

## การวัดความเร็วลม ด้วยพัดลมระบายความร้อน

## Wind Speed Measurement by Using a Cooling Fan

ณัฐพล แจ้งจงดี<sup>1</sup> วันชัย ทรัพย์สิงห์<sup>2</sup> ทรงกลด ศรีปรังค์<sup>3</sup>Nattapon Jangjongdee,<sup>1</sup> Wanchai Subsingha,<sup>2</sup> Songklod Sriprang<sup>3</sup>

Received: 15 October 2012 ;Accepted: 10 December 2012

## บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการวัดความเร็วลม ด้วยพัดลมระบายความร้อน เพื่อประเมินความสามารถของ พัดลมระบายความร้อนในการใช้แทนเซนเซอร์การวัดความเร็วลม โดยพัดลมระบายความร้อนที่ทดสอบนี้ เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน มีการจัดสร้างชุดอุปกรณ์เพื่อไว้เปรียบเทียบกับความเร็วลมมาตรฐานที่สามารถควบคุมความเร็วลมได้ ตั้งแต่ 0.4 m/s ถึง 20 m/s ได้โดยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้รับสัญญาณ PWM จากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ และมีการติดตั้งเครื่องวัดความเร็วลมจำนวน 2 ชุด ผลการทดสอบพัดลมระบายความร้อนจำนวน 6 ยี่ห้อ เบื้องต้นพบว่า พัดลมระบายความร้อนได้รับพลังงานลมจะให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีความเป็นเชิงเส้นเทียบกับความเร็วลมระหว่าง 3.2 ถึง 15.7 m/s และนำค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเข้าสู่ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อประมวลผลและแสดงผลผ่านทางจอ LCD ทั้งในหน่วย m/s และ km/h ผลจากการทดสอบพบว่า พัดลมระบายความร้อนสามารถนำมาประยุกต์ใช้แทนเซนเซอร์วัดความเร็วลมร่วมกับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ โดยมีความผิดพลาดเฉลี่ยที่  $\pm 0.14$  m/s หรือ  $\pm 1.12$  % ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้

**คำสำคัญ:** การวัดความเร็วลม พัดลมระบายความร้อน ไมโครคอนโทรลเลอร์

## Abstract

This paper presents measurements of wind speed by using a cooling fan to evaluate the ability of the fan to be utilized as a substitute for a sensor. The result, when cooling fans are used, is compared with that of a handmade wind tunnel which can create the Standard Wind Speed Meter and control wind speed from 0.4 m/s to 20 m/s. Inside the tunnel there is a dc motor that receives a PWM signal from the microcontroller. There are also 2 Anemometers. The primary result shows six different brand fans that get wind energy and provide a dc voltage in a linear relationship at wind speed intervals between 3.2 to 15.7 m/s only. The signal of that dc voltage is sent to the microcontroller for interpretation on an LCD screen both in m/s and in km/h unit. The final result indicates that the fan with the microcontroller can be substituted for a wind speed measurement sensor. The average error value is approximately  $\pm 0.14$  m/s or  $\pm 1.12$  % which is an acceptable value.

**Keywords:** Wind Speed Measurement, Cooling Fan, Microcontroller

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท, <sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, <sup>3</sup> อาจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิต - นครนายก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110,

<sup>1</sup> Master degree student, <sup>2</sup> Assist. Prof., <sup>3</sup> Lecturer, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Rangsit -Nakhonnayok Road, Thanyaburi District, Pathum Thani 12110, Thailand. zalamandera@hotmail.com

## บทนำ

ลมเป็นพลังงานที่สามารถพบได้ทุกแห่งทุกที่ทั่วโลก การนำพลังงานลมมาใช้ให้เกิดประโยชน์มีมากมายหลายอย่างเช่น กังหันลมผลิตไฟฟ้า, กังหันลมเพื่อการเกษตร, การแล่นเรือใบ, เครื่องบิน เป็นต้น ซึ่งก่อนที่จะนำพลังงานลมมาใช้ให้เกิดประโยชน์นั้น อย่างหนึ่งที่จะต้องมีการศึกษาคือ ความเร็วลม ซึ่งความเร็วลมสามารถวัดได้โดยเครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) โดยแสดงผลของความเร็วในหน่วยต่างๆ เช่น m/s, km/h, knots, miles/h ฯลฯ<sup>1</sup> เครื่องวัดความเร็วลมมีหลากหลาย ที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวางมากที่สุดคือ นำการหมุนของระบบแม็กเนติกที่ได้รับพลังงานลมมาเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ

### 1.1 แบบแนวแกนตั้ง (Vertical)

แบบแนวแกนตั้งมีแกนหมุนตั้งฉากกับทิศทางของลม ข้อดีของเครื่องวัดความเร็วลมแบบนี้คือสามารถรับลมได้ทุกทิศทาง ติดตั้งในระดับต่ำได้ แต่ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานต่ำกว่าแบบแนวนอน จึงมีการใช้งานอยู่น้อย ซึ่งอาจมีใบพัด หรือถ้วยครึ่งซีก ประมาณ 3 – 4 ใบ เป็นตัวรับปริมาณลม



Figure 1 Vertical anemometer

### 1.2 แบบแนวแกนนอน (Horizontal)

แบบแนวแกนนอนมีแกนหมุนวางตัวอยู่ในทิศทางขนานกับทิศทางลม มีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากกับแรงลม มีข้อดีคือประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานสูง มีใบพัดคล้ายกับพัดลมทั่วไป มีหลายขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กมาก (เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 1 cm.) ถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 10 cm. อาจมีจำนวนใบพัดตั้งแต่ 3 – 11 ใบ เพื่อรองรับการใช้งานที่หลากหลายและเหมาะสม พบมากในเครื่องมือวัดความเร็วลมทั่วไป



Figure 2 Horizontal anemometer

เครื่องวัดความเร็วลมทั้งสองแบบจะใช้หลักการรับพลังงานลมเข้ามากระทบกับส่วนของกังหัน หรือใบพัด เพื่อเปลี่ยนความเร็วลมเป็นแรงดันไฟฟ้า หรือความถี่ในการหมุนเป็นสัญญาณเข้าสู่วงจรภายในเครื่องวัดและประมวลผลพร้อมแสดงผลของความเร็วลมผ่านทางจอ LCD หรือ 7 segment ข้อดีของเครื่องวัดความเร็วลมที่มีการผลิตและจำหน่ายจากบริษัทคือ มีความน่าเชื่อถือ มีความผิดพลาดน้อย ความแม่นยำสูง รูปแบบทันสมัย มีฟังก์ชันเสริม เช่นการวัดอุณหภูมิหรือการวัดความชื้นของอากาศ แต่มีข้อเสียคือเครื่องวัดความเร็วลมส่วนใหญ่ที่มีจำหน่ายตามบริษัทชั้นนำทั่วไปยังคงมีราคาขายและบริการหลังการขายที่ค่อนข้างสูง

ปัจจุบันได้มีการสร้างเครื่องวัดความเร็วลมได้โดยง่าย เช่นเครื่องวัดความเร็วลมและทิศทางลม<sup>2</sup> มีข้อเสียที่ระบบกลไกต่างๆ มีความยุ่งยาก ซับซ้อน มีการสูญเสียเกิดขึ้นที่แปรปรวน เพราะเป็นเครื่องกำเนิดแบบขดลวดเป็นตัวหมุน การบำรุงรักษาค่อนข้างยาก, เครื่องวัดความเร็วลมแบบโซลิตสเตต<sup>3</sup> มีข้อเสียที่เซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดมีขนาดยาวไม่สะดวกในการพกพา การตั้งค่าต่างๆ มีความซับซ้อน, การพัฒนาชุดเครื่องมือวัดความเร็วลม ที่ระดับความสูง 10 – 15 เมตรพร้อมประมวลผลผ่านทางอินเทอร์เน็ตและการเก็บข้อมูลผ่าน USB flash drive<sup>4</sup> มีข้อเสียที่ระบบกลไกมีประสิทธิภาพต่ำ ราคาสูง งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการวัดความเร็วลม ด้วยพัดลมระบายความร้อน เพื่อประเมินความสามารถของพัดลมระบายความร้อนในการใช้แทนเซนเซอร์การวัดความเร็วลม โดยนำสัญญาณแรงดันไฟฟ้า เข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อประมวลผลและแสดงผลผ่านทางจอ LCD โดยมีความละเอียด ผิดพลาดต่ำ และต้นทุนของเครื่องวัดความเร็วลมไม่สูง



การจำลองความเร็วลมด้วยอุโมงค์ในแผนผัง Figure 5 นั้น สามารถจำลองความเร็วลมได้ตั้งแต่ 0.1 – 20.0 m/s ในเบื้องต้น เมื่อเริ่มปรับความเร็วลมจะมีลมเข้าผ่านเครื่องวัดความเร็วลมตัวที่ 1 ไปยังพัดลมระบายความร้อน และเครื่องวัดความเร็วลมตัวที่ 2 ตามลำดับ พบว่าความแตกต่างของการแสดงค่าความเร็วลมจากเครื่องวัดความเร็วลมในช่วง 0.1 – 0.3 m/s เครื่องวัดความเร็วลมตัวที่ 2 ยังไม่มีการหมุน ช่วง 0.3 – 2.0 จะมีความแตกต่างกันเฉลี่ย 0.2 m/s ช่วง 2.1 – 3.0 จะมีความแตกต่างกันเฉลี่ย 0.1 m/s และในช่วง 3.1 – 20.0 m/s จะไม่มีความแตกต่างกันของค่าความเร็วลม สาเหตุของความเร็วลมในช่วงต่ำกว่า 3.0 m/s เกิดขึ้นมาจากระยะห่างของเครื่องวัดความเร็วลมทั้ง 2 ตัว ซึ่งในช่วงแรกเครื่องวัดความเร็วลมตัวที่ 2 ไม่สามารถแสดงค่าได้เนื่องจากกำลังของลมที่ส่งผ่านอุโมงค์ลมไปมีไม่เพียงพอ จึงไม่สามารถทำให้ โพรบของเครื่องวัดทำงานได้ แต่เมื่อมีความเร็วลมที่สามารถส่งไปถึงเครื่องวัดความเร็วลมตัวที่ 2 ตั้งแต่ 0.4 m/s ขึ้นไป เครื่องวัดความเร็วลมตัวที่ 2 ก็สามารถแสดงค่าความเร็วลมได้ แต่จะมีค่าน้อยกว่าเครื่องวัดความเร็วลมตัวที่ 1 อยู่เล็กน้อย เนื่องจากเครื่องวัดความเร็วลมตัวที่ 1 อยู่ใกล้มอเตอร์พัดลมมากที่สุด การทดสอบแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของพัดลมระบายความร้อนจะทดสอบจำนวน 6 ยี่ห้อ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและจำนวนใบพัดเท่ากันทั้งหมดทดสอบด้วยการปรับความเร็วลมของมอเตอร์พัดลมไฟฟ้ากระแสตรงตั้งแต่ 2.0 m/s ถึง 16.0 m/s (เนื่องจากพัดลมระบายความร้อนทั้ง 6 ยี่ห้อ จะเริ่มหมุนที่ความเร็วลมเฉลี่ยตั้งแต่ 2.0 m/s เมื่อเทียบกับเครื่องวัดความเร็วลมตัวที่ 1) โดยได้ระดับแรงดันไฟฟ้าดัง Figure 6

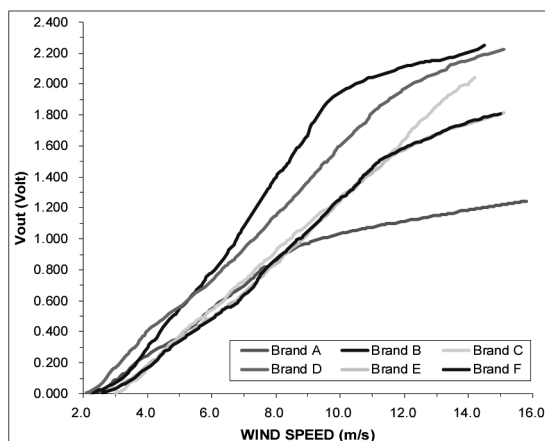


Figure 6 Voltages of six different cooling fan brands

จาก Figure 6 ยี่ห้อ A มีช่วงความเป็นเชิงเส้นเท่ากับ 6.2 m/s ยี่ห้อ B มีช่วงความเป็นเชิงเส้นเท่ากับ 6.8 m/s ยี่ห้อ C มีช่วงความเป็นเชิงเส้นเท่ากับ 11.2 m/s ยี่ห้อ D มีช่วงความ

เป็นเชิงเส้นเท่ากับ 9.8 m/s ยี่ห้อ E มีช่วงความเป็นเชิงเส้นเท่ากับ 9.6 m/s และยี่ห้อ F มีช่วงความเป็นเชิงเส้นเท่ากับ 8.8 m/s จากทั้ง 6 ยี่ห้อ



Figure 7 Brand C cooling fan

ยี่ห้อที่มีช่วงความเป็นเชิงเส้นมากที่สุดคือยี่ห้อ C (SS DC FAN) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกยี่ห้อ C มาทำการทดสอบเพิ่มขึ้นอีก 5 ตัว และมีผลการทดสอบแรงดันไฟฟ้าของพัดลมระบายความร้อนดัง Figure 8

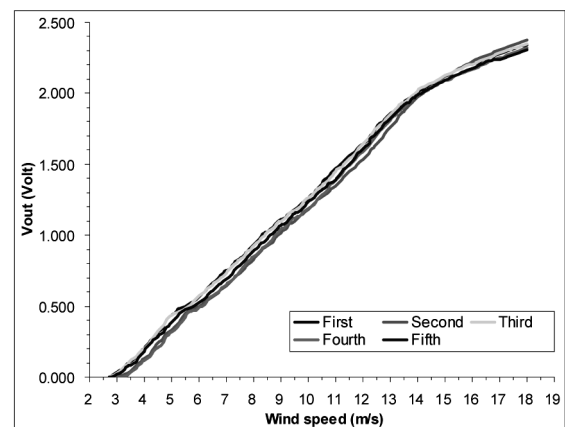


Figure 8 Voltages of five selected brand C cooling fans

จาก Figure 8 แรงดันไฟฟ้าของพัดลมระบายความร้อนยี่ห้อ C ตัวที่ 1 มีช่วงความเป็นเชิงเส้นเท่ากับ 11.2 m/s ตัวที่ 2 มีช่วงความเป็นเชิงเส้นเท่ากับ 12.5 m/s ตัวที่ 3 มีช่วงความเป็นเชิงเส้นเท่ากับ 12.0 m/s ตัวที่ 4 มีช่วงความเป็นเชิงเส้นเท่ากับ 11.1 m/s ตัวที่ 5 มีช่วงความเป็นเชิงเส้นเท่ากับ 11.8 m/s

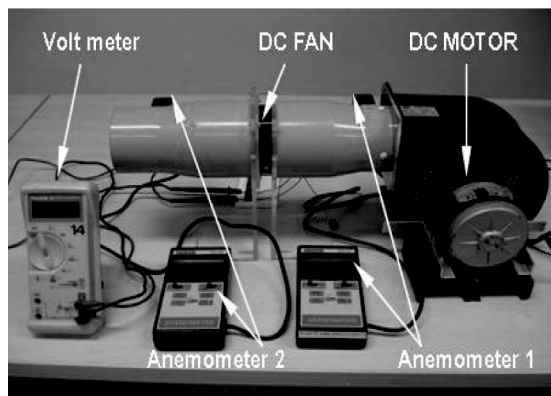


Figure 9 Installing the cooling fans for testing their voltages

จากจำนวนทั้ง 5 ตัวที่ทดสอบจะเห็นว่าพัดลมระบายความร้อนตัวที่ 2 มีช่วงความเป็นเชิงเส้นมากที่สุด ตั้งแต่ 3.2 m/s ถึง 15.7 m/s ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ข้อที่ 3 ตัวที่ 2 มาเป็นเซนเซอร์ในการวัดความเร็วลมต่อไป ซึ่งลักษณะสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของพัดลมระบายความร้อนที่วัดได้จากออสซิลโลสโคปเป็นดัง Figure 10 – 12

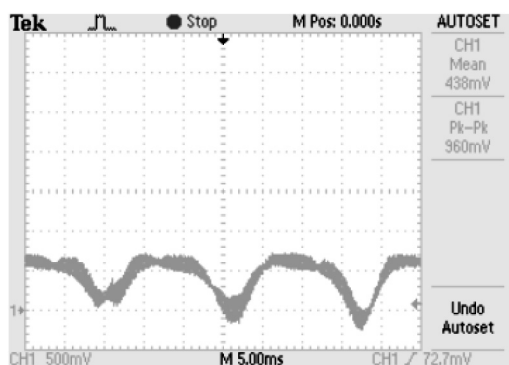


Figure 10 The voltage output signal of cooling fan at wind speed 5.0 m/s

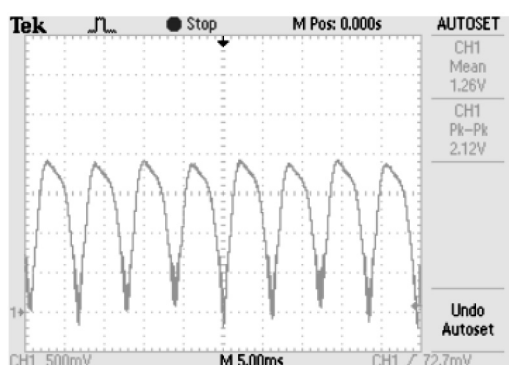


Figure 11 The voltage output signal of cooling fan at wind speed 10.0 m/s

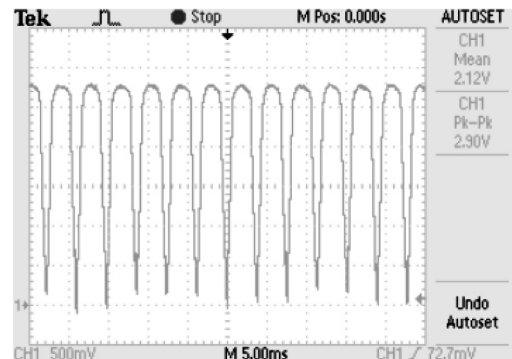


Figure 12 The voltage output signal of cooling fan at wind speed 15.0 m/s

จาก Figure 10 – 12 จะเห็นว่าเมื่อทำการป้อนพลังงานลมเพิ่มมากขึ้น พัดลมระบายความร้อนก็จะผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมามากขึ้นเช่นเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

#### 4. การออกแบบชุดเซนเซอร์วัดความเร็วลม

พัดลมระบายความร้อนที่เลือกใช้เป็นเซนเซอร์ในการวัดความเร็วลมมีแรงดันไฟฟ้าที่ 0.011V (3.2 m/s) ถึง 2.194V (15.7 m/s) ซึ่งเพียงพอต่อการวัดและมีความแม่นยำโดยนำค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากช่วงนี้ มาเข้าวงจรบัฟเฟอร์ เพื่อกรองสัญญาณให้ผิดเพี้ยนน้อยที่สุด และนำมาขยายสัญญาณให้ได้ระดับแรงดันไฟฟ้าในช่วง 0 – 5V<sup>6</sup> โดยใช้สมการที่ (1), (2), (3), (4) ตามลำดับ

$$m = \frac{V_{out}(M) - V_{in}(M)}{V_{out}(F) - V_{in}(F)} \quad (1)$$

$$m = \frac{R_f}{R_i} \quad (2)$$

$$V_{in} = mV_{in}(F) + b \quad (3)$$

$$R_{os} = \frac{R_f}{b} (\pm V) \quad (4)$$

เมื่อ  $m$  คือ ความชันของกราฟ

$V_{out}(M)$  คือ แรงดันไฟฟ้าด้านสูงของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์, Volt

$V_{in}(M)$  คือ แรงดันไฟฟ้าด้านต่ำของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์, Volt

$V_{out}(F)$  คือ แรงดันไฟฟ้าด้านสูงของพัดลมระบายความร้อน, Volt

$V_{in}(F)$  คือ แรงดันไฟฟ้าด้านต่ำของพัดลมระบายความร้อน, Volt

$R_f$  คือ ความต้านทานที่เลือกใช้,  $\Omega$

$R_i$  คือ ความต้านทานที่จะขยาย,  $\Omega$

- $b$  คือ ค่าเริ่มต้น, Volt  
 $R_{os}$  คือ ความต้านทานที่ตำแหน่ง ศูนย์,  $\Omega$   
 $\pm V$  คือ แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้  $R_{os}$ , Volt

จากสมการที่ 1 ถึงสมการที่ 4 จะได้ค่าต่างๆ ดังนี้

$$m = 2.29 \quad R_f = 1k\Omega$$

$$R_i = 436\Omega \quad b = -0.0251V$$

$$R_{os} = 478k\Omega$$

$\pm V$  ในที่นี้เลือกใช้แรงดันไฟลบเท่ากับ -12V เพื่อให้ค่า  $R_{os}$  มีค่าเป็นบวก เนื่องจากค่าเริ่มต้น ( $b$ ) เป็นลบ

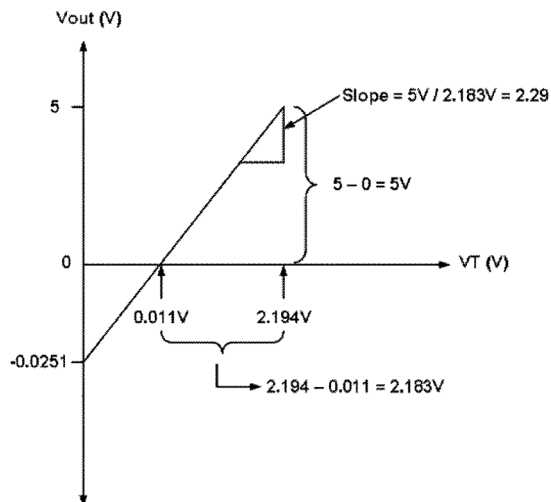


Figure 13 Slope converter – zero offset

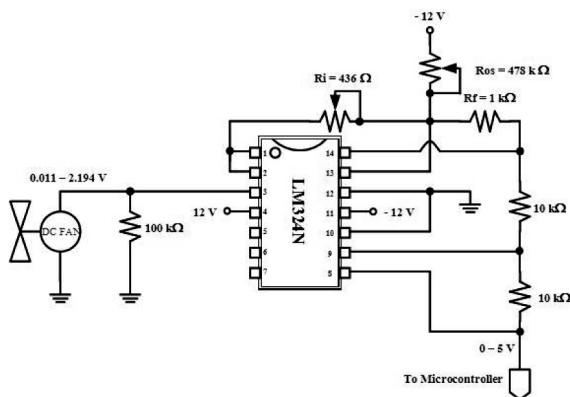


Figure 14 Cooling fan circuit, buffer circuit and amplifier circuit

จากนั้นนำสัญญาณแรงดันไฟฟ้ามาเข้าขานาลอกของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยเขียนโปรแกรมการทำงานของ

ด้วยภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ และแสดงผลของความเร็วลมผ่านทางจอ LCD ดัง Figure 15 และ 16

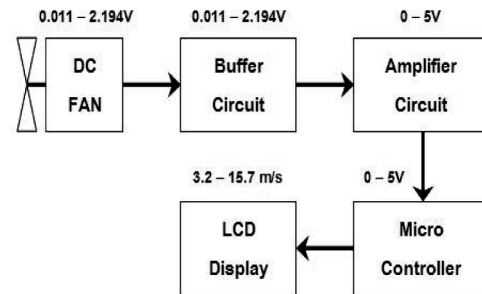


Figure 15 Designing the wind speed sensor by a microcontroller

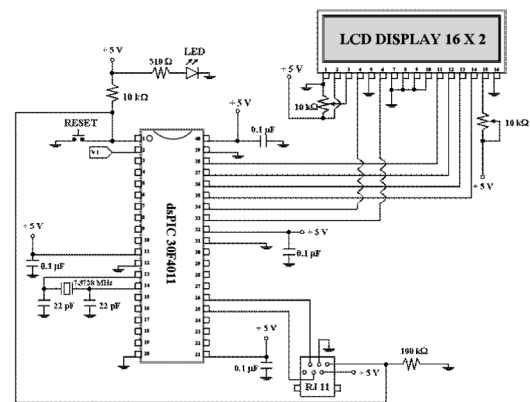


Figure 16 LCD display circuit of the wind speed sensor by a microcontroller

จาก Figure 16 สัญญาณไฟฟ้าที่ได้มาจากการปรับแต่งสัญญาณของพัดลมระบายความร้อนจะต่ออยู่กับขาที่ 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะเขียนโปรแกรมภาษาซี ที่รับข้อมูลที่เป็นอนาลอกมาเปลี่ยนดิจิตอล ขนาด 10 บิต (0 - 1023) โดยการตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้าใช้งานของพัดลมระบายความร้อน และแสดงการผลทุกๆ 1 ms เช่นเดียวกัน<sup>8</sup>

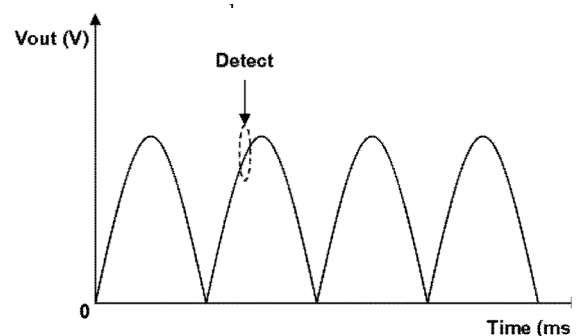


Figure 17 Voltage signal detection

จากนั้นนำค่าที่ตรวจจับได้มาเขียนสมการภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำค่าของความเร็วลมที่อ่านได้ มาแสดงผลผ่านทางจอ LCD ขนาด 16 x 2 ซึ่งสามารถแสดงได้หน่วย m/s และ km/h จำนวนเต็มสูงสุดถึง 2 หลัก และจำนวนทศนิยมสูงสุดถึง 2 หลัก ดัง Figure 18

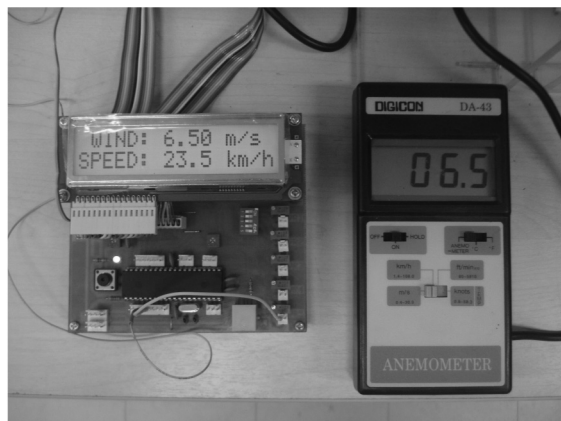


Figure 18 The wind speed displayed on LCD

### ผลการศึกษา

การทดสอบพัฒนาระบายความร้อนจะมีขั้นตอนเช่นเดียวกับการทดสอบแรงดันไฟฟ้าแต่จะเปลี่ยน จากโวลต์มิเตอร์ เป็นชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ (dsPIC30F4011) ที่มีการแสดงผลผ่านทางจอ LCD โดยจะปรับความเร็วของมอเตอร์พัดลมไฟฟ้าเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.1 m/s และเปรียบเทียบระหว่างการแสดงผลของจอ LCD จากการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์กับเครื่องวัดความเร็วลมจำนวน 2 ตัว ดัง Figure 19

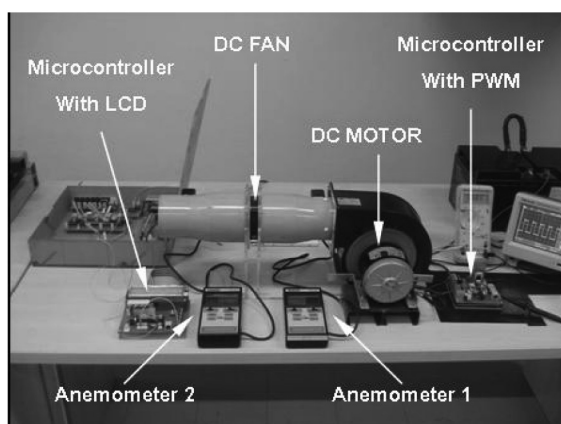


Figure 19 Comparison of the accuracy of the wind speed sensor and the anemometer

Table 1 The values of the wind speed measured by the anemometer and by the sensor

| V<br>(m/s) | V1<br>(m/s) | V<br>(m/s) | V1<br>(m/s) | V<br>(m/s) | V1<br>(m/s) |
|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| 3.2        | 3.5         | 7.4        | 7.7         | 11.6       | 11.7        |
| 3.4        | 3.6         | 7.6        | 7.9         | 11.8       | 11.9        |
| 3.6        | 3.8         | 7.8        | 8.1         | 12.0       | 12.1        |
| 3.8        | 4.0         | 8.0        | 8.3         | 12.2       | 12.2        |
| 4.0        | 4.2         | 8.2        | 8.5         | 12.4       | 12.5        |
| 4.2        | 4.4         | 8.4        | 8.7         | 12.6       | 12.6        |
| 4.4        | 4.5         | 8.6        | 8.8         | 12.8       | 12.8        |
| 4.6        | 4.7         | 8.8        | 9.1         | 13.0       | 13.0        |
| 4.8        | 5.0         | 9.0        | 9.3         | 13.2       | 13.1        |
| 5.0        | 5.2         | 9.2        | 9.4         | 13.4       | 13.3        |
| 5.2        | 5.3         | 9.4        | 9.7         | 13.6       | 13.5        |
| 5.4        | 5.5         | 9.6        | 9.9         | 13.8       | 13.7        |
| 5.6        | 5.6         | 9.8        | 10.0        | 14.0       | 13.9        |
| 5.8        | 5.9         | 10.0       | 10.2        | 14.2       | 14.1        |
| 6.0        | 6.2         | 10.2       | 10.4        | 14.4       | 14.4        |
| 6.2        | 6.5         | 10.4       | 10.6        | 14.6       | 14.7        |
| 6.4        | 6.7         | 10.6       | 10.8        | 14.8       | 14.8        |
| 6.6        | 6.8         | 10.8       | 11.0        | 15.0       | 15.0        |
| 6.8        | 7.1         | 11.0       | 11.2        | 15.2       | 15.2        |
| 7.0        | 7.3         | 11.2       | 11.3        | 15.4       | 15.4        |
| 7.2        | 7.5         | 11.4       | 11.5        | 15.6       | 15.6        |

จาก Table 1 เครื่องวัดความเร็วลมคือ V มีหน่วยเป็น m/s และความเร็วลมที่ได้จากพัฒนาระบายความร้อนแสดงผลด้วยจอ LCD คือ V1 มีหน่วยเป็น m/s ซึ่งจะทำให้การจดบันทึกค่าทุกๆ 0.2 m/s ตั้งแต่ 3.2 – 15.6 m/s จากนั้นนำค่ามาสร้างกราฟ ดัง Figure 20

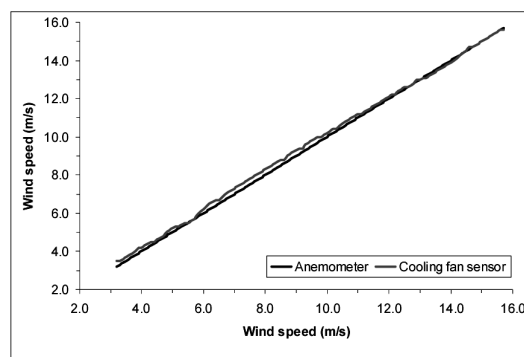


Figure 20 Comparison of the wind speed values measured by the anemometer and by the sensor

จาก Figure 20 ได้ทำการเพิ่มระดับความเร็วลมขึ้นครั้งละ 0.1 m/s โดยเริ่มที่ความเร็วลม 3.2 m/s ถึง 15.7 m/s ซึ่งในช่วงความเร็วลมที่ 3.2 m/s ถึง 11.0 m/s ความเร็วลมที่ได้จากพัดลมระบายความร้อน จะแสดงผลออกมามากกว่าเครื่องวัดความเร็วลม 0.1 m/s ถึง 0.3 m/s และความเร็วลมที่ 11.1 m/s เป็นต้นไป ความเร็วลมที่ได้จากพัดลมระบายความร้อน จะแสดงผลออกมาในช่วง -0.1 m/s ถึง +0.1 m/s ซึ่งความคลาดเคลื่อนนี้เกิดจากปริมาณลมในอุโมงค์ลมอาจมีลมรั่วไหลเล็กน้อย และความคลาดเคลื่อนของ พัดลมระบายความร้อนด้วย

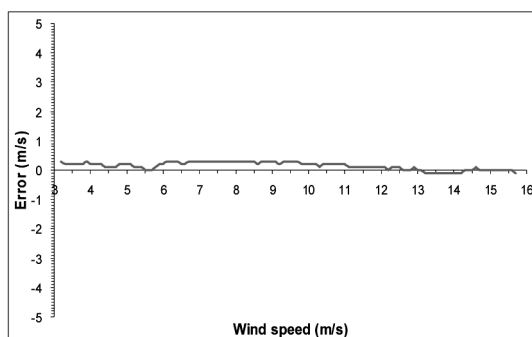


Figure 21 The average error of the wind speed sensor

จาก Figure 21 จะเห็นว่าความผิดพลาดของการวัดความเร็วลมที่ได้จากพัดลมระบายความร้อน เทียบกับเครื่องมือวัดความเร็วลม จะมีค่าสูงสุดที่ +0.3 m/s ต่ำสุดที่ -0.1 m/s และมีความผิดพลาดเฉลี่ยที่  $\pm 0.14$  m/s หรือคิดเป็น  $\pm 1.12$  %

### วิจารณ์และสรุปผล

การทดสอบพัดลมระบายความร้อนนั้นจะเริ่มแสดงค่าของการวัดจากเครื่องวัดความเร็วลมทั้ง 2 ชุด พร้อมกันกับในส่วนของการแสดงผลผ่านจอ LCD ในไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในระดับความเร็วลมตั้งแต่ 3.2 m/s ถึง 15.7 m/s มีความผิดพลาดสูงสุดที่ +0.3 m/s ต่ำสุดที่ -0.1 m/s และมีความผิดพลาดเฉลี่ยที่  $\pm 0.14$  m/s หรือ  $\pm 1.12$  % ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความสามารถของ พัดลมระบายความร้อนที่สามารถนำมาประยุกต์เป็นเซนเซอร์ในการวัดความเร็วลมได้ ทั้งยังมีราคาถูก หาซื้อได้ง่ายมีความแข็งแรงทนทาน และมีมาตรฐานในการผลิตจากบริษัทผู้ผลิต ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยนี้คือ หากต้องการวัดความเร็วลมในย่านการวัดที่ต่ำกว่า 3.2 m/s ควรเลือกพัดลมระบายความร้อนชนิดที่มีตลับลูกปืน เพราะจะมีความผิดและแรงเสียดทานน้อย หรือจำนวนใบพัดที่น้อยก็จะสามารถวัดความเร็วลมย่านการวัดที่ต่ำได้เช่นเดียวกัน

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการทดสอบและเครื่องมือเครื่องวัดจากสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล

### เอกสารอ้างอิง

1. ฟิสิกส์ราชมงคล, พลังงานลม, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.rmutphysics.com/>, เข้าดูเมื่อวันที่ 17/12/2554.
2. ดุสิตงานรุ่งโรจน์, ธวัชชัย จิตต์สนธิ์ และสันติ หวังนิพนพานโต, เครื่องวัดความเร็วลมและทิศทางลม, การประชุมเครือข่ายวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลครั้งที่ 3, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, จังหวัด นนทบุรี.
3. อภิรักษ์ นามถั่ง, เครื่องวัดความเร็วลมแบบโซลิตัสเตด, THE BEST OF PROJECTS เซมิฯ ปี 2552 ฉบับที่ 325 – 338, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน); หน้า 158 – 6.
4. กิตติศักดิ์ ดีพันธ์, คมสันต์ ภูหัดสวน และสราเดช กลัดทอง, การพัฒนาชุดเครื่องมือวัดความเร็วลม ที่ระดับความสูง 10 – 15 เมตรพร้อมประมวลผลผ่านทางอินเตอร์เน็ตและการเก็บข้อมูลผ่าน USB flash drive, มหาวิทยาลัยบูรพา, 2551.
5. Brushless dc fan motor, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.mechatronic-design.com/>, เข้าดูเมื่อวันที่ 7/01/2555.
6. ผศ.วรงค์ ตั้งศรีรัตน์, ออปแอมป์และการประมวลผลสัญญาณอนาล็อก, 2545, ส.ส.ท.เยาวชน
7. นคร ภักดีชาติ และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, คู่มือการทดลอง dsPIC Microcontroller เบื้องต้นด้วยภาษา C กับ MPLAB C30, บริษัท อินโนไวท์ เอ็ก เพอร์ซิเมนต์ จำกัด
8. ประจัน พลังสันติกุล, การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F ด้วยคอมไพเลอร์ MPLAB C, บริษัท แอปซอพท์เทคโนโลยี จำกัด;