบน ส่วนอากาศที่ถูกจ่ายจากหัวจ่ายของท่อส่ง AHU มีแนวโน้มกระจายตัวลงด้านล่างและอยู่ภายในโซนวงแหวนกักเก็บอิเล็กทรอนิกส์ โดยจากรูปพบโซนอับลมที่บริเวณด้านนอก ซึ่งอาจเป็นเพราะกระแสลมถูกกั้นไว้ด้วยผนังกันรังสี กระแสลมจากหัวจ่ายด้านในจึงส่งออกมาได้น้อย ในขณะที่ยวกันหัวจ่ายจาก FCU ที่อยู่ด้านนอกก็ติดตั้งอยู่สูงเกินไปจนกระแสลมถูกส่งข้ามโซนดังกล่าวไป



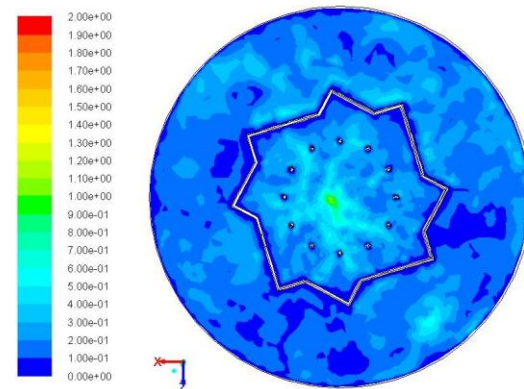
รูปที่ 8 คอนทัวร์ความเร็วที่ระนาบความสูง 6 m จากพื้นอาคาร (ระนาบช่องจ่ายอากาศของ FCU)



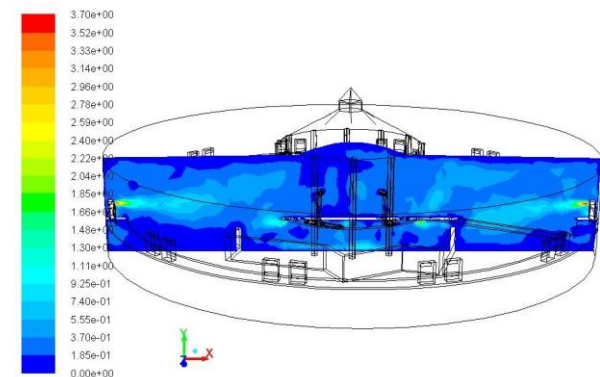
รูปที่ 9 คอนทัวร์ความเร็วที่ระนาบความสูง 3.6 m จากพื้นอาคาร (ระนาบหัวจ่ายอากาศของท่อส่ง AHU)

รูปที่ 12 และ 13 แสดงเส้นความเร็วการไหลของอากาศที่ออกจากช่องจ่ายอากาศของ FCU และจากหัวจ่ายอากาศของท่อส่ง AHU จะเห็นได้ว่าอากาศไหลเข้าสู่โซนกลางของตัวอาคาร แต่จะมีการหมุนตัวกลับก่อนที่จะถึงตำแหน่งกึ่งกลางอาคาร ส่วนเส้นความเร็วการไหลที่ออกจาก FCU ตัวที่อยู่ใกล้ช่องระบาย

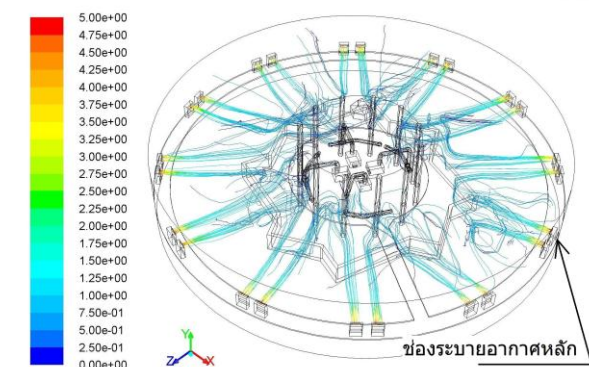
อากาศหลัก พบว่าการไหลถูกเหนี่ยวนำให้หมุนตัวกลับเข้าสู่ช่องระบายอากาศหลัก สำหรับเส้นความเร็วการไหลของอากาศที่ออกจากหัวจ่ายของท่อส่ง AHU พบว่า สามารถที่จะส่งความเร็วลมออกนอกบริเวณวงแหวนกักเก็บอิเล็กทรอนิกส์ไปสู่โถงทดลองได้ แต่การกระจายตัวของความเร็วไม่สม่ำเสมอ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะหัวจ่ายของท่อส่งถูกติดตั้งอย่างไม่เหมาะสม



รูปที่ 10 คอนทัวร์ความเร็วที่ระนาบความสูง 1.2 m จากพื้นอาคาร (ระนาบที่ติดตั้งวงแหวนกักเก็บ)

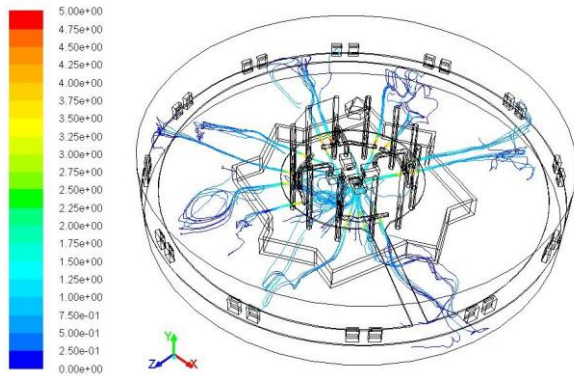


รูปที่ 11 คอนทัวร์ความเร็วของระนาบหน้าตัดแนวตั้ง



รูปที่ 12 เส้นการไหลจากช่องจ่ายอากาศของ FCU

CST-2008



รูปที่ 13 เส้นการไหลจากหัวจ่ายอากาศของ AHU

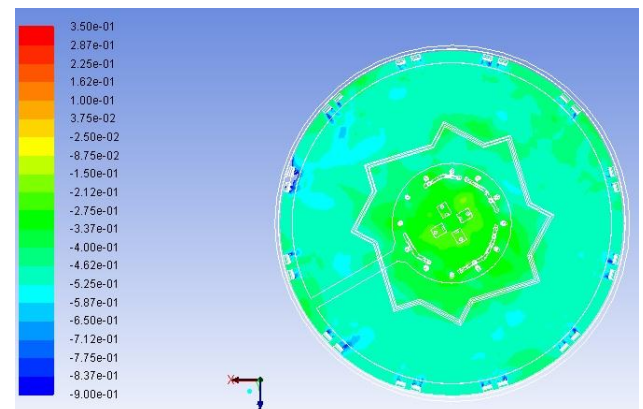
การกระจายความดันที่ระนาบความสูง 6 m, 3.6 m และ 1.2 m ซึ่งเป็นความสูงระนาบเดียวกับช่องจ่ายอากาศของ FCU หัวจ่ายอากาศของห้อง AHU และวงแหวนกักเก็บอิเล็กทรอนิกส์ แสดงในรูปที่ 14 ถึง 16 ตามลำดับ จากผลการจำลองพบว่าที่ระดับความสูง 6 m ความดันมีค่าสูงบริเวณโซนกลางห้องโถง แสดงว่าบริเวณดังกล่าวอากาศมีความเร็วต่ำ เนื่องจากแรงลมที่ส่งออกจากช่องจ่ายอากาศของ FCU ไปไม่ถึง การกระจายความดันค่อนข้างสม่ำเสมอที่ระนาบความสูง 3.6 m เพราะมีหัวจ่ายอากาศของห้อง AHU ที่ติดตั้งบริเวณกลางห้องที่ช่วยในการไหลเวียนของอากาศ สำหรับที่ระดับความสูง 1.2 m พบว่าการกระจายความดันแบ่งเป็นสองโซน คือโซนที่มีความดันสูงอยู่บริเวณภายใน และโซนที่มีความดันต่ำกว่าอยู่รอบนอก เป็นผลมาจากอากาศที่ส่งจากหัวจ่ายของห้อง AHU ถูกขวางไว้โดยผนังกันรังสี ในขณะที่อากาศที่ถูกส่งออกจากช่องจ่ายอากาศของ FCU ที่ติดตั้งไว้ที่ระดับความสูง 6 m พุ่งกระจายข้ามโซนรอบนอกไป ซึ่งสอดคล้องกับผลความเร็วที่ได้ตามรูปที่ 10 และ 11

4. สรุป

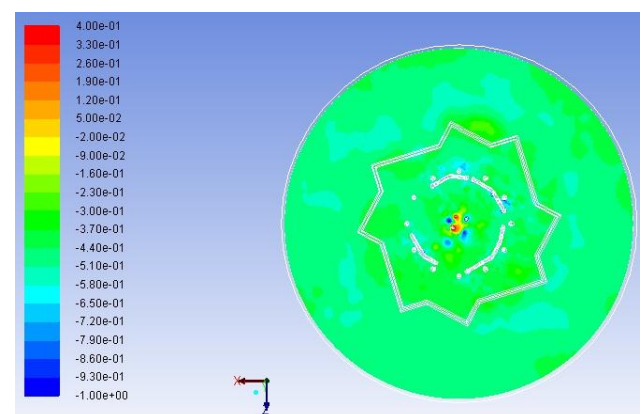
งานวิจัยนี้ศึกษาพฤติกรรมการกระจายตัวของอากาศที่ออกจากชุด FCU ซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณรอบตัวอาคาร การศึกษาสนใจผลกระทบของกระแสอากาศที่กระจายเข้าไปในโซนด้านในบริเวณห้องโถงทดสอบ และบริเวณวงแหวนกักเก็บอิเล็กทรอนิกส์ การวิจัยใช้การจำลองผลด้วยคอมพิวเตอร์ จากการศึกษาพบว่าความเร็วอากาศที่ถูกส่งออกจากช่องทางออกของ

FCU มีการกระจายเข้าสู่โซนด้านใน แต่การกระจายเป็นไปอย่างไม่สม่ำเสมอ ซึ่งส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการไหลของอากาศไม่เพียงเฉพาะบริเวณโถงทดลองเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อบริเวณวงแหวนกักเก็บอิเล็กทรอนิกส์ด้วย นอกจากนี้ ตำแหน่งติดตั้งช่องระบายอากาศหลัก ยังส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการไหลของอากาศที่ออกจาก FCU ที่ติดตั้งอยู่ใกล้กับช่องระบายอากาศหลักเช่นเดียวกัน กล่าวคือ จะทำให้กระแสอากาศเกิดการหมุนตัวกลับบางส่วน ปริมาณที่ส่งเข้าสู่ส่วนด้านในจึงลดลงในบริเวณดังกล่าว

ผลการศึกษานี้จะถูกนำไปต่อยอดเพื่อศึกษาพฤติกรรมการกระจายอุณหภูมิในตัวอาคาร ผลของการไหลในแบบปั่นป่วน ซึ่งจะนำไปสู่การหาแนวทางปรับปรุงระบบไหลเวียนอากาศ และการกระจายอุณหภูมิให้สม่ำเสมอมากขึ้น ช่วยให้ประสิทธิภาพและเสถียรภาพของแสงซินโครตรอนดีขึ้น

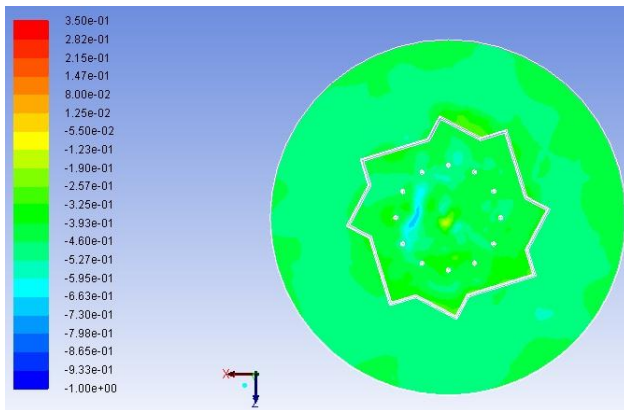


รูปที่ 14 การกระจายความดันที่ระนาบความสูง 6 m



รูปที่ 15 การกระจายความดันที่ระนาบความสูง 3.6 m

CST-2008



รูปที่ 16 การกระจายความดันที่ระนาบความสูง 1.2 m

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) สำหรับการสนับสนุนสถานที่เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการศึกษาและการทำวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] รายงานประจำปี สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน). 2554, สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) จัหวัดนครราชสีมา
- [2] Chang J.C., Tsai Z.D., Liu C.Y., Chug Y.C., Ueng T.S., Chen J.R., "Numerical simulation of the air conditioning system design for the 3GeV TPS storage ring," Particle and Accelerator Conference (PAC), 2009, Vancouver, Canada.
- [3] Chang J.C., Tsai Z.D., Liu C.Y., Chug Y.C., Chen J.R., Ke M.T., "Numerical simulation and air conditioning system study for the storage ring of TLS," Particle and Accelerator Conference (PAC), 2010, Tokyo, Japan.
- [4] ASHRAE. (1992). Standard 41.2-1987 (RA 92), Standard Methods for Laboratory Airflow Measurement, Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineer, Inc.