การพัฒนาระบบควบคุมการระบายอากาศอัตโนมัติสำหรับห้องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงานโดยใช้การตรวจจับออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Improving an Automatic Air Ventilation Control System for Energy Saving Using Oxygen Sensor and Carbon Dioxide Sensor

เอกชัย ดีศิริ ธนภัทร พรหมวัฒนภักดี และปรากฤต เหลี่ยงประดิษฐ์

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

2410/2 ถ.พหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900: 0-2579-1111

E-mail: akekachai.de@spu.ac.th, thanapat.pr@spu.ac.th, prakit.li@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการพัฒนาชุดควบคุมพัดลมระบายอากาศสำหรับห้องปรับอากาศ เพื่อแก้ปัญหาการระบายอากาศเกินความจำเป็นออกจากห้องปรับอากาศที่ไม่เหมาะสมกับจำนวนคนที่อยู่ในห้อง การระบายอากาศดังกล่าวได้นำความเย็นออกจากนอกห้องไปด้วยทำให้เครื่องปรับอากาศมีภาระการทำความเย็นมากขึ้น ต้นแบบชุดควบคุมพัดลมระบายอากาศอัตโนมัติใช้หลักการตรวจวัดออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และนับจำนวนคนที่อยู่ในห้องเพื่อเป็นข้อมูลในการควบคุมการทำงานของพัดลมระบายอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐานการระบายอากาศ และระดับความปลอดภัยของความหนาแน่นของออกซิเจน ชุดควบคุมพัดลมระบายอากาศประกอบไปด้วย ชุดตรวจวัดออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ชุดตรวจจับจำนวนคน ชุดตรวจจับความเคลื่อนไหว และชุดปรับความเร็วพัดลม การทำงานจะเริ่มเมื่อมีคนเข้ามาในห้องโดยจะมีชุดตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยอินฟาเรด เพื่อตรวจจับจำนวนคนที่เข้าออกห้อง และตรวจจับออกซิเจนร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยส่งผลไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งให้วงจรควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์พัดลมระบายอากาศทำงาน ซึ่งสามารถปรับอัตราการระบายอากาศได้ 4 ระดับ ที่สอดคล้องกับค่ามาตรฐาน และจำนวนคนในห้อง โดยจะมีการตรวจสอบความเคลื่อนไหวภายในห้อง เมื่อไม่มีความเคลื่อนไหวเกิดขึ้นพัดลมระบายอากาศก็จะหยุดการทำงานทันที จากการทดลองในห้องปรับอากาศที่ควบคุมที่อุณหภูมิภายใน 25 °c ความชื้นสัมพัทธ์ 60% อุณหภูมิภายนอก 35 °c ความชื้นสัมพัทธ์ 80% พบว่าการในแต่ละระดับการระบายอากาศสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการระบายอากาศเย็นทิ้งได้ประมาณ 15%

คำสำคัญ: พัดลมระบายอากาศ, การระบายอากาศ, การปรับอากาศ

ABSTRACT

This paper presents design and development of air ventilation fan controller for air conditioning room. The purpose is to solve the inappropriate ventilated air from the air conditioning room. The ventilation brings the cooled air out from the room leading to increasing in air conditioner loading. The ventilation fan controlled use oxygen sensor, carbon dioxide sensor the number of residents and room temperature for controlling the ventilation fan incidence to the ventilating standard. The controller includes resident counter, thermometer, and fan speed controller, which operating when the sensor detect oxygen, carbon dioxide out of standard and sensor detect the resident entrance or exit the room. The counter, consisted of infrared sensor and display, sends the signal to microcontroller for controlling fan speed. The controller provides 4 level of ventilation in accordance to the number of residents. In addition, the ventilation fan is stopped when motion is not detected in the room. The controller was experimented in 25^{o}C setting temperature of air condition room with room humidity of 60%, the ambient temperature of 35^{o}C, and humidity of 80%. The result shown that, by adjusting the ventilation level, the electricity consumption could be reduced by 15 %.

KEYWORDS: Ventilation fan, Ventilation, Air Conditioning

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

การใช้พัดลมระบายเพื่อระบายอากาศให้กับห้องปรับอากาศเพื่อให้ได้อากาศที่เหมาะสมสำหรับห้องปรับอากาศ ซึ่งการระบายอากาศโดยทั่วไปแล้วไม่ได้คำนึงถึงปริมาณการระบายอากาศมากนัก โดยขณะที่พัดลมระบายอากาศนอกจากจะทำการระบายอากาศเสียออกจากห้องแล้วยังได้นำความเย็นออกจากห้อง ทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักตลอดเวลาและปริมาณอากาศระบายไม่เหมาะสมตามมาตรฐานการระบายอากาศ ปริมาณอากาศระบายที่มากเกินมาตรฐานการระบายอากาศ จากอัตราการระบายอากาศของห้องแต่ละประเภททำให้มีการนำความเย็นออกนอกห้องเป็นภาระของเครื่องปรับอากาศที่ต้องทำงานเพิ่มขึ้น ในบทความนี้มีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบและวิเคราะห์การระบายอากาศที่เหมาะสม โดยการตรวจวัดระดับออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์สำหรับห้องปรับเพื่อการประหยัดพลังงานโดยใช้ระบบควบคุม การระบายอากาศอัตโนมัติที่สร้างขึ้นเพื่อทำการทดสอบการทำงานจริงและนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ถึงการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่ไปกับอากาศเย็นทิ้งเพื่อเป็นแนวทางในการใช้งานให้เหมาะสมต่อไป

2. การระบายอากาศและพัดลมระบายอากาศ

2.1 การระบายอากาศ

การระบายอากาศ หมายถึง การจัดการเคลื่อนย้ายอากาศด้วยปริมาณที่กำหนดให้ไหลไปทิศทางและด้วยความเร็วที่ต้องการ สามารถกำจัดมลพิษ ความร้อน ความชื้น กลิ่นรบกวน ควันและอื่นๆ ให้ออกไปจากที่ปฏิบัติงานและให้อากาศบริสุทธิ์เข้ามาแทนการระบายอากาศเป็นการควบคุมมลพิษทางอากาศโดยปกติคนเราจะหายใจเอาอากาศเข้าไปด้วยอัตราประมาณ 6 ลิตรต่อนาทีแต่ถ้าทำงานหนักจะใช้อากาศ 50 ลิตรต่อนาที

การทำงานในห้องที่ปิดทึบไม่มีการระบายอากาศเลยเป็นสิ่งที่ไม่ถูกสุขลักษณะของห้องเหล่านี้ เช่น ห้องพัก ห้องสำนักงาน ห้องอาหาร ห้องน้ำ ห้องเรียน อาคารจอดรถ ตลอดจน ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ถึงแม้ว่าจะมีระบบปรับอากาศให้อยู่ในสภาวะที่ต้องการแล้วก็ตาม กิจกรรมที่เกิดอยู่ภายในห้องนั้นอาจก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศขึ้นได้ จึงควรมีระบบระบายอากาศอย่างพอเพียงเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อผู้ทำงานในห้องนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จะยิ่งมีแหล่งกำเนิดมลพิษต่าง ๆ ได้มากมาย ที่อาจเกิดการสะสมของสารปนเปื้อนในอากาศจนอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้ห้องได้สามารถคำนวณอัตราการระบายอากาศดังสมการที่ 1 [1]

$$Q = \frac{Hs}{60\ Cp\rho dT} \qquad (1)$$

Q = อัตราการระบายอากาศที่ต้องการ (ft^3/min)

Hs = Sensible Heat (BTU/hr)

Cp = ความร้อนจำเพาะของอากาศ (BTU/lb ^{0}F)

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ (lb/ ft^3)

dT = ความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอก (^{0}F)

2.2 พัดลมระบายอากาศ

พัดลมระบายอากาศในที่นี้หมายถึง พัดลมที่มีใบพัดตั้งแต่ 3 ใบขึ้นไปใช้มอเตอร์หมุนโดยตรงโดยใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส แรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 250 โวลต์ ความถี่กำหนด ไม่เกิน 50 เฮิรตซ์ ติดไว้เพื่อจุดประสงค์ในการระบายอากาศ เช่น ที่ผนังห้อง เพดาน ฯลฯ การใช้งานเฉพาะภายในอาคาร หรือสถานที่อื่นโดยมีลักษณะการใช้งานที่คล้ายคลึงกัน ในการระบายอากาศเสียภายในห้องออกสู่ภายนอกห้อง หรือการระบายอากาศดีจากภายนอกห้องเข้ามาภายในห้องวิธีการระบายอากาศที่ดีต้องคำนึงถึงการประหยัดพลังงานด้วย จะต้องให้มีพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศจริง ๆ ให้น้อยที่สุด นอกนั้นเป็นพื้นที่ส่วนที่ไม่จำเป็น การระบายอากาศอาจใช้วิธีการธรรมชาติก่อน ถ้าไม่พอจริง ๆ จึงใช้การระบายอากาศแบบทางกล เช่น การใช้พัดลมไฟฟ้าซึ่งต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามาก เพราะต้องเปิดใช้ตลอดเวลาขณะใช้ห้อง แต่ก็สามารถควบคุมการใช้งานได้ง่าย มีขนาดพัดลมหลากหลายให้เลือกใช้ตามความต้องการของห้อง

การที่จะนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกมาใช้ สำหรับระบายอากาศจำนวนทั้งหมดเท่าใดนั้นขึ้นกับปัจจัยทางกายภาพเช่น อุณหภูมิ ชนิดของระบบจ่ายลมและความเร็วลม อย่างไรก็ตามการทำงานของระบบจ่ายลมขึ้นกับชนิดของอาคารและประโยชน์ใช้สอย เนื้อที่อาคาร ความสูงของห้องพื้นที่หน้าตัดและประเภทของการอาศัย

ตารางที่ 1 ปริมาณอากาศระบายมาตรฐานสำหรับใช้ระบายอากาศในห้องปรับอากาศ [1]

ประเภทของห้องปรับอากาศ	ปริมาณอากาศระบาย (CFM)	
	ต่ำสุด	แนะนำ
ห้องเรียน	10	10 - 15
หอประชุม	5	5 - 7.5
ห้องนอน	5	5 - 7
ห้องสมุด	7	10 - 12
สำนักงาน	15	15 - 25

การตรวจวัดระดับของออกซิเจน ด้วยการใช้ออกซิเจนเซนเซอร์ และนำผลที่ได้จากการวัดมาประมวลผลเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของการลดลง ของระดับออกซิเจนในหน่วยความจำ จนกระทั่งการลดลงถึงระดับที่มีผลกระทบต่อสุขภาพดังนี้ สลบทันที ถ้าในบรรยากาศไม่มีออกซิเจนอยู่เลย จากนั้นประมาณ 2-3 นาที จะสิ้นชีวิต หรือหมดสติอย่างช้า ๆ ถ้าเกิดการขาดอากาศ เนื่องปริมาณออกซิเจนค่อยๆ ลดลงอย่างช้า ๆ โดยแบ่งอัตราการขาดอากาศเป็น 4 ระดับ

ระดับที่ 1 ออกซิเจนลดลงจาก 21 % เหลือ 17% โลหิตจะได้รับออกซิเจนน้อยลงกว่าปกติ จะหายใจลึกและถี่ขึ้น ความสามารถในการนึกคิดช้าลง การบังคับกล้ามเนื้อและร่างกายการกระทำได้ไม่ค่อยสะดวก

ระดับที่ 2 ออกซิเจนลดลงจาก 17% เหลือ 10% ไม่สามารถคิดอะไรได้ หมดสติไม่มีความรู้สึกต่อการเจ็บปวดกล้ามเนื้อกระตุกถี่

ระดับที่ 3 ออกซิเจนลดลงจาก 10% เหลือ 6% มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ไม่สามารถบังคับให้กล้ามเนื้อเคลื่อนไหวแม้แต่กระทั่งยืน หรือ คลาน ก็ทำไม่ได้ มาถึงระยะนี้ไม่มีสติพอที่จะรู้ว่าอะไรเป็นอะไรแล้ว อาการทั้งหมดเห็นได้ชัดในระยะนี้ แต่ก็ไม่มีทางแก้ไข และถึงแม้ว่าจะได้รับการรักษาพยาบาลแต่สมองถูกทำลายหมดแล้ว

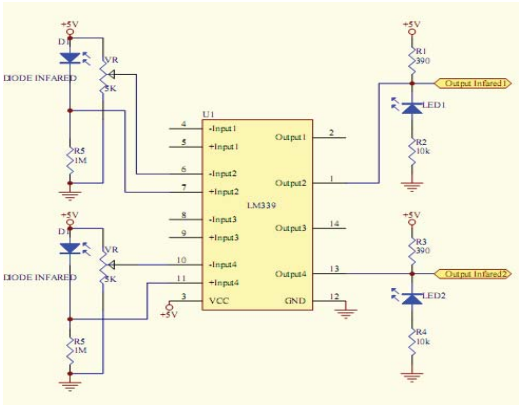
ระดับที่ 4 ออกซิเจนลดลงต่ำกว่า 6% อ้าปากค้าง เริ่มชักกระตุกและหยุดการหายใจ หัวใจเต้นต่อไปอีกสัก 2-3 นาที ก็สิ้นชีวิต

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วงจรนับจำนวนคน

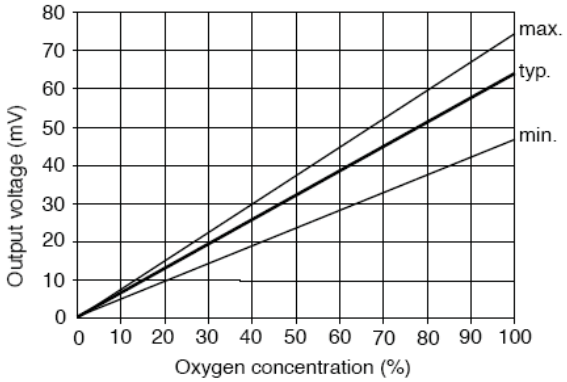
ทำหน้าที่นับคนเข้า-ออกจากห้อง วงจรนี้จะทำงานโดยการเปรียบเทียบแรงดันในสภาวะที่มีคนเดินผ่านระหว่างภาครับและภาคส่งจะมีการเปรียบเทียบแรงดัน โดยเอาท์พุทที่ออกจากวงจรนี้จะมีสัญญาณ LOW วงจรตรวจนับคนเข้าและคนออก ใช้หลักการง่ายๆ คือ จะแสดงสถานะโดยใช้ LED เมื่อมีความเคลื่อนไหวเกิดขึ้นตัดผ่านเซนเซอร์ LED จะติด วงจรนี้จะทำงานโดยจ่ายไฟ 5 V_{DC} เข้ามาในวงจร ซึ่งเซนเซอร์จะมี 2 ตัว คือ ตัวรับ

สัญญาณและตัวส่งสัญญาณ ส่งสัญญาณไปยังชุดหน่วงเวลาและส่งสัญญาณไปไมโครคอนโทรลเลอร์[3] เพื่อแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD โครงสร้างและการจัดสร้างชุดนับจำนวนคนดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 วงจรเซนเซอร์รับแสงอินฟาเรด

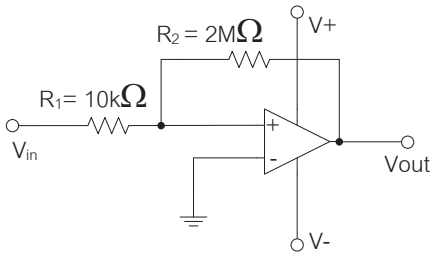
3.2 การตรวจวัดออกซิเจน



รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของออกซิเจน (Oxygen Concentration) กับ แรงดันเอาท์พุทของเซนเซอร์ (Sensor Output)

จากรูปที่ 2 แรงดันเอาท์พุทสูงสุดที่ได้จากเซนเซอร์ จะมีค่าอยู่ที่ 12 .5 mV เมื่อนำเซนเซอร์ไปใช้งานต้องได้รับการขยายแรงดันเพิ่มขึ้น 200 เท่า จะทำให้แรงดันเอาท์พุท ที่ความหนาแน่นของออกซิเจน 21 % มีค่าเท่ากับ 2.5 V และจะมีค่าลดลงเป็นเชิงเส้นตามลำดับ[4] จากนั้นแรงดันเอาท์พุทจะส่งไปยัง ภาคแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

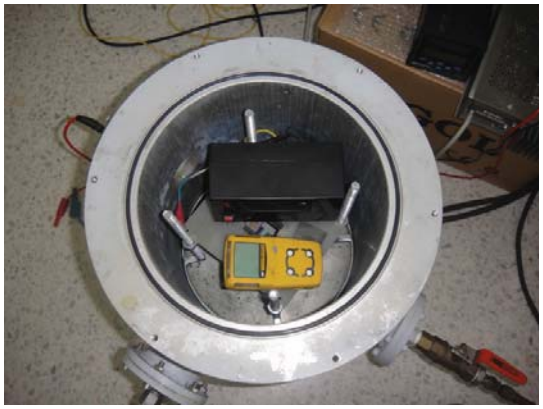
3.3 การออกแบบการเชื่อมต่อออกซิเจนเซนเซอร์ และวงจรอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 3 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

เป็นวงจรขยายแรงดัน โดยใช้ไอซีเบอร์ LF353 ซึ่งเป็นออปแอมป์ เพื่อขยายแรงดันเอาท์พุทที่ได้จากออกซิเจนเซนเซอร์ ขณะที่ตรวจวัดปริมาณออกซิเจนได้ 21 % โดยปกติจะมีค่าเท่ากับ 12.5mV ซึ่งเอาท์พุทที่ได้จะต้องถูกส่งต่อไปยังส่วนของ การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ดังนั้นจำเป็นต้องขยายแรงดันให้เพียงพอต่อภาคอินพุทของการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ในที่นี้ต้องทำการขยายถึง 200 เท่า จะทำให้แรงดันเอาท์พุทเพิ่มเป็น 2.5 โวลต์ และจะมีค่าเพิ่มขึ้น หรือลดลงโดยมีลักษณะเป็นเชิงเส้น เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนที่ทำการวัด

3.4 การทดสอบการตรวจวัดออกซิเจน



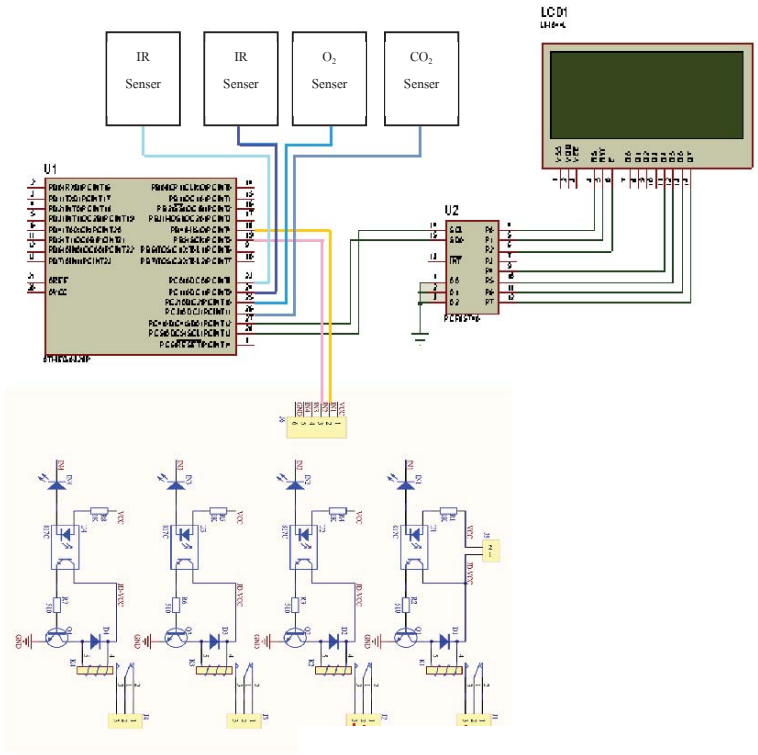
รูปที่ 4 การทดสอบการทำงานของเครื่องวัดที่ออกแบบเปรียบเทียบกับ GasAlert MicroClip

การทดสอบในรูปที่ 4 เป็นการทำงานของเครื่องวัดที่ออกแบบเปรียบเทียบกับ GasAlert MicroClip ในภาชนะปิดเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง โดยการใช้เครื่องมือดูดอากาศออกเพื่อทำให้ระบบไม่มีออกซิเจน

3.5 การออกแบบชุดควบคุมพัดลมระบายอากาศ

การออกแบบและจัดสร้างชุดควบคุมพัดลมระบาย ในงานวิจัยจะประกอบไปด้วยชุดนับจำนวนคน ชุดตรวจจับความเคลื่อนไหวและชุดควบคุมพัดลมระบายอากาศ ชุดควบคุมพัดลมระบายอากาศนี้จะเริ่มทำงานเมื่อมีคนเข้า-ออก ในห้อง โดยจะมีชุดตรวจนับจำนวนคนเข้าและออกเป็นตัวกำหนดให้พัดลมระบายอากาศทำงานที่ระดับอัตราการระบายอากาศต่างกัน 4 ระดับ โดยการทำงานจะสอดคล้องกับจำนวนคน และการตรวจวัด

ออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อยู่ในห้องมีวงจรควบคุมต่าง ๆ ตามรูปที่ 5 และรายละเอียดการออกแบบดังนี้



รูปที่ 5 ชุดควบคุมพัดลมระบายอากาศ

3.6 ชุดควบคุมความเร็วรอบพัดลมระบายอากาศ

ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์พัดลมระบายอากาศซึ่งเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเฟสเดียวแบบสปลิทเฟสทำงานที่ระดับอัตราการระบายอากาศต่างกัน 4 ระดับ ตามที่ออกแบบไว้โดยใช้หลักการควบคุมความเร็วรอบด้วยวิธีการลดแรงดัน ความเร็วของมอเตอร์จะถูกกำหนดด้วยจุดตัดระหว่างเส้นกราฟของแรงบิดกับความเร็วรอบของมอเตอร์ตัดกับเส้นกราฟของแรงบิดกับความเร็วของโหลด

3.7 ชุดตรวจจับความเคลื่อนไหว

ทำหน้าที่ตรวจจับความเคลื่อนไหวเมื่อมีสิ่งมีชีวิตอยู่ในรัศมีที่โมดูลตรวจจับความเคลื่อนไหวสิ่งมีชีวิตจะแผ่รังสีความร้อนออกมาโมดูลตรวจจับความเคลื่อนไหวจะรับรังสีความร้อน แล้วขยายสัญญาณแล้วส่งผ่านวงจรเปรียบเทียบแล้วส่งสัญญาณพัลส์ออกมาทางเอาท์พุท และส่งสัญญาณนี้ออกไปใช้งานและเมื่อไม่มีคนอยู่ในห้อง จะมีการตรวจสอบความเคลื่อนไหวในห้อง เมื่อไม่มีความเคลื่อนไหวพัดลมระบายอากาศก็จะหยุดการทำงานทันทีในงานวิจัยนี้โมดูลตรวจจับความเคลื่อนไหวรุ่น SILA-MP10M

4. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

วัตถุประสงค์ในการทดสอบเพื่อพิสูจน์การทำงานและวัดความเร็วลมของชุดพัดลมระบายอากาศในแต่ละความเร็วของพัดมเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาอัตราการระบายอากาศในแต่ละระดับความเร็วโดยมีผลการทดลองดังนี้

(1) สามารถตรวจนับคนเข้าออกได้

(2) สามารถปรับระดับความเร็วพัดลมระบายอากาศได้ 4 ระดับ

(3) สามารถตรวจจับคนในรัศมี10 เมตรและหยุดการทำงานของพัดลมระบายอากาศได้เมื่อไม่มีคนอยู่

(4) สามารถตรวจจับเปอร์เซ็นต์ออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ โดยแสดงผลออกทางจอ LCD

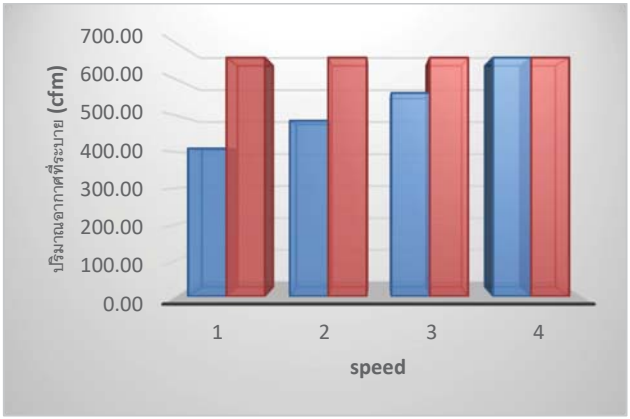
ตารางที่ 2 ระดับออกซิเจนที่วัดได้ภายในภาชนะปิด และทำระบบสุญญากาศ

ระดับออกซิเจนที่เป็นอันตราย	จำนวนการทดสอบ					ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
17-21%	20.6	20.5	20.6	20.5	20.5	20.5
10-17%	15.6	15.8	16.0	15.9	15.8	15.8
6-10%	8.5	8.8	8.7	9.0	8.9	8.7
ต่ำกว่า 6%	5.7	5.6	5.7	5.7	5.8	5.7

ตารางที่ 3 ปริมาณอากาศระบายอากาศในแต่ละระดับของพัดลมที่ออกแบบและค่าพลังงานไฟฟ้าจากการสูญเสียลมเย็นที่ทิ้งออกจากห้อง

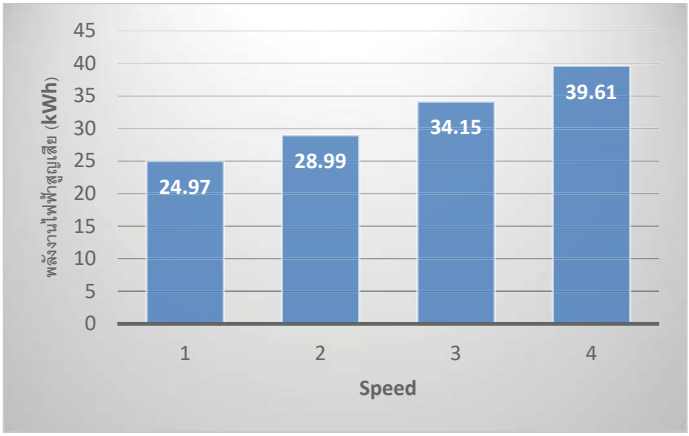
Speed	ความเร็วเฉลี่ย (m/s)	ปริมาณอากาศที่ระบาย (cfm)	เหมาะสำหรับคน (จำนวนคน)	พลังงานไฟฟ้าสูญเสีย (kWh)
1	2.15	409.72	0-27	24.97
2	2.55	485.94	28-32	28.99
3	2.95	562.17	33-37	34.15
4	3.46	659.36	38-43	39.61

จากผลการทดสอบในตารางที่ 3 ทำให้เราทราบถึงระดับการระบายอากาศ 4 ระดับที่เหมาะสม กับจำนวนคนในแต่ละระดับ สามารถแสดงการเปรียบเทียบได้ดังรูปที่ 6 เป็นกราฟเปรียบเทียบปริมาณอากาศที่ระบายของพัดลมระบายอากาศแบบปรับ speed กับแบบ speed เดียว (อ้างอิงจากมาตรฐานการระบายอากาศสำหรับห้องเรียนที่ปริมาณอากาศระบาย 15 cfm.)



รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบปริมาณอากาศที่ระบายของพัดลมระบายอากาศแบบปรับ speed กับแบบ speed เดียว

จากผลการทดสอบการทำงานตามตารางที่ 3 นำข้อมูลอัตราการระบายอากาศในแต่ละระดับความเร็ว นำไปคำนวณการสูญเสียความเย็นตามหลักการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าคำนวณมาจากค่าลมเย็นที่ทิ้งออกจากห้องภายในเวลา 10 ชม. ที่อุณหภูมิภายใน 25 °c ความชื้นสัมพัทธ์ 60% RH อุณหภูมิภายนอก 35 °c ความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH มาจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตามมาตรฐานประเทศไทย ซึ่งแสดงผลการคำนวณตามตารางที่ 3 สามารถแสดงการเปรียบเทียบได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากการคำนวณการสูญเสียลมเย็นที่ทิ้งออกจากห้อง

จากการวิเคราะห์ผลพบว่าการในแต่ละระดับการระบายอากาศสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการระบายอากาศเย็นทิ้งได้ประมาณ 15%

5. สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบชุดควบคุมพัดลมระบายอากาศและวิเคราะห์ผลการสูญเสียพลังงานไปกับการระบายอากาศทำให้เราได้ข้อสรุปว่าควรมีการควบคุมอัตราการระบายอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงมากที่สุดอาจเกิดความยุ่งยากแต่ถ้ามองในแง่ของภาพรวมการสูญเสียพลังงานอาจมีจุดคุ้มทุนภายในระยะสั้นอีกทั้งยังช่วยให้ประเทศมีความมั่นคงทางพลังงาน

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

การนำไปใช้งาน อาจต้องมีการปรับปรุงค่าต่างๆ ของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อม เช่น ขนาดห้อง ขนาดเครื่องปรับอากาศ ขนาดพัดลมระบายอากาศเป็นต้น

6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การทดสอบกับสภาพแวดล้อมจริงต่าง ๆ ที่มีความสมดุลกับการออกแบบเพื่อบันทึกผลและวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับผลจากการวิจัย เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาปรับปรุงต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ และภาควิชาเครื่องกลฯ มหาวิทยาลัยศรีปทุม รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่าน ที่ส่งเสริม สนับสนุนให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

[1] ผศ.สุรพล พฤกษพานิช "หลักการและระบบการปรับอากาศ" พิมพ์ครั้งที่ 2 สถานที่พิมพ์ : หจก. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ 2529.

[2] รศ. ยืน ภู่วรวรรณ "ทฤษฎีและการงานอิเล็คทรอนิคส์ " เล่มที่ 1 พิมพ์ครั้งที่ 14 สถานที่พิมพ์: บริษัท ซีอ็ดยูเคชั่น จำกัด 2530.

[3] ธีรวัฒน์ ประกอบผล "การประยุกต์ช์งานไมโครคอนโทรลเลอร์" พิมพ์ครั้งที่ 1 สถานที่พิมพ์: บริษัท ประชาชน จำกัด 2540.

[4].Figaro Engineering Inc.(2005). Technical Information For KE-Series (Online) Available: http://www.figarosensor.com/product/O2.pdf [2012, June 10]

[5]. D. Arenius, D. Curry, A. Hutton, K. Mahoney, S. Prior, H. Robertson, “INVESTIGATION OF PERSONAL AND FIXED HEAD OXYGEN DEFICIENCY HAZARD MONITOR PERFORMANCE HELIUM GAS”, Thomas Jefferson National Accelerator Facility (JLAB), Virginia, 23606, USA

[6].www.oxygraf.com, “Oxygen Deficiency Detector Applications“ and ”Oxygen properties”, Oxygraf, USA.