

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ฟาร์มในโรงเรือนปิดของประเทศไทยทำกันอย่างแพร่หลาย เช่น การเลี้ยงไก่ฟาร์ม การเลี้ยงหมู การเลี้ยงเป็ด เป็นต้น โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ฟาร์ม มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจไทยเป็นอย่างมาก ในปี พ.ศ. 2551 ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์ไก่มากที่สุด เป็นอันดับ 5 ของโลก ส่งออกไก่สดและไก่แปรรูปได้ถึง 545,990 ตันต่อปี ซึ่งไก่สดและไก่ปรุงสุกในขณะนั้น มีราคากิโลกรัมละ 48 และ 123.64 บาทตามลำดับ [1] ดังนั้นความต้องการส่งออกผลิตภัณฑ์ไก่ที่มีคุณภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญ องค์ประกอบที่ทำให้ได้มาซึ่งคุณภาพของไก่มีหลายประการ เช่น การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง ความเร็วลมในการระบายอากาศ ต้องทำให้เหมาะสมกับไก่ในแต่ละช่วงอายุของมัน [2-3] การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ในโรงเรือนปิดเรียกว่า “การควบคุมสภาวะอากาศ” ในโรงเรือนปิด จากผลการสำรวจโรงเรือนปิดสำหรับเลี้ยงในประเทศ ไทยทั้งที่ได้มาตรฐานและไม่ได้มาตรฐานประมาณ 30,000 โรง [4] จากจำนวนโรงเรือนนี้ ส่วนใหญ่ใช้วิธีควบคุมการระบายอากาศและควบคุมสภาวะอากาศด้วยวิธี “เปิด-ปิด” (ON-OFF method) ที่มีมอเตอร์พัดลมเป็นตัวทำหน้าที่ในการระบายอากาศ

ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาและพัฒนาอินเวอร์เตอร์สำหรับควบคุมสภาวะอากาศและระบายอากาศในโรงเรือนปิดปศุสัตว์เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าแทนวิธีเปิด-ปิด ที่มีข้อเสียหลายประการ ขณะที่อินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอสำหรับควบคุมสภาวะอากาศและระบายอากาศนี้ มีข้อดีที่สำคัญดังนี้

1. อินเวอร์เตอร์สามารถควบคุมการออกตัว (Start) ของมอเตอร์ได้อย่างนุ่มนวล ตามอัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าต่อความถี่ (V/f) จึงช่วยลดกระแสไฟฟ้าที่สูง (Inrush Current) ในขณะเริ่มเดินออกตัวและยังเป็นการช่วยยืดอายุการใช้งานของมอเตอร์ได้อีกด้วย
2. ในโรงเรือนปิดบางครั้งไม่จำเป็นให้มอเตอร์พัดลมต้องทำงานที่ความเร็วพิกัด อินเวอร์เตอร์สามารถลดความเร็วรอบมอเตอร์พัดลมลงได้ ตามกฎสัมพรรคภาพหรือกฎของพัดลม (Affinity Law) กำลังไฟฟ้าแปรผันตรงกับความเร็วยรอบมอเตอร์กำลังสาม ดังนั้นการลดความเร็วลงนั้นเป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงเป็นอย่างมาก
3. สามารถควบคุมความเร็วลมให้เหมาะสมได้เมื่อเทียบกับวิธีเปิด-ปิด

เนื่องจากการควบคุมสภาวะอากาศและระบายอากาศในโรงเรือนปิดโดยใช้อินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ เมื่อเทียบกับการควบคุมด้วยวิธีเปิด-ปิด ซึ่งระบบควบคุม

สภาวะอากาศและระบายอากาศในโรงเรือนปิดด้วยอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอนี้ สามารถนำไปพัฒนาในเชิงพาณิชย์ได้ และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับเจ้าของฟาร์มที่ประกอบอาชีพปศุสัตว์ เพื่อลดการใช้จ่ายค่าไฟฟ้าได้

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์และส่วนควบคุมสภาวะอากาศและระบายอากาศโดยการปรับความเร็วรอบมอเตอร์พัดลม รวมทั้งการออกแบบเมนูการตั้งค่าและการแสดงผลต่างๆ ที่สะดวกและง่ายต่อผู้ใช้งาน
2. เพื่อศึกษาการลดกระแสที่ surge ขณะสตาร์ท (Inrush-Current) ของมอเตอร์พัดลมด้วยอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอเปรียบเทียบกับวิธีเปิด-ปิด
3. เพื่อศึกษาการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อควบคุมมอเตอร์พัดลมด้วยวิธีอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอเปรียบเทียบกับวิธีเปิด-ปิด
4. เพื่อศึกษาผลของการปรับเปลี่ยนความเร็วลมของวิธีอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอและวิธีเปิด-ปิด

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุขภาพ ความสบาย คุณภาพของสัตว์ฟาร์มและการประหยัดพลังงานเป็นสิ่งที่ต้องการในการควบคุมสภาวะอากาศและการระบายอากาศในโรงเรือนปิดปศุสัตว์สำหรับเกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์ฟาร์ม มีองค์ประกอบที่สำคัญหลายอย่าง ซึ่งมีผลต่อกระทบต่อสุขภาพและผลิตภัณฑ์สัตว์ฟาร์มนี้ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น อัตราการไหลของอากาศ ปริมาณสิ่งปนเปื้อน ฯลฯ จากปัญหาดังกล่าวจึงมีงานวิจัยที่นำเสนอการควบคุมสภาวะอากาศและระบายอากาศในโรงเรือนหลายรูปแบบดังนี้

โรงเรือนปศุสัตว์แบบปิดในประเทศไทยส่วนมาก ใช้พัดลมระบายอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 นิ้ว จำนวน 6 ใบพัด โดยมีมอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นตัวขับ พัดลมเหล่านี้ส่วนมากนี้ถูกควบคุมด้วยวิธีเปิด-ปิด (ON-OFF Control) พัดลมจะทำงานเมื่ออุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนมากกว่าอุณหภูมิที่ต้องการควบคุม และพัดลมจะหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิภายในโรงเรือนเท่ากับอุณหภูมิที่ต้องการควบคุม ระบบจะทำงานเป็นวัฏจักรอย่างนี้เรื่อยๆ การควบคุมแบบนี้เป็นการยากที่จะควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามต้องการ

นิธิ บุณจันทรและคณะ ได้พัฒนาพัลลภระบายอากาศเพื่อประหยัดพลังงานสำหรับใช้ในโรงเรือนปิด [5] โดยออกแบบใบพัดให้ลดจำนวนลงจาก 6 ใบพัดเป็น 3 ใบพัด และออกแบบให้พัลลภนี้สามารถหมุนได้ปริมาณลมที่มากขึ้น อีกทั้งพัฒนาให้เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพอากาศแบบประเทศไทย พัลลภนี้สามารถประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 25 เมื่อเทียบกับใบพัดลมแบบเดิม วิธีการดังกล่าวนี้เป็นการพัฒนาเฉพาะอุปกรณ์หลักในการระบายอากาศในโรงเรือนปิด ซึ่งยังไม่เพียงพอสำหรับการประหยัดพลังงาน

Chao และ Gates [6] เสนอวิธีการ State-Space Averaging สำหรับควบคุมมอเตอร์พัลลภระบายอากาศหนึ่งเฟสในโรงเรือน ซึ่งควบคุมความเร็วมอเตอร์เป็น 2 ระดับ วิธีการนี้แสดงให้เห็นชัดเจนว่าเป็นวิธีการควบคุมด้วยวิธีเปิด-ปิด ซึ่งเป็นการยากที่จะควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามค่าที่ต้องการและต้องมีการสูญเสียการใช้พลังงานไฟฟ้าเนื่องจากการเปิดปิดมอเตอร์อยู่บ่อยครั้ง การเปิดปิดมอเตอร์บ่อยครั้งทำให้อายุการใช้งานของมอเตอร์สั้นลง

Ford และทีมงาน [7] ได้ทำการเปรียบเทียบการควบคุมความเร็วของมอเตอร์พัลลภระหว่างวิธีการปรับความเร็วรอบมอเตอร์โดยการปรับแรงดันและความถี่ (VSD) และวิธีการใช้ไตรแอก (Triac) ซึ่งเป็นวิธีควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยการปรับแรงดันไฟฟ้าอย่างเดียว ด้วยไตรแอก โดยไตรแอก คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สารกึ่งตัวนำที่ทำหน้าที่ปรับแรงดันไฟฟ้ามอเตอร์พัลลภ โดยตัดสัญญาณบางส่วน of แรงดันไฟฟ้า (Trig Phase) เป็นผลให้แรงดันไฟฟ้าลดลง ผลการควบคุมนี้แสดงให้เห็นว่าการควบคุมด้วยระบบปรับความเร็วรอบมอเตอร์พัลลภโดยการปรับแรงดันและความถี่ (VSD) ให้ความเสถียรภาพด้านการไหลของอากาศ (air flow) มากกว่าวิธีการใช้ไตรแอก

Teitel, Levi และ Zhao [8] นำเอาวิธีปรับความเร็วรอบมอเตอร์โดยการปรับแรงดันและความถี่ (Variable Frequency Drive, VFD) มาควบคุมพัลลภในโรงเรือนปิดสำหรับปลูกพืช (Green house) และโรงเรือนสัตว์ปีก (Poultry house) โดยควบคุมความเร็วพัลลภให้เป็นไปตามสมการที่ 1.1

$$N^* = 0.2(T - T_s) S + 0.24 \quad (1.1)$$

โดยที่

T คือ อุณหภูมิที่วัดได้ภายในโรงเรือน ($^{\circ}\text{C}$)

T_s คือ อุณหภูมิที่ต้องการควบคุม ($^{\circ}\text{C}$)

N^* คือ อัตราส่วนความเร็วรอบมอเตอร์พัลลภต่อความเร็วรอบสูงสุดมอเตอร์พัลลภ (ไม่มีหน่วย)

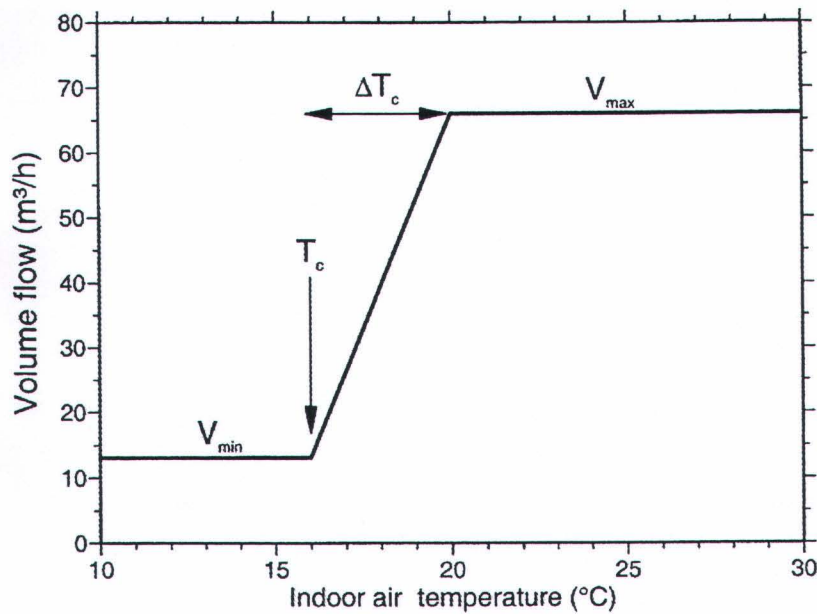
S คือ แสงที่แผ่มาจากดวงอาทิตย์ (kW m^{-2})

นอกจากนี้แล้ววิธี VFD จะควบคุมความเร็วพัดลมเป็นศูนย์ ต่อเมื่อ $S < 0.4 \text{ kW m}^{-2}$ ในบทความนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าควบคุมพัดลม ด้วยวิธี VFD สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าการควบคุมด้วยวิธีเปิด-ปิด (ON-OFF method) อยู่ร้อยละ 25 และผลการคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการควบคุม จากการควบคุมด้วยระบบ VFD ยังน้อยกว่าการควบคุมด้วยวิธีเปิด-ปิด แต่อย่างไรก็ดีวิธีที่นำเสนอนี้ยังไม่มีความสะดวกในการใช้งานแก่ผู้ใช้งานทั่วไป เนื่องจากชุดควบคุมนี้ ต้องต่อชุดเก็บข้อมูล (Data Logger) กับอุปกรณ์ควบคุมความเร็ว (VFD) เสมอ และต้องเขียนสมการ (1.1) เข้าไปในชุดเก็บข้อมูล ซึ่งต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ในการต่อชุดควบคุมนี้ทำเสมอ

Taylor และทีมงาน [9] ได้พัฒนาการระบายอากาศด้วยวิธีทางกลในโรงเรือนปิด โดยการนำ Throttling Valve มาควบคุมเพื่อรักษาอัตราการไหลของอากาศในโรงเรือน ซึ่งเทคนิคควบคุมนั้นใช้วิธี Proportional-Integral-Plus (PIP) และนำไปเปรียบเทียบกับวิธีควบคุมแบบ Proportional-Integral/Proportional-Integral Derivative (PI/PID) ผลแสดงให้เห็นว่าการกระจายของความดันอากาศของการควบคุมแบบ PIP มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ในระบบ (Robust) มากกว่าการควบคุมแบบ PID การใช้ Throttling Valve มาควบคุมอัตราการไหลของอากาศเปรียบเหมือนกับการนำเอาประตูมาถ่วงการไหลของอากาศ ซึ่งจะทำให้ความดันหลังออกจาก throttling valve ลดลง อัตราการไหลก็ลดลงตาม แต่ในขณะเดียวกันก็จะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันก่อนเข้าวาล์วและหลังออกวาล์ว ยิ่งเราห้วาล์วลงมากเท่าไร ความต่างระหว่างความดันก่อนเข้าวาล์วและหลังออกวาล์วก็จะยิ่งมากตามไปด้วย ซึ่งหมายถึงการสูญเสียกำลังไฟฟ้าไป เพื่อให้พัดลมสามารถสร้างความดันมาเอาชนะความดันก่อนเข้าวาล์ว ซึ่งกำลังไฟฟ้าในส่วนนี้จะเสียไปมากขึ้น เมื่อเราปรับวาล์วให้ลดอัตราการไหลของอากาศ

G. Schaubberger และทีมงาน [10] ได้นำเสนอ Steady –state model เพื่อคำนวณหาสภาวะอากาศภายในโรงเรือนปิดปลูกสัตว์และอัตราไหลของอากาศที่พอดี โดยการคำนวณจากองค์ประกอบทั้ง 3 คือ (1) ความร้อนแฝง (latent heat) กับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (2) ความร้อนสัมผัส (sensible heat) และ (3) อัตราการไหลของอากาศ ซึ่งอัตราการไหลนี้กำหนดดังสมการ (1.1) และลักษณะกราฟการควบคุมอัตราการไหลของอากาศ แสดงดังรูปที่ 1.1

$$V(T_i) = \begin{cases} V_{\min} & \text{for } \therefore T_i \leq T_c \\ V_{\min} + (T_i - T_c) \cdot \frac{V_{\max} - V_{\min}}{\Delta T_c} & \text{for } \therefore T_i < T_c \leq T_c + \Delta T_c \\ V_{\max} & \text{for } \therefore T_i > T_c + \Delta T_c \end{cases} \quad (1.2)$$



รูปที่ 1.1 ลักษณะกราฟการควบคุมของอัตราการไหลของอากาศ [10]

Gates และทีมงาน 2001 [11] ได้นำเสนอการออกแบบพารามิเตอร์สำหรับการควบคุมแบบฟัซซี่ (Fuzzy method) เพื่อควบคุมการระบายอากาศในโรงเรียนปศุสัตว์และโรงเรียนสำหรับเพาะปลูกพืช ในบทความนี้ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการระบายอากาศด้วยการควบคุมแบบฟัซซี่ใหม่กับการระบายอากาศแบบเดิมที่ Chao และ Gates ได้ทำมาก่อนหน้านี้ วิธีการนี้ ส่วนใหญ่เป็นการใช้เทคนิคเฉพาะ อุปกรณ์ในการระบายอากาศและความร้อนเท่านั้น ในกรณีของโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในเขตร้อน เช่น ประเทศไทย จำเป็นจะต้องจะต้องใช้การทำความเย็น (Cooling) และควบคุมความชื้น (Humidity) ร่วมด้วย วิธีการนี้จึงไม่เหมาะสมที่นำมาใช้ในประเทศไทย

ในปี ค.ศ. 2006 Zhuang Wu และคณะ [12] ได้นำเสนอการออกแบบและจำลองการทำงานของสมการ โดยการควบคุมแบบ Model Predictive สำหรับการควบคุมการระบายอากาศแบบผสมผสาน (Hybrid Ventilation) ในโรงเรียนปศุสัตว์ โดยมีตัวแปรที่ควบคุมด้วยกันคือ (1) ควบคุมการเปิดทางลมเข้าด้านข้างโรงเรียน (Inlet System) เพื่อให้ลมจากภายนอกเข้า (2) ควบคุมพัดลมดูดอากาศด้านบนโรงเรียน (Exhaust System) และ (3) ควบคุมการให้ความร้อน (Heating System) ตัวแปรเหล่านี้จะถูกส่งไปยังชุดควบคุมอุณหภูมิ (Thermal system) ที่ใช้สมการไม่เป็นเชิงเส้น (non linear equation) วิธีนี้เป็นวิธีการควบคุมแบบขั้นสูง ประเด็นมุ่งเน้นรักษา อุณหภูมิ ผลการจำลองควบคุมอุณหภูมิในโรงเรียนแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิในโรงเรียน มีค่าเกาะตามค่าอุณหภูมิที่ต้องการควบคุม (Set - point) ตลอด โดยไม่เกิดการกวัดแกว่ง วิธีการควบคุมนี้ค่อนข้างซับซ้อนมากและยังยากต่อการใช้ทางปฏิบัติ อีกทั้งเป็นการจำลองทำงานอยู่ (Simulation)

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์
2. ศึกษาระบบโดยรวมของการควบคุมสถานะอากาศและการระบายอากาศภายในโรงเรือนปิด
3. ออกแบบและสร้างอินเวอร์เตอร์สำหรับควบคุมสถานะอากาศและระบายอากาศ
4. ทดสอบอินเวอร์เตอร์ในระดับห้องปฏิบัติการ
5. ทำการแก้ไขสิ่งบกพร่องของอินเวอร์เตอร์ในระดับห้องปฏิบัติการ
6. เก็บผลการทดลอง วิเคราะห์ และสรุปผล
7. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เรียนรู้การทำงานของอินเวอร์เตอร์สำหรับควบคุมสถานะอากาศและการระบายอากาศ
2. อินเวอร์เตอร์สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้
3. อินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วลมที่เหมาะสมได้
4. สามารถนำวิธีการที่นำเสนอthisไปพัฒนาต่อในเชิงพาณิชย์ได้