

การทดลองปล่อยอากาศยานไร้คนขับแบบเครื่องบินจากอากาศยานหลายใบพัด Experiment of Releasing the Airplane-type UAV from the Multirotor

อรรณพ เรืองวิเศษ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาธิปไตย แขวงคลองเตย เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร 10140
ติดต่อ: E-mail: annop.rua@kmutt.ac.th, Tel 02-470-9123, Fax 02-470-9111

บทคัดย่อ

การใช้อากาศยานไร้คนขับแบบเครื่องบินมักประสบปัญหาไม่มีพื้นที่ในการวิ่งขึ้นและลง การวิจัยนี้จึงมีแนวคิดแก้ไขปัญหาพื้นที่การวิ่งขึ้นโดยใช้อากาศยานหลายใบพัดนำเครื่องบินขึ้นไปยังความสูงที่กำหนดด้วยการบินขึ้นในแนวดิ่ง จากนั้นปล่อยเครื่องบินออกให้เริ่มบินตามภารกิจ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบลักษณะการเคลื่อนที่ของเครื่องบินเมื่อถูกปล่อยออกจากด้วยสภาวะเริ่มต้น 3 กรณี คือ ขณะที่หัวเครื่องบินทดสอบชี้ขึ้น ชี้น้ำระดับ และชี้ลงล่าง โดยที่ไม่มีการบังคับทั้งจากผู้บังคับและระบบควบคุมอัตโนมัติ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงความสูงและความเร็วสัมพันธ์กับอากาศของทั้ง 3 กรณี มีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามการปล่อยขณะที่หัวเครื่องบินชี้ลงล่างมีการหมุนเอียงตัว การแกว่ง และการไถลด้านข้างน้อยที่สุด

คำหลัก: อากาศยานไร้คนขับ; เครื่องบิน; อากาศยานหลายใบพัด; การบินขึ้น

Abstract

The use of airplane-type unmanned aerial vehicle always faces with a problem of no area for takeoff and landing. This research has the idea to solve the problem of takeoff area by using a multirotor bring the airplane vertically to a decided altitude and then release the airplane to begin the flight mission. This paper aims to compare the movements of the airplane when it was released with 3 cases of the initial condition that is the nose of the test airplane pitch up, horizontal and pitch down without the control neither from pilot nor automatic control system. The test results show that the change of altitude and airspeed of 3 cases have similar rates. Anyway, releasing with the initial condition that the nose of the airplane pitch down has the least rolling, yawing and sideslip.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle; Airplane; Multirotor; Takeoff

1. บทนำ

อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) แบบเครื่องบินมีข้อดีด้านความสามารถในการบินร่อน จึงเหมาะกับการปฏิบัติการภารกิจบินเวลานาน หรือระยะทางยาว แต่มักประสบปัญหาในการนำไปใช้งานจากการขาดพื้นที่ในการบินขึ้นและลง ส่วนอากาศยานไร้คนขับแบบหลายใบพัด (multirotor) มีข้อดีที่สามารถบินขึ้นและลงในแนวดิ่ง จึงไม่มีข้ออุปสรรคด้านพื้นที่ในการบินขึ้นและลง แต่จะใช้พลังงานมากในการบินเปลี่ยนตำแหน่ง

ทำให้ไม่สามารถบินได้เป็นเวลานานเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องบินที่มีน้ำหนักและขนาดใกล้เคียงกัน การวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการแก้ปัญหาด้านพื้นที่ในการบินขึ้นของอากาศยานไร้คนขับแบบเครื่องบิน โดยใช้อากาศยานหลายใบพัดเป็นตัวนำเครื่องบินขึ้นไปยังความสูงที่กำหนดด้วยการบินขึ้นในแนวดิ่ง จากนั้นจึงปล่อยเครื่องบินออกให้เริ่มทำการบินตามภารกิจต่อไป

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาการศึกษาการร่อนและการควบคุมอัตโนมัติของอากาศยานต้นแบบ โดยใช้

AME-05

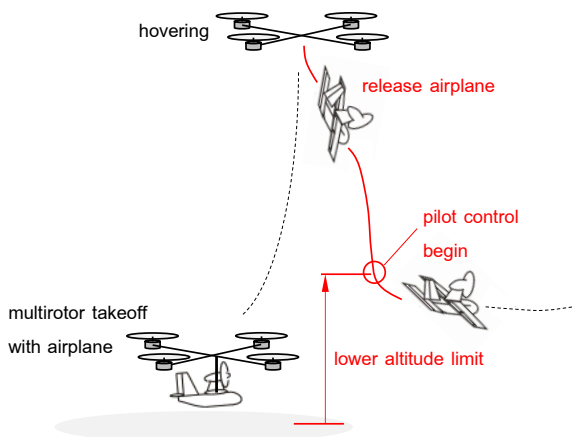
เครื่องบินนำอากาศยานต้นแบบขึ้นบินปล่อยให้ร่อนลงจากความสูงที่กำหนด [1] ซึ่งเป็นการปล่อยในสภาวะที่หัวของอากาศยานต้นแบบชี้ไปในแนวระดับ และโดยใช้บอลลูนแขวนห้อยอากาศยานขึ้นบินปล่อยในสภาวะที่หัวของอากาศยานต้นแบบชี้ลง [2] นอกจากนั้นยังมียานวิจัยที่นำวิธีการใช้บอลลูนนี้ไปใช้ในการปล่อยอากาศยานไร้คนบังคับแบบเครื่องบินให้ทำภารกิจที่ความสูงมากๆ [3] เป็นต้นในงานวิจัยต่างๆ เหล่านี้ การปล่อยในสภาวะแนวระดับหรือแนวตั้งเป็นการกำหนดตามเงื่อนไขวัตถุประสงค์การทดลองอากาศยาน หรือตามเงื่อนไขการปฏิบัติการ

ดังนั้นบทความนี้จะทำการเปรียบเทียบการปล่อยเครื่องบินออกจากอากาศยานหลายใบพัดด้วยสภาวะที่หัวเครื่องบินอยู่ในแนวระดับและแนวตั้ง เพื่อศึกษาลักษณะท่าทางของเครื่องบินขณะปล่อยและสภาวะที่เหมาะสมที่จะทำให้เครื่องบินบินต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพหลังจากปล่อยออกจากอากาศยานหลายใบพัด

2. การทดลอง

วิธีการทดลอง และอุปกรณ์หลักในการทดลองซึ่งประกอบด้วย เครื่องบินทดสอบ อากาศยานหลายใบพัด และระบบควบคุมการบินมีลักษณะพื้นฐานดังต่อไปนี้

2.1 วิธีการทดลอง



รูปที่ 1 เค้าโครงวิธีการทดลองปล่อยเครื่องบิน

วิธีการทดลองมีเค้าโครงดังแสดงในรูปที่ 1 โดยที่เครื่องบินทดสอบถูกยึดไว้อากาศยานหลายใบพัด แล้วให้อากาศยานหลายใบพัดบินขึ้นอัตโนมัติไปบินลอยตัวอยู่กับที่ (hovering) ที่ความสูงที่กำหนดซึ่งมีระยะทางที่สูงเพียงพอสำหรับสังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ของเครื่องบิน

จากนั้นปล่อยเครื่องบินให้หลุดออกจากอากาศยานหลายใบพัดโดยอิสระไม่มีการบังคับเครื่องบินทั้งจากผู้บังคับและระบบควบคุมการบินอัตโนมัติ จนกระทั่งเครื่องบินลงมาถึงขีดจำกัดต่ำสุดของความสูงซึ่งเป็นความสูงที่มีระยะทางเหลือเพียงพอให้ผู้บังคับสามารถบังคับให้เครื่องบินกลับสู่สภาวะการบินปกติได้ ยกเว้นแต่ถ้าหากเครื่องบินเสียการทรงตัวอย่างมากก่อนถึงขีดจำกัดต่ำสุดของความสูง จึงจะให้ผู้บังคับทำการบังคับแก้ไขสภาวะการบินทันทีเพื่อความปลอดภัย

ในการศึกษานี้ทำการทดลองปล่อยเครื่องบินทดสอบที่ความสูง 60 m และใช้เชือกแขวนเครื่องบินทดสอบไว้กับอากาศยานหลายใบพัดดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3 เพื่อทดลองปล่อยขณะสภาวะเริ่มต้นแตกต่างกัน 3 กรณี คือ

- ขณะที่หัวเครื่องบินชี้ขึ้นบน มุมพิทช์ (pitch) เป็นบวก
- ขณะที่หัวเครื่องบินชี้แนวระดับ มุมพิทช์เป็นศูนย์
- ขณะที่หัวเครื่องบินชี้ลงล่าง มุมพิทช์เป็นลบ



รูปที่ 2 อากาศยานหลายใบพัดและเครื่องบินทดสอบ การติดตั้งกรณีการปล่อยสภาวะที่หัวเครื่องบินชี้แนวระดับ



รูปที่ 3 อากาศยานหลายใบพัดและเครื่องบินทดสอบ การติดตั้งกรณีการปล่อยสภาวะที่หัวเครื่องบินชี้ลงล่าง

AME-05

2.2 เครื่องบินทดสอบ

เมื่อเครื่องบินทดสอบถูกปล่อยออกมาแล้วเคลื่อนที่อิสระโดยไม่มีการบังคับอาจจะเสียการทรงตัวได้ ดังนั้น การศึกษาเบื้องต้นครั้งนี้จึงเลือกใช้เครื่องบินทดสอบที่มีอัตราส่วนความกว้างปีกต่อความยาวคอร์ด (aspect ratio) สูง ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีเสถียรภาพในการบินและมีสมรรถนะการร่อนดี ยิ่งกว่านั้นเพื่อลดอันตรายและความเสียหายในการตกหรือชนถ้าหากนักบินไม่สามารถบังคับให้เครื่องบินกลับสู่สภาวะที่ทรงตัวได้ จึงเลือกใช้เครื่องบินทดสอบแบบใบพัดหลัง (pusher) ดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3 ลักษณะพื้นฐานของเครื่องบินทดสอบแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะพื้นฐานของเครื่องบินทดสอบ

specification	
wing span	1.37 m
wing aspect ratio	7.8
total length	0.92 m
total weight (included battery and automatic control system)	0.9 kg

2.3 อากาศยานหลายใบพัด

อากาศยานหลายใบพัดที่ใช้ในการทดลองจะต้องบรรทุกน้ำหนักเพิ่มเติม (payload) ได้เพียงพอที่จะนำเครื่องบินทดสอบขึ้นไปยังความสูงที่กำหนด และเนื่องจากเครื่องบินทดสอบจะถูกแขวนห้อยกับอากาศยานหลายใบพัดด้วยเชือกเพื่อให้สามารถปล่อยออกมาได้โดยไม่มีแรงจากกลไกการปล่อยมากระทำ ทำให้ระหว่างถูกนำลอยขึ้นไปเครื่องบินทดสอบจะส่ายไปมาด้วยลม อากาศยานหลายใบพัดที่เลือกใช้จึงจะต้องมีเสถียรภาพในการบินอย่างดี การทดลองนี้เลือกใช้อากาศยานหลายใบพัดแบบ 6 ใบพัด ซึ่งมีลักษณะพื้นฐานดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะพื้นฐานของอากาศยานหลายใบพัด

specification	
number of rotors	6
body diameter	0.7 m
propeller (diameter x pitch)	12" x 3.8"
total weight (included battery and automatic control system)	2.8 kg

2.4 ระบบควบคุมการบิน

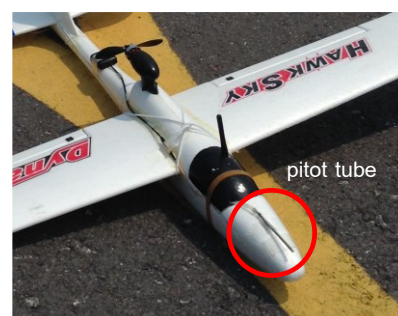
ระบบควบคุมการบินในการศึกษานี้ใช้ Ardupilot Mega 2.5 [4] ดังรูปที่ 4 ซึ่งเป็นชุดอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยเซนเซอร์ต่างๆ และหน่วยประมวลผลที่สามารถปรับแต่งค่าตัวแปรของการควบคุมให้เหมาะสมสำหรับการบินอัตโนมัติของอากาศยานแบบต่างๆ ได้



รูปที่ 4 ระบบควบคุมการบิน (Ardupilot Mega 2.5)

ก่อนการทดลองนี้ ระบบควบคุมการบินอัตโนมัติของอากาศยานหลายใบพัดได้ถูกปรับแต่งค่าตัวแปรให้เหมาะสม เพื่อใช้ในการบินขึ้น การบินลอยตัวอยู่กับที่ และการบินลง

ส่วนเครื่องบินทดสอบนั้น ระบบควบคุมการบินใช้ในการวัดและบันทึกข้อมูลสภาวะการบินเท่านั้น การปรับแต่ง (trim) การบินให้มีเสถียรภาพก่อนการทดลอง และการบังคับทำโดยผู้บังคับโดยตรง นอกจากนี้ได้ติดตั้ง pitot tube ที่บริเวณหัวเครื่องบินดังรูปที่ 5 เพื่อใช้วัดความเร็วของเครื่องบินสัมพันธ์กับอากาศ (airspeed)



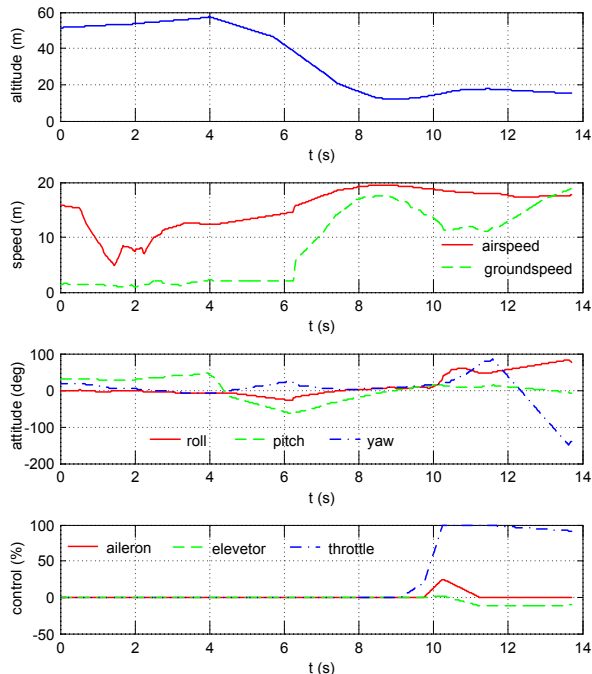
รูปที่ 5 การติดตั้ง pitot tube ที่เครื่องบินทดสอบ

3. ผลการทดลอง

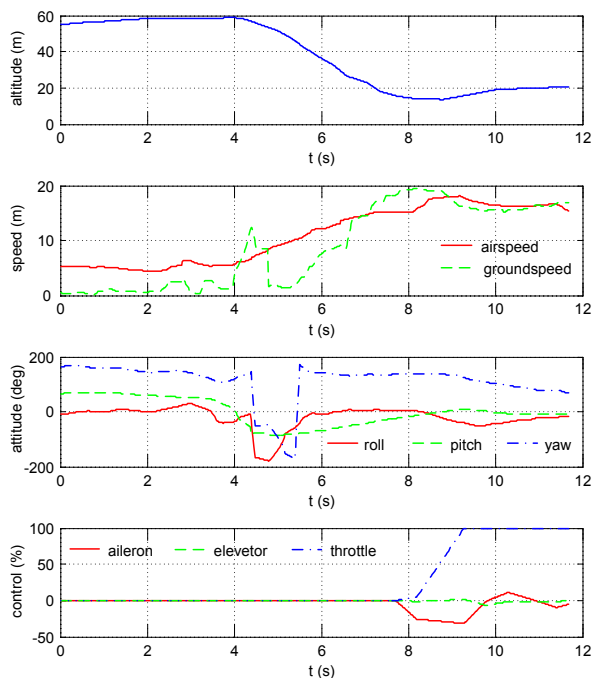
ตั้งแต่เครื่องบินทดสอบถูกนำขึ้นด้วยอากาศยานหลายใบพัด จากนั้นปล่อยออกอิสระ จนกระทั่งผู้บังคับเริ่มการบังคับแล้วลงจอด ข้อมูลสภาวะการบินจะถูกบันทึกไว้

AME-05

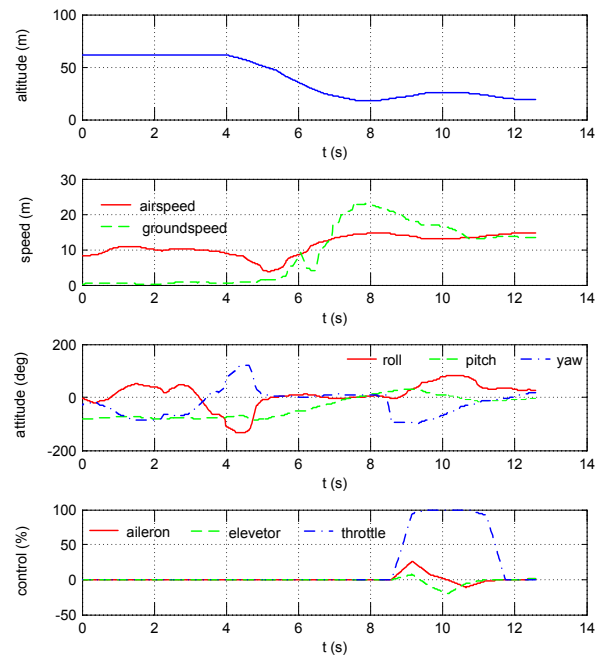
ตลอดเวลา แต่เพื่อให้เปรียบเทียบข้อมูลส่วนที่ต้องการศึกษาได้ชัดเจน ในหัวข้อนี้จึงตัดเฉพาะข้อมูลช่วงระหว่างการปล่อยออกอิสระจนผู้บังคับเริ่มการบังคับนำมาแสดง ดังรูปที่ 6 – รูปที่ 8



รูปที่ 6 สภาวะการเคลื่อนที่ของเครื่องบินทดสอบ กรณีศึกษาที่ 1 ปล่อยขณะที่หัวเครื่องบินชี้ขึ้นบน

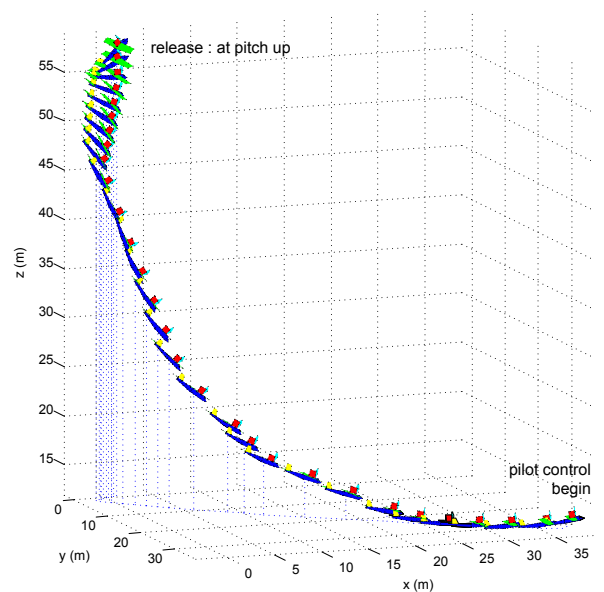


รูปที่ 7 สภาวะการเคลื่อนที่ของเครื่องบินทดสอบ กรณีศึกษาที่ 2 ปล่อยขณะที่หัวเครื่องบินชี้แนวระดับ



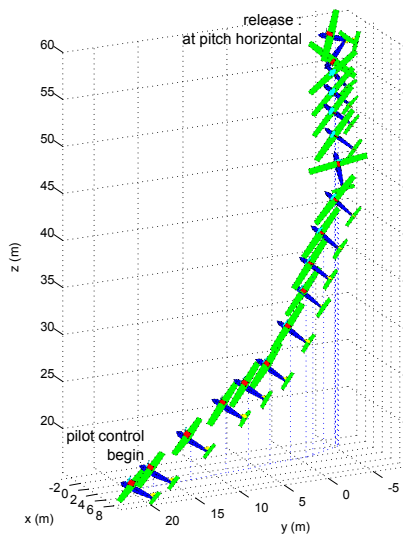
รูปที่ 8 สภาวะการเคลื่อนที่ของเครื่องบินทดสอบ กรณีศึกษาที่ 3 ปล่อยขณะที่หัวเครื่องบินชี้ลงล่าง

ซึ่งในรูปที่ 6 – รูปที่ 8 นั้นเริ่มการปล่อยเครื่องบินทดสอบขณะควบคุมอากาศยานหลายใบพัดให้บินลอยตัวอยู่กับที่ ณ ความสูง 60 m ที่เวลา $t = 4$ s จากนั้นเครื่องบินจะเคลื่อนที่อิสระโดยไม่มีการบังคับแพนหางและคันเร่ง ส่วนรูปที่ 9 – รูปที่ 11 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่และลักษณะการเอียงตัวของเครื่องบินทดสอบในช่วงตั้งแต่ถูกปล่อยจากอากาศยานหลายใบพัดจนกระทั่งผู้บังคับเริ่มการบังคับ

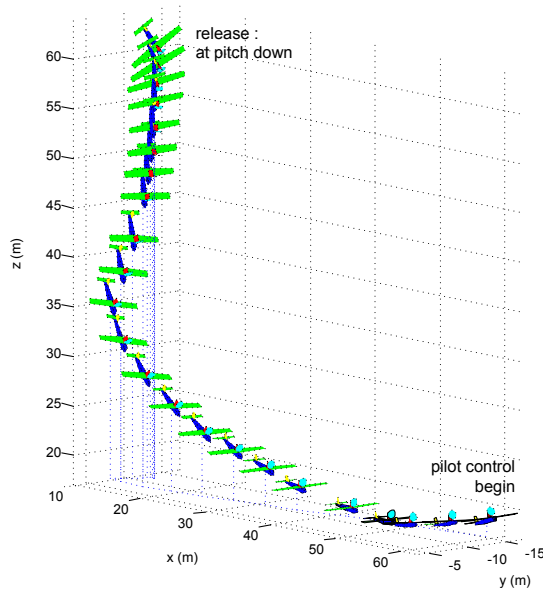


รูปที่ 9 เส้นทางการเคลื่อนที่ของเครื่องบินทดสอบ กรณีศึกษาที่ 1 ปล่อยขณะที่หัวเครื่องบินชี้ขึ้นบน

AME-05

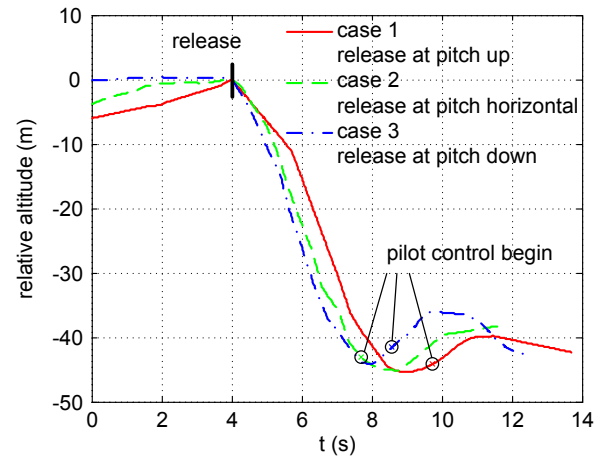


รูปที่ 10 เส้นทางเคลื่อนที่ของเครื่องบินทดสอบกรณีศึกษาที่ 2 ปล่อยขณะที่หัวเครื่องบินชี้แนวระดับ



รูปที่ 11 เส้นทางเคลื่อนที่ของเครื่องบินทดสอบกรณีศึกษาที่ 3 ปล่อยขณะที่หัวเครื่องบินชี้ลงล่าง

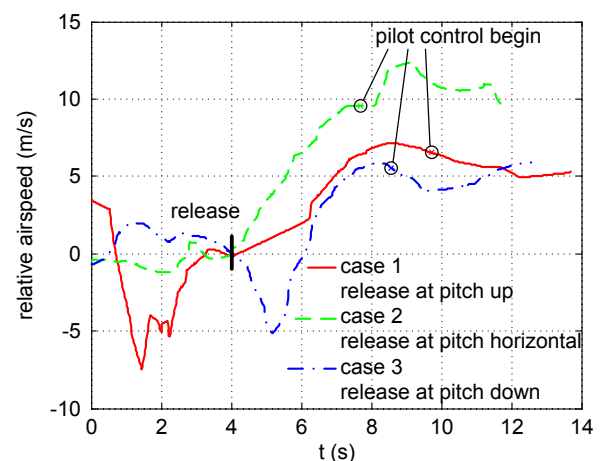
จากนั้นเนื่องจากเงื่อนไขในการเริ่มการบังคับการบินคือไม่ให้เครื่องบินเคลื่อนที่ลงต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดของความสูงที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงนำการเปลี่ยนแปลงความสูงแต่ละกรณีศึกษามาเปรียบเทียบกันโดยพิจารณาความสูงสัมพัทธ์เทียบกับความสูงขณะปล่อยดังแสดงในรูปที่ 12 ซึ่งจากรูปนี้จะเห็นได้ว่าทั้ง 3 กรณีมีลักษณะความชันของกราฟใกล้เคียงกัน แสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงความสูงที่ใกล้เคียงกัน



รูปที่ 12 ความสูงสัมพัทธ์เทียบกับความสูงขณะปล่อย

นอกจากนี้แล้วแรงยกจากปีกและการบังคับแพนหางของเครื่องบินจะมีผลตอบสนองก็ต่อเมื่อมีอากาศไหลผ่านปีกและแพนหาง ดังนั้นในการพัฒนาต่อไป ความเร็วของเครื่องบินสัมพัทธ์กับอากาศจึงจะเป็นตัวแปรหนึ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบระบบควบคุมการบินอัตโนมัติที่จะปรับสภาวะการบินหลังถูกปล่อยให้เข้าสู่เส้นทางการบินที่ต้องการ

ในการทดลองนี้เมื่อนำความเร็วสัมพัทธ์กับอากาศของเครื่องบินทดสอบเทียบกับสภาวะขณะปล่อยมาเขียนเป็นกราฟแต่ละกรณีเปรียบเทียบกันจะได้ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 ความเร็วสัมพัทธ์กับอากาศเทียบกับสภาวะขณะปล่อย

ซึ่งจากรูปที่ 13 ความเร็วสัมพัทธ์กับอากาศของการปล่อยเครื่องบินทดสอบกรณีศึกษาที่ 3 มีการลดลงช่วงหนึ่งหลังจากปล่อย อาจจะมีสาเหตุจากความเร็วของอากาศจากใบพัดของอากาศยานหลายใบพัด ส่วนการที่กรณีศึกษาที่ 2

AME-05

มีความเร็วสัมพัทธ์กับอากาศเทียบกับสภาวะขณะปล่อยสูงกว่ากรณีอื่นๆ นั้น เมื่อพิจารณาการเอียงตัวและเส้นทางการบินของกรณีนี้ในรูปที่ 10 เครื่องบินทดสอบมีการหมุนและการไถลด้านข้าง (sideslip) มากกว่ากรณีอื่น ซึ่งหัวเครื่องบินชี้ไปในแนวใกล้เคียงกับเส้นทางการบิน ดังนั้นจึงอาจส่งผลให้วัดความเร็วอากาศที่ปะทะเครื่องบินทดสอบมีค่าสูงกว่ากรณีอื่น

แต่อย่างไรก็ตามถ้าหากพิจารณาความชันของกราฟแต่ละกรณีแล้ว ความเร็วสัมพัทธ์กับอากาศทั้ง 3 กรณีมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงด้วยอัตราที่ใกล้เคียงกัน

4. สรุปผลและแนวทางวิจัยในอนาคต

จากการทดลองปล่อยเครื่องบินทดสอบจากอากาศยานหลายใบพัดอย่างอิสระโดยไม่มีการบังคับแพนหางและคันเร่ง ด้วยสภาวะเริ่มต้นขณะที่หัวเครื่องบินทดสอบชี้ขึ้นบน ชี้น้ำระดับ และชี้ลงล่าง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า 2 กรณีแรกเครื่องบินทดสอบจะหมุนหัวลงก่อน แล้วหลังจากนั้นจะเคลื่อนที่ลดความสูงลง และมีความเร็วสัมพัทธ์กับอากาศเพิ่มขึ้นด้วยอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 กรณี นอกจากนี้กรณีที่ปล่อยเครื่องบินทดสอบขณะที่หัวเครื่องบินชี้แนวระดับ ถ้าหากมีการเอียงตัว (roll) หรือการแกว่ง (yaw) จะทำให้เครื่องบินเกิดการไถลด้านข้างได้ง่าย ซึ่งอาจจะทำให้เสียการทรงตัวได้ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบแล้ว การปล่อยเครื่องบินออกอิสระโดยไม่มีการบังคับควรปล่อยด้วยสภาวะเริ่มต้นที่หัวเครื่องบินชี้ลงล่าง

แนวทางการวิจัยต่อไปเพื่อใช้งานจะต้องพัฒนาการควบคุมการบินอัตโนมัติที่จะรักษาเสถียรภาพการทรงตัวและปรับเส้นทางการบินเข้าสู่เส้นทางการปฏิบัติการกิจอย่างเหมาะสมหลังจากที่เครื่องบินถูกปล่อยออกจากอากาศยานหลายใบพัด

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Suzuki, H., et al., Japan Aerospace Exploration Agency (2002). *Investigation on Flight Experiment Planning for High Speed Flight Demonstration Phase II*.
- [2] Ueno, M., et al., Japan Aerospace Exploration Agency (2005). *The collections of studies concerning*

aerodynamic aspects of High Speed Flight Demonstration Phase II (Series 2).

- [3] Higashino, S., et al. (2014). A Balloon-Assisted Gliding UAV for Aerosol Observation in Antarctica, *Transactions of JSASS Aerospace Technology Japan*, vol.12, No.APISAT-2013, pp. a35 – a41.

- [4] Dronecode (2015), URL:

<https://www.dronecode.org>, access on 14/04/2015