

การออกแบบเครื่องวัดลมโดยใช้หัววัดอัลตราโซนิก Design of Anemometer Using Ultrasonic Transducer

Wachira Sakuna and Mana Saedan

Automation and Applied Modeling Laboratory
Department of Mechanical Engineering, Chiang Mai University,
Chiang Mai, Thailand 50200 Tel: 053 944 146, Fax: 053 944 145,
E-mail: mana@me.eng.cmu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันไฟป่าที่เกิดขึ้นในบริเวณภาคเหนือส่งผลกระทบต่อประชาชนในพื้นที่ ทั้งมลพิษทางอากาศ โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ และโรคผิวหนัง อีกทั้งหมอกควันทำให้ทัศนวิสัยลดลงเป็นอุปสรรคต่อการคมนาคม จากปัญหาที่พบได้มีการจัดทำระบบการจัดการไฟป่าขึ้นเพื่อศึกษาวิเคราะห์ และกำหนดฟักัดการเกิดไฟป่าล่วงหน้า เพื่อเข้าไปดำเนินการชิงเผาก่อนที่จะลุกลามเป็นไฟป่า โดยที่ค่าความเร็วลมเป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญสำหรับความรุนแรงของไฟป่า จากข้อมูลความเร็วลมในพื้นที่มีค่าไม่เกิน 1.6 m/s เนื่องจากความเร็วลมที่วัดมีค่าต่ำทำให้การวัดความแตกต่างของเวลาที่คลื่นเดินทางได้ไม่ละเอียด ดังนั้นจึงทำการออกแบบเครื่องวัดลมที่สามารถวัดค่าความเร็วระดับนี้ได้แม่นยำ โดยเลือกใช้หัววัดอัลตราโซนิกเป็นอุปกรณ์การวัดความเร็วลมซึ่งควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถกำหนดการวัดที่มีความละเอียดสูง งานวิจัยได้ทำการออกแบบช่องรับลมให้มีการลดพื้นที่หน้าตัดลง เพื่อเพิ่มขนาดความเร็วลมให้สูงขึ้นจนเครื่องวัดสามารถวัดความแตกต่างของเวลาได้ดีขึ้น ทำให้ได้ผลการวัดค่าความเร็วลมที่มีค่าแม่นยำมากขึ้น ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถคำนวณค่าความเร็วลม และบันทึกผลในหน่วยความจำ จากนั้นส่งข้อมูลไปยังระบบการจัดการไฟป่า เพื่อประเมินการจัดการไฟป่าต่อไป

คำหลัก: ระบบการจัดการไฟป่า, ความเร็วลม, หัววัดอัลตราโซนิก

Abstract

Forest fire in northern provinces of Thailand affect the living of residents, such as air pollution, respiratory diseases, dermatitis, and poor visibility. Hence, the forest fire management system is created to addresses the forest fires. Wind-speed is one of important parameters for a forest fire severity. From collected data, wind-speed in forest did not exceed 1.6 m/s. As a result, typical anemometer has not enough resolution to measure the speed. This research focuses on designing a high resolution anemometer using ultrasonic transducers in coupled with a microcontroller. Moreover, an air chamber with cross sectional area reduction is designed to help increasing wind-speed, As a result, sensitivity of the measured signal is increased. The low wind-speed can be sensed more accurately. The data of wind-speed can be stored on-board, and also remotely send to the forest fire management system.

Keywords: Forest Fire Management System, Low Wind-speed, Ultrasonic Transducer.

1. บทนำ

เนื่องจากปัญหาไฟฟ้าที่ประสบกันทุกปี ในบริเวณภาคเหนือตอนบน ทำให้ประชาชนในพื้นที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ และเกิดปัญหากับสุขภาพแก่ประชาชน รวมถึงปัญหาด้านการเดินทางเนื่องจากควันไฟทำให้ทัศนวิสัยลดลง [1] จากงานวิจัยการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการลุกลามของไฟในการชิงเผาป่าเต็งรัง [2] การจัดการไฟป่าปัจจุบันยังคงใช้เจ้าหน้าที่เข้าไปทำแนวกันไฟ และทำการชิงเผาในพื้นที่เชื้อเพลิงหนาแน่นมาก เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการลุกลามของไฟป่า แต่เนื่องจากปริมาณเจ้าหน้าที่ที่จะเข้าไปตรวจสอบในพื้นที่ป่ายังไม่พอเพียง จึงทำให้การเกิดไฟป่ายังคงพบเห็นได้บ่อยครั้ง ดังนั้นจึงได้มีการสร้างระบบการจัดการไฟป่าโดยเก็บข้อมูลปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้เกิดไฟป่า แล้วประมวลผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อประเมินสถานการณ์การเกิดไฟป่า แล้วแจ้งส่งผลไปยังเจ้าหน้าที่ควบคุมไฟป่าเพื่อดำเนินการป้องกัน

ความเร็วลมเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดการลุกลามของไฟป่าได้ [3] งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องวัดความเร็วลมขึ้นเพื่อใช้ส่งข้อมูลกับระบบดังกล่าว โดยออกแบบอุปกรณ์วัดลมใช้หัวอัลตราโซนิก เนื่องจากอุปกรณ์มีขนาดเล็กไม่ใหญ่มาก และสามารถทำการวัดกระแสลมที่ความละเอียดสูงได้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของอัลตราโซนิก โดยสามารถวัด คำนวณได้ทั้งความเร็วและทิศทางของกระแสลม [4] การติดตั้งอุปกรณ์หัวอัลตราโซนิกไม่ซับซ้อน สามารถปรับระดับของเครื่องมือสะดวก และราคาของหัวอัลตราโซนิกไม่สูงมาก

งานวิจัยนี้ จะแสดงวิธีการคำนวณหาความเร็วลมโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกเคลื่อนที่ผ่านอากาศ จากนั้นควบคุมการทำงานของหัวอัลตราโซนิกโดยชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ปัจจัยสำคัญที่ใช้คำนวณการวัดความเร็วลมคือช่วงเวลาที่คลื่นเดินทางจากตัวส่งไปยังตัวรับ และทำการวัดคลื่นสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้จากตัวรับสัญญาณ งานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาเครื่องวัดความเร็วลมที่มีค่าความละเอียดสูงสำหรับ

ความเร็วลมไม่เกิน 1.6 m/s จึงต้องออกแบบให้มีช่องรับลมที่มีลักษณะคอคอด เพื่อเพิ่มความเร็วลมให้สูงขึ้นในบริเวณที่ทำการวัด จะทำให้การวัดค่าความเร็วลมมีความแม่นยำมากขึ้น และเป็นการพัฒนาเครื่องวัดความเร็วลมให้มีความละเอียดในการวัดดีขึ้น

2. การคำนวณความเร็วลมโดยใช้อัลตราโซนิก

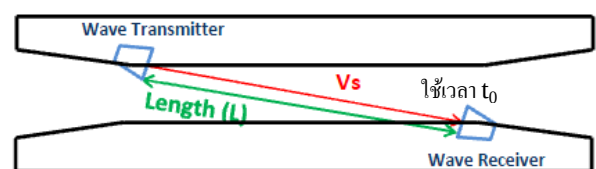
การใช้คลื่นอัลตราโซนิกมาวัดความเร็วลม หลักสำคัญคือการวัดเวลาการเดินทางของคลื่นจากตัวส่งมายังตัวรับ ซึ่งเรียกว่า Transit Time (t_0) ในสภาวะที่ไม่มีกระแสลมผ่าน และเมื่อมีกระแสลมผ่าน จะทำให้เฟสเวลาของ transit time เปลี่ยนไปเนื่องจาก คลื่นต้องเดินทางใช้เวลาเพิ่มขึ้น หรือลดลง แล้วแต่ทิศของกระแสลมเทียบกับทิศทางการเดินทางของคลื่น

จากค่าของเวลาที่เปลี่ยนไป (t_r) นำไปเทียบกับเวลาที่ไม่มีกระแสลม (transit time) ทำให้ทราบถึงผลต่างของเวลา Phase shift (Δt) ที่เกิดจากความเร็วกระแสลมพัดผ่านอุปกรณ์ ตามสมการที่ 1

$$t_r = t_0 + \Delta t \quad (1)$$

การคำนวณหาความเร็วของคลื่น (V_s) ทำได้ตามสมการที่ 2 ในกรณีที่คลื่นอัลตราโซนิกเดินทางจากตัวส่งมายังตัวรับ ขณะที่ไม่มีกระแสลมผ่านเวลาที่ใช้จะมีค่าเท่ากับ t_0 ดังแสดงในรูปที่ 1

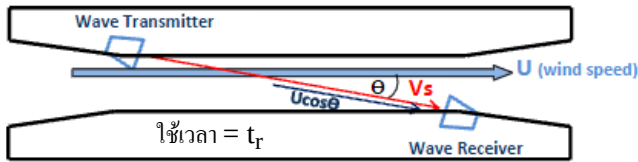
$$V_s = \frac{L}{t_0} \quad (2)$$



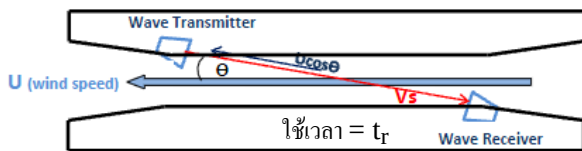
รูปที่ 1 ตำแหน่งการติดตั้งหัวส่ง-รับอัลตราโซนิก และการวัดระยะเวลาการเดินทางของคลื่นในสภาวะที่ไม่มีกระแสลม

แต่ในสภาวะที่มีกระแสลมผ่าน เวลาในการเดินทางของคลื่นจะเปลี่ยนไป ซึ่งจะได้ 2 ลักษณะคือ ทิศตามกระแสลม (Downstream) และทิศทวนกระแสลม

(Upstream) ดังรูปที่ 2 และ 3 โดยค่าความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างความเร็วคลื่นและความเร็วกระแสลม U (wind speed) สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 3 และ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 2 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นแบบตามกระแสลม (Downstream direction)



รูปที่ 3 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นแบบทวนกระแสลม (Upstream direction)

$$V_s + U \cos \theta = \frac{L}{t_r} \quad (3)$$

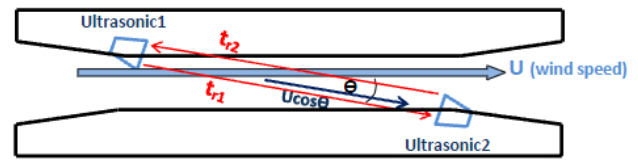
$$V_s - U \cos \theta = \frac{L}{t_r} \quad (4)$$

U = ความเร็วกระแสลม (m/s)

t_r = เวลาที่คลื่นเดินทางจากอัลตราโซนิกตัวส่งไปยังตัวรับ (s)

θ = มุมระหว่างแนวการเดินทางของคลื่นทำกับแนวระดับ (องศา)

จากผลต่างของเวลาที่คลื่นเดินทางขณะที่มีกระแสลมนี้ สามารถนำไปพัฒนาใช้คำนวณหาค่าของความเร็วลมได้ โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้หัวอัลตราโซนิกชนิดที่สามารถรับและส่งได้ในหัวเดียวกัน เพื่อทำการจับเวลาในการเดินทางของคลื่นพร้อมกันทั้ง 2 ทิศทาง จากรูปที่ 4 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นทั้งรับและส่งพร้อมกัน ทำให้คลื่นมีการเคลื่อนที่ทั้ง 2 ลักษณะในเวลาเดียวกันคือ ตามกระแสลม และทวนกระแสลม



รูปที่ 4 แสดงการเดินทางของคลื่นทั้งส่งและรับพร้อมกัน มีกระแสลมผ่าน

โดยกำหนดให้เวลาที่คลื่นเดินทางจากตัวอัลตราโซนิกตัวที่ 1 ไปยังตัวที่ 2 คือ t_{r1} และเวลาที่คลื่นเดินทางจากอัลตราโซนิกตัวที่ 2 ไปยังตัวที่ 1 คือ t_{r2} จากนั้นนำสมการที่ 3 และ 4 มาสร้างสมการใหม่เป็น

$$V_s + U \cos \theta = \frac{L}{t_{r1}} \quad (5)$$

$$V_s - U \cos \theta = \frac{L}{t_{r2}} \quad (6)$$

t_{r1} = เวลาที่คลื่นเดินทางจากอัลตราโซนิกตัวที่ 1 ไปยังตัวที่ 2 (s)

t_{r2} = เวลาที่คลื่นเดินทางจากอัลตราโซนิกตัวที่ 2 ไปยังตัวที่ 1 (s)

นำสมการที่ 5 มาลบด้วยสมการที่ 6 จะได้สมการที่ 7 เพื่อใช้คำนวณหาค่าความเร็วกระแสลม

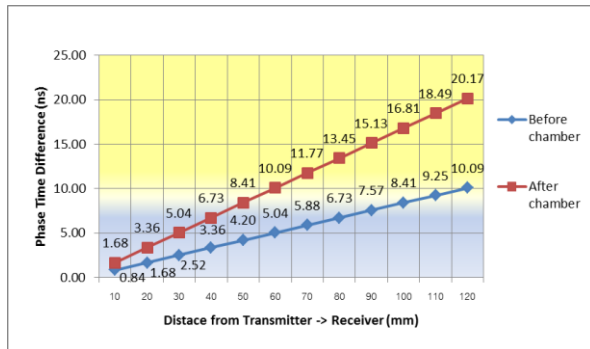
$$U = \frac{L}{2 \cos \theta} \left(\frac{1}{t_{r1}} - \frac{1}{t_{r2}} \right) \quad (7)$$

ถ้าพิจารณาที่สมการ 7 จะเห็นได้ว่า ค่าของความเร็วคลื่น ไม่มีผลต่อการคำนวณความเร็วกระแสลม ทำให้การคำนวณหาค่าความเร็วกระแสลมนี้ไม่มีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อค่าความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก เช่น อุณหภูมิ และความดันอากาศ

3 การออกแบบช่องรับลมเพื่อวัดความเร็วลม

จากงานวิจัย [2] ได้ข้อมูลค่าความเร็วกระแสลมในพื้นที่ป่ามีค่าความเร็วลมไม่เกิน 1.6 m/s เพื่อต้องการเพิ่มความละเอียดในการวัดความเร็วลมระดับต่ำนี้ จึงออกแบบช่องรับลมที่มีการลดพื้นที่หน้าตัด เพื่อให้กระแสลมมีความเร็วสูงขึ้นจนสามารถทำให้เกิดความแตกต่างของเฟสเวลาการเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิกมากขึ้น จากการคำนวณทางทฤษฎี ตามสมการที่

2-4 กำหนดให้ความเร็วลมเท่ากับ 0.1 m/s (ค่าความเร็วต่ำสุดที่ต้องการวัด) และความเร็วที่ไหลผ่านช่องรับลมมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าจะได้ของเฟสต่างเวลาในสถานะมีลม และไม่มีลม แสดงผลดังกราฟในรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าเฟสต่างเวลา เมื่อมีกระแสลมขนาด 0.1 m/s พัดผ่าน ที่ระยะต่างๆ โดยเปรียบเทียบค่าเฟสต่างเวลาระหว่างก่อน และหลัง เข้าช่องรับลม

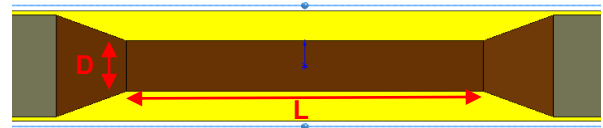
เมื่อความเร็วลมมีค่ามากขึ้นเป็น 2 เท่าจะทำให้ค่าเฟสต่างของเวลามากขึ้นเป็น 2 เท่า และช่วงห่างของค่าเฟสต่างเวลาในแต่ละระดับความเร็วลมกว้างขึ้น ทำให้ค่าความละเอียดในการวัดสูงขึ้น

เนื่องจากความเร็วกระแสลมที่ต้องการวัดมีค่าน้อยกว่า 0.5 Mach (น้อยกว่า 173 m/s) ที่ 25°C ดังนั้นการไหลของอากาศที่ไหลผ่านช่องรับลมที่เป็นคอคอด จึงสามารถกำหนดให้เป็นการไหลแบบไม่ยุบตัว คือ ความหนาแน่นของของไหลไม่เปลี่ยนแปลง ($\rho_1 = \rho_2$) โดยคำนวณความเร็วที่ผ่านเข้ามาในช่วงคอคอดได้จากสมการความต่อเนื่องของอัตราการไหล ได้ตามสมการที่ 8 กำหนด A_1 คือพื้นที่หน้าตัดก่อนลดขนาด และ A_2 คือพื้นที่หน้าตัดหลังลดขนาด

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (8)$$

ในการวัดความเร็วลมต้องการให้อากาศไหลภายในช่องรับลมแบบราบเรียบ เพื่อการวัดได้ค่าความเร็วลมที่แท้จริงจากการใช้คลื่นอัลตราโซนิก ซึ่งสามารถออกแบบขนาดความกว้าง และความยาวของท่อสี่เหลี่ยม โดยเทียบจากเลขเรย์โนลด์นัมเบอร์

(Reynold Number, Re) การไหลจะเป็นแบบราบเรียบเมื่อค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ $Re=2300$ เพื่อให้ได้อัตราส่วนระหว่างความยาวของท่อต่อความกว้างของท่อ (L/D) ตามรูปที่ 6



รูปที่ 6 ลักษณะช่องรับลมที่มีการลดพื้นที่หน้าตัดเพื่อเพิ่มความเร็วกระแสลม แสดงอัตราส่วน L/D

ในการคำนวณการไหลแบบราบเรียบภายในท่อสี่เหลี่ยมนี้ ยังมีปัจจัยอื่นที่ทำให้เกิดความสูญเสียทางพลังงานของอากาศที่ไหลผ่านเข้าไปในช่วงคอคอด ซึ่งมีทั้งการสูญเสียหลัก (Major Loss) ที่เกิดจากความยาวของท่อ และการสูญเสียเล็กน้อย (Minor Loss) ที่เกิดจากลักษณะอื่นของท่อเช่น ท่ออ วาล์ว ท่อเพิ่มหรือลดขนาด ความขรุขระของพื้นผิวภายในท่อ เป็นต้น ดังนั้นจะต้องมีการจำกัดขอบเขตหรือ ปริมาตรควบคุม (Control Volume) อากาศไหลผ่านจากทางเข้าแล้วผ่านช่วงลดพื้นที่หน้าตัดจากนั้นไหลออกแต่ขอบเขตที่กำหนดถึงแค่ปลายทางออก (ไม่นับรวมถึงบริเวณที่มีการขยายพื้นที่หน้าตัด) เพื่อจะได้เลือกคำนวณหา ค่าสูญเสียทั้งหมดของอากาศที่ไหลผ่านท่อวัดกระแสลมนี้

กระแสลมที่ไหลผ่านท่อที่มีการลดพื้นที่หน้าตัดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงความดันที่ขาเข้าและขาออก และมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของความเร็ว โดยจะคำนวณความสัมพันธ์จากสมการเบอร์นูลลี

$$\left(\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_{avg1}^2}{2} + gz_1 \right) - \left(\frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_{avg2}^2}{2} + gz_2 \right) = h_{loss,T}$$

$$= \left(f \frac{L}{D} \frac{V_{avg}^2}{2g} + \sum K \frac{V_{avg}^2}{2g} \right) \quad (9)$$

และจากสมการโมเมนตัมบนแนวแกนไหล เมื่อรวมกับสมการปริมาตรควบคุม (สมการที่ 8) จะได้นำมา

$$(P_1 - P_2) = \rho v_2 A_2 (v_2 - v_1) \quad (10)$$

เมื่อนำสมการเบอร์นูลลี (สมการที่ 9) และสมการโมเมนตัม (สมการที่ 10) มารวมกันจะได้ สมการที่จะใช้คำนวณหาอัตราส่วน L/D สำหรับอากาศที่ไหลแบบราบเรียบภายในท่อที่มีการลดขนาดพื้นที่หน้าตัด ดังสมการที่ 11 นี้

$$\left(\frac{V_{avg2}^2 (1 - \frac{A_2}{A_1})}{g} \right) - \left(\frac{V_{avg1}^2 - V_{avg2}^2}{2} \right) = h_{loss,T}$$

$$= \left(f \frac{L}{D} \frac{V_{avg}^2}{2g} + \sum K \frac{V_{avg}^2}{2g} \right) \quad (11)$$

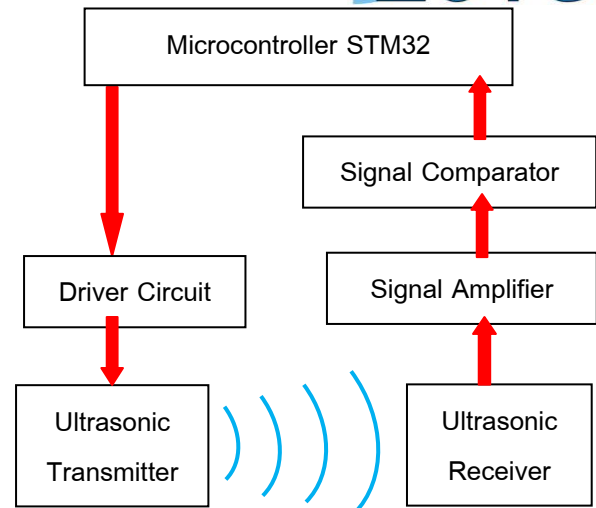
เช่นกำหนดค่าความเร็วลมที่ภายนอกช่องรับลม $V_{avg1}=1.6$ m/s, ความเร็วภายในช่องเพิ่มขึ้น 2 เท่าคือ $V_{avg2}=3.2$ m/s, อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดลดลง 2 เท่า $A_2/A_1=1/2$ เมื่อทำการแทนค่าไปในสมการจะได้ อัตราส่วน $L/D=6.3$ เท่า เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบขนาดของช่องรับลม โดยที่การไหลของอากาศจะเป็นการไหลแบบราบเรียบ ตามที่งานวิจัยกำหนด

4. การติดตั้งชุดทดสอบ และหลักการควบคุม

ในการติดตั้งชุดทดสอบการทำงานของหัวอัลตราโซนิกจะประกอบด้วยหลายส่วนคือ ชุดควบคุมระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) ชุดวงจรขับแรงดัน ชุดขยายสัญญาณ ชุดแปลงสัญญาณ Analog เป็นสัญญาณ Digital ดังแสดงในรูปที่ 7 และ 8



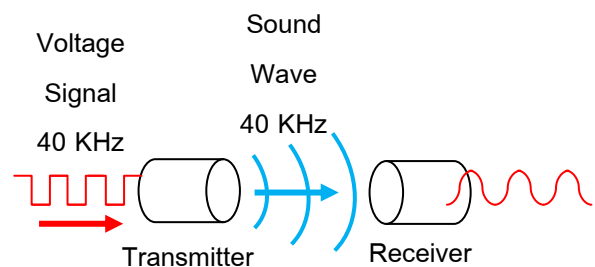
รูปที่ 7 ชุดทดสอบหัวอัลตราโซนิกเพื่อวัดความเร็วลม



รูปที่ 8 หลักการทำงานของชุดทดสอบ

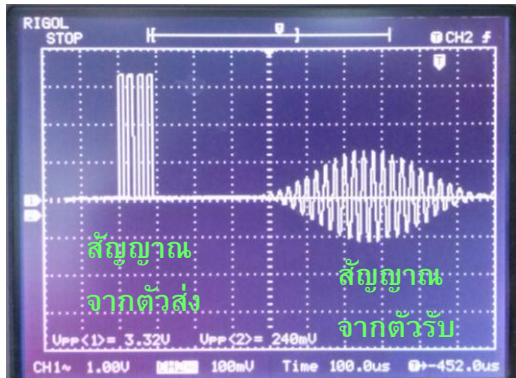
5. การทดสอบสัญญาณส่ง-รับ ของอัลตราโซนิก

หัวอัลตราโซนิกที่ใช้จะส่งคลื่นเสียงความถี่ 40KHz ออกมาเมื่อมีคลื่นไฟฟ้าความถี่เดียวกัน เข้ามาที่ตัวส่ง จึงต้องสร้างความถี่ดังกล่าวออกมาจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วส่งผ่านวงจรขับแรงดันเข้าไปยังหัวอัลตราโซนิก(ตัวส่ง) แสดงการทำงานในรูปที่ 9

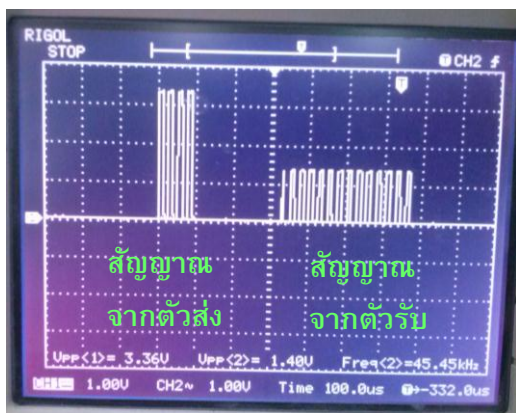


รูปที่ 9 หลักการทำงานของชุดทดสอบ

เมื่อส่งสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ ที่ความถี่ 40 KHz ไปยังหัวส่งอัลตราโซนิก จากนั้นวัดสัญญาณที่ได้จากหัวรับอัลตราโซนิก พบว่าสัญญาณที่ได้เป็นลักษณะ sine wave และมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ 240 มิลลิโวลต์ ดังรูปที่ 10 จึงทำการแปลงสัญญาณ ให้เป็นสัญญาณลักษณะดิจิทัล ดังรูปที่ 11 จากนั้นทำการส่งสัญญาณที่แปลงแล้ว กลับเข้าสู่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อคำนวณหาค่าเฟสต่างของเวลาที่คลื่นเดินทาง

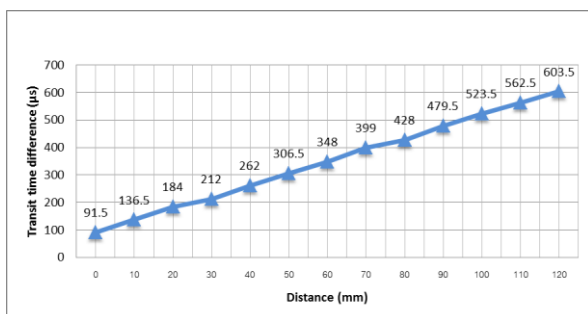


รูปที่ 10 ลักษณะสัญญาณที่ออกจากตัวส่ง และสัญญาณที่ได้จากตัวรับ ของหัวอัลตราโซนิก



รูปที่ 11 ลักษณะสัญญาณที่ได้จากตัวรับ หลังจากผ่านวงจรปรับปรุงสัญญาณ

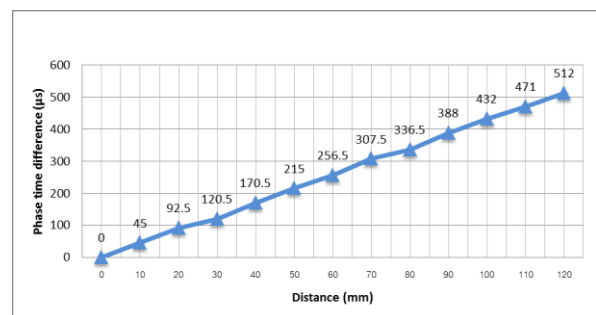
จากการส่ง-รับคลื่นอัลตราโซนิก(หลังทำการแปลงรูปสัญญาณ) ทำการทดสอบวัดค่าเวลาการเดินทางของคลื่น (Transit time) ที่ระยะห่างต่างๆ ระหว่างตัวส่ง-ตัวรับ ดังรูปที่ 12 เพื่อตรวจสอบค่าความแตกต่างของเวลาในการเดินทางของคลื่น



รูปที่ 12 กราฟแสดงค่าแรงดันสัญญาณที่ระยะต่างๆ หลังทำการแปลงสัญญาณ

จากการทดสอบวัดค่าเวลาการเดินทางของคลื่น วิเคราะห์ได้ว่าคลื่นเคลื่อนที่ใช้เวลามากพอที่จะทำการ

วัดผลต่างของเวลา และสามารถนำไปคำนวณหาค่าเฟสต่างเวลาของคลื่นได้ แต่ที่ระยะ 0 mm. วัดค่าเวลาการเดินทางของคลื่นได้ 91.5 μs วิเคราะห์ว่าเป็นเวลาที่สัญญาณทางไฟฟ้าเดินทางจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านวงจรขับแรงดันและเข้าสู่ตัวส่งสัญญาณ ดังนั้นจึงปรับเปลี่ยนข้อมูลหักล้างเวลาที่สัญญาณเดินทางผ่านวงจรขับแรงดันออก เพื่อได้ค่าเฟสเวลาที่เดินทางจากตัวส่ง-ตัวรับแท้จริง แสดงใหม่ในกราฟรูปที่ 13



รูปที่ 13 กราฟแสดงค่าเฟสเวลาที่คลื่นเดินทางที่ระยะต่างๆ หลังการหักล้างเวลาที่สัญญาณเคลื่อนที่ผ่านวงจรขับแรงดัน

จากการออกแบบปรับปรุงสัญญาณที่ได้จากตัวรับสัญญาณ จะทำการเปลี่ยนลักษณะสัญญาณ sine wave กลายเป็นลักษณะ สัญญาณดิจิตอล และสามารถปรับค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ 240 มิลลิโวลต์ให้สูงขึ้นเป็น 1.40 โวลต์ แต่สังเกตได้ว่ามีลูกคลื่นมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น สัญญาณจากตัวส่งสัญญาณส่งมา 4 ลูกคลื่น แต่สัญญาณที่ตัวรับวัดได้ 12-14 ลูกคลื่น จำนวนลูกคลื่นที่เพิ่มขึ้นมานั้นเกิดจากการสั่นแบบต่อเนื่องของตัวรับสัญญาณ ซึ่งต้องปรับปรุงต่อไป ก่อนนำสัญญาณส่งกลับเข้าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการคำนวณต่อไป

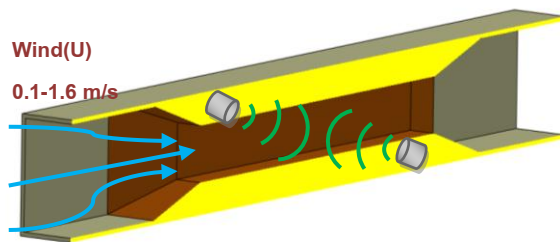
6. สรุป และงานวิจัยในอนาคต

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าการวัดค่าสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ส่งไปยังหัวอัลตราโซนิกเทียบกับสัญญาณที่ได้รับจากหัวรับอัลตราโซนิกสามารถหาค่าเฟสเวลาการเดินทางของคลื่นในอากาศ และเฟสต่างเวลาเมื่อมีกระแสลมได้ แต่ความเร็วลมในช่วง

0.1-1.6 m/s มีค่าเฟสต่างเวลาน้อยมาก ทำให้ความละเอียดในการวัดไม่ดี ดังนั้นจึงต้องเพิ่มความเร็วลมให้สูงขึ้นโดยการออกแบบช่องรับลมที่มีการลดพื้นที่หน้าตัด จะทำให้ค่าเฟสต่างเวลามีค่ามากขึ้น การวัดค่าความเร็วลมจะสามารถวัดได้ละเอียดมากขึ้น

6.1 การสร้างช่องรับลม

งานวิจัยนี้ มุ่งพัฒนาเครื่องวัดลมโดยใช้หัวอัลตราโซนิก เพื่อวัดความเร็วกระแสลมที่มีขนาดต่ำประมาณ 0.1-1.6 m/s ค่าความแม่นยำ 5% Full scale ดังนั้นจึงได้ใช้หลักของกลศาสตร์ของของไหลเข้ามาช่วยพัฒนา โดยออกแบบช่องรับลมที่มีการลดพื้นที่หน้าตัดของช่องรับลมดังรูปที่ 14 เพิ่มความเร็วกระแสลมสูงขึ้น เพื่อพัฒนาเครื่องวัดลมให้มีความละเอียดในการวัดสูงขึ้น



รูปที่ 14 แสดงภาคตัดขวางของช่องรับกระแสลมโดยติดตั้งหัวอัลตราโซนิกไว้ภายใน

7. เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- [1] รายงานพิเศษหนังสือพิมพ์มติชน (2550). ข่าวสิ่งแวดล้อม, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.en.mahidol.ac.th/thai/news/2007/03/13_1.html, เข้าดูเมื่อวันที่ 27/06/2556
- [2] พงษ์ธร วิจิตรกุล, ณัฐพล อุตตนากร, วัชรพงษ์ รัชชพงษ์ (2012) การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการลุกลามของไฟในการชิงเผาป่าเต็งรัง, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 50200
- [3] สื่อการสอนออนไลน์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง GE317 บทที่ 11 ผลกระทบของไฟฟ้าต่อป่าไม้และสิ่งแวดล้อม, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา [http://e-](http://e-book.ram.edu/e-book/g/GE317/chapter11.pdf)

[book.ram.edu/e-book/g/GE317/chapter11.pdf](http://e-book.ram.edu/e-book/g/GE317/chapter11.pdf), เข้า

ดูเมื่อวันที่ 27/06/2556

- [4] Dongwoo Han, Sunghyun Kim, Sekwang Park (2008). Two-dimensional Ultrasonic anemometer using the directivity angle of ultrasonic sensor. *School of Electrical and Computer Science, Kyunpook National University, Republic of Korea*
- [5] M.Comes, P.Drumea, M.Blejan, I.Dutu, and A.Vasile (2006). Ultrasonic Flow Meter. *Hydraulics and Pneumatics Research Institute, Bucharest, Romania. And POLITEHNICA University of Bucharest, Romania.*
- [6] Vanessa Dube', Michael Jao, Chethan Srinivasa, Robert Vice(2003) Design of a 1-D Sonic Anemometer. *Department of Electrical and Computer engineering Marcus Hall, University of Massachusetts Amherst, Amherst MA 01003*
- [7] Dongwoo Han, Sekwang Park (2011). Measurement range expansion of Continuous Wave Ultrasonic Anemometer. *School of Electrical and Computer Science, Kyunpook National University, Republic of Korea*
- [8] Miguel Perez del Valle, Jose Antonio Urbano Castelan(2007) Low Cost Ultrasonic Anemometer. *Departamento de Ingenieria Electrica, CINVESTAV-IPN, Mexico D.F, Mexico.*
- [9] R.V Chima, and A.J Strazisar (1983) Comparison of Two-and Three dimensional flow computation with Laser Anemometer Measurement in Transonic Axial flow compressor Rotor. *NASA-Lewis Research Center, 2100 Brookpark Road, Cleveland, Ohio 44135.*

[10] Delev Heinemann, Dirk Langner, Ulf Stabe, Hans-Peter Waldl (1997) Measurement and Correction of Ultrasonic anemometer errors and Impact on turbulence measurement. *Energy and Semiconductor Research*, Department of Physics Carlvon Ossietzky University, Oldenburg, Germany

[11] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. คู่มืออิเล็กทรอนิกส์ SE=EDUCATION Public Company Limited, 2548

[12] รศ.ดร.มนตรี พิรุณเกษตร. กลศาสตร์ของไหล (*Fluid Mechanics*) บทที่ 6, จัดพิมพ์โดยบริษัท วิทยพัฒน์จำกัด เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ, 2549

[13] Yunus A., Cengel and John M. Cimbala, *Fluid Mechanics Fundamentals and Applications (Chapter8)*, page 321-343, 2004

[14] Jerry D. Wilson, Anthony J. Buffa, Bo Lou *College Physics sixth edition (Pearson International Edition)*, Chapter 6 Wave.

[15] Pijush K.Kundu, Ira M.Cohen. *Fluid Mechanics Fourth edition* (contributions by P.S. Ayyaswamy and H.H. Hu). Oceanographic Center, Nova Southeastern University, Dania, Florida. And Department of Mechanical Engineering and Applied Mechanics, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania