การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25
19-21 ตุลาคม 2554 จังหวัดกระบี่

การวัดการสั่นสะเทือนในแนวราบและแนวดิ่งของ Actuator arm โดยใช้ Laser Doppler Vibrometer

Vibration Measurement of In-Plane and Out-of-Plane Modes of the Actuator Arm Using Laser Doppler Vibrometer

สราวุธ สุขสวัสดิ์[1] , ธีระ เจียศิริพงษ์กุล[1]*

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12120
* ติดต่อ: โทรศัพท์: 0-2564-3001 ถึง 9 ต่อ 3041, 3232, โทรสาร: 0-2564-3023
E-mail: bkksuks0@gmail.com

บทคัดย่อ

ฮาร์ดดิสก์เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล โดยทั่วไป ฮาร์ดดิสก์จะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆคือ แผ่นดิสก์ หัวอ่าน และวงจรควบคุมในการอ่านหรือเขียนข้อมูล ซึ่งในขณะที่ฮาร์ดดิสก์ทำงาน แผ่นดิสก์จะหมุนด้วยความเร็วสูง และหัวอ่านซึ่งติดตั้งอยู่บน แขนยึดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ (Actuator arm) จะลอยอยู่เหนือแผ่นดิสก์เพื่อทำหน้าที่อ่านและเขียนข้อมูล ในขณะที่มีการหมุนด้วยความเร็วรอบสูงก็จะส่งผลทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของแผ่นดิสก์ขึ้น และการสั่นสะเทือนดังกล่าวยังส่งผลให้เกิดการสั่นสะเทือนบน แขนยึดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ อีกด้วย โดย แขนยึดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ นั้นจะมีแขนติดตั้งซ้อนกันอยู่หลายชั้นขึ้นอยู่กับรุ่นของตัวฮาร์ดดิสก์ สำหรับการวัดการสั่นสะเทือนในครั้งนี้จะใช้เครื่องวัด LDV (Laser Doppler Vibrometer) เป็นเครื่องวัดการสั่นสะเทือน ซึ่งจะทำการตรวจวัดด้วยแสงเลเซอร์ โดยกระบวนการนี้จะเริ่มต้นจากการยิงแสงเลเซอร์ไปยัง แขนยึดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ ที่ถูกยึดติดกับฮาร์ดดิสก์ โดยจะไม่มีแผ่นดิสก์ในการทดสอบ และในเวลาเดียวกันนั้น แขนยึดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ ก็จะถูกกระตุ้นผ่านทาง Voice Coil ในปัจจุบันนี้การวัดการสั่นสะเทือนส่วนใหญ่จะวัดแค่ในแนวดิ่งเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริงแล้วการวัดการสั่นสะเทือนในแนวราบก็น่าสนใจเช่นกันเพราะว่าต่างก็มีผลต่อการทำงานของ แขนยึดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ เหมือนกับในแนวดิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแขนที่อยู่ด้านในหากจะทำการวัดในแนวดิ่งจะทำได้ยาก เนื่องจากลักษณะแขนยึดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ที่วางซ้อนกันอยู่ ดังนั้นการวัดในแนวราบก็จะสามารถแก้ปัญหานี้ได้ นอกจากนั้นในอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์สามารถนำผลที่ได้จากการวัดเช่น ความถี่ธรรมชาติหรือโหมดในการเคลื่อนที่ มาวิเคราะห์เพื่อที่จะทำการหลีกเลี่ยงบางโหมดที่อาจส่งผลเสียต่อการทำงานหรือสามารถนำไปพัฒนาในการออกแบบ แขนยึดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ได้

คำหลัก: แขนยึดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์, การวัดการสั่นสะเทือนในแนวราบและแนวดิ่ง, โหมดในการเคลื่อนที่, ความถี่ธรรมชาติ

Abstract

Hard disk is a major device of computer for archiving data. In general, it consists of main components such as disk platters, read/write heads and control circuit for reading and writing data. While the hard disk is operating, the disk platter spins with high speed and also the reader located on the Actuator arm floats on the disk platter in order to read and write the data. In the meantime, the very quick spinning causes a vibration of the disk which such vibration also causes a vibration of the Actuator arm installed in several levels that depends on hard disk's series. The LDV (Laser Doppler Vibrometer) is used to measure such vibration with laser starting from shooting Laser into the Actuator arm located next to the hard disk without the disk platter. At the same time, the Actuator arm is also actuated by Voice Coil. To measure the vibration in vertical line is most preferred at the moment; however, to measure the vibration in horizontal line is also interesting to do due to there is an effect with the vibration of the Actuator arm as same as the vibration in vertical line. And it is quite difficult to measure the vibration in vertical line with an inner arm because of the overlie figure of the Actuator arm, but the vibration measurement in horizontal line is able to fix such problem. Furthermore, the result of measurement such as the nature frequency or mode shape can be used for analysis in the industry of hard disk production in order to avoid some modes that will badly influence with operations. Moreover, the result can be used for developing the design of Actuator arm.

Keywords*:* Actuator arm, Actuator arm's vibration in vertical and horizontal measurement, Mode shape, Natural frequency

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยีการจัดเก็บข้อมูลถูกพัฒนาอย่างรวดเร็วเพื่อรองรับการใช้งานในรูปแบบต่างๆ อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลตั้งแต่ในยุคแรกได้ถูกพัฒนามาโดยใช้แผ่นพลาสติกที่เคลือบด้วยแม่เหล็ก (Diskette) หรือ Floppy Disk ต่อมาเมื่อข้อมูลมากขึ้นจำนวนการเก็บข้อมูลก็มากขึ้นตามไปด้วย ทำให้การเก็บข้อมูลลงบนแผ่น Diskette นั้นไม่เพียงพอ ต่อมาจึงพัฒนาการเก็บข้อมูลมาเป็นการเก็บข้อมูลลงในอุปกรณ์ที่เรียกว่าฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk)

ฮาร์ดิสก์ไดร์ฟกลายเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล โดยทั่วไปฮาร์ดดิสก์จะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆคือ แผ่นดิสก์ หัวอ่าน และวงจรควบคุมในการอ่านหรือเขียนข้อมูล ซึ่งในขณะที่ฮาร์ดิสก์ทำงาน แผ่นดิสก์จะหมุนด้วยความเร็วสูง หัวอ่านซึ่งติดตั้งอยู่บน Actuator arm จะลอยอยู่เหนือแผ่นดิสก์เพื่อทำหน้าที่อ่านและเขียนข้อมูล ในขณะที่มีการหมุนด้วยความเร็วรอบสูงทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของแผ่นดิสก์ขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาการสั่นสะเทือนของ Actuator arm ทั้งในแนวดิ่งและแนวราบ เพื่อจะหาความถี่ธรรมชาติและรูปแบบการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปพัฒนาหรือหาแนวทางในการป้องกันความผิดพลาดในการอ่านหรือเขียนข้อมูล ในการวัดการสั่นสะเทือนโดยใช้ LDV (Laser Doppler Vibrometer) นี้ เป็นตัวตรวจวัดด้วยแสงเลเซอร์ซึ่งตัว Actuator arm จะมีแขนติดตั้งซ้อนกันอยู่ ในปัจจุบันนี้ในการวัดการสั่นสะเทือนจะวัดแค่แขนที่อยู่ด้านนอกเท่านั้น แขนที่อยู่ด้านใน หากจะทำการวัดในแนวดิ่งจะทำได้ยาก ดังนั้นการวัดในแนวราบจะสามารถแก้ปัญหานี้ได้

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

N. Tandon, V.V.P. Rao, V.P. Agrawal[1] ได้ศึกษาความถี่ธรรมชาติของ Disk platter ตลอดจนการสั่นสะเทือนของ Hard disk ที่ความเร็วแตกต่างกัน โดยใช้วิธีคำนวณทางทฤษฎี ทางวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์และจากการทดลอง Model testing โดยใช้เครื่องมือวัดต่างๆ เช่น Dual channel FFT analyzer(DI PL202), Accelerometer (B&K 2635) และImpact Hammer(PCB) ได้ค่าดังนี้คือ

ตารางที่1 เปรียบเทียบค่าความถี่ธรรมชาติที่ได้จากทั้ง 3 วิธี

Modal	Frequency of mode(Hz)			
	First	Second	Third	Fourth
Theoretical	503	545	661	1150
FEM	511	533	633	1118
Experimental	359	525	650	1080

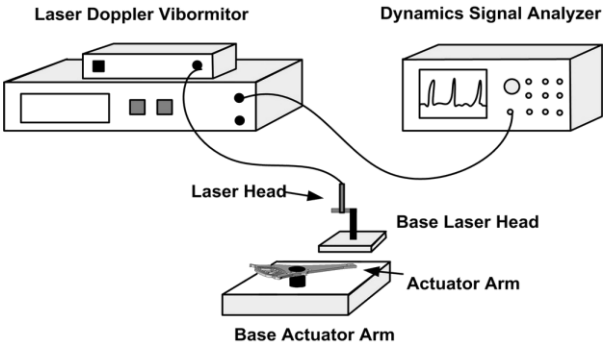
ตารางที่2 ค่าแอมพริจูดการสั่นสะเทือนของฮาร์ดดิสก์ชนิดที่ความเร็วต่างกัน

Type of HDD	4500 rpm	5400 rpm	7200 rpm	10,000 rpm	15,000 rpm
Amp.(μm)	4.78	2.25	1.89	1.27	0.8

จะเห็นได้ว่าค่าความถี่ธรรมชาติที่ได้จากการทดลองจะมีความแตกต่างกับ 2 ค่าแรก เพราะว่า 2 ค่าแรกไม่นำเงื่อนไขในการถูกยึดติดมาคำนวณด้วย ดังนั้นจะพบว่าค่าที่วัดได้จากการทดลองจะให้ค่าที่ถูกต้อง แม่นยำ สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด

3. วิธีการวัดการสั่นสะเทือน

ในการทดลองวัดการสั่นสะเทือนในงานวิจัยนี้ [2] ได้ใช้ LDV (Laser Doppler Vibrometer) ในการวัดการสั่นสะเทือน โดยการตรวจจับจะทำ การยิงแสงไปยังวัตถุที่ต้องการจะทำการทดสอบ ในการทดสอบในแต่ละครั้งจะสามารถยิงแสงไปที่วัตถุได้ตำแหน่งเดียวเท่านั้นถ้าต้องการวัดการสั่นสะเทือนหลายๆ จุดจะต้องทำการวัดหลายครั้ง และแสงจะสะท้อนกลับจากวัตถุนั้นมายังตัวรับของ LDV ผลของการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นจะทำให้มุมของการสะท้อนกลับ (Phase angle) ที่สะท้อนกลับมาเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งผลจากการเปลี่ยนแปลงมุมของการสะท้อนกลับ LDV ก็จะแปลงเป็นความเร็วหรือระยะทางในการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นๆ แล้ว จะแสดงผลที่ Dynamics Signal Analyzer (DSA) ดังแสดงในรูปที่ 1 แสดงถึงการใช้งาน LDV



รูปที่ 1 ตัวอย่างลักษณะการวัด Actuator arm โดยใช้ LDV

3.1 Dynamic Signal Analyzer

Dynamics Signal Analyzer (DSA) เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้วิเคราะห์สัญญาณในช่วงความถี่ mill hertz – 100 Kilohertz ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวเหมาะต่อการใช้วิเคราะห์การสั่นสะเทือน สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนในการทำงานได้ดังนี้

Input voltage - การได้รับสัญญาณจากตัว Controller ของ LDV เข้ามายัง DSA

Sampler&ADC - กระบวนการจัดเก็บสัญญาณที่เข้า

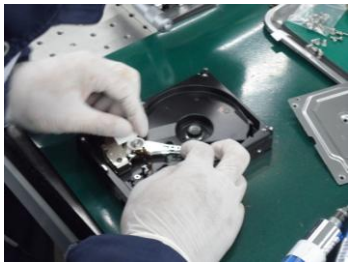
มาแล้วแปลงสัญญาณ Analog เป็นสัญญาณ Digital โดยใช้ ADC (Analog to Digital Converter) **FFT** (Fast Fourier Transform) Processor - จะทำการแปลงสัญญาณ Digital ที่ได้รับเข้ามาในรูป Time Domain ให้อยู่ในรูป Frequency Domain ซึ่งจะแยกออกมาอยู่ในรูปความถี่ต่าง ๆแล้วแสดงผลออกมา **Display** – แสดงผลออกมา

รูปที่ 2 แสดงภาพเครื่องวัด LDV

รูปที่ 3 แสดงภาพเครื่องDSA

4.ขั้นตอนการวัดการสั่นสะเทือน

4.1 ทำการประกอบ Actuator arm ยึดติดกับฮาร์ดดิสก์ โดยการวัดในครั้งนี้จะไม่มีแผ่นดิสก์และหัวอ่านในการทดสอบ หลังจากนั้นปิดด้วยฝาปิดฮาร์ดดิสก์ที่มีการเจาะช่องไว้สำหรับใช้หัวเซ็นเซอร์สอดลงไปทำการวัด

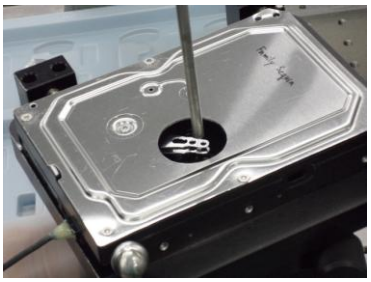


รูปที่ 4 การประกอบ Actuator Arm

4.2 ทำการจัดเตรียมเครื่องวัด LDV โดยปรับตั้งค่าต่าง ๆของเครื่องให้พร้อมที่จะทำการวัด

รูปที่5 การจัดเตรียมเครื่องวัด

4.3 ทำการวัดการสั่นสะเทือนในแนวดิ่ง โดยยิงแสงเลเซอร์จากเครื่องวัดไปยังด้านบนของแขนด้านบนสุดของ Actuator Arm



รูปที่ 6 แสดงภาพการวัดในแนวดิ่ง

4.4 ทำการวัดการสั่นสะเทือนในแนวราบ โดยยิงแสงเลเซอร์จากเครื่องวัดไปยังด้านข้างของแขนด้านบนสุดของ Actuator Arm

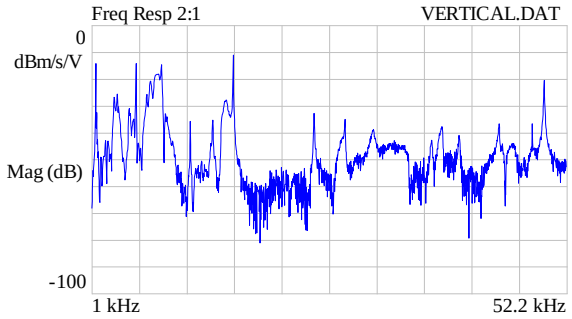
รูปที่ 7 แสดงภาพการวัดในแนวราบ

ซึ่งขณะทำการวัดนี้ตัวฮาร์ดดิสก์จะถูกจัดวางอยู่โต๊ะงานที่ถูกออกแบบมาป้องกันการสั่นสะเทือนจากภายนอก ที่อาจจะส่งผลให้ค่าที่ได้จากการทดลองไม่แม่นยำได้

4.ผลการทดลอง

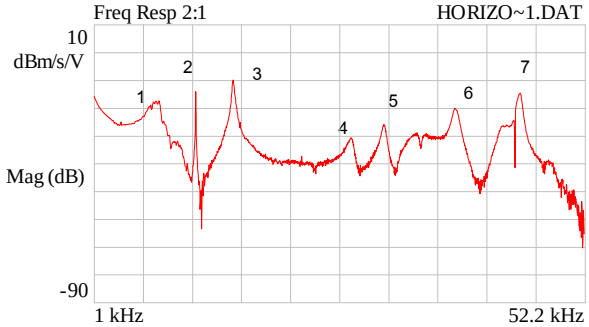
จากผลการทดลองการวัดการสั่นสะเทือน ทั้ง 2 แบบสามารถจำแนกได้ดังนี้ การวัดในแนวราบ(Sway mode) จะสามารถได้กราฟที่จะแสดงผลPeak ของโหมดในการเคลื่อนที่ได้อย่างชัดเจนกว่าเมื่อหากเปรียบเทียบจากการวัดในแนวดิ่ง(Bending mode) และพบว่ามีบางโหมดในการเคลื่อนที่จากการวัดทั้ง 2 แบบมีความสัมพันธ์กัน นั่นคือเกิดการเคลื่อนที่พร้อมกันทั้ง 2 แนวแกน (Torsion mode)ในโหมด 3,4,5 และ 6 ซึ่งสามารถนำค่านั้นไปประยุกต์ในการใช้งานได้และที่สำคัญมีบางโหมดในการเคลื่อนที่ สามารถพบได้แต่ในแนวราบไม่สามารถพบในแนวดิ่ง เช่นโหมดที่ 1,2 และ7 ซึ่งทำให้พิสูจน์ได้ว่าการวัดในแนวราบก็มีความสำคัญเช่นกันสำหรับการวัดการวัดการสั่นสะเทือนของ Actuator Arm

4.1 ผลที่ได้จากการวัดการสั่นสะเทือนในแนวดิ่ง



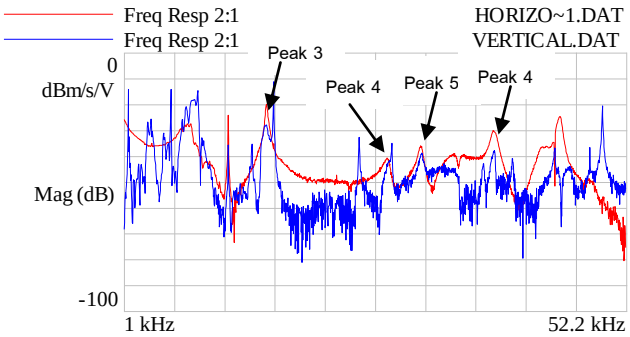
รูปที่ 8 กราฟแสดงผลการวัดในแนวดิ่ง

4.2 ผลที่ได้จากการวัดการสั่นสะเทือนในแนวราบ



รูปที่ 9 กราฟแสดงผลการวัดในแนวราบ (จำนวนโหมด)

4.3 ผลที่ได้จากการวัดทั้ง 2 แบบ



รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของผลการวัดทั้ง 2 แบบ

ตารางที่3 การเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการวัดทั้ง 2 แบบ

การวัด/Peak	แนวดิ่ง	แนวราบ
Peak Mode 3	15.464 kHz	15.528 kHz
Peak Mode 4	28.360 kHz	27.880 kHz
Peak Mode 5	31.400 kHz	31.272 kHz
Peak Mode 6	38.792 kHz	38.728 kHz

5.สรุปผลการทดลอง

จากกราฟผลการทดลองการวัดการสั่นสะเทือนโดยใช้เครื่องวัด LDV นี้จะพบว่ามีจุด Peak ความถี่ของบางโหมดในการวัดทั้งแนวราบและแนวดิ่งนั้นมีความสัมพันธ์กัน(เกิดTorsion mode) ซึ่งค่าเหล่านี้สามารถนำไปศึกษาและวิเคราะห์ mode การเคลื่อนที่ ต่างๆ ของ Actuator Arm ได้ และพบว่ามีโหมดการเคลื่อนที่บางโหมดสามารถพบได้แต่ในแนวราบไม่พบในการวัดในแนวดิ่งซึ่งจะเห็นได้ว่าการวัดในแนวราบนั้นก็เป็นประโยชน์อย่างมากในการวัดการสั่นสะเทือนเช่นกัน อีกทั้งยังสามารถประยุกต์การวัดในแนวราบนี้ไปวัดแขนที่ซ้อนอยู่ด้านในของ Actuator arm ในแต่ละแขนได้ ทำให้ค่าที่ได้จากการวัดมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น อีกทั้งทำให้อุตสาหกรรมการผลิต Hard disk จะนำค่าที่ได้จากการวัดนี้ ไปใช้ในการพัฒนาและการออกแบบ Actuator Arm เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานให้ดีขึ้นต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณศูนย์ HDD แห่ง FIBO KMUTT ที่สนับสนุนทุนวิจัยและบริษัท Belton Industrial (Thailand) Ltd.เป็นอย่างสูงที่ให้ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณพี่ๆ แผนก F&A ทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาเรื่องแนวคิดต่างๆในการทำวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] N. Tandon, V.V.P. Rao, V.P. Agrawal/ITMME Centre Indian Institute of Technology/Vibration and noise analysis of computer hard disk drives

[2] เทวิน พันภัย และ ดร.ธีระ เจียศิริพงษ์กุล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์/การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของ Actuator Armในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ พร้อมทั้งตรวจสอบการสั่นสะเทือนโดยการใช้ LDV