

การออกแบบรูปร่างปีกสำหรับหุ่นยนต์บินขนาดเล็กในการบินแบบลอยตัว

Wing Designs for a small flying robot in hovering

¹เมษันท์ ธรรมวิชัย และ ²วิวัฒน์ ศรีเพียรพล

¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า กองวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและโยธา กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

²สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail: ¹mason@rtaf.mi.th, ²ro.witthawin@gmail.com

Received: October 17,2018

Revised: November 11,2018

Accepted: November 27,2018

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีหุ่นยนต์บินขนาดเล็กได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากสามารถนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย อาทิ การปฏิบัติการกู้ภัยในสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในเรื่องของการออกแบบปีกและท่าทางการบินของหุ่นยนต์บินขนาดเล็กแบบปีกกระพือเพื่อการบินแบบลอยตัว ทั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบปีกจำนวน 3 รูปแบบ โดยแต่ละแบบสร้างจากวัสดุ 2 ชนิด ได้แก่ ฝ้ายรมและแผ่นพลาสติกใส สำหรับท่าทางการบินผู้วิจัยได้เลือกใช้การเลียนแบบท่าทางการบินแบบ Clap-and-Fling ที่มีลักษณะการกระพือปีกแบบตบเข้าหากัน ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยวัดค่าแรงยกจากอุปกรณ์วัดแรงกดหรือโหลดเซลล์ ทำการประมวลผลด้วยบอร์ดไมโคร โปรเซสเซอร์ Arduino ผลการทดลองสรุปได้ว่า ในกรณีที่ปีกบนเป็นฝ้ายรม ปีกล่างทำจากพลาสติกใส และหุ่นยนต์บินมีมุมปะทะที่ 75 องศา สามารถสร้างแรงยกเฉลี่ยได้สูงสุดเท่ากับ 9.047 กรัม โดยจะเห็นได้ว่าค่าแรงยกเฉลี่ยที่ได้มีค่าเป็นบวก ซึ่งหมายความว่ากลไกการบินที่สร้างขึ้นสามารถรักษาการบินอยู่บนอากาศได้

คำสำคัญ : หุ่นยนต์บินแบบปีกกระพือ, ไมโครยูเอวี, การกระพือปีกแบบตบเข้าหากัน

ABSTRACT

Micro Aerial Vehicle (MAV) technology is currently interesting since it can be applied extensively such as hazardous to mankind environment. Therefore, we are interested in the study of the MAV wing designs and the flapping mechanisms. Specifically, three wings has been designed using cloth fabric and a plastic sheet. The Clap-and-Fling, imitating an insect flight mechanism, is chosen as a main flapping mechanism. The average lift force is measured and processed using load cell and Arduino board, respectively. The results show that the wings in which the upper part are made of cloth fabrics and the lower part are made of plastic sheets with the angle of attack at 75 degree produce the best average lift force equals to 9.047 grams. Since the average lift is greater than zero, the designed mechanism is able to float in the air.

KEYWORDS : Flapping wing robot, Micro UAV, Clap-and-Fling

1. บทนำ

ความเข้มแข็งทางด้านการทหารทั้งด้านบุคลากรที่มีประสิทธิภาพและเครื่องมือที่ทันสมัยมีความสำคัญต่อความมั่นคงและความผาสุกของคนในประเทศชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านการรบ การตรวจลาดตระเวน การรักษาความเรียบร้อย การหาข้อมูล การสอดแนมและการติดตามผลการดำเนินงาน โดยในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมา เทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์จำนวนมากได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งในการสำรวจของทหาร การกู้ภัย รวมไปถึงการพัฒนายุทธวิธีในการป้องกันประเทศ

ซึ่งเทคโนโลยีหุ่นยนต์บินขนาดเล็ก หรือ Micro Aerial Vehicles (MAV) ได้รับความนิยมอย่างมากในขณะนี้ เนื่องจากสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในยุทธวิธีในการรบแบบใหม่ รวมไปถึงการปฏิบัติการกิจในสภาพแวดล้อมที่อันตรายต่อมนุษย์ เช่น การค้นหาและช่วยเหลือในเหตุการณ์ตึกถล่ม การสำรวจเมื่อเกิดเหตุการณ์ระเบิด หรือการรั่วของสารพิษ เป็นต้น ถึงแม้ว่าโดยส่วนใหญ่งานวิจัยในเรื่องนี้จะมุ่งเน้นไปที่หุ่นยนต์บินขนาดเล็กแบบปีกตรึง (Fixed Wings) หรือแบบปีกหมุน (Rotary Wings) แต่หุ่นยนต์บินแบบปีกกระพือ (Flapping Wings) สามารถเคลื่อนที่ได้คล่องแคล่วกว่า ก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง การเคลื่อนที่ในสถานที่แคบ ๆ ดังแสดงให้เห็นในสัตว์จำพวกแมลงที่บินได้ อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีหุ่นยนต์บินแบบปีกกระพือยังคงห่างไกลจากความเป็นจริงที่จะออกแบบหุ่นยนต์ให้มีความสามารถในการบินได้แบบนกหรือแมลง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาในเรื่องนี้ เพื่อเป็นงานวิจัยต้นแบบในการออกแบบหุ่นยนต์บินขนาดเล็กแบบปีกกระพือให้กับกองทัพอากาศ เพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับการกิจทางด้านการทหารต่อไป นอกจากนี้ เพื่อให้การทำงานของหุ่นยนต์แบบปีกกระพือมีประสิทธิภาพมากที่สุด จำเป็นต้องมีการศึกษาทางด้านอากาศพลศาสตร์ของการบิน ซึ่งการออกแบบรูปร่างปีกสำหรับหุ่นยนต์บินขนาดเล็กที่เหมาะสมจะส่งผลให้การบินแบบลอยตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ การออกแบบหุ่นยนต์บินแบบปีก

กระพือในการบินแบบลอยตัวเป็นหนึ่งในความท้าทายของศาสตร์ทางด้านวิศวกรรม โดยในธรรมชาติแล้ว นกที่สามารถเป็นแบบอย่างในการออกแบบการบินประเภทบินแบบลอยตัวได้เป็นอย่างดี ก็ือนกฮัมมิงเบิร์ด (Hummingbird) ซึ่งนกชนิดนี้มีความสามารถที่จะบินลอยตัวอยู่ในอากาศได้นานและมีประสิทธิภาพปัจจัยที่ทำให้ให้นกชนิดนี้สามารถบินลอยตัวได้นั้นคือ การกระพือปีกด้วยความเร็วสูง จึงทำให้สามารถที่จะบินลอยตัวได้เป็นเวลานาน ส่วนการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือบินถอยหลังก็จะทำได้โดยการเปลี่ยนทิศทางการกระพือของปีก โดยส่วนหางนั้นมีส่วนช่วยในการลดค่า Wake ของการบินเคลื่อนที่ไปข้างหน้า แต่ยังไม่ทราบได้ว่าถ้าเป็นการบินแบบลอยตัวกับที่ หางจะส่งผลกระทบต่อการบินได้อย่างไร โดยส่วนใหญ่แล้วการควบคุมปีกหรือควบคุมทิศทางของหางนั้นจะใช้มอเตอร์เป็นตัวเปลี่ยนทิศทาง แต่ถ้าหุ่นยนต์มีขนาดเล็กลงอาจต้องใช้วัสดุอื่นที่สามารถรับแรงดันไฟฟ้าแล้วเกิดการเปลี่ยนรูปร่างให้ส่วนปลายหางเกิดการเปลี่ยนทิศทางได้ อย่างไรก็ตามรูปร่างของปีกและท่าทางการบินของนกหรือแมลงแต่ละชนิดตามธรรมชาติที่มีความหลากหลายล้วนส่งผลต่อขีดความสามารถในการบิน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาว่าปีกลักษณะใดมีความเหมาะสมสำหรับนำมาเป็นต้นแบบในการสร้างหุ่นยนต์บินขนาดเล็กเพื่อให้มีความสามารถในการบินแบบลอยตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อออกแบบและสร้างปีกสำหรับหุ่นยนต์บินขนาดเล็กให้เหมาะสมกับการบินแบบลอยตัวโดยมีความยาวปีกขนาดไม่เกิน 15 cm

2.2 สร้างกลไกต้นแบบการกระพือปีกสำหรับหุ่นยนต์บินขนาดเล็กที่เหมาะสมกับการบินแบบลอยตัว

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น ทั้งในงานวิจัยและสื่อทางด้านวิชาการพบว่าลักษณะการบินของนกและแมลงถูกนำมาศึกษาเพื่อสร้างต้นแบบการบินสำหรับหุ่นยนต์

บินแบบปีกกระพือ เนื่องจากการบินที่มีประสิทธิภาพ และสามารถทำความเร็วได้สูง คณะวิจัยได้ทำการสรุป ลักษณะการบินเบื้องต้นของนกและแมลง ดังต่อไปนี้

3.1 ลักษณะการบินของนกและแมลง

โดยทั่วไปของการบินของนกและแมลงสามารถ จำแนกการบินได้เป็นดังนี้

3.1.1 การร่อน (Gliding) มีลักษณะคล้ายกับการบินของเครื่องบิน นกจะทำการกางปีกเพื่อให้อากาศเกิดการปะทะที่ได้ปีกสร้างแรงยกขึ้นมา

3.1.2 การทะยาน (Soaring) มีลักษณะคล้ายกับการร่อน (Gliding) แต่จะใช้อากาศร่อนซึ่งจะลอยจากที่ต่ำไปยังที่สูงกว่า ยกตัวให้ลอยขึ้นไปได้

3.1.3 การบินแบบปีกกระพือ (Flapping) มีการใช้ปีกเป็นตัวช่วยสร้างแรงลอยตัว สามารถจำแนกการบินแบบนี้เป็น 2 แบบ ดังต่อไปนี้

3.1.3.1 Hovering การลอยตัวอยู่กับที่โดยสร้างแรงลอยตัวให้มีค่าเท่ากับน้ำหนักตัว

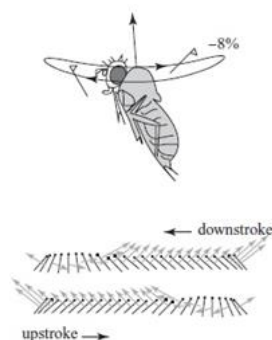
3.1.3.2 Forward Flight ลักษณะจะคล้ายกับวิธีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของเฮลิคอปเตอร์ คือจะเปลี่ยนเส้นแนวแรงลอยตัวซึ่งปกติจะตั้งฉากกับตัวนกเสมอไปเป็นแนวแรงใหม่ที่ทำมุมกับแนวแรงเดิม แล้วเปลี่ยนจากแรงลอยตัวกลายเป็นแรงขับ โดยทั้งนกและแมลงจะแบ่งช่วงการบินเป็น 2 ช่วงคือ Upstroke เป็นช่วงการบินที่ขึ้นหรือแมลงกำลังทำการยกปีกขึ้น และ Down stroke เป็นช่วงการบินที่ลงหรือแมลงกำลังทำการกดปีกลง เพื่อสร้างแรงลอยตัวที่บริเวณใต้ปีก แต่ในนกหรือแมลงที่สามารถบินลอยตัวได้จะเพิ่มช่วงการบินไปอีก 2 ช่วงคือ Forward Stroke และ Backward Stroke

3.2 ปัจจัยที่ช่วยเสริมแรงลอยตัว

ในการบินแบบปีกกระพือมีปัจจัยที่ช่วยเสริมแรงลอยตัวให้แก่หุ่นยนต์ชนิดปีกกระพือ 5 ปัจจัยหลัก ได้แก่

3.2.1 Delayed Stall เป็นการชะลอเวลาในการร่วงหล่น (Stall) ของหุ่นยนต์แบบปีกกระพือ ในจังหวะที่จะเกิด การร่วงหล่น ถ้าสามารถทำให้ชะลอเวลาในการร่วงได้ หุ่นยนต์จะสามารถลอยตัวค้างอยู่กลางอากาศได้ในสภาวะจะเกิดลมหมุนวนบริเวณด้านหน้าปีก (Leading Edge Vortex)

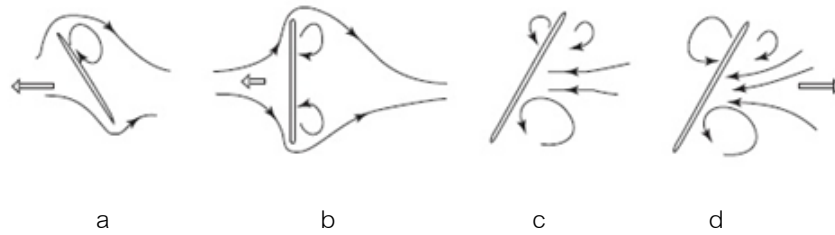
3.2.2 Rapid Pitch-up ถ้าสังเกตการบินแบบลอยอยู่หนึ่งกับที่ทั้งนกฮัมมิงเบิร์ดและแมลง ปีกจะกระพือไปข้างหน้าและหลัง จากที่ปกติจะกระพือขึ้นและลง นอกจากนี้จะต้องมีการหมุนปีกไปด้วยอัตราเร็วของการหมุนปีกต้องสัมพันธ์กับการกระพือปีก หัวข้อนี้มีความสัมพันธ์กับหัวข้อถัดไปเรื่อง Wake Capture รูปที่ 1 แสดงถึงรูปแบบการกระพือปีกของแมลงวัน โดยมีการหมุนปีกไปด้วย



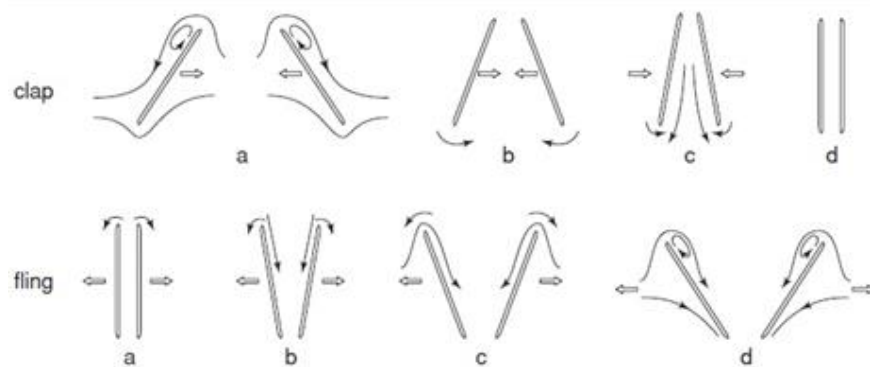
รูปที่ 1 การกระพือปีกที่มีการหมุนปีกของแมลงวัน

3.2.3 Wake Capture ตามปกติแล้วในการบินของเครื่องบินหรือการเคลื่อนที่ของรถยนต์ พื้นที่ Wake หรือพื้นที่เก็บอากาศเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดแรงต้าน (Drag Force) แก่เครื่องบินและรถยนต์ ทำให้แรงขับเคลื่อนลดลง แต่สำหรับการบินแบบเฮลิคอปเตอร์ นก และแมลง พื้นที่เก็บอากาศเป็นสิ่งที่จำเป็น การเก็บอากาศจะช่วยทำให้มีแรงกดของอากาศที่สามารถสร้างแรงลอยตัวให้แก่กนกหรือแมลง ยิ่งสามารถกักเก็บอากาศได้มาก แรงลอยตัวจะมีค่ามากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นการแสดงถึงการเคลื่อนที่ของปีกเพื่อที่จะกักเก็บอากาศให้ได้มากที่สุด

3.2.4 Clap-and-Fling เป็นกลไกการกระพือปีกรูปแบบหนึ่งคิดค้นโดย Weis-Fogh เป็นกลไกที่ปีกแต่ละข้างมาดบเข้าหากันแล้วแยกออก การดบเข้าหากัน เพื่อที่จะสร้างแรงขับเคลื่อนให้มากขึ้นและในจังหวะที่แยกออกจะช่วยเสริมการกักเก็บอากาศให้มากขึ้นเพื่อใช้อากาศนั้นการสร้างการแรงขับในจังหวะที่ดบปีกเข้าหากัน รูปที่ 3 คือกระบวนการ Clap-and-Fling โดย Clap คือจังหวะที่ปีกทั้งสองปีกดบเข้าหากันและ Fling คือจังหวะที่ปีกแยกออกจากกัน

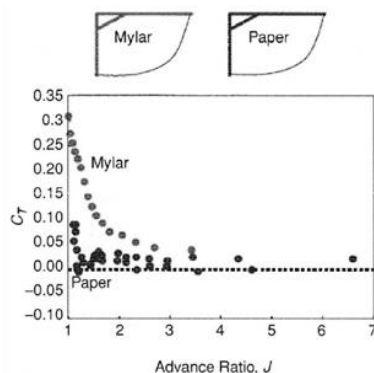


รูปที่ 2 วิธีการกักเก็บอากาศเมื่อกระพือปีกในแต่ละช่วงเวลา (a) เป็นจังหวะที่ปีกทำการกระพือขึ้น โดยที่เอียงปีกทำมุม (b) เป็นจังหวะที่ปีกเคลื่อนที่ถึงบนสุดแล้วทำการเอียงปีกกลับมาตั้งฉากเพื่อสร้างพื้นที่การกักเก็บอากาศ (c) เป็นจังหวะที่เริ่มการกระพือปีกลง ทำการเอียงปีกเป็นมุมเพื่อกักเก็บพื้นที่ที่กักเก็บอากาศ (d) เป็นจังหวะที่ปีกกระพือลงจะทำการกักเก็บอากาศนั้นเป็นแรงขับเคลื่อน



รูปที่ 3 กระบวนการกระพือปีกแบบ Clap-and-fling

3.2.5 Wing Structural Flexibility ความยืดหยุ่นของปีกมีส่วนที่ส่งผลต่อการสร้างแรงยกตัว ยิ่งปีกมีความยืดหยุ่นสูง แรงลอยตัวก็มีค่าที่สูงขึ้น ในรูปที่ 4 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแรงลอยตัว (C_L) ที่ทำออกมาได้ในวัสดุที่แตกต่างกันสองชนิด โดยที่ไมลาร์ (Mylar) มีความยืดหยุ่นสูงกว่ากระดาษ ค่าประสิทธิภาพของแรงลอยตัวจึงมีค่าสูงกว่า



รูปที่ 4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพแรงลอยตัวของไมลาร์และกระดาษ

ถ้ามองในด้านของการปฏิบัติการ หุ่นยนต์บินขนาดเล็กคล้ายแมลงมีความสามารถในการเคลื่อนตัวได้คล่องแคล่ว บินในแบบลอยตัว และบินในพื้นที่แคบ ๆ ได้ ซึ่งเป็นลักษณะที่พึงประสงค์ในการปฏิบัติการ ทำให้งานวิจัยในยุคปัจจุบัน มุ่งเน้นไปในความพยายามที่จะออกแบบและสร้างหุ่นยนต์บินขนาดเล็กให้มีลักษณะและท่าทางการบินเหมือนกับแมลง ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาด้านอากาศพลศาสตร์ของหุ่นยนต์บินแบบปีกกระพือมากพอสมควร [1][2][3][4][5][6][7][8] แต่งานวิจัยที่สามารถทำให้หุ่นยนต์สามารถบินแบบลอยตัวได้มีอยู่ไม่มากนัก เนื่องจากความยากในการทรงตัวของหุ่นยนต์บินแบบปีกกระพือ และยังเป็นในเรื่องความยากในการผลิตหุ่นยนต์ที่มีขนาดเล็ก ในปี 2009 หุ่นยนต์บินที่ชื่อ Nano Hummingbird[1] ของบริษัท Aerovironment TM เป็นหุ่นยนต์บินตัวเดียวที่มีคุณสมบัติครบถ้วนตามเป้าหมายในเฟสที่สองซึ่งออกโดย DARPA [9] ตัวอย่าง

งานวิจัยใหม่ ๆ เช่น หุ่นยนต์บินสี่ปีกแบบแมลงปอที่ถูกสร้างโดย Techject [2] และ Festo [3] ที่มีความสามารถในการบินแบบลอยตัวในปี ค.ศ. 2012 นอกจากภาคอุตสาหกรรมแล้ว ยังมีหุ่นยนต์ต้นแบบที่มีความสามารถในการบินแบบลอยตัวที่ออกแบบโดยมหาวิทยาลัยต่าง ๆ อีกด้วย เช่น Mentor Project [4] และ DelFly[5] ผลงานวิจัยทั้งสองนี้ถูกใช้เป็นเอกสารอ้างอิงหลักในงานวิจัยชิ้นนี้

4. วิธีดำเนินงานวิจัย

4.1 ศึกษาท่าทางการบินของนกและแมลงชนิดต่าง ๆ

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบปีกของหุ่นยนต์บินขนาดเล็กแบบปีกกระพือจำนวน 4 ปีก โดยกำหนดให้ความยาวตัดขวางของปีกหรือคอर्डปีกมีขนาด 7.5 cm ซึ่งความยาวคอर्डนั้นให้ผลต่อแรงยก ยิ่งความยาวคอर्डมากจะสามารถสร้างแรงยกที่มากขึ้น ดังสมการที่ (1) และอีกตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อการสร้างแรงยกคือความถี่ในการกระพือปีก ยิ่งความถี่มากก็จะสามารถสร้างแรงยกที่มาก ดังสมการที่ (2) [14][15]

$$L(t) = \omega^2(t) \cdot C_L \cdot \frac{\rho}{2} \cdot C_0 \cdot l^3 \cdot \frac{1}{12} \cdot \frac{1-k^3}{1-k} \quad (1)$$

และจาก $\omega = 2\pi f$ จะได้

$$L(t) = (2\pi f)^2 \cdot C_L \cdot \frac{\rho}{2} \cdot C_0 \cdot l^3 \cdot \frac{1}{12} \cdot \frac{1-k^3}{1-k} \quad (2)$$

โดยค่า L คือ แรงลอยตัว (N)

ρ คือ ความหนาแน่นอากาศ (kg/m^3)

C_L คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงยก (N/m^2)

C_0 คือ ค่าความยาวคอर्डปีก (m)

l คือ ค่าความยาวของปีก (m)

k คือ ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่างศูนย์

และหนึ่ง

f คือ ความถี่ในการกระพือปีก (Hz)

m คือ มวล (kg)

g คือ ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

ผู้วิจัยต้องการที่จะสร้างแรงยกให้ได้เท่ากับ 20 g จึงนำมาคำนวณให้อยู่ในรูปของแรงจะได้ว่าถ้าใช้ปีกจำนวนทั้งหมด 4 ปีก จะมีแรงยกเฉลี่ยอยู่ที่ 0.049 N ต่อปีก วาดกราฟเพื่อหาความถี่ที่ใช้ในการกระพือปีก

$$\text{กำหนดให้ } \rho = 1.184 \text{ kg/m}^3$$

$$C_L = 1.2 \text{ N/m}^2$$

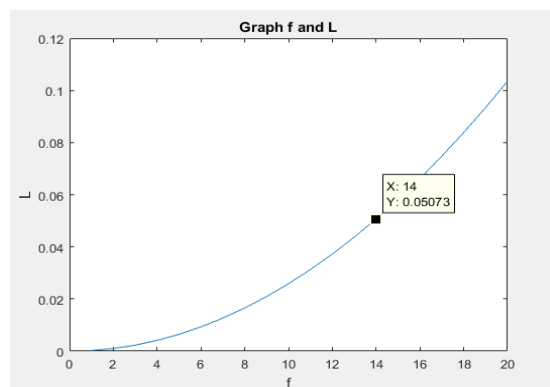
$$C_0 = 0.075 \text{ m}$$

$$l = 0.075 \text{ m}$$

$$k = 0.5$$

แล้วกำหนดให้ f มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 20 Hz

รูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าความถี่ที่สามารถสร้างแรงยกได้ 0.05073 N คือ 14 Hz นั้นหมายความว่าถ้าหุ่นยนต์บินมีความยาวปีกขนาด 0.075 m และมีความยาวของคอर्डเท่ากับ 0.075 m จะต้องมีความถี่ในการกระพือปีกอย่างน้อย 14 Hz จึงจะสามารถสร้างแรงยกได้ตามความต้องการ

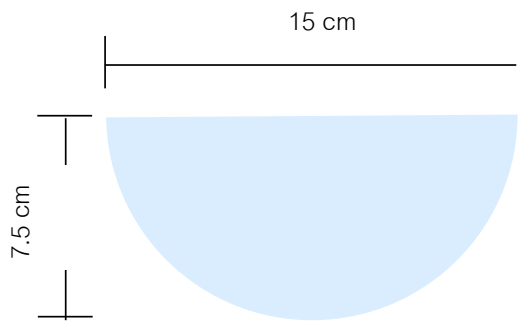


รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงยกกับความถี่

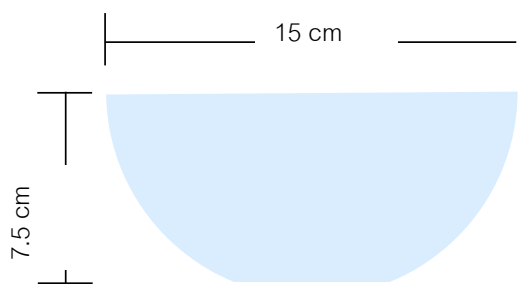
4.2 ออกแบบปีกและท่าทางการบินของหุ่นยนต์บินต้นแบบ

4.2.1 การออกแบบรูปร่างปีก

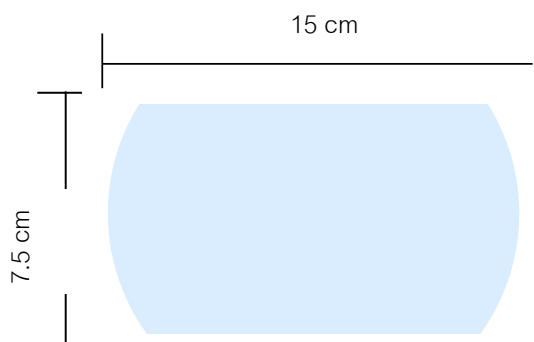
คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบปีกของหุ่นยนต์บินขนาดเล็กแบบปีกกระพือจำนวน 3 รูปแบบ โดยกำหนดให้ความยาวตัดขวางของปีกหรือคอर्डมีขนาด 7.5 cm โดยใช้วัสดุสองชนิดคือแผ่นพลาสติกใสและฟั้มดังแสดงในรูปที่ 6 ถึงรูปที่ 8



รูปที่ 6 ปีกแบบที่ 1



รูปที่ 7 ปีกแบบที่ 2

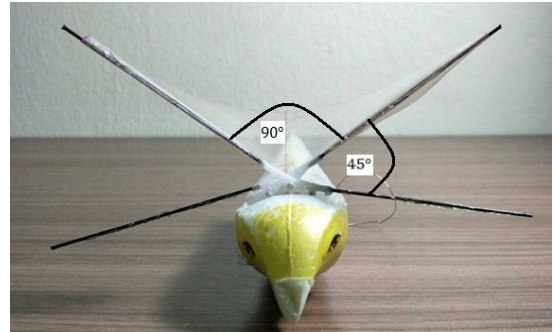


รูปที่ 8 ปีกแบบที่ 3

4.2.2 การออกแบบท่าทางการกระพือปีก

คณะผู้วิจัยได้ใช้ท่าทางการบินแบบปีกตบเข้าหากัน โดยเลียนแบบท่าทางการบินแบบ Clap-and-Fling (รูปที่ 3) ที่คิดค้นโดย Weis-Fogh ซึ่งเป็นกลไกที่ใช้ปีกแต่ละข้างสองปีกมาตบเข้าหากันแล้วแยกออก การตบเข้าหากันเพื่อที่จะสร้างแรงขับเคลื่อนให้มากขึ้นและในจังหวะที่แยกออกจะช่วยเสริมการกักเก็บอากาศให้มากขึ้นเพื่อใช้อากาศนั้นการสร้างแรงขับในจังหวะที่ตบปีกเข้าหากัน รูปที่ 5 คือกระบวนการ Clap-and-Fling โดย Clap คือจังหวะที่ปีกทั้งสองปีกตบเข้าหากัน และ Fling คือจังหวะที่ปีกแยกออกจากกัน โดยผู้วิจัยใช้ปีก

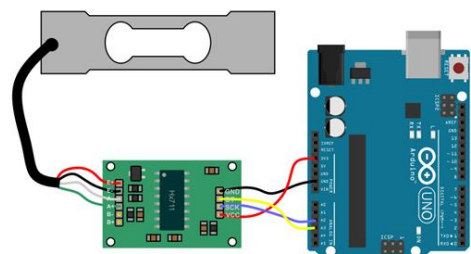
ทั้งหมด 4 ปีก แบ่งเป็น 2 ปีกบน และ 2 ปีกล่าง ตบเข้าหากัน มีมุมที่กระทำระหว่างปีกล่างและปีกบน 45° และมุมระหว่างปีกบนทั้งสองฝั่งอยู่ที่ 90° ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 หุ่นยนต์แบบปีกกระพือตบแบบ

4.3 การออกแบบการทดลอง

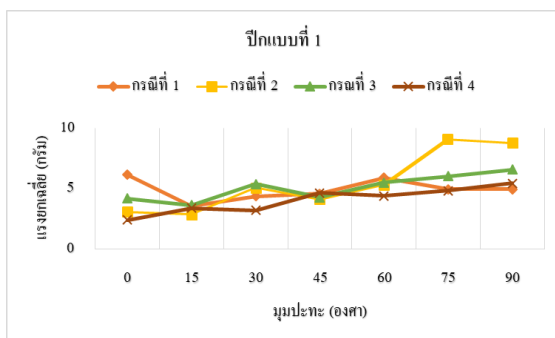
ค่าทางอากาศพลศาสตร์ อาทิ แรงยกหรือแรงขับ สามารถวัดค่าได้โดยใช้โหลดเซลล์ (Load Cell) ซึ่งเป็นเซนเซอร์สำหรับวัดแรงสัมผัสของวัตถุ โดยโหลดเซลล์จะทำการเปลี่ยนค่าของแรงที่กระทำกับตัวโหลดเซลล์มาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าในรูปแบบสัญญาณอนาล็อก ดังนั้นก่อนที่จะสามารถนำสัญญาณที่ได้มาประมวลผลในไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องทำการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยเลือกใช้โมดูล HX711 ซึ่งเป็นโมดูลสำหรับการแปลงสัญญาณแบบ 24 บิต สัญญาณที่ได้จะถูกส่งไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล Arduino สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้บอร์ด arduino UNO รูปที่ 10 แสดงแผนภาพเชื่อมต่อของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



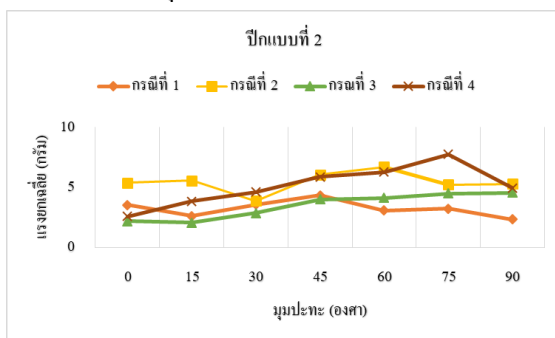
รูปที่ 10 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

5 ผลการทดลอง

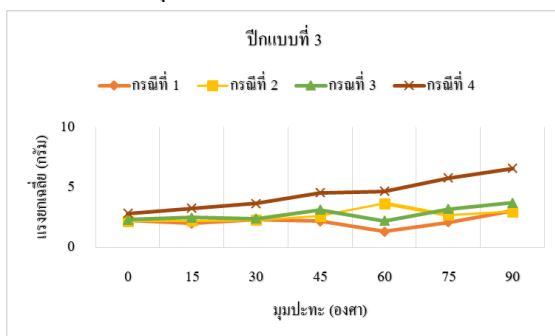
คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บค่าแรงยกที่ได้จากปีกที่ออกแบบตามหัวข้อที่ 4.2.1 จำนวน 3 รูปแบบ ซึ่งทำจากวัสดุที่แตกต่างกัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กรณี ดังนี้ กรณีที่ 1 ปีกทั้งสองทำจากฟ้ำร์ม กรณีที่ 2 ปีกบนทำจากฟ้ำร์ม ปีกล่างทำจากพลาสติกใส กรณีที่ 3 ปีกบนทำจากพลาสติกใส ปีกล่างทำจากฟ้ำร์ม และกรณีที่ 4 ปีกทั้งสองทำจากพลาสติกใส ซึ่งในแต่ละกรณีจะทำการเก็บค่ามุมที่แตกต่างกัน 7 มุม ได้แก่ 0, 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา รูปที่ 11 – 13 แสดงแรงยกเฉลี่ยที่ได้จากการเก็บผลการทดลองในแต่ละกรณี



รูปที่ 11 กราฟแสดงค่าแรงยกเฉลี่ยเทียบกับมุมปะทะของปีกแบบที่ 1



รูปที่ 12 กราฟแสดงค่าแรงยกเฉลี่ยเทียบกับมุมปะทะของปีกแบบที่ 2



รูปที่ 13 กราฟแสดงค่าแรงยกเฉลี่ยเทียบกับมุมปะทะของปีกแบบที่ 3

6 สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าปีกแบบที่ 1 ในกรณีที่ปีกบนเป็นฟ้ำร์มและปีกล่างเป็นพลาสติกใสที่หุ้มยนต์บินทำมุมกับพื้นระนาบ 75 องศา สามารถสร้างแรงยกได้มากที่สุด โดยได้แรงยกเฉลี่ยเท่ากับ 9.04734 กรัม อย่างไรก็ตามพบว่าแรงยกเฉลี่ยที่สามารถสร้างได้นั้นไม่มากพอที่จะทำให้หุ้มยนต์บินทำการบินในอากาศได้นอกจากนี้ยังพบว่าข้อมูลที่ได้เก็บมาในรูปแบบของแรงยกเทียบกับเวลานั้นไม่เพียงพอสำหรับการทำการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างแรงยกเทียบกับเวลาเนื่องจากโมดูล HX711 ที่คณะผู้วิจัยเลือกใช้นั้นมีความถี่ในการส่งข้อมูลเพียง 80 Hz ดังนั้นในอนาคตจึงจำเป็นต้องจะเปลี่ยนโมดูลสำหรับการแปลงสัญญาณอนาล็อกมาเป็นสัญญาณดิจิทัลที่มีขีดความสามารถในการรับ/ส่งข้อมูลได้เร็วมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยต่อๆออกนั้นสามารถทำได้ในหลายหัวข้อ ได้แก่ การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ทำปีกสำหรับหุ้มยนต์บินแบบกระพือให้สามารถสร้างแรงยกได้อย่างมีประสิทธิภาพ การออกแบบกลไกการกระพือปีกที่มีลักษณะคล้ายกับแมลงมากยิ่งขึ้น การศึกษาสมการแรงยกแบบเรียลไทม์ หรือการออกแบบระบบควบคุมให้กับหุ้มยนต์บิน เป็นต้น

7 เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Keennon, K. Klingebiel, and H. Won. (2012). Development of the Nano Hummingbird: A Tailless Flapping Wing Micro Air Vehicle. 50th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition.
- [2] The Robot Dragonfly. Retrieved on 15 September, 2017, from <http://www.techject.com/>
- [3] BionicOpter-Inspired by dragonfly flight. Retrieved on 15 September, 2017, from http://www.festo.com/cms/en_corp/13165.htm

- [4] Zdunich, P., Bilyk, D., MacMaster, M., Loewen, D., DeLaurier, J., Kornbluh, R., Low, T., Stanford, S., and Holeman, D. (2007). Development and testing of the mentor flapping-wing micro air vehicle. *J. Aircraft*, 44(5): 1701–1711.
- [5] Delfly Robot. Retrieved on 15 September, 2017, from www.delfly.nl/home.html.
- [6] Richter, C., Lipson, H. (2011). Untethered hovering flapping flight of a 3D-printed mechanical insect. *Artificial Life*, 17: 73–86.
- [7] Van Breugel, F., Regan, W., and Lipson, H. (2008). From insects to machines: A passively stable, untethered flapping hovering micro-air vehicle. *IEEE Robot. Autom. Mag.*, 15(4): 68–74.
- [8] Ristroph, L., Childress, S. (2014). Stable hovering of a jellyfish-like flying machine. *J. R. Soc. Interface*, 11(92): 20130992. doi:10.1098/rsif.2013.0992.
- [9] Aerovironment. (2009, June 30). AV Achieves Technical Milestone: controlled hovering flight of NAV with two flapping wings. Press Release. Retrieved on 15 September, 2017, from <http://www.avinc.com/downloads/NAVPRLongDARPAV4.doc.pdf>
- [10] Weis-Fogh, T. (1975). Unusual mechanisms for the generation of lift in flying animals. *Scient. Am.*, 233(5): 80–87.
- [11] Dickinson, M. H., Lehmann, F.O., Sane, S.P. (1999). Wing rotation and the aerodynamic basis of insect flight. *Science*, 284(5422): 1954–1960.
- [12] Galinski, C., and Zbikowski, R. (2005). Insect-like flapping wing mechanism based on a double spherical Scotch yoke. *J. R. Soc. Interface*, 2(3): 223–235.
- [13] Nguyen, Q.V., Park, H.C., Goo, N.S., and Byun, D.Y. (2010). Characteristics of a beetle's free flight and a flapping-wing system that mimics beetle flight. *J. Bionic Engineering*, 7(1): 77–86.
- [14] M. Naef. (2009). **Design of a flapping wing mechanism**. Zurich: Swiss Federal Institute of Technology Zurich.
- [15] Linton, J. Oliver. (2007). The physics of flight: II. Flapping wings. *Physics education*, 42(4): 358.