

การลดค่าใช้จ่ายระบบวัดค่าการสั่นสะเทือน Low Cost Vibration Measuring System

ชุตินา เวชพันธ์¹, วราคม เนติน้อย²

^{1,2} สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น เลขที่ 1771/1 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250
*ติดต่อ: E-mail : Chutima.wa2016@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ : +66619852545

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการสร้าง และศึกษาชุดวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนราคาต่ำ โดยเฉพาะค่าความถี่ที่ต่ำกว่า 2000 Hz โดยใช้ชุดเซ็นเซอร์วัดสัญญาณสั่นสะเทือน EVAL-ADXL001 board ซึ่งใช้ Accelerometer sensor แบบ MEMs รหัส ADXL001 ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อทำหน้าที่เก็บข้อมูลการสั่นสะเทือน ในการศึกษาได้เปรียบเทียบผลการวัดกับชุดวัดสัญญาณสั่นสะเทือน ของ National Instrument ซึ่งประกอบด้วยเซ็นเซอร์ PCB Triaxial Accelerometer ที่ทำงานร่วมกับชุด DAQ Card รหัส NI 9234 และ NI cDAQ-9191 ในการศึกษาได้ปรับใช้ความถี่ของการสั่นสะเทือนเป็น 32.2, 53.2 และ 73.7 Hz

จากการศึกษาพบว่าเซ็นเซอร์รหัส ADXL001 สามารถให้ผลการวัดสัญญาณความถี่ของการสั่นสะเทือนหลักได้ใกล้เคียงกับชุดวัดของ National Instrument โดยที่ความถี่ของการสั่นสะเทือน 32.2, 53.2 และ 73.7 Hz มีความผิดพลาด 15.6 %, 2.8% and 4.7% ตามลำดับ และสำหรับการวิเคราะห์สัญญาณบนโดเมนเวลา เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทางสถิติ เช่น ค่ารากกำลังสองเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความเบี่ยงเบน และ ค่า Crest factor ก็ให้ผลใกล้เคียงกับชุดวัดอ้างอิงของ National Instrument เมื่อใช้วัดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่แรงกว่า 20 g

คำหลัก: เซ็นเซอร์วัดค่าการสั่นสะเทือน, การวิเคราะห์สัญญาณสั่นสะเทือน

Abstract

This research studies and makes a low cost of vibration measurement system. It has to measures vibration frequency below 2 kHz. The system consist of MEMs Accelerometer sensor (ADXL001) and Micro-computer board. The micro-computer controls the measure conditions and collects the data. In these experiments, the vibration frequencies were 32.2, 53.2 and 73.7 Hz. Then computer received the data from micro-computer for analyzing the vibration signal.

This low-cost system was compared with the vibration measurement system of National Instrument that consists of accelerometer sensor model PCB Triaxial and the set of DAQ Card model NI 9234 and NI cDAQ-9191. The errors of major frequencies at 32.2, 53.2 and 73.7 Hz were 15.6 %, 2.8% and 4.7%, respectively. The errors of time domain parameters which are Root Mean Square, Standard Deviation, Variance and Crest factor were small where the amplitude of vibration signal was high (at vibration frequency of 73.7 Hz where the vibration force is more than 20 g).

Keywords: Vibration Measuring System, MEMs Accelerometer sensor.

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนมีการแข่งขันที่สูงมาก ผู้ผลิตจึงมีความจำเป็นที่ต้องพัฒนาศักยภาพในการผลิต และลดต้นทุนเพื่อที่จะสามารถแข่งขันกับบริษัทอื่นได้ อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนใหญ่นิยมเอา

เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการผลิตชิ้นส่วน เพื่อให้สามารถควบคุมคุณภาพและปริมาณได้เป็นอย่างดีและไม่ยุ่งยากในการใช้ทักษะและความสามารถของผู้ควบคุมเครื่องจักร

ในปัจจุบันกระบวนการผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่อง CNC Lathe มีการป้องกันผลเสียที่เกิดจากการสึกหรอของมีดกลึงที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนคือ การกำหนดระยะเวลาในการใช้งานของมีดกลึง จากจำนวนการกลึงของชิ้นงาน ซึ่งการกำหนดระยะเวลานั้นต้องมีการเผื่อระยะเวลาช่วงหนึ่งก่อนที่จะเกิดการสึกหรอจริง เพื่อให้ชิ้นงานยังคงมีคุณภาพ การทำเช่นนี้ทำให้ใช้งานมีดกลึงไม่คุ้มค่า เนื่องจากจะต้องมีการเผื่อระยะเวลาไว้ เพื่อความปลอดภัย ซึ่งช่วงระยะเวลาที่เผื่อไว้จะเป็นต้นทุนที่สูญเสีย และยังเสียเวลาในการเปลี่ยนมีดกลึงบ่อยเกินความจำเป็น ดังนั้นถ้าสามารถพัฒนาระบบ Monitoring ให้มีความแม่นยำ ในการบ่งบอกสภาพการสึกหรอจริงของมีดกลึงที่ใช้อยู่ในขณะนั้นได้จะช่วยให้ลดต้นทุน และเวลาในการผลิตได้ จึงได้มีการพัฒนาการตรวจสอบสถานะของมีดกลึงด้วยการใช้สัญญาณสั่นสะเทือนของใบมีด [1-4] เพื่อใช้ทำนายสถานะสึกหรอของมีดกลึง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาต่างๆ ขึ้น เช่น การแตกหักของใบมีด สภาวะการตัดเฉือนที่ไม่เหมาะสมที่ทำให้เกิด Chatter เกิดเศษโลหะต่อเนื่อง และการสึกหรอของใบมีดเป็นต้น ซึ่งปัญหาดังกล่าวส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน และอายุการใช้งานของเครื่องจักร [5]

การวิเคราะห์ความเสียหายที่นิยมใช้กันในงานวิจัยมักใช้เซ็นเซอร์แตกต่างกันเพื่อการศึกษาพารามิเตอร์ที่ต้องการ เช่น หัววัดเสียง (Sound sensor) [7] หัววัดการสั่นสะเทือน (Accelerometer) [1-6] และหัววัดอคูสติกอิมิชชัน (Acoustic emission sensor) เป็นต้น โดยการเก็บสัญญาณเหล่านี้จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์การเก็บข้อมูล และโปรแกรมการวิเคราะห์ผล ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง [2] ในการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์บนโดเมนเวลา (Time Domain) เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทางสถิติที่มีผล ที่สามารถใช้ทำนายความเสียหายของมีดกลึงได้ เช่น ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าความแปรปรวน (Variance) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD) ค่ารากกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square, RMS) ค่าความเบ้ (Skewness) ค่าความโด่ง (Kurtosis) และค่า Crest factor เป็นต้น และการวิเคราะห์สัญญาณบนโดเมนความถี่ (Frequency domain) โดยเทคนิคการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (Fast Fourier Transform) เพื่อวิเคราะห์หา

Power Spectral Density ของการสั่นสะเทือนของมีดกลึง [2-6]

ในการศึกษาที่กล่าวมานั้นได้ใช้เซ็นเซอร์ และอุปกรณ์ที่มีราคาค่อนข้างแพง มีราคาโดยประมาณ 1.5 แสนบาท ซึ่งเป็นการยากที่จะนำอุปกรณ์เหล่านี้ไปใช้งานในสายการผลิตจริง เพื่อให้สามารถนำความรู้ในงานวิจัยนี้ไปใช้ได้จริง จำเป็นต้องหาชุดเซ็นเซอร์ และอุปกรณ์ประกอบในราคาไม่แพงมาก โดยในการวิจัยนี้เลือกใช้เซ็นเซอร์แบบ MEMs (ADXL001) และใช้ Micro-controller (Arduino) ในการประมวลผล ซึ่งมีราคารวมกันประมาณ 5000 บาท

เพื่อประเมินชุดเซ็นเซอร์ และอุปกรณ์ที่เลือกใช้ว่าสามารถใช้ทำนายการสึกหรอของมีดกลึงได้หรือไม่ จึงต้องสร้างเครื่องมือสอบเทียบเซ็นเซอร์วัดการสั่นสะเทือนที่เลือกใช้กับเซ็นเซอร์มาตรฐาน โดยใช้เทคนิคการตรวจวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนในโดเมนเวลา และโดเมนความถี่ที่มีช่วงความถี่ [1, 2-3] โดยคาดว่าจะสามารถหาเซ็นเซอร์ และอุปกรณ์ประกอบในการวัดการสั่นสะเทือน ที่เหมาะสมในการตรวจสอบการสึกหรอของมีดกลึง

2. การวิเคราะห์สัญญาณ

รศึกษานี้จะทำการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนที่บันทึกได้จากเครื่องมือสอบเทียบที่สร้างขึ้นมาบนโดเมนเวลา และโดเมนความถี่ การวิเคราะห์สัญญาณบนโดเมนเวลามักใช้พารามิเตอร์ทางสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย ค่ารากกำลังสองเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง และ Crest factor (CF) เป็นต้น โดยสามารถสรุปสมการคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการหาค่าต่างๆ ได้ดังนี้

เมื่อ $x(t)$ คือสัญญาณที่แปรไปตามเวลา

T คือ ช่วงเวลาที่พิจารณา

ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ของสัญญาณหาได้จาก

$$\bar{x} = \frac{\int_0^T x(t) dt}{T} \quad (1)$$

ค่า RMS (x_{rms}) หาได้จาก

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{\int_0^T x(t)^2 dt}{T}} \quad (2)$$

ค่า Crest factor (CF) คือ อัตราส่วนระหว่างค่ามากที่สุดต่อค่า RMS

$$CF = \frac{x_{max}}{x_{rms}} \quad (3)$$

ค่าความแปรปรวน (v) คือ ค่ากำลังสองของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

$$v = \sigma^2 = \frac{1}{T} \int_0^T [x(t) - \bar{x}]^2 dt \quad (4)$$

ค่าความเบ้ (S) คือ ค่าโมเมนต์การกระจายตัวทางสถิติอันดับที่ 3

$$S = \frac{1}{\sigma^3 T} \int_0^T x^3 dt \quad (5)$$

ค่าความโด่ง (K) คือ ค่าโมเมนต์การกระจายตัวทางสถิติอันดับที่ 4

$$K = \frac{1}{\sigma^4 T} \int_0^T x^4 dt \quad (6)$$

ค่าพลังงาน (E) ของสัญญาณ คือ การหาผลรวมกำลังสองของ $x(t)$ ตลอดช่วงเวลา T

$$E = \int_0^T x^2 dt \quad (7)$$

ส่วนการวิเคราะห์บนโดเมนความถี่จะใช้การแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (Fast Fourier Transform, FFT) ซึ่งจะทำให้การแปลงสัญญาณบนโดเมนเวลาเป็นโดเมนความถี่ มีสมการดังนี้

$$X(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-i\omega t} dt \quad (8)$$

เมื่อ $X(\omega)$ คือ ผลการแปลงฟูเรียร์ของ $x(t)$
 ω คือ ความถี่ในหน่วย rad/s

Power spectral density (PSD) เป็นการวิเคราะห์บนโดเมนความถี่ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงความเข้มของพลังงานซึ่งเป็นฟังก์ชันของความถี่ หน่วยของ PSD จะอยู่ในรูปของ กำลัง (Power) ต่อ Hz หรือพลังงาน (Energy) ต่อ Hz ค่า PSD แทนด้วย Φ_ω คำนวณได้ดังสมการ

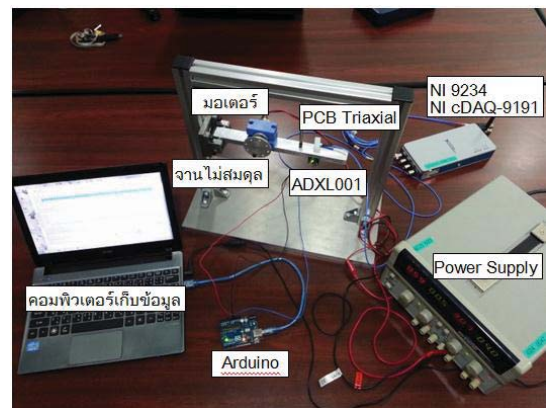
$$\Phi_\omega = |X(\omega)|^2 = \left| \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-i\omega t} dt \right|^2 \quad (9)$$

การวิเคราะห์สัญญาณบนโดเมนความถี่ทำให้ทราบถึงความถี่หลักที่เป็นองค์ประกอบของระบบที่ศึกษา วิธีการวิเคราะห์สัญญาณที่กล่าวถึงข้างต้นจะถูกนำมาใช้วิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนที่บันทึกได้จากการทดลองที่เงื่อนไขต่าง ๆ การศึกษาจะเป็นการวิเคราะห์เบื้องต้นเพื่อหาว่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ บนโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ที่สามารถนำมาใช้สอบเทียบค่าของเซนเซอร์วัดการสั่นสะเทือน

3. การทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้จัดสร้างเครื่องมือเพื่อสร้างการสั่นสะเทือนจากการใช้ DC มอเตอร์หมุนจานที่มีมวลไม่สมดุล ดังรูปที่ 1 การทดลองนี้ได้ปรับความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ด้วยค่าความต่างศักย์ของ Power Supply ของมอเตอร์เป็น 2V, 3V และ 4V ทำให้ได้ความเร็วของมอเตอร์เป็น 1932, 3189 และ 4419 rpm

สำหรับชุดเซนเซอร์วัดสัญญาณสั่นสะเทือนราคาถูกระหัส ADXL001 ดังรูปที่ 2 และใช้ Arduino เป็นชุดอ่านค่าการสั่นสะเทือนจากเซ็นเซอร์ สำหรับชุดอุปกรณ์อ้างอิงที่ใช้ในการเปรียบเทียบเป็นเซ็นเซอร์ PCB Triaxial Accelerometer ดังรูปที่ 3 และชุด DAQ Card ของ National Instrument ะหัส NI 9234 และ NI cDAQ-9191



รูปที่ 1 ชุดทดลองพร้อมเซ็นเซอร์

เซ็นเซอร์ทั้งสองชุดติดตั้งเพื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งเดียวกันบนคานาดังรูปที่ 1 โดยสัญญาณการสั่นสะเทือน นั้นถูกบันทึก วิเคราะห์ในโดเมนเวลา และวิเคราะห์ในโดเมนความถี่โดยใช้โปรแกรม LabVIEW สำหรับชุดวัดสัญญาณด้วย Arduino ใช้ความเร็วในการอ่านสัญญาณ 2000, 4000 และ 8000 Hz โดยเก็บข้อมูลชุดละ 5000 ข้อมูล ส่วนชุดเซ็นเซอร์อ้างอิงของ National Instrument ใช้ความเร็วในการอ่านสัญญาณ 51.2 kHz และเก็บข้อมูลชุดละ 10000 ข้อมูล ข้อมูลจะถูกบันทึก 3 ครั้งในแต่ละการปรับเปลี่ยนและทั้งหมดเก็บไว้ในรูปแบบของ file ข้อมูลแบบไบนารี (*.bin) เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์



รูปที่ 2 เซ็นเซอร์ ADXL001



รูปที่ 3 เซ็นเซอร์ PCB Triaxial

4. ผลการทดลอง

ตัวอย่างผลการทดลองของการสั่นสะเทือนที่ความถี่ 4419 rpm ของการวัดด้วยเซ็นเซอร์ทั้งสองได้แสดงไว้ด้านล่างนี้ โดยรูปที่ 4 – 7 เป็นการวิเคราะห์ในโดเมนความถี่ รูปที่ 8 เป็นการวิเคราะห์ในโดเมนเวลา



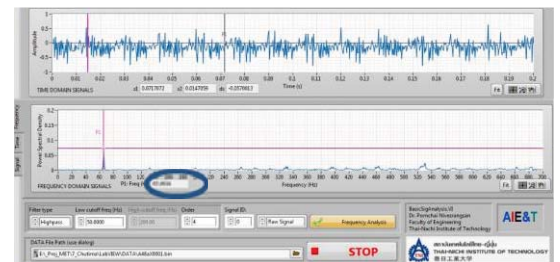
รูปที่ 4 สัญญาณจากเซ็นเซอร์อ้างอิง



รูปที่ 5 สัญญาณจากเซ็นเซอร์ ADXL001 ที่ความเร็วในการอ่านสัญญาณ 2000 Hz



รูปที่ 6 สัญญาณจากเซ็นเซอร์ ADXL001 ที่ความเร็วในการอ่านสัญญาณ 4000 Hz



รูปที่ 7 สัญญาณจากเซ็นเซอร์ ADXL001 ที่ความเร็วในการอ่านสัญญาณ 8000 Hz

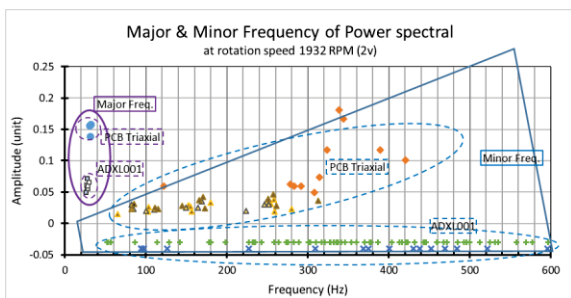


รูปที่ 8 ผลวิเคราะห์บนโดเมนเวลา ของสัญญาณจากเซ็นเซอร์ ADXL001 ที่ความเร็วในการอ่านสัญญาณ 8000 Hz

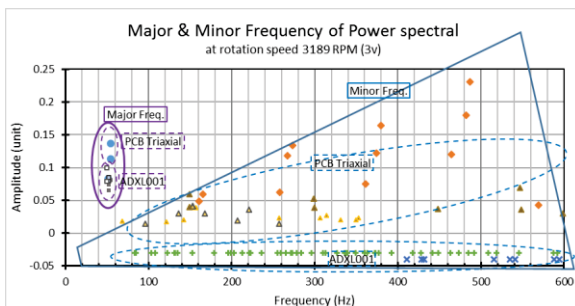
จากผลการทดลอง รูปที่ 4 เป็นการวิเคราะห์ด้วยโดเมนความถี่ของสัญญาณจากเซ็นเซอร์อ้างอิง จะเห็นค่าความถี่ของการสั่นจะมี Amplitude สูงสุดที่ 71.6 Hz (เรียกว่าค่าความถี่หลัก) และที่ความถี่รอง (ความถี่อื่นๆ) จะมี Amplitude น้อยกว่าของความถี่หลักกว่าครึ่ง

สำหรับในรูปที่ 5-7 ก็ทำนองเดียวกัน แต่เป็นสัญญาณที่ได้จาก เซ็นเซอร์ ADXL001 และจะเห็นว่าที่ค่าความถี่หลักอยู่ในช่วง 66-71 Hz แต่มี Amplitude เพียง 25 % ของสัญญาณจากเซ็นเซอร์อ้างอิง

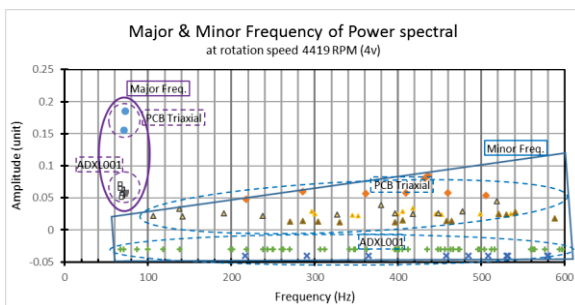
จากผลการทดลอง รูปที่ 9-11 จะเห็นได้ว่าทุกความถี่ของการสั่นสะเทือน (พิจารณาเป็นค่าความถี่หลัก (32.2, 53.2 และ 73.7 Hz) เซ็นเซอร์ ADXL001 สามารถวัดค่าความถี่ได้ 27.2, 51.7 และ 70.2 Hz ผิดพลาด 15.6%, 2.8% และ 4.7% ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับเซ็นเซอร์อ้างอิง ในทุกความเร็วของการอ่านสัญญาณ แต่ค่า Amplitude จะต่ำกว่าประมาณครึ่งหนึ่ง ส่วนความถี่รบกวนนั้น จะมีค่าใกล้เคียงกับเซ็นเซอร์อ้างอิง เมื่อความถี่ของการสั่นสะเทือนสูง (73.7 Hz, ดูรูปที่ 11)



รูปที่ 9 ผลวิเคราะห์ในโดเมนความถี่ที่ความถี่ของการสั่นสะเทือน 1932 rpm (32.2 Hz)



รูปที่ 10 ผลวิเคราะห์ในโดเมนความถี่ที่ความถี่ของการสั่นสะเทือน 3189 rpm (53.2 Hz)



รูปที่ 11 ผลวิเคราะห์ในโดเมนความถี่ที่ความถี่ของการสั่นสะเทือน 4419 rpm (73.7 Hz)

ตารางที่ 1 ค่าวิเคราะห์ในโดเมนเวลาที่ความถี่การสั่นสะเทือน 32.2 Hz

	Mean	RMS	SD	Var	Skew	Kurt	Crest
PCB Triaxial	0.19	0.34	0.27	0.07	-0.94	5.19	3.01
ADXL001	0.05	0.22	0.20	0.04	-0.18	5.40	4.59
error	73.68	35.29	25.93	42.86	80.85	4.05	52.49

ตารางที่ 2 ค่าวิเคราะห์ในโดเมนเวลาที่ความถี่การสั่นสะเทือน 53.2 Hz

	Mean	RMS	SD	Var	Skew	Kurt	Crest
PCB Triaxial	0.25	0.37	0.24	0.06	-1.04	6.83	2.84
ADXL001	-0.03	0.23	0.22	0.04	0.02	3.79	4.33
error	112.00	37.84	8.33	33.33	101.92	44.51	52.46

ตารางที่ 3 ค่าวิเคราะห์ในโดเมนเวลาที่ความถี่การสั่นสะเทือน 73.7 Hz

	Mean	RMS	SD	Var	Skew	Kurt	Crest
PCB Triaxial	0.11	0.26	0.23	0.05	0.01	3.26	3.80
ADXL001	0.04	0.24	0.21	0.04	-0.02	4.28	4.14
Error (%)	63.	7.7	8.7	20.0	300.0	31.3	8.95

จากตารางที่ 1-3 และรูปที่ 9-10 จะเห็นได้ว่าค่าตัวแปรต่างๆ ที่คำนวณและค่า Amplitude ของแต่ละความถี่ จะให้ผลที่ดีขึ้น (ค่าระหว่างเซ็นเซอร์มาตรฐาน กับ เซ็นเซอร์ ADXL001 มีค่าใกล้เคียงกัน) เมื่อความถี่ของการสั่นสะเทือนสูงขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะที่ความถี่ของการสั่นสะเทือนสูงเกิดขึ้นเมื่อมอเตอร์หมุนเร็วขึ้น มีผลให้สัญญาณการสั่นสะเทือนแรงขึ้น และประกอบกับ ชุดวัดด้วยเซ็นเซอร์อ้างอิง นั้นมี resolution ของการแปลงสัญญาณขนาด 24 bits แต่เซ็นเซอร์ ADXL001 ที่ใช้ร่วมกับ Arduino นั้นมี resolution ขนาด 10 bits (ให้ resolution แย่กว่าชุดวัดด้วยเซ็นเซอร์อ้างอิง ประมาณ 1600 เท่า) ทำให้การวัดการสั่นสะเทือนที่มีแรงสั่นสะเทือนน้อย ของเซ็นเซอร์ ADXL001 เกิดความผิดพลาดมากแต่เมื่อความถี่ของการสั่นสะเทือนสูงขึ้น จะทำให้เกิดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่แรงขึ้น (ทั้งนี้สัญญาณที่ความถี่การสั่นสะเทือน 73.7 Hz เกิดแรงมากกว่าที่ความถี่การสั่นสะเทือน 32.2 Hz ประมาณ 5.2 เท่า เป็นเช่นนี้เพราะมวลไม่สมดุลของจานหมุนในการทดลองนี้ ไม่เปลี่ยนแปลง อนึ่งแรงสั่นสะเทือนที่เกิดที่ความถี่การสั่นสะเทือน 73.7 Hz มีค่าประมาณ 20 g) ก็จะทำให้ผลการวัดได้ใกล้เคียงกันทั้งในด้านโดเมนความถี่

และโดเมนเวลาโดยเฉพาะค่า ค่ารากกำลังสองเฉลี่ย (RMS), ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD), ค่าความแปรปรวน (Variance) และ ค่า Crest factor (ดูตารางที่ 3)

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง จะเห็นได้ค่า resolution ของ การแปลงสัญญาณจะมีผลต่อค่าความผิดพลาดอย่างมากในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของโดเมนเวลา โดยเฉพาะการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีค่าต่ำ ดังนั้นถ้าต้องการทำการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีค่าต่ำควรเลือก ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวอื่นแทน Arduino หรือเลือกที่มี resolution ของการแปลงสัญญาณดีกว่า 10 bits หรือทำวงจรขยายสัญญาณที่ได้จากเซ็นเซอร์ ADXL001 เพื่อให้สัญญาณแรงขึ้น แต่ถ้าสัญญาณการสั่นสะเทือนแรงพอ (มีแรงสั่นสะเทือนมากกว่า 20 g) ก็สามารถใช้ชุดวัดที่เลือกใช้นี้ได้

ส่วนการวิเคราะห์ด้านโดเมนความถี่ความแรงของสัญญาณก็มีผลต่อความผิดพลาดเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ด้านโดเมนเวลาเพียงแต่ส่งผลน้อยกว่า โดยที่แรงสั่นสะเทือนมากกว่า 9 g จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการหาค่าความถี่ของการสั่นสะเทือน น้อยกว่า 5 %

หนึ่งในเป้าหมายที่ต้องการทดสอบไปถึง 2000 Hz นั้น ยังทำไม่ได้ในชุดทดลองนี้ เพราะมอเตอร์ที่ใช้มีความเร็วสูงสุดที่ 5000 rpm ทำให้สามารถสร้างความถี่ในการสั่นได้สูงสุดที่ 83 Hz เพื่อให้สามารถสร้างความถี่ของการสั่นได้สูงขึ้น จะทำการสร้างชุดเกียร์ทดให้มอเตอร์เพื่อเพิ่มความเร็วของจานไม่สมดุล เนื่องจากถ้าต้องการการสั่นที่ความถี่ 500, 1000 และ 2000 Hz จะต้องหมุนจานไม่สมดุลที่ 30,000, 60,000 และ 120,000 rpm

6. เอกสารอ้างอิง

[1] พรชัย นิเวศน์รังสรรค์; วราคม เนติน้อย; และ เทอดศักดิ์ ใจงาม, “การตรวจสอบสภาวะของมีดตัดด้วยสัญญาณการสั่นสะเทือน”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23, ME-NETT, เชียงใหม่, 4-7 พ.ย. 2552.

[2] Ponwimol Wiparapai; Warakom Nerdnoi; and Pornchai Nivesrangsan, “Development of a tool wear monitoring

system on CNC turning using vibration signals”, International Conference of Business Industrial Research, ICBIR, Bangkok, 15-16 May 2014.

[3] Tawatchai Nikachi; and Warakom Nerdnoi, “Tool wear monitoring on CNC turning using vibration signal in frequency domain”, Joint Conference on Renewable Energy and Nanotechnology, JCREN, Kanchanaburi, 21-23 DEC 2014

[4] สมเกียรติ ตั้งจิตตติเจริญ และชาญณรงค์ รุ่งเรือง, “การตรวจติดตามการสึกหรอของมีดตัดภายในกระบวนการบนเครื่องกลึงซีเอ็นซี” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ครั้งที่ 8, IE Network, ชลบุรี, 20-21 ต.ค. 2554.

[5] ประดิษฐ์ หมู่เมืองสอง และสุชญา นรรษสุช, การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน. กรุงเทพฯ : บริษัท วี.พี.เอ็นท์ (1991) จำกัด, 2550.

[6] พรชัย นิเวศน์รังสรรค์ และชัชชัย ไชยชนะ, “การตรวจสอบสภาวะของพัดลมอัดอากาศด้วยสัญญาณการสั่นสะเทือน”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24, ME-NETT, อุบลราชธานี, 20-22 ต.ค. 2553.

[7] S. K. Al-Arbi, “Condition Monitoring of Gear Systems Using Vibration Analysis”, UK: University of Huddersfield Repository, 2012.