

การประยุกต์คณิตศาสตร์ในการสร้างเครื่องกำจัดไรฝุ่น สำหรับผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ ด้วย
เทคโนโลยีใหม่ของการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์

ดร.วีระพล โมนยะกุล v_monyakul@yahoo.com โทร 081-8133453

สำเร็จการศึกษา ปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

จาก Oklahoma State University ประเทศสหรัฐอเมริกา พ.ศ. 2536

สถานที่ทำงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



การประยุกต์คณิตศาสตร์ในการสร้างเครื่องกำจัดไรฝุ่น
สำหรับผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ ด้วยเทคโนโลยีใหม่ของการควบคุม
ความชื้นสัมพัทธ์

An application of mathematics for a new technology
appliance to eliminate of dust mites with controlling
relative humidity

ปัจจุบัน เป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกว่า ไรฝุ่น เป็นตัวการของการเกิดสารก่อภูมิแพ้ในบ้านที่สำคัญและเป็นสาเหตุหลักในการก่อโรคภูมิแพ้ อันได้แก่ โรคจมูกอักเสบจากภูมิแพ้ หรือที่เราเรียกกันว่า โรคแพ้อากาศ (Allergic rhinitis) และ โรคหืด (Asthma) มีรายงานจำนวนมากจากประเทศต่างๆ ทั่วโลกว่า โรคภูมิแพ้ที่มีสาเหตุมาจากไรฝุ่นมีความชุกของโรคเพิ่มขึ้นทุกปี จนเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญ

ตัวไรฝุ่นเป็นสัตว์ที่มี 8 ขา ตัวไรฝุ่นมีขนาดเล็ก 0.3 มม. ซึ่งมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ชอบอากาศร้อนชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 20-35°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80%RH ไรฝุ่นมีชีวิตรอดอยู่ประมาณ 30 วันสำหรับตัวผู้ และประมาณ 70 วันสำหรับตัวเมีย และจะปล่อยมูลได้ 10-20 ก้อนต่อวัน ไรฝุ่นตัวเมียจะวางไข่ได้ครั้งละ 25-30 ฟอง ตัวไรฝุ่นดำรงชีพอยู่ได้ โดยกินสะเก็ดผิวหนัง และขี้รังแคของคนและสัตว์ และดูดน้ำจากอากาศได้ มันจะอาศัยอยู่ในพรม เติงนอน เฟอร์นิเจอร์ ตู้เสื้อผ้า ประมาณการมีผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ที่มาจากไรฝุ่นในประเทศไทยประมาณ 10 ล้านคน

การประยุกต์คณิตศาสตร์ในการสร้างเครื่องกำจัดไรฝุ่น สำหรับผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ ด้วย
เทคโนโลยีใหม่ของการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์

ตารางที่ 1 สถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย %RH ของประเทศไทยในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ตลอดปี
เหนือ	73	62	81	74
ตะวันออกเฉียงเหนือ	69	65	80	72
กลาง	71	69	79	73
ตะวันออก	71	74	81	76
ใต้ฝั่งตะวันออก	81	77	78	79
ใต้ฝั่งตะวันตก	77	76	84	80

จากตารางที่1 สถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย %RH ของประเทศไทยในช่วง
ฤดูกาลต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่าภูมิอากาศของประเทศไทยทั่วทุกภาคเหมาะกับการอยู่
อาศัยและแพร่พันธุ์ของไรฝุ่นเป็นอย่างมาก

วิธีการในการกำจัดไรฝุ่นที่งานวิจัยรองรับว่าสามารถลดปริมาณไรฝุ่นได้คือ
การซักผ้าปูที่นอน ปลอกหมอน และผ้าห่ม ที่อุณหภูมิมากกว่า 60°C เป็นเวลานาน
อย่างน้อย 30 นาที การคลุมเครื่องนอนด้วยผ้าทอแน่น การดูดฝุ่นด้วยเครื่อง HEPA
filter การใช้สารเคมี แต่ยังไม่มียังไม่มีวิธีการใดที่กล่าวมาที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันไร
ฝุ่นและสารก่อภูมิแพ้ได้อย่างแท้จริง เป็นแต่เพียงลดปริมาณไรฝุ่นลงได้บ้างเท่านั้น

เทคโนโลยีการกำจัดไรฝุ่นที่ประดิษฐ์และคิดค้นโดยผู้เขียนและได้ยื่นขอจด
เป็นสิทธิบัตรแล้ว ใช้วิธีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้มีค่าคงที่อยู่ที่ 50 %RH
ตลอดเวลาและมีค่าความเที่ยงตรงสูง ซึ่งจะทำให้ไรฝุ่นไม่สามารถดื่มน้ำจากอากาศ
ทางต่อมบนผิวหนัง มาเพื่อดำรงชีวิตได้ จากงานวิจัยที่ทำโดย Prof. Dr. Spieksma
พบว่าหากความชื้นสัมพัทธ์มีค่าน้อยกว่า 60%RH ไรฝุ่นจะไม่สามารถขยายพันธุ์และ
จะตายในที่สุด นอกจากนี้ Prof. Dr. Arlian รายงานในงานวิจัยอีกว่าหากความชื้น

การประยุกต์คณิตศาสตร์ในการสร้างเครื่องกำจัดไรฝุ่น สำหรับผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ ด้วย
เทคโนโลยีใหม่ของการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์

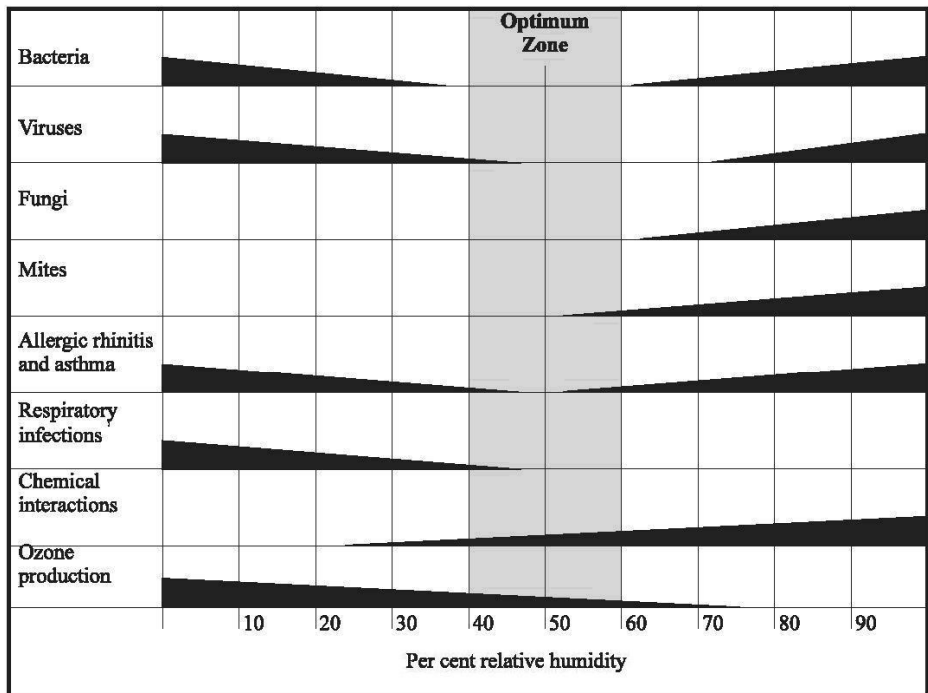
สัมพัทธ์มีค่าน้อยกว่า 50%RH ไรฝุ่นจะตายภายใน 4 - 11 วัน และโดยค่าของ Critical equilibrium humidity (CEH) อยู่ที่ 58%RH ที่เป็นค่าวิกฤติที่หากความชื้นสัมพัทธ์เกินค่านี้มากกว่า 2 ชั่วโมงต่อวันจะทำให้ไรฝุ่นสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

ด้วยเทคโนโลยีของเครื่องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่นำเสนอใหม่นี้ได้ทำการทดสอบกับไรฝุ่นโดย ศูนย์บริการและวิจัยไรฝุ่น ศิริราชพยาบาล ด้วยการติดตั้งเครื่องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่เสนอใหม่นี้กับห้องขนาด 15 ตารางเมตร และใช้ไรฝุ่นบรรจุภาชนะใส ฝาปิดแต่อากาศสามารถผ่านได้ 2 ใบ ให้อยู่ในตู้ควบคุมที่มีภาคน้ำเกลือเข้มข้น 1 ใบและอยู่นอกตู้ 1 ใบ โดยการทดสอบการตายของไรฝุ่นที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50 %RH ที่อุณหภูมิ 25 องศา พบว่าจะตายหมดภายใน 7 วัน ทดสอบเปรียบเทียบกับกรณีมีชีวิตอยู่และการขยายพันธุ์ของไรฝุ่นในตู้ควบคุมที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75%RH ที่อุณหภูมิ 25 องศา ในสภาวะแวดล้อมความเข้มแสงเดียวกัน



รูปที่ 1 แสดงการทดสอบกับไรฝุ่นที่ความชื้นสัมพัทธ์ในห้องทดสอบที่ 50%RH และในตู้ควบคุมที่ 75%RH ในสภาวะอุณหภูมิและความเข้มแสงที่เท่ากัน

การประยุกต์คณิตศาสตร์ในการสร้างเครื่องกำจัดไรฝุ่น สำหรับผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ ด้วย
เทคโนโลยีใหม่ของการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์



E.M. Sterling, Criteria for Human Exposure to Humidity in Occupied Buildings, 1985 ASHRAE

รูปที่ 2 แสดงผลการเจริญเติบโตของเชื้อโรคและไรฝุ่นกับความชื้นสัมพัทธ์

ในรายงานวิจัยของต่างประเทศยังพบว่าการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่ 50%RH สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัสที่อยู่ในอากาศได้อีกด้วย นอกเหนือจากการกำจัดไรฝุ่น ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยปกติแล้วเชื้อโรคสามารถลอยอยู่ในอากาศได้นาน 3 - 4 วันหรืออาจอยู่ได้นานเป็นเดือน เมื่อห้องมีสภาพอากาศที่เหมาะสม

นอกจากนี้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%RH และที่อุณหภูมิ 25 องศาที่เป็นสภาวะเราใช้กำจัดเชื้อโรคในอากาศและไรฝุ่นยังเป็นสภาวะที่ทำให้ความสบายสูงสุดของคนทั่วไปอีกด้วย ดังแสดงในแผนภูมิความสบายของ ASHRAE (สมาคมวิศวกรรมกรปรับอากาศ สหรัฐอเมริกา)

การประยุกต์คณิตศาสตร์ในการสร้างเครื่องกำจัดไรฝุ่น สำหรับผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ ด้วย
เทคโนโลยีใหม่ของการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์

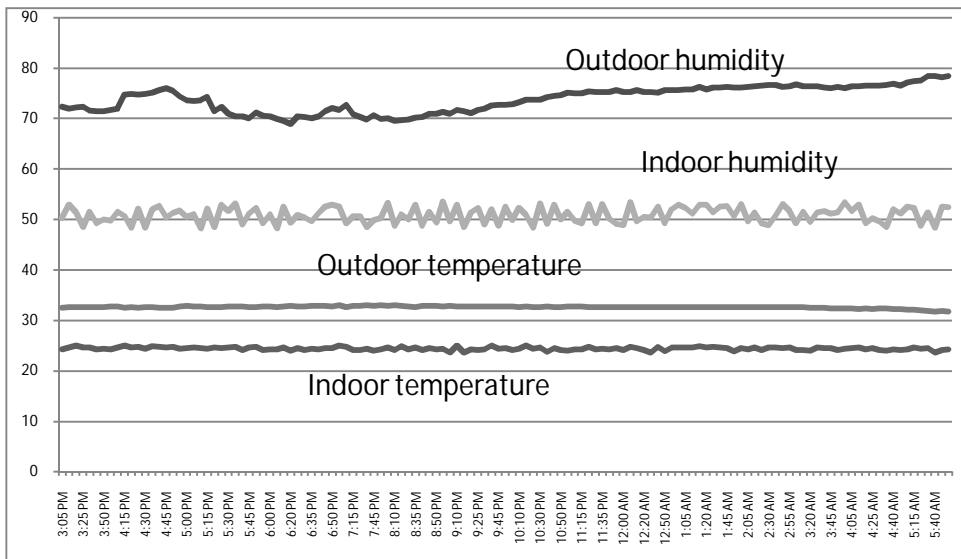
ตารางที่ 2 เชื้อโรคในอากาศกับการเกิดโรคในคน

ชนิดของเชื้อโรค	การเกิดโรคในคน
ไวรัส	ไข้หวัด ไข้หวัดใหญ่ ไข้หวัดนก SARS
แบคทีเรีย	เกิดการติดเชื้อที่ปอด ปอดบวม วัณโรค โรคติดเชื้อทางเดินหายใจ
เชื้อรา	หลอดลมอักเสบ โรคหืด หอบ โรคติดเชื้อทางเดินหายใจเฉียบพลัน
ไรฝุ่น	โรคภูมิแพ้ (ปอดอักเสบภูมิไวเกิน)

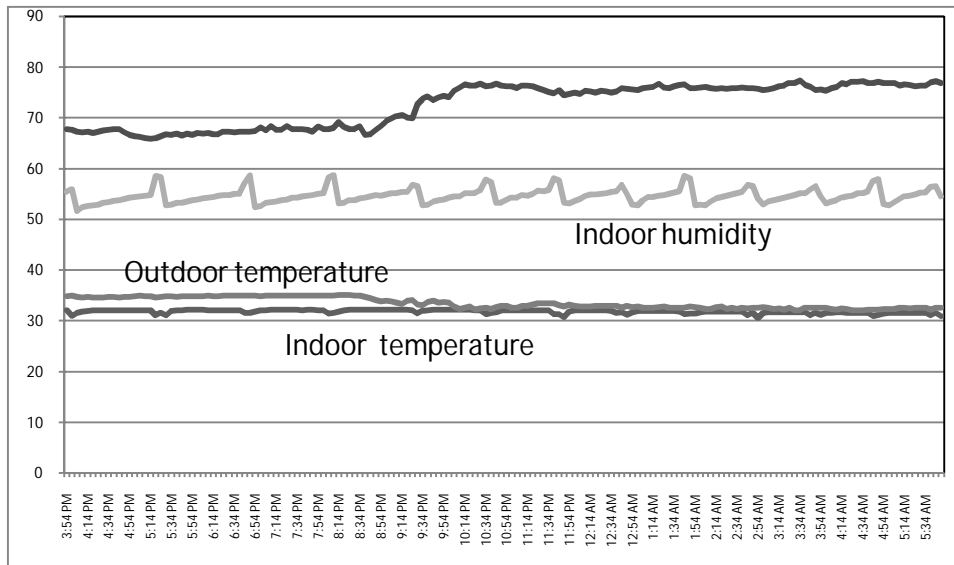
ด้วยระบบควบคุมแบบอัจฉริยะของเครื่องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ การทำงานของเครื่องจะแบ่งการทำงานเป็นสองโหมดคือ แบบ **Full Control Mode** ระบบจะทำการควบคุมทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ดังแสดงในรูปที่ 3 และแบบ **Standby Mode** จะเป็นการควบคุมเฉพาะความชื้นสัมพัทธ์เพียงอย่างเดียว ส่วนอุณหภูมิจะไม่ถูกควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 4 ดังนั้นอุณหภูมิในห้องจะเป็นอุณหภูมิเท่ากับนอกห้อง (ในกรณีที่ไม่มีคนอยู่ในห้องเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า)

ในการเติมอากาศจากภายนอกเพื่อถ่ายเทอากาศภายในห้อง ระบบควบคุม จะทำการดึงอากาศจากภายนอกด้วยพัดลมดูดอากาศที่จะถูกคำนวณปริมาณอากาศที่เหมาะสมและกำหนดให้ทำงานอัตโนมัติโดยสมองกลฝังตัว (**Embedded system**) ที่เป็นหัวใจของระบบควบคุมทั้งหมด

การประยุกต์คณิตศาสตร์ในการสร้างเครื่องกำจัดไอน้ำ สำหรับผู้ป่วยโรคมะเร็ง ด้วย
เทคโนโลยีใหม่ของการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์



รูปที่ 3 กราฟแสดงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของนอกห้องและในห้องของ
การควบคุมแบบ Full Control Mode ในเวลา 12 ชม.



รูปที่ 4 กราฟแสดงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของนอกห้องและในห้องของ
การควบคุมแบบ Standby Mode ในเวลา 12 ชม.

การประยุกต์คณิตศาสตร์ในการสร้างเครื่องกำจัดไรฝุ่น สำหรับผู้ป่วยโรคมะเร็ง ด้วย
เทคโนโลยีใหม่ของการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์

ในการออกแบบทำงานของเครื่องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์จำเป็นที่จะต้องใช้การประยุกต์ทางคณิตศาสตร์ในการกำหนดค่าตัวแปรควบคุมเนื่องจากตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์เป็นตัวแปรที่เป็น **Cross coupling** กับอุณหภูมิ ที่อาจจะกล่าวได้ว่าเราไม่สามารถจะควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้โดยตรง เราจำเป็นต้องทำการควบคุมผ่านตัวแปรอุณหภูมิ โดยทำการ **Decoupling** ตัวแปรทั้งสองออกจากกันเสียก่อนแล้วจึงทำการควบคุม

ในที่นี้จะไม่ได้กล่าวถึงรายละเอียดในการควบคุมเนื่องจากการควบคุมที่ซับซ้อนที่ต้องใช้การทฤษฎีระบบควบคุมขั้นสูงเพราะเนื้อที่กระดาษจำกัด แต่จะยกตัวอย่างบางส่วนของระบบ เพื่อแสดงการประยุกต์ของคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการออกแบบ โดยการจำลองการทำงานของมอเตอร์ที่เป็นตัวขับเคลื่อนเพอร์สเซอร์เพื่อควบคุมอัตราไหลของสารทำความเย็นในการลดความชื้นสัมพัทธ์ (การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์จะทำโดยระบบ **Ultrasonic transducer** ที่แยกเป็นอีกส่วนหนึ่ง) ด้วยการแปลงทางกายภาพของมอเตอร์ให้เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์ทำให้เราสามารถที่จะออกแบบระบบเพื่อการควบคุมสำหรับการลดความชื้นสัมพัทธ์ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

การจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส

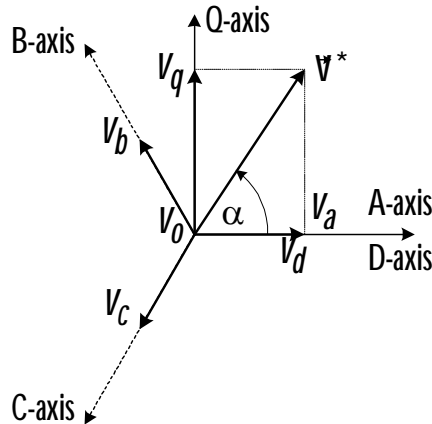
ปริมาณเวกเตอร์ในแกน **D** (**Direct-axis**) และแกน **Q** (**Quadrature-axis**) และปริมาณสามเฟสมีความสัมพันธ์กันดังรูปที่ 5 วิธีการแปลงปริมาณเวกเตอร์ไปเป็นปริมาณสามเฟสสามารถทำได้โดยการแตกแรง (**Projection**) ไปบนแกนอ้างอิง **ABC** ซึ่งสามารถเขียนสมการได้เป็น

$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 0 & \sin 0 & 1 \\ \cos 2\pi/3 & \sin 2\pi/3 & 1 \\ \cos 4\pi/3 & \sin 4\pi/3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_d \\ v_q \\ v_o \end{bmatrix} \quad (1)$$

**การประยุกต์คณิตศาสตร์ในการสร้างเครื่องกำเนิดโรตารี่ สำหรับผู้ป่วยโรคมะเร็ง ด้วย
เทคโนโลยีใหม่ของการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์**

โดยที่ v_d, v_q คือ แรงดันในแนวแกน D (Direct-axis) และแกน Q (Quadrature-axis) v_o คือ องค์ประกอบลำดับศูนย์ (Zero sequence component) ของแรงดันไฟฟ้าสามเฟส v_a, v_b, v_c คือ แรงดันบนแกนอ้างอิงสามเฟส และจากสมการที่ (1) เราสามารถหาสมการในการแปลงปริมาณสามเฟสไปเป็นปริมาณเวกเตอร์ได้เป็น

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \\ v_o \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos 0 & \cos 2\pi/3 & \cos 4\pi/3 \\ \sin 0 & \sin 2\pi/3 & \sin 4\pi/3 \\ 1/2 & 1/2 & 1/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} \quad (2)$$



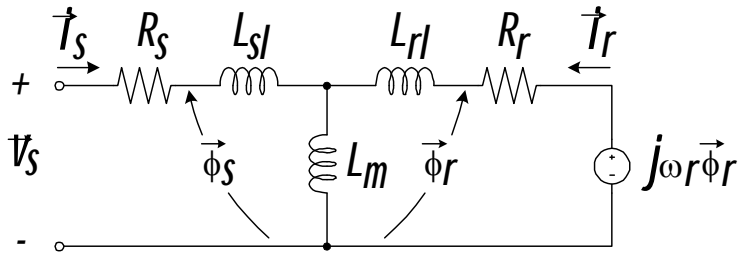
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเวกเตอร์และปริมาณสามเฟส

จากสมการที่ (2) ถ้าเราแปลงปริมาณสามเฟสสมมูลไปเป็นปริมาณเวกเตอร์ เราจะได้ v_o มีค่าเป็นศูนย์ หรือจุดศูนย์ของแกนอ้างอิงแบบเวกเตอร์ก็คือ จุดกลาง (Neutral point) นั้นเอง

จากสมการที่ (1) เราสามารถหากำลังไฟฟ้าในรูปของปริมาณเวกเตอร์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} P_s &= v_a i_a + v_b i_b + v_c i_c \\ &= \frac{3}{2} (v_d i_d + v_q i_q + 2v_o i_o) \end{aligned} \quad (3)$$

การประยุกต์คณิตศาสตร์ในการสร้างเครื่องกำเนิดโรตอร์ สำหรับผู้ป่วยโรคมะเร็ง ด้วย
เทคโนโลยีใหม่ของการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์



รูปที่ 6 วงจรสมมูลของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับ

วงจรมูลต่อเฟสของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส ประกอบด้วยความต้านทานทางสเตเตอร์ R_s และโรเตอร์ R_r ตัวเหนี่ยวนำทางแม่เหล็ก L_m และตัวเหนี่ยวนำรั่วไหลทางสเตเตอร์ L_{sl} และโรเตอร์ L_{rl} ดังรูปที่ 6 โดยที่ \vec{v}_s คือแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ทางสเตเตอร์, \vec{i}_s และ \vec{i}_r คือกระแสสเตเตอร์และโรเตอร์ตามลำดับ, $\vec{\phi}_s$ และ $\vec{\phi}_r$ คือฟลักซ์รวมทางสเตเตอร์และโรเตอร์ตามลำดับ, และ ω_r คือความเร็วของโรเตอร์ จากวงจรมูลเราสามารถเขียนสมการแรงดันได้เป็น

$$\vec{v}_s = R_s \vec{i}_s + \frac{d\vec{\phi}_s}{dt} \quad (4a)$$

$$0 = R_r \vec{i}_r + \frac{d\vec{\phi}_r}{dt} - j\omega_r \vec{\phi}_r \quad (4b)$$

และสมการฟลักซ์สามารถเขียนได้เป็น

$$\vec{\phi}_s = L_s \vec{i}_s + L_m \vec{i}_r \quad (5a)$$

$$\vec{\phi}_r = L_m \vec{i}_s + L_r \vec{i}_r \quad (5b)$$

จากชุดสมการที่ (4) และ (5) เราสามารถหาแบบจำลองของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับในรูปของตัวแปรสถานะ (State variable) โดยที่มีกระแสสเตเตอร์และฟลักซ์สเตเตอร์เป็นตัวแปรสถานะได้เป็น

**การประยุกต์คณิตศาสตร์ในการสร้างเครื่องกำเนิดโรฝุ่น สำหรับผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ ด้วย
เทคโนโลยีใหม่ของการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์**

$$\frac{d\vec{i}_s}{dt} = \left(-\frac{R_s}{\sigma L_s} - \frac{R_r}{\sigma L_r} + j\omega_r \right) \vec{i}_s + \frac{1}{\sigma L_s} \left(\frac{R_r}{L_r} - j\omega_r \right) \vec{\phi}_s + \frac{1}{\sigma L_s} \vec{v}_s \quad (6a)$$

$$\frac{d\vec{\phi}_s}{dt} = -R_s \vec{i}_s + \vec{v}_s \quad (6b)$$

โดยที่ $\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_s L_r}$ เป็นค่าตัวประกอบการรั่วไหล (Leakage factor)

จากสมการแรงดันและฟลักซ์ของมอเตอร์ในสมการที่ (4) และ (5) เราสามารถเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ได้เป็น

$$\begin{bmatrix} \vec{v}_s \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s & 0 \\ 0 & R_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{i}_s \\ \vec{i}_r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_s & L_m \\ L_m & L_r \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \vec{i}_s \\ \vec{i}_r \end{bmatrix} - j\omega_r \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ L_m & L_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{i}_s \\ \vec{i}_r \end{bmatrix} \quad (7)$$

จากสมการที่ (7) จะเห็นว่า พจน์ที่สามเป็นพจน์ที่เชื่อมโยงระหว่างปริมาณไฟฟ้าและปริมาณกล ดังนั้นเราสามารถหากำลังไฟฟ้าที่จะเปลี่ยนไปเชิงกลได้เป็น

$$\begin{aligned} P_m &= \frac{3}{2} \begin{bmatrix} \vec{i}_s^* & \vec{i}_r^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -j\omega_r L_m & -j\omega_r L_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{i}_s \\ \vec{i}_r \end{bmatrix} \\ &= \frac{3}{2} \frac{P}{2} \omega_{rm} L_m (i_{qs} i_{dr} - i_{ds} i_{qr}) \end{aligned} \quad (8)$$

โดยที่ ω_{rm} คือความเร็วโรเตอร์เชิงกล P คือจำนวนขั้วของมอเตอร์ และ p_m คือกำลังไฟฟ้าที่จะเปลี่ยนไปเชิงกล ดังนั้นแรงบิดที่ได้จากมอเตอร์จะสามารถหาได้เป็น

$$t_d = \frac{3}{2} \frac{P}{2} L_m (i_{qs} i_{dr} - i_{ds} i_{qr}) \quad (9)$$

โดยที่ t_d คือแรงบิดที่ได้จากมอเตอร์ (Developed torque) และจากสมการที่ (5) เราสามารถหาแรงบิดในรูปของกระแสเดเตเตอร์และฟลักซ์สเตเตอร์ได้เป็น

$$t_d = \frac{3}{2} \frac{P}{2} (i_{qs} \phi_{ds} - i_{ds} \phi_{qs}) \quad (10)$$

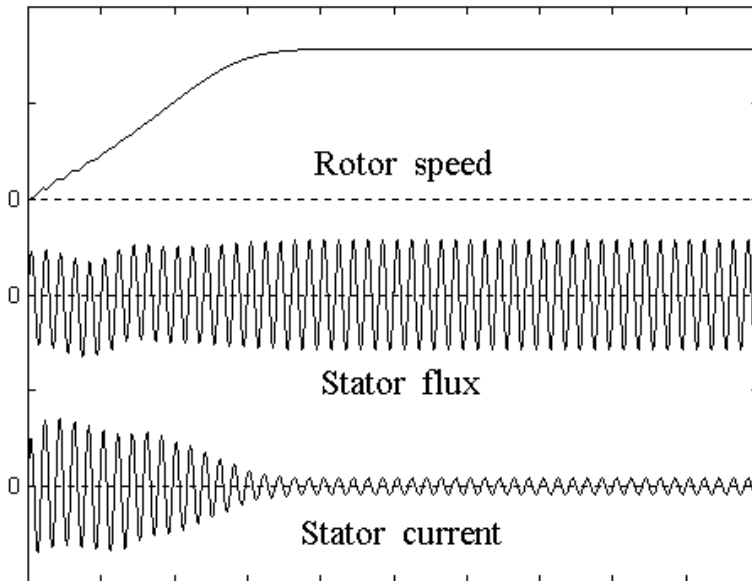
การประยุกต์คณิตศาสตร์ในการสร้างเครื่องกำเนิดโรตอร์ สำหรับผู้ป่วยโรคมะเร็ง ด้วย
เทคโนโลยีใหม่ของการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์

ส่วนแบบจำลองทางกลจะมีสมการเป็น

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{P}{2J}(t_d - t_l) \quad (11)$$

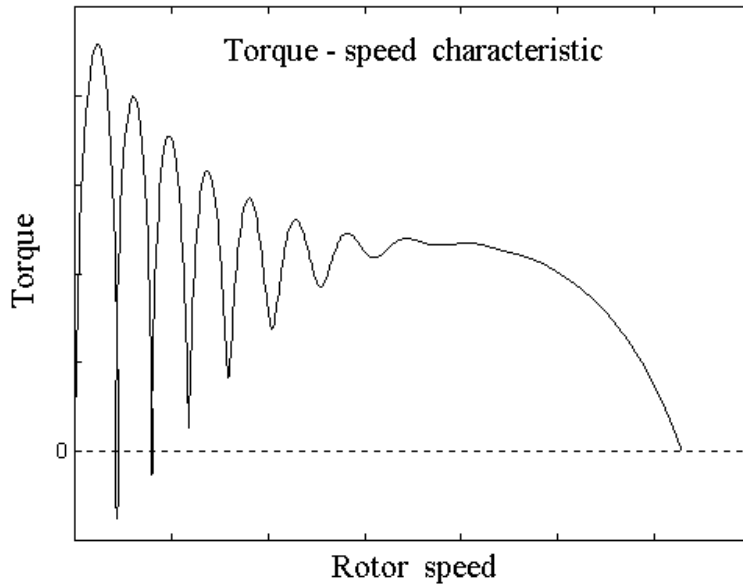
โดยที่ J คือโมเมนต์ความเฉื่อยของมอเตอร์ และ t_l คือแรงบิดของโหลด

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในสมการที่ (6) แรงบิดที่ได้จากมอเตอร์ สมการที่ (10) และแบบจำลองทางกลในสมการที่ (11) เราสามารถจำลองการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำกระแสสลับสามเฟสได้ดังรูปที่ 7 และได้ผลของความสัมพันธ์ของแรงบิดเทียบกับความเร็วดังรูปที่ 8



รูปที่ 7 แสดงผลการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำกระแสสลับสามเฟส ที่ได้จากการจำลองทางคณิตศาสตร์

การประยุกต์คณิตศาสตร์ในการสร้างเครื่องกำจัดไรฝุ่น สำหรับผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ ด้วย
เทคโนโลยีใหม่ของการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์



รูปที่ 8 แสดงผลของแรงบิดเมื่อเทียบกับความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
กระแสสลับ ที่ได้จากการจำลองทางคณิตศาสตร์

จากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าขณะที่มอเตอร์เริ่มหมุนกระแสเตเตอร์จะมีค่าสูงกว่า กระแสปกติมาก ดังนั้นการเปิด/ปิดคอมเพรสเซอร์หรือมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับ สามเฟสบ่อยๆ นอกจากจะทำให้อายุการทำงานของคอมเพรสเซอร์สั้นลงแล้ว ยังทำให้สิ้นเปลืองพลังงานอีกด้วย จากรูปที่ 8 แสดงผลของแรงบิดตั้งแต่การเริ่มเดินเครื่อง จนกระทั่งถึงจุดทำงาน ซึ่งเราสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วงคือ ช่วงที่ไม่มี เสถียรภาพซึ่งอยู่ทางด้านซ้าย และช่วงที่มีเสถียรภาพซึ่งเป็นทางด้านขวา ดังนั้นเมื่อมีโหลดเพิ่มขึ้นความเร็วของมอเตอร์ก็จะตก แต่ถ้ามีการเพิ่มโหลดมากเกินไปก็จะทำให้มอเตอร์ขาดเสถียรภาพ และไม่สามารถหมุนออกตัวได้ เนื่องจากแรงบิดที่ได้จากมอเตอร์ไม่พอที่จะจ่ายให้โหลด

ในการลดความชื้นสัมพัทธ์มอเตอร์ที่เป็นตัวขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์จะถูกควบคุม ความเร็วรอบให้ปรับเปลี่ยนเพื่อปรับอัตราการไหลของสารทำความเย็นไปตาม สภาวะความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง

การประยุกต์คณิตศาสตร์ในการสร้างเครื่องกำจัดไรฝุ่น สำหรับผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ ด้วย
เทคโนโลยีใหม่ของการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์



สรุป ด้วยการประยุกต์ทางคณิตศาสตร์ทำให้เกิดเป็นนวัตกรรมใหม่ที่ได้ผลผลิตเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์แล้วของเครื่องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในการกำจัดไรฝุ่น ที่เป็นการกำจัดที่ต้นเหตุของโรคภูมิแพ้ เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถหายจากโรค โดยเป็นทางเลือกนอกจากการรักษาทางยาที่เป็นการแก้ที่ปลายเหตุ นอกจากนี้ห้องที่ติดตั้งเครื่องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์นี้ ยังจะควบคุมสภาพห้องให้เป็นห้องปลอดเชื้อโรคที่สามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียไวรัส และเชื้อราได้ รวมทั้งเพิ่มความสบายให้กับคนที่อยู่ในห้องนั้นอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. Anthony V. Arundel, Elia M. Sterling, Judith H. Biggin, and Theodor D. Sterling, *Indirect Health Effects of Relative Humidity in Indoor Environments*, Environmental Health Perspectives, Vol.65, pp.351-361, 1986
2. Larry G. Arlian, Jacqueline S. Neal, Marjoria S. Morgan, Diann L. Vyszynski-Moher, Christine M. Rapp, Andrea K. Alexander, *Reducing relative humidity is a practical way to control dust mites and their allergens in homes in temperate climates*, J ALLERGY CLIN IMMUNOL, Vol. 107, No.1, 2000
3. Bose, Bimal K., *Modern power electronics and AC drive*, Prentice Hall PTR, 2002
4. Matthew J. Colloff, *DUST MITES*, CSIRO PUBLISHING, 2009
5. <http://www.tmd.go.th>