

การประยุกต์ใช้เทอร์มิสเตอร์ในการวัดความเร็วของของไหลที่มีความเร็วต่ำ

Application of Thermistor for Low Flow Velocity Measurements

สิริพงศ์ เอี่ยมชัยมงคล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทร 0-2549-3430 โทรสาร 0-2549-3432 อีเมลล์ : siripong@rit.ac.th

Siripong Eamchaimongkol

Department of Mechanical Engineering , Faculty of Engineering , Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Klonghok , Thanyaburi , Pathumtani ,12110 ,Thailand

Tel: 0-2549 – 3430 , Fax: 0-2549 – 3432 , E-mail: siripong@rit.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาเทอร์มิสเตอร์ (thermistor) มาประยุกต์ใช้กับการวัดความเร็วของของไหลที่มีความเร็วต่ำโดยอาศัยหลักการพาความร้อน (heat convection) เช่นเดียวกับกับเครื่องวัดความเร็วของอากาศแบบลวดความร้อน (hot wire anemometer) และเนื่องจากเทอร์มิสเตอร์มีความไว (sensitivity) สูงทำให้สามารถนำไปใช้ในการวัดความเร็วของของไหลที่มีความเร็วต่ำได้โดยไม่ต้องให้อุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์สูงกว่าอุณหภูมิของของไหลมากนัก จึงเหมาะที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับการวัดความเร็วของของไหลที่มีความเร็วต่ำ และติดตั้งได้ง่าย เช่นการวัดอัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจนในเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง หรือการวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel consumption) เพื่อให้ได้ผลการตอบสนองแบบทันทีทันใด (instantaneous) เป็นต้น นอกจากนี้เทอร์มิสเตอร์ยังมีความทนทาน และราคาถูกเมื่อเทียบกับลวดความร้อนอีกด้วย ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC (negative temperature coefficient) เป็นตัวรับรู้ (sensor) โดยให้วงจรทำงานแบบอุณหภูมิคงที่ (constant temperature) และใช้อากาศเป็นของไหลในการทดลอง จากการทดลองพบว่าวิธีการดังกล่าวสามารถวัดความเร็วของอากาศได้ในช่วงความเร็วตั้งแต่ 0.1 m/s ถึง 2.0 m/s ที่อุณหภูมิของอากาศ 25 °C , 27 °C และ 31 °C ตามลำดับได้อย่างดีอีกทั้งยังมีผลการตอบสนองที่ไว

Abstract

The objective of this paper was to study the feasibility of thermistor application for low flow measurements . The principle of measurement based on the heat convection

principle which was the same principle as that the hot wire anemometer . Because thermistor had higher sensitivity than hot wire , it wasn't necessary to keep the temperature of thermistor at high temperature for low flow measurements Thus , it was appropriate to measure the fuel consumption of engine . Besides , thermistor was much more endurable and cheaper than hot wire . In this paper , the NTC (negative temperature coefficient) was used as the sensor by operating at constant temperature . Air was used as the fluid flow in the experiment . The result showed that thermistor could measure the air velocity with fast response between the range velocity of 0.1 m/s to 2.0 m/s at the temperature of 25 °C , 27 °C and 31 °C , respectively .

Keyword : thermistor , low flow measurement , anemometer

บทนำ

ในการวัดความเร็วของของไหลที่มีอัตราการไหลต่ำเช่นการวัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้าสู่เครื่องยนต์ในการทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อให้ได้ผลการตอบสนองแบบทันทีทันใดนั้นจะหาเครื่องมือวัดที่เหมาะสมได้ยากทั้งนี้เนื่องจากเครื่องยนต์โดยทั่วไปมักจะถูกออกแบบให้ประหยัดน้ำมันทำให้อัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำตามไปด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวัดต้องสามารถวัดความเร็วของของไหลที่มีความเร็วต่ำได้เช่นกัน เครื่องมือวัดความเร็วแบบลวดความร้อนเป็นเครื่องมือวัดความเร็วชนิดหนึ่งที่ใช้ในการวัดความเร็วของของไหลที่มีความเร็วต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องมือวัดดังกล่าวมีความไวสูง และมีผลตอบสนองที่ไว หากแต่เครื่องมือวัดความเร็วแบบลวดความร้อนนั้นไม่ทนทาน และจะถูกออกแบบให้ใช้

เฉพาะกับการวัดความเร็วของอากาศ ดังนั้นจึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในการวัดของไหลชนิดอื่น นอกจากนี้เครื่องวัดความเร็วแบบหลอดความร้อนยังจำเป็นต้องให้อุณหภูมิของหลอดความร้อนสูงกว่าอุณหภูมิของของไหลที่ต้องการวัดมากในเครื่องวัดบางเครื่องจะต้องให้อุณหภูมิของหลอดความร้อนสูงถึง 80 °C ทำให้ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในการวัดความเร็วของของไหลที่ติดไฟง่าย เช่น การวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ หรือการวัดอัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจนในเครื่องยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น จากเหตุผลดังกล่าวทำให้มีการวิจัยนำเอาเทอร์มิสเตอร์ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวรับรู้แทนหลอดความร้อน โดยนำมาประยุกต์ใช้กับการวัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้าสู่เครื่องยนต์ [1] ซึ่งจากการวิจัยพบว่าใช้ได้ผลดีโดยไม่จำเป็นต้องให้อุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์สูงกว่าอุณหภูมิของของไหลมากนัก นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่นำเอาเทอร์มิสเตอร์มาใช้ในการวัดความเร็วของอากาศ [2] ,[3] ซึ่งพบว่าสามารถใช้แทนหลอดความร้อนได้เป็นอย่างดีเช่นกัน หากแต่เทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ในการทดลองดังกล่าวเป็นเทอร์มิสเตอร์ที่เฉพาะเจาะจงสำหรับงานวิจัย ซึ่งหาไม่ได้ทั่วไปอีกทั้งยังใช้การประมวลผลสัญญาณขั้นสูง จึงมีการนำเอาเทอร์มิสเตอร์ธรรมดาที่อยู่ทั่วไปมาประยุกต์ใช้ในการวัดความเร็วของอากาศโดยใช้วงจรวีรสโตนบริดจ์ (wheatstone bridge) [4] หากแต่งานวิจัยที่กล่าวถึงนี้ใช้วัดความเร็วของอากาศในช่วงที่กว้างคือตั้งแต่ 1 m/s ถึง 10 m/s ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะนำเอาเทอร์มิสเตอร์ทั่วไปนี้มาประยุกต์ใช้เป็นตัวรับรู้ในการวัดความเร็วของของไหลโดยใช้อากาศเป็นของไหลในการทดลองในการทดลองจะมุ่งเน้นการศึกษาทดลองในช่วงความเร็วต่ำ

หลักการวัดความเร็วของของไหลโดยใช้เทอร์มิสเตอร์

เทอร์มิสเตอร์คือสารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่งซึ่งมีความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ แบ่งออกได้เป็นสองชนิดคือ ชนิดที่ความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือ PTC (positive temperature coefficient) และชนิดที่ความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือ NTC (negative temperature coefficient) โดยความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และความต้านทานสำหรับเทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC จะเป็นไปตามสมการที่ 1 [5]

$$\frac{1}{T} = A + B \ln(R) + C(\ln R)^3 \quad (1)$$

โดยที่ T คืออุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์มีหน่วยเป็น K (Kelvin) , R คือความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์มีหน่วยเป็น Ω (ohm) , A , B , C คือค่าคงที่ใด ๆ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทาน และอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ในการทดลองดังสมการที่ 1 นั้นสามารถที่จะหาได้จากการทดลองดังที่จะได้กล่าวต่อไป

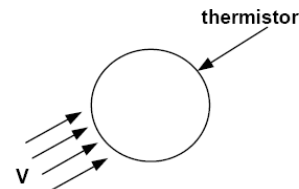
ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นถึงหลักการทำงานของการวัดความเร็วของของไหลโดยใช้เทอร์มิสเตอร์นั้นหลักการทำงานโดยอาศัยหลักการพาความร้อนเช่นเดียวกันกับการวัดความเร็วของอากาศแบบ

หลอดความร้อน ในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้เทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC มีรูปร่างเป็นจานกลมเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 mm. ติดที่ปลายโพรบดังแสดงในรูปที่ 1 โดยให้เทอร์มิสเตอร์ทำงานที่อุณหภูมิคงที่



รูปที่ 1 แสดงการติดเทอร์มิสเตอร์ที่ปลายโพรบ

(constant temperature) ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศเล็กน้อย ซึ่งทำได้โดยการนำเอาเทอร์มิสเตอร์ดังกล่าวผ่านเข้าสู่วงจรวีรสโตนบริดจ์เพื่อรักษาอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ให้มีค่าคงที่ตลอดเวลา ดังนั้นเมื่อของไหลซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าไหลกระทบผ่านเทอร์มิสเตอร์ด้วยความเร็ว v ดังแสดงในรูปที่ 2 ความร้อนส่วนหนึ่ง



รูปที่ 2 แสดงหลักการทำงานของการวัดความเร็วของของไหลโดยใช้เทอร์มิสเตอร์

จากเทอร์มิสเตอร์จะถูกของไหลพาออกไป ซึ่งหากวิเคราะห์โดยอาศัยหลักการสมดุลพลังงานแล้ว สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 2 [6] โดยที่ E คือความร้อนสะสมในตัวของเทอร์มิสเตอร์ , P คือ

$$\frac{dE}{dt} = P - Q \quad (2)$$

อัตราการความร้อนที่ตัวเทอร์มิสเตอร์ได้รับจากกระแสไฟฟ้า , Q คืออัตราการความร้อนที่ถูกของไหลที่กระทบผ่านพาไป โดยที่ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ดังสมการที่ 3

$$\frac{d(c_t T_t)}{dt} = I^2 R_t - hA(T_t - T_f) \quad (3)$$

โดยที่ c_f คือความจุความร้อนของเทอร์มิสเตอร์, T_f คืออุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์, T_f คืออุณหภูมิของของไหลที่ไหลกระทบผ่านเทอร์มิสเตอร์, I คือกระแสไฟฟ้าที่เข้าสู่เทอร์มิสเตอร์เพื่อรักษาอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ให้คงที่, R_f คือความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์, A คือพื้นที่หน้าตัดของเทอร์มิสเตอร์ที่ของไหลไหลกระทบผ่าน และ h คือค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของของไหลที่ไหลกระทบผ่านเทอร์มิสเตอร์ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็ว และอุณหภูมิของของไหล $h(v, T)$

จากสมการที่ 3 หากต้องการให้อุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์มีค่าคงที่และสมมติให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความจุความร้อนของเทอร์มิสเตอร์เมื่อระบบอยู่ในสภาวะสมดุล ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ดังสมการที่ 4 ซึ่งสมการนี้จะใช้ในการ

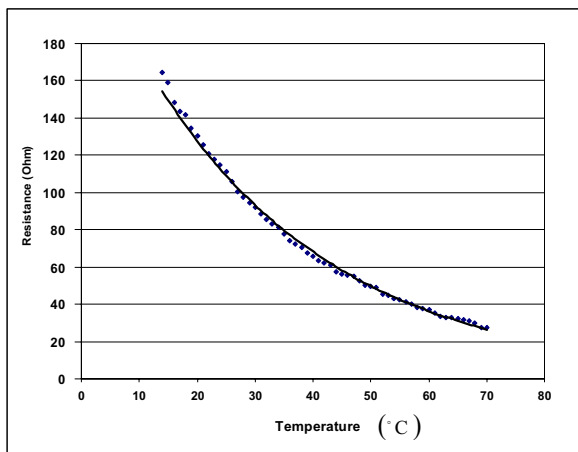
$$I^2 R_f = h(v, T_f) A (T_f - T_f) \quad (4)$$

ออกแบบวงจรไฟฟ้าเพื่อให้เทอร์มิสเตอร์ทำงานแบบอุณหภูมิคงที่ภายใต้สมมติฐานดังนี้คือ

- สมมติให้คุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์มีค่าคงที่
- สมมติให้การสูญเสียความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อน (heat radiation) และการนำความร้อน (heat conduction) ของเทอร์มิสเตอร์ที่เข้าสู่โพรบมีค่าน้อยมาก
- สมมติให้อุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์มีอุณหภูมิเท่ากันตลอด และอุณหภูมิของของไหลที่ไหลกระทบผ่านเทอร์มิสเตอร์มีอุณหภูมิเท่ากันตลอดเช่นกัน

การออกแบบวงจรและวิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์กับอุณหภูมิซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังในเส้นกราฟรูปที่ 3

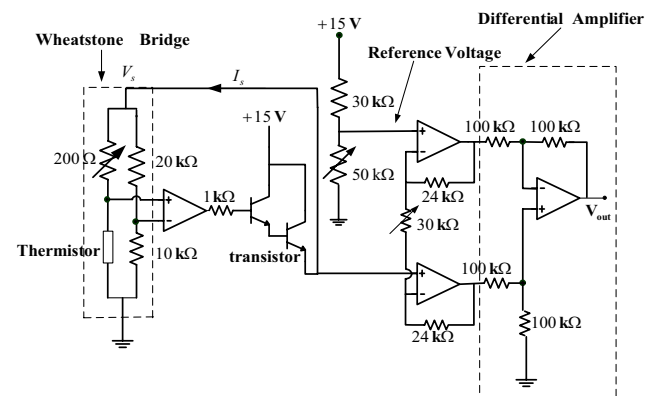


รูปที่ 3 เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ความสัมพันธ์ในเส้นกราฟรูปที่ 3 สามารถแสดงให้อยู่ในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังสมการที่ 5

$$\frac{1}{T} = 1.85 \times 10^{-3} + 3.21 \times 10^{-4} \ln(R) + 2.75 \times 10^{-8} (\ln R)^3 \quad (5)$$

จากความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิในสมการที่ 5 จะใช้ประกอบในการออกแบบวงจรดังแสดงในรูปที่ 4 หลักการทำงาน



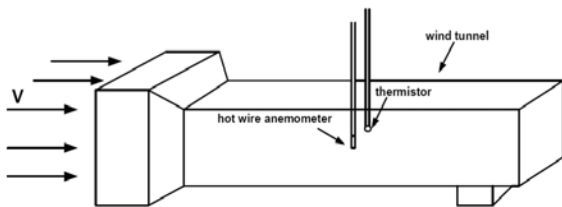
รูปที่ 4 แสดงวงจรรักษาอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ให้คงที่

ของวงจรจะแบ่งการทำงานออกเป็นสองส่วนสำคัญดังนี้ ส่วนที่หนึ่งคือวงจรรักษาอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ให้มีค่าคงที่ตลอดเวลาโดยการนำเทอร์มิสเตอร์ผ่านวงจรวีซโตนบริดจ์ ดังแสดงในรูปที่ 4 วงจรจะรักษาอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ให้มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของของไหลที่มากระทบเล็กน้อยตลอดเวลา ซึ่งทำได้โดยการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ตัวเทอร์มิสเตอร์โดยในการทดลองนี้จะให้อุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์มีค่าคงที่คืออยู่ที่ 33 °C ซึ่งเมื่อพิจารณาจากเส้นกราฟในรูปที่ 3 พบว่าจะมีค่าความต้านทานอยู่ที่ 85 Ω วงจรจะทำหน้าที่รักษาอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ให้มีค่า 33 °C หรือที่ 85 Ω ตลอดเวลา ดังนั้นเมื่อของไหลซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าเทอร์มิสเตอร์ไหลกระทบผ่านเทอร์มิสเตอร์ ความร้อนจากเทอร์มิสเตอร์ส่วนหนึ่งจะถูกของไหลพาไป ส่งผลทำให้ความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์เพิ่มขึ้น บริดจ์จะอยู่ในสภาวะไม่สมดุลเกิดความต่างศักย์ขึ้นระหว่างจุด A กับจุด B ความต่างศักย์นี้จะถูกส่งไปยังวงจรขยายเชิงดำเนินการ (operational amplifier) เพื่อส่งสัญญาณให้ทรานซิสเตอร์ (transistor) ซึ่งต่อกันแบบดาร์ลิ่งตัน (Darlington) ส่งกระแสไฟฟ้า I_s ไปยังเทอร์มิสเตอร์เพื่อรักษาอุณหภูมิให้คงที่อยู่ตลอดเวลา จากหลักการดังกล่าวจะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วของของไหลที่ไหลกระทบผ่านเทอร์มิสเตอร์มีค่าสูง ความร้อนจะถูกพาออกไปมาก กระแสไฟฟ้าที่ส่งมายังเทอร์มิสเตอร์เพื่อรักษาบริดจ์ให้สมดุลจะต้องมากขึ้น ดังนั้นหากสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ไปยังเทอร์มิสเตอร์ I_s หรือค่าศักย์ไฟฟ้า V_s กับความเร็วของของไหลที่อุณหภูมิต่าง ๆ แล้ว จะทำให้สามารถนำไปใช้

วัดความเร็วของของไหลที่ต้องการได้

สำหรับวงจรส่วนที่สองนั้นจะเป็นวงจรขยายสัญญาณ (differential amplifier) วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ขยายขนาดความแตกต่างระหว่างสัญญาณที่ได้จากวงจรรักษาอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ให้คงที่ กับแรงดันอ้างอิงซึ่งทำหน้าที่เหมือนการปรับค่าศูนย์ (adjust zero) ในเครื่องมือวัดทั่วไปทั้งนี้เพื่อให้สัญญาณที่ได้มีค่าสูงมากพอที่จะบันทึกและใช้ในการเปรียบเทียบ (calibration) ได้ โดยการนำค่าศักย์ไฟฟ้า V_s เข้าสู่วงจรขยายเชิงดำเนินการที่จุด C และนำสัญญาณแรงดันอ้างอิงเข้าสู่วงจรขยายเชิงดำเนินการที่จุด D วงจรในส่วนนี้จะทำการขยายความแตกต่างของสัญญาณระหว่างจุด C กับจุด D โดยที่อัตราขยาย (gain) จะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานต่าง ๆ สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการขยายสามารถวัดได้ที่จุด V_{out} ดังนั้นในการทดลองนี้จะหาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณไฟฟ้าที่จุด V_{out} กับความเร็วของของไหลที่ไหลกระทบผ่านเทอร์มิสเตอร์ดังจะได้อีกต่อไป

ในการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของของไหลกับสัญญาณไฟฟ้าที่จุด V_{out} นั้นจะใช้อุโมงค์ลม (wind tunnel) ขนาดเล็กและใช้อากาศเป็นของไหลในการทดลอง ทำการเปรียบเทียบเครื่องมือวัดกับเครื่องวัดความเร็วอากาศแบบลวดความร้อนซึ่งติดอยู่บนอุโมงค์ลมดังแสดงในแผนภาพรูปที่ 5 ในการทดลองนี้ได้ทดลองหา

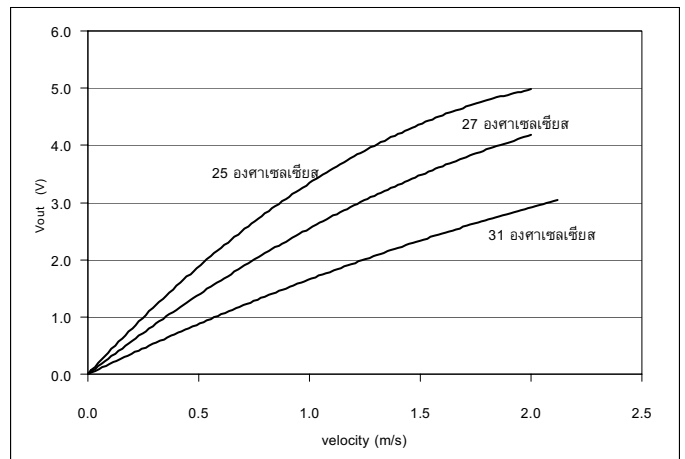


รูปที่ 5 แผนภาพแสดงวิธีการทดลอง

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของอากาศกับสัญญาณไฟฟ้าที่จุด V_{out} โดยใช้ช่วงความเร็วของอากาศระหว่าง 0.1 m/s ถึง 2.0 m/s ที่อุณหภูมิของอากาศ 25 °C , 27 °C และ 31 °C

ผลการทดลอง

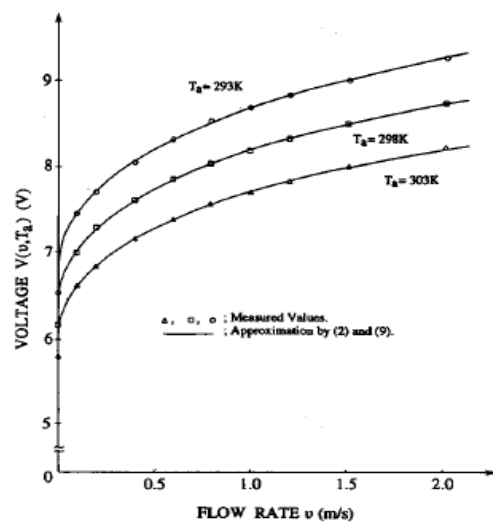
ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของอากาศที่ใช้ในการทดลองกับสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากวงจรหรือเส้นโค้งการเทียบมาตรฐาน (calibration curve) แสดงได้ดังในกราฟรูปที่ 6 ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วของอากาศเพิ่มขึ้น สัญญาณที่ได้จากวงจรจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากสัมประสิทธิ์การพาความร้อนมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามความเร็วของอากาศ เมื่ออากาศมีความเร็วมาก สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจะมีค่ามากทำให้วงจรต้องปล่อยกระแสไฟฟ้า I_s มากเพื่อรักษาอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ให้มีค่าคงที่ ส่งผลทำให้สัญญาณไฟฟ้าที่จุด V_{out} มีค่ามากตามไปด้วย และจาก



รูปที่ 6 เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของอากาศที่ใช้ในการทดลอง กับสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากวงจร

กราฟจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการทดลองมีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของอากาศกับสัญญาณไฟฟ้าด้วยเช่นกัน กล่าวคือที่ความเร็วของอากาศเดียวกันอุณหภูมิของอากาศที่มีค่าน้อยเช่นที่ 25 °C จะได้สัญญาณไฟฟ้าที่มีค่าสูงกว่าที่ 27 °C และ 31 °C เนื่องจากสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเร็วของอากาศแต่เพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศด้วย ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าอุณหภูมิของของไหลที่ใช้ในการทดลองนั้นมีผลโดยตรงต่อกรณีนี้เอง

เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ที่ได้จากกราฟรูปที่ 6 กับผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องดังแสดงในกราฟรูปที่ 7 [2] จะพบว่าผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกันกล่าวคือที่ความเร็วของอากาศเดียวกัน



รูปที่ 7 เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของอากาศ กับสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากวงจรของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [2]

อากาศที่อุณหภูมิต่ำกว่าจะให้สัญญาณไฟฟ้าที่สูงกว่าอากาศที่อุณหภูมิสูงกว่าเช่นกัน หากแต่อุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้ไม่จำเป็นที่จะต้องให้มีความสูงค่าอุณหภูมิของอากาศมากนัก คืออยู่ที่ประมาณ 33 °C ซึ่งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [2] ซึ่งต้องให้อุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์อยู่ที่ประมาณ 70 °C จะพบว่าอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนั้นต่ำกว่ามาก ทั้งนี้เป็นผลมาจากการใช้วงจรขยายสัญญาณที่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวน (noise) ได้มาก ทำให้สัญญาณที่ได้มีความชัดเจนโดยไม่จำเป็นต้องให้อุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์สูงมากนัก และด้วยข้อดีนี้จึงทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะนำเอาวิธีการดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับการวัดอัตราการไหลของของไหลที่มีค่าน้อย และติดตั้งได้ง่าย เช่นการวัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้าสู่เครื่องยนต์ หรือการวัดอัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจนที่เข้าสู่เครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สไฮโดรเจน เป็นต้น นอกจากข้อดีดังกล่าวแล้ว จากการทดลองยังพบว่าวิธีการวัดดังกล่าวมีความแม่นยำ (accuracy) พอสมควรโดยมีค่าความผิดพลาด 5 เปอร์เซ็นต์ของช่วงการวัดโดยควบคุมอุณหภูมิของอากาศให้คงที่ อีกทั้งยังมีความไวสูงซึ่งจะเห็นได้จากเส้นโค้งการเทียบมาตรฐานในรูปที่ 6 และให้ผลตอบสนองที่ไวโดยการทดลองหาค่าคงตัวของเวลา (time constant) จากออสซิลโลสโคป (oscilloscope) อีกด้วย

สรุปผลการวิจัย

การประยุกต์ใช้เทอร์มิสเตอร์ในการวัดความเร็วของของไหลที่มีความเร็วต่ำคืออยู่ในช่วง 0.1 m/s ถึง 2.0 m/s โดยใช้อากาศเป็นของไหล จากการทดลองพบว่าวิธีการวัดดังกล่าวมีข้อดีคือ มีความไวสูง มีการตอบสนองที่ไว อุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ไม่ต้องสูงมากเมื่อเทียบกับวิธีการวัดโดยใช้หลอดความร้อนทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับการวัดของไหลที่ติดตั้งได้ง่าย เช่นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีอัตราการไหลน้อย ๆ นอกจากนี้วิธีการวัดดังกล่าวยังมีค่าใช้จ่ายน้อย ตัวเทอร์มิสเตอร์มีความทนทานสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการวัดความเร็วของอากาศที่มีอนุภาคเจือปน อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ในกระบวนการควบคุมที่ต้องการสัญญาณป้อนกลับจากเครื่องวัดอัตราการไหลเพื่อใช้ในการควบคุมอีกด้วย หากแต่วิธีการวัดดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในเรื่องของอุณหภูมิที่มีผลต่อการวัดเป็นอย่างมากซึ่งส่งผลต่อความถูกต้องของการวัดได้เช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] P.W.Baier and K.F. Bonnet .1978 . PTC – Resistor Probe for The Measurement of the Instantaneous Fuel Consumption in Motor Vehicles . Flow Measurement of Fluids , H.H.Dijatebergen ,E.A. Speacer. ,pp.455-459.
- [2] Hiroyuki Fujita , Tadahiko Ohhashi , Masahiro Asakura , Mitsushiro Yamada and Kenzo Watanabe , Fellow , IEEE . 1995. A Thermistor Anemometer for Low-Flow-Rate Measurements . IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement , Vol.44 ,pp. 779-782.

- [3] Ken Okamoto , Tadahiko Ohhashi , Massahiro Asakura , and Kenzo Watanabe , Fellow , IEEE . 1994. A Digital Anemometer .IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement , Vol. 43 , No.2 .
- [4] สิริพงษ์ เอี่ยมชัยมงคล. 2548 . การวัดความเร็วของอากาศโดยใช้เทอร์มิสเตอร์ . การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 19 ,ภูเก็ต ,ประเทศไทย , 19-21 ตุลาคม 2548 :1402-1406 .
- [5] Anthony J.Wheeler and Ahmad R. Ganji .2004. Introduction to Engineering Experimentation , Pearson Education , pp. 285-286.
- [6] P.C.Stainack and K.A. Nagabushana . Review of Hot – Wire Anemometry Techniques and the Range of Their Applicability for Various Flows . Electronic Journal of Fluids Engineering , Transactions of the ASME.