



KKU Engineering Journal

<http://www.en.kku.ac.th/enjournal/th/>

การศึกษาการสั่นสะเทือนเนื่องจากการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 3.5 นิ้ว

Study of flow induce vibration inside 3.5 inch hard disk drives.

วิจิตพล สีแพงมณ และ สิริวิชญ์ เตชะเจษฎารังษี*

Wichitpon Seepangmon and Sirivit Tachajestsadarangsi*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 40002.

Received July 2013

Accepted January 2014

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสั่นสะเทือนเนื่องจากการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 3.5 นิ้ว ซึ่งมีขนาด 10 หัวอ่าน/เขียน ที่ความเร็วรอบ 7,200 รอบต่อนาที ซึ่งจะมุ่งเน้นในการศึกษาบริเวณที่การไหลของอากาศมีผลต่อการสั่นสะเทือนบนสายสัญญาณ (Gimbal flex) โดยศึกษาผลกระทบของการไหลของอากาศที่มีต่อสายสัญญาณ และการสั่นพ้องของแขนอาร์มซึ่งอาจจะส่งผลให้การสั่นสะเทือนของสายสัญญาณเพิ่มขึ้น ในการทดลองเริ่มจากการยืนยันโมเดล 3 มิติด้วยการเปรียบเทียบการสั่นสะเทือนของสไลเดอร์ในแบบจำลองปกติกับการวัดจริง พบว่ามีจุดสูงสุดของการสั่นสะเทือนที่ตรงกันที่ความถี่ 1,040 1,360 และ 1,400 เฮิร์ตซ์ (Hz) จากนั้นนำโมเดลดังกล่าวมาศึกษาด้วยแบบจำลอง 2 แบบ คือ แบบจำลองของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟปกติและแบบจำลองที่ใส่สปอยเลอร์ (Spoiler) เพื่อแก้ไขปัญหาการสั่นสะเทือนของสายสัญญาณที่เกิดจากการไหลของอากาศ โดยใช้แบบจำลองความปั่นป่วนแบบ RNG K- ϵ turbulence model และซอฟต์แวร์ที่จะใช้ในงานวิจัยนี้คือ ANSYS FLUENT จากผลการทดลองพบว่าความเร็วของการไหลของอากาศในแบบจำลองที่ใส่สปอยเลอร์บนแต่ละพื้นผิวของแขนอาร์มลดลง 0.725-57.689 % และความดันลดลง 74.028-87.222 % และความเร็วของการไหลของอากาศบนแต่ละพื้นผิวของสายสัญญาณลดลง 5.522-14.291 % และความดันลดลง 48.440-82.947 % และเมื่อวิเคราะห์การสั่นสะเทือนพบว่าจุดสูงสุดของการสั่นสะเทือนของแขนอาร์มและสายสัญญาณจะเกิดขึ้นที่ความถี่ 1,200 Hz ทั้งแบบจำลองปกติและแบบจำลองที่ใส่สปอยเลอร์ และการใส่สปอยเลอร์สามารถลดการสั่นสะเทือนบนแขนอาร์มได้ 2.56 - 95.601 % และสามารถลดการสั่นสะเทือนบนสายสัญญาณได้ 4.065 - 95.503 % จากผลดังกล่าวทำให้สรุปได้ว่า สปอยเลอร์ทำให้การสั่นสะเทือนของแขนอาร์มและสายสัญญาณภายในฮาร์ดดิสก์ลดลง เนื่องจากสปอยเลอร์ช่วยให้ความเร็วและความดันของการไหลของอากาศบนแต่ละพื้นผิวลดลง[1][4]

คำสำคัญ: แขนหัวอ่าน-เขียน แบบจำลองความปั่นป่วน พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

Abstract

This study focused on flow induced vibration of head stack assembly (HSA) in a 3.5 inch hard disk drive with 5 disks and 10 read/write heads. We studied the effects of air flow on gimbal flex and resonance on arm. The comparison of vibrations on slider between the normal model and the experiment has been done for verifying

* Corresponding author. Tel.:

Email address: sirtae@kku.ac.th

the model. The peaks of frequency in experiment match the normal model at 1,040 1,320 and 1,400 Hz respectively. After that, the RNG K- ϵ turbulence model was used to determine the turbulent air flow of 7,200 rpm hard disk drive. The comparison between the normal model and the model with spoiler was investigated by using, computational fluid dynamics software (ANSYS and FLUENT). The results shown velocity magnitudes at the arm were decreased by 0.725 - 57.689 % and pressure dropped by 74.028 - 87.222 %. The velocity magnitudes at the gimbal flex were decreased by 5.522 - 14.291 % and pressure dropped by 48.440 - 82.947 %. The peak of vibrations on arm and gimbal flex was occurred at the frequency 1200 Hz. The model with spoiler could reduce vibration at arm by 2.56 - 95.601 % and reduce vibration at gimbal flex by 4.065 - 95.503 %. In the conclusion, the model with a spoiler could decrease the vibration at all surface of the arm and gimbal flex due to the velocity and pressure reduction[1][4].

Keywords : Actuator arm, Turbulence model, Computational fluid dynamics

1.บทนำ

ในปัจจุบันนี้ข้อมูลข่าวสารมีความสำคัญเป็นอย่างมากที่ต้องมีการจัดเก็บ ซึ่งอาจเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จขององค์กรได้ คอมพิวเตอร์ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการจัดเก็บข้อมูล โดยที่ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในส่วนที่เรียกว่า “ฮาร์ดดิสก์” ซึ่งฮาร์ดดิสก์ยังเป็นส่วนในการจัดสรรของคอมพิวเตอร์ด้วย ในขณะเดียวกันฮาร์ดดิสก์ก็เป็นอุปกรณ์ที่เปราะบางต่อความไม่แน่นอนทางอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งวิธีการใช้งานที่ไม่ถูกต้องของมนุษย์ ในการพัฒนาฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แต่ละรุ่นก็มีข้อจำกัดที่ว่าต้องมีความสะดวกในการพกพาและขนาดของฮาร์ดดิสก์ต้องไม่ใหญ่จนเกินไป จากข้อจำกัดนี้ทำให้เกิดความจำเป็นที่ต้องทำการพัฒนาฮาร์ดดิสก์ในพื้นที่ที่จำกัด ซึ่งนั่นก็หมายความว่าฮาร์ดดิสก์นั้นต้องมีขนาดเท่าเดิมแต่ความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลนั้นต้องมากขึ้น ทำให้เกิดการพัฒนาโดยใช้วิธีการบีบอัดพื้นที่บนแผ่นดิสก์ให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้ได้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้จำเป็นต้องมีการปรับปรุงส่วนที่ใช้เขียน/อ่านข้อมูลให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้เหมาะกับแถบข้อมูลที่มีขนาดเล็ก ในขณะที่หัวอ่าน/เขียนมีขนาดเล็กลงและแผ่นดิสก์ยังคงมีขนาดเท่าเดิมทำให้ต้องมีการปรับปรุงในส่วนของการเข้าถึงตำแหน่งของข้อมูลให้มีความเร็วขึ้น ดังนั้นต้องมีการพัฒนาในส่วนที่เรียกว่าสปีนเดิลมอเตอร์ (Spindle Motor) ที่ติดกับแผ่นดิสก์ ซึ่งทำหน้าที่หมุนแผ่นดิสก์ให้มีการหมุนด้วยความเร็วมากยิ่งขึ้นเพื่อที่ว่าตำแหน่งของข้อมูลจะพบกับหัวอ่าน/เขียนได้รวดเร็วขึ้น แต่ความเร็วของการหมุนที่

สูงขึ้นนั้นก็ส่งผลให้ความเร็วของการไหลของอากาศก็เพิ่มขึ้น[7] และความดันเพิ่มขึ้นด้วย โดยความดันที่ตำแหน่งหัวอ่านอยู่ด้านในสุด (ID) มากกว่าด้านนอก (OD)[2] หากความดันและความเร็วของอากาศมากเกินไปจะทำให้เกิดการงอตัวที่ผิดรูปของหัวอ่านเขียนได้[5]

ในการทำงานของฮาร์ดดิสก์จำเป็นต้องอาศัยการไหลของอากาศที่สม่ำเสมอเพื่อการลอยตัวของหัวอ่าน/เขียน ด้วยเหตุนี้จึงเป็นสิ่งที่ยากเป็นอย่างยิ่งต่อความเสถียรในการลอยตัวของหัวอ่าน/เขียนที่มีขนาดเล็กและยังเกิดปัญหาต่างๆที่ยากต่อการหลีกเลี่ยงได้ เช่นเกิดการสั่นสะเทือนของแขนที่ยึดจับกับหัวหัวอ่าน/เขียนหรือที่เรียกว่า actuator arm ส่งผลให้การอ่านข้อมูลหรือการเขียนข้อมูลไม่นิ่งหรือทำให้เกิดการลอยตัวที่ผิดรูปทำให้การเข้าถึงตำแหน่งของข้อมูลไม่แม่นยำ ทั้งหมดนี้ก็เป็นผลเนื่องจากการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาการไหลของอากาศซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการสั่นสะเทือนภายในฮาร์ดดิสก์ ในการลดผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นจำเป็นต้องอาศัยแผ่นกั้นอากาศเพื่อลดความเร็วของอากาศ[6][8] หรือสปอยเลอร์เพื่อลดความแรงของอากาศที่ปะทะกับแขนอาร์มและลดการสั่นสะเทือนกับสไลเดอร์[1][3][4] หรือการเพิ่มช่องทางการไหลของอากาศไปทางด้านข้างเพื่อแยกการไหลบางส่วนออกไปทางด้านข้าง[3] ทั้งนี้ในการศึกษาอุปกรณ์ที่ช่วยบรรเทาการการสั่นสะเทือนเนื่องจากการไหลของอากาศยังมีความสำคัญในด้านโครงสร้างและตำแหน่งอุปกรณ์เหล่านั้น อุปกรณ์ชนิดเดียวกันก็อาจทำให้ได้ผลเฉลยที่ต่างกันได้เมื่อวางตำแหน่งต่างกัน

ในการศึกษาการสั่นสะเทือนเนื่องจากการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ขนาด 3.5 นิ้ว 10 หัวอ่าน/เขียนนี้จะมุ่งเน้นในการศึกษาการไหลของอากาศที่มีผลต่อแขนอาร์ม (Arm) และสายสัญญาณ (Gimbal flex) และหาวิธีการแก้ไขเพื่อลดการไหลของอากาศที่จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนในขณะที่มีการอ่าน/เขียนข้อมูลโดยใช้สไปรอลเลอร์ โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์แบบ 3 มิติ โมเดลความปั่นป่วนจะใช้เป็นแบบ k-Epsilon turbulence model ซอฟต์แวร์ที่จะใช้ในงานวิจัยนี้คือ ANSYS เพื่อวิเคราะห์การไหลของอากาศ การสั่นสะเทือนของแขนอาร์ม และสายสัญญาณ

2.แบบจำลองของฮาร์ดดิสก์และวิธีการคำนวณการไหลของอากาศ

แบบจำลองฮาร์ดดิสก์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือ แผ่นดิสก์ HSA และแผ่นกั้นอากาศ โดยใช้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว 5 แผ่นดิสก์ หัวอ่าน/เขียน 10 หัว ซึ่งจะกำหนดให้พื้นผิวของฮาร์ดดิสก์ทั้งหมดเป็นผนังที่ไม่มีการเคลื่อนที่ ยกเว้นแผ่นดิสก์จะกำหนดให้เป็นผนังที่มีการหมุน โดยจะหมุนด้วยความเร็วรอบ 7200 รอบต่อนาที ในการกำหนดค่าการเมชจะให้ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0.02 มิลลิเมตร และค่าสูงสุดอยู่ที่ 3 มิลลิเมตร โดยให้ HSA แผ่นดิสก์และแผ่นกั้นอากาศมีขนาดของการเมช 0.3, 0.8 และ 0.8 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งจะกำหนดให้อิลิเมนต์เป็นแบบ Tetrahedral และให้ส่วนประกอบอื่นที่มีการเมชแบบอัตโนมัติตามขนาดต่ำสุดและสูงสุด จากรูปที่ 1(ก) แสดงถึงส่วนประกอบของ

ฮาร์ดดิสก์แบบปกติ และรูปที่ 1(ข) จะแสดงถึงฮาร์ดดิสก์ที่ใส่ สไปรอลเลอร์เข้าไปเพื่อมาใช้ในการลดความเร็วของอากาศที่เข้ามาปะทะกับแขนอาร์มและสายสัญญาณของ HGA โดยสไปรอลเลอร์จะแบ่งเป็น 6 ซี่ ความหนาของแต่ละซี่ 1.12 มิลลิเมตร และแต่ละซี่ห่างกัน 2.04 มิลลิเมตร จากรูปที่ 2 จะแสดงตำแหน่งของการเก็บข้อมูลบนพื้นผิวของ HSA ตามระดับความสูงของแต่ละหัวอ่าน/เขียน(H0-H9) ในรูปที่ 2(ก) จะแสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลบนพื้นผิวของ HSA โดยแทนด้วยสัญลักษณ์ A0-A11 และในรูปที่ 2(ข)จะแสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลบนพื้นผิวสายสัญญาณของ HGA โดยแทนด้วยสัญลักษณ์ F0-F9 ซึ่งจะเรียงลำดับจากด้านล่างไปยังด้านบน และระเบียบวิธีวิจัยจะใช้สมการของ Navier-Stokes ในการคำนวณการไหลของอากาศ โดยใช้แบบจำลอง RNG K-epsilon ดังนี้

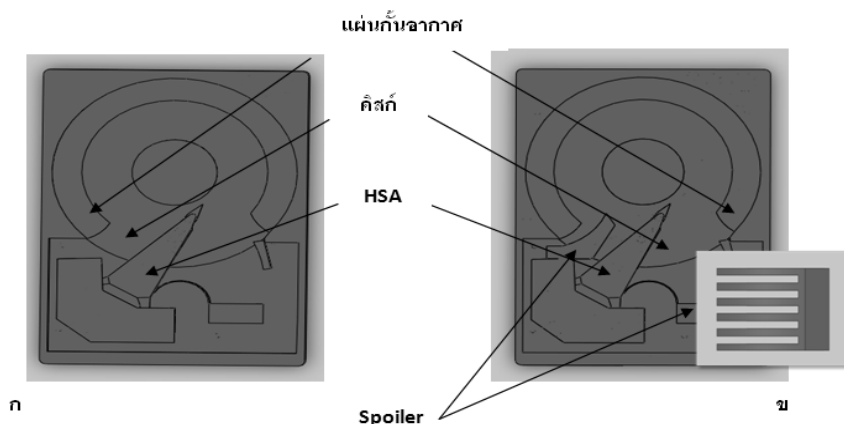
$$\frac{\partial(pK)}{\partial t} + \text{div}(pKU) = \text{div}[\alpha_k \mu_{eff} \text{grad}k] + 2\mu_t E_{ij} \cdot E_{ij} - \rho \epsilon \quad (1)$$

และ

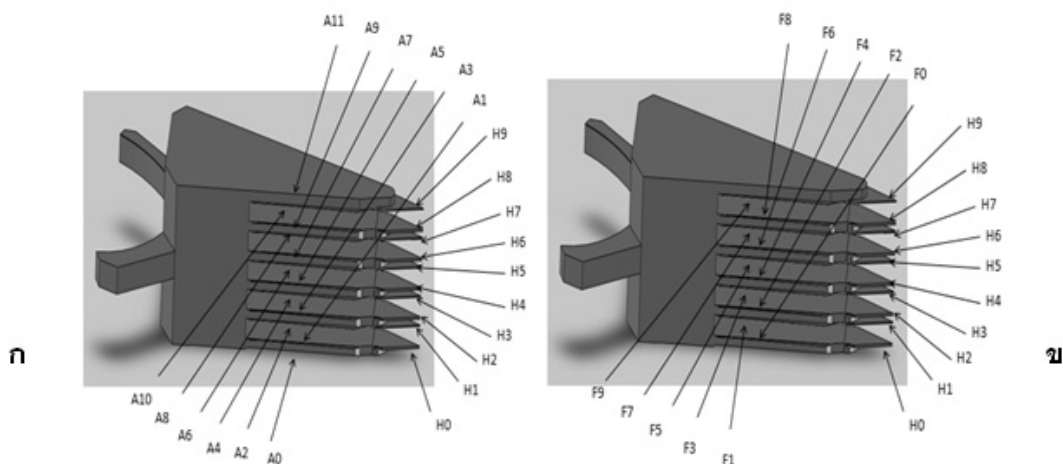
$$\frac{\partial(p\epsilon)}{\partial t} + \text{div}(p\epsilon U) = \text{div}[\alpha_\epsilon \mu_{eff} \text{grad}\epsilon] + C_{1\epsilon}^* \frac{\epsilon}{k} 2\mu_t E_{ij} \cdot E_{ij} - C_{2\epsilon} \rho \frac{\epsilon^2}{k} \quad (2)$$

เมื่อ E_{ij} คือ อัตราการเปลี่ยนรูปร่างของอิเลเมนต์ของของไหล,

$$\begin{aligned} \mu_{eff} &= \mu + \mu_t; & \mu_t &= \rho C_\mu \frac{k^2}{\epsilon}; \\ C_\mu &= 0.0845; & \alpha_k &= \alpha_\epsilon = 1.39; & C_{1\epsilon} &= 1.42; \\ C_{2\epsilon} &= 1.68; & \text{และ} & & C_{1\epsilon}^* &= C_{1\epsilon} - \frac{\eta(1-\eta/\eta_0)}{1+\beta\eta^3}; \\ \eta &= (2E_{ij} \cdot E_{ij})^{1/2} \frac{k}{\epsilon}; & \eta_0 &= 4.377; & \beta &= 0.012 \end{aligned}$$



รูปที่ 1 แสดงถึงส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยที่ ก. แสดงฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบปกติ ข. แสดงฮาร์ดดิสก์ที่ใส่สไปรอลเลอร์เข้าไป



รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งของการเก็บข้อมูล โดยที่ ก. แสดงตำแหน่งของการเก็บข้อมูลบนพื้นผิวของ HSA (A0-A11) ข. แสดงตำแหน่งของการเก็บข้อมูลบนพื้นผิวสายสัญญาณของ HGA (F0-F9)

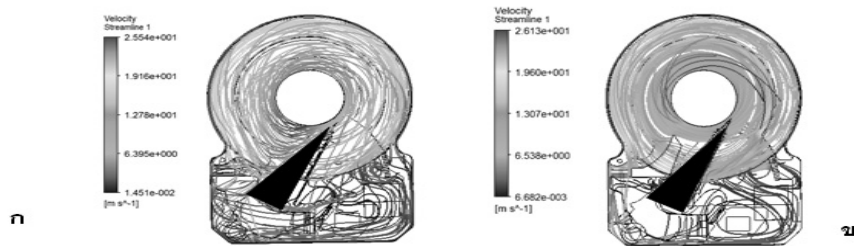
3. ผลการวิจัย

3.1 การไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

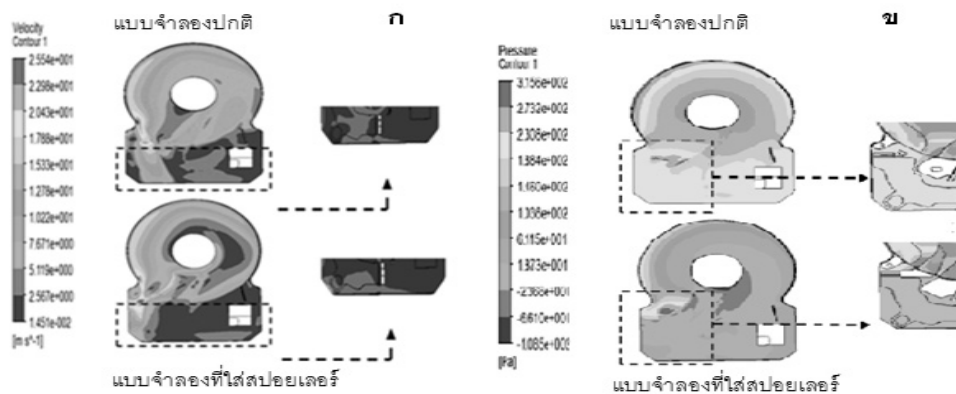
จากรูปที่ 3 จะแสดงสายธารการไหลของอากาศที่ไหลผ่านแต่ละส่วนประกอบในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปที่ 3(ก) จะแสดงแบบจำลองปกติซึ่งเห็นได้ว่าสายธารการไหลจะไหลในทิศทางเข้ามาที่ปากโดยอากาศที่มาปะทะกับแขนอาร์มจะไหลไปตามแนวความยาวของแขนอาร์มขึ้นไปยัง HG รูปที่ 3(ข) จะแสดงสายธารการไหลของอากาศเมื่อทำการใส่สปีดเลอร์ ทำให้อากาศก่อนที่จะเข้าสู่ HSA มีความราบเรียบขึ้น ทั้งนี้สปีดเลอร์ยังช่วยเบี่ยงเบนอากาศบางส่วนให้ไหลออกไปทางด้านข้าง ซึ่งจะส่งผลให้การไหลของอากาศที่ปะทะกับ HSA และสายสัญญาณลดน้อยลง ในรูปที่ 4(ก) แสดงแบบจำลองปกติ จะเห็นได้ว่าความเร็วมีค่าสูงตามรัศมีของแผ่นดิสก์ และเกิดความเร็วที่มีค่าสูงไหลไปตามความยาวของแขนอาร์ม ผลที่ได้เมื่อวัดความเร็วบนพื้นผิวของแขนอาร์ม แบ่งตามรูปที่ 2(ก) พบว่าความเร็วที่สูงที่สุดอยู่ในระนาบของ A2 ซึ่งความเร็วในระนาบของ A2 บริเวณที่ความเร็วสูงสุด 18.744 m/s และบริเวณที่ความเร็วต่ำสุด 1.141 m/s และได้ความเร็วที่ต่ำที่สุดอยู่ในระนาบของ A11 ซึ่งความเร็วในระนาบของ A11 บริเวณที่ความเร็วสูงสุด 9.328 m/s และบริเวณที่ความเร็วต่ำสุด 2.673 m/s และในรูปที่ 4(ก) แสดงแบบจำลองที่ใส่สปีดเลอร์ ผลที่ได้ทำให้ได้ความเร็วที่สูงที่สุดอยู่ในระนาบของ A3 ซึ่งความเร็วในระนาบของ A3 บริเวณที่ความเร็วสูงสุด 16.592 m/s และบริเวณที่

ความเร็วต่ำสุด 0.963 m/s และได้ความเร็วที่ต่ำที่สุดอยู่ในระนาบของ A0 ซึ่งความเร็วในระนาบของ A0 บริเวณที่ความเร็วสูงสุด 4.834 m/s และบริเวณที่ความเร็วต่ำสุด 0.378 m/s

ในส่วนของความดันของแขนอาร์ม จากรูปที่ 4(ข) แสดงแบบจำลองปกติ พบว่าความดันต่ำสุดอยู่รอบแกนหมุนซึ่งแสดงผลเป็นค่าที่ติดลบตามแถบสีเป็นผลเนื่องมาจากแรงดูดที่เกิดขึ้นในบริเวณนั้นและความดันสูงสุดจะอยู่ด้านหน้าของแขนอาร์มดังรูปเนื่องมาจากการรับแรงปะทะโดยตรงจากการไหลของอากาศ พบว่าความดันตามรูปที่ 2(ก) จะได้ความดันที่สูงที่สุดอยู่ในระนาบของ A5 ซึ่งความดันในระนาบของ A5 บริเวณที่ความดันสูงสุด 297.516 Pa และบริเวณที่ความดันต่ำสุด -9.693 Pa และได้ความดันที่ต่ำที่สุดอยู่ในระนาบของ A0 ซึ่งความดันในระนาบของ A0 บริเวณที่ความดันสูงสุด 165.212 Pa และบริเวณที่ความดันต่ำสุด 139.472 Pa ในรูปที่ 4 (ข) แสดงแบบจำลองที่ใส่สปีดเลอร์ พบว่าความดันที่สูงที่สุดที่เกิดขึ้นจะอยู่ที่บริเวณหน้าสปีดเลอร์แทน ซึ่งจะได้ความดันที่สูงที่สุดอยู่ในระนาบของ A10 ซึ่งความดันในระนาบของ A10 บริเวณที่ความดันสูงสุด 68.868 Pa และบริเวณที่ความดันต่ำสุด -21.710 Pa และได้ความดันที่ต่ำที่สุดอยู่ในระนาบของ A0 ซึ่งความดันในระนาบของ A0 บริเวณที่ความดันสูงสุด 21.110 Pa และบริเวณที่ความดันต่ำสุด 5.980 Pa



รูปที่ 3 แสดงถึงสายธารการไหล โดยที่ ก. จะเป็นการไหลของอากาศในฮาร์ดดิสก์แบบปกติ และ ข. จะเป็นการไหลของอากาศเมื่อทำการใส่สไลด์เลอร์



รูปที่ 4 แสดงถึงความเร็วและความดันตามระดับของสี โดยที่ ก. จะแสดงการไหลของอากาศในแบบจำลองปกติและแบบจำลองที่ใส่สไลด์เลอร์ ข. จะแสดงความดันของอากาศในแบบจำลองปกติและแบบจำลองที่ใส่สไลด์เลอร์ ที่ความสูงในแนวแกน Z=46.22 มิลลิเมตร จากจุดอ้างอิง

ในส่วนความเร็วของสายสัญญาณของแบบจำลองปกติ ผลที่ได้เมื่อวัดความเร็วของอากาศบนพื้นผิวของสายสัญญาณตามรูปที่ 2(ข) พบว่าความเร็วที่สูงที่สุดจะอยู่ในระนาบของ F3 ซึ่งความเร็วในระนาบของ F3 บริเวณที่ความเร็วสูงสุด 16.170 m/s และบริเวณที่ความเร็วต่ำสุด 5.350 m/s และได้ความเร็วที่ต่ำที่สุดอยู่ในระนาบของ F0 ซึ่งความเร็วในระนาบของ F0 บริเวณที่ความเร็วสูงสุด 12.665 m/s และบริเวณที่ความเร็วต่ำสุด 1.337 m/s เมื่อใส่สไลด์เลอร์พบว่าความเร็วที่สูงที่สุดอยู่ในระนาบของ F2 ซึ่งความเร็วในระนาบของ F2 บริเวณที่ความเร็วสูงสุด 14.731 m/s และบริเวณที่ความเร็วต่ำสุด 2.549 m/s และได้ความเร็วที่ต่ำที่สุดอยู่ในระนาบของ F0 ซึ่งความเร็วในระนาบของ F0 บริเวณที่ความเร็วสูงสุด 11.348 m/s และบริเวณที่ความเร็วต่ำสุด 1.060 m/s

ในส่วนของความดันของสายสัญญาณที่เกิดขึ้นจะพบว่าความดันที่สูงที่สุดอยู่ในระนาบของ F7 ซึ่งความดันในระนาบของ F7 บริเวณที่ความดันสูงสุด 183.098 Pa และบริเวณที่ความดันต่ำสุด -16.479 Pa และได้ความดันที่ต่ำที่สุดอยู่ในระนาบของ F6 ซึ่งความดันในระนาบของ F6 บริเวณที่ความดันสูงสุด 139.963 Pa และบริเวณที่ความดันต่ำสุด -13.771 m/s และเมื่อใส่สไลด์เลอร์พบว่าความดันที่สูงที่สุดอยู่ในระนาบของ F9 ซึ่งความดันในระนาบของ F9 บริเวณที่ความดันสูงสุด 83.779 Pa และบริเวณที่ความดันต่ำสุด -31.949 Pa และได้ความดันที่ต่ำที่สุดอยู่ในระนาบของ F8 ซึ่งความดันในระนาบของ F8 บริเวณที่ความดันสูงสุด 24.880 Pa และบริเวณที่ความดันต่ำสุด -94.750 Pa

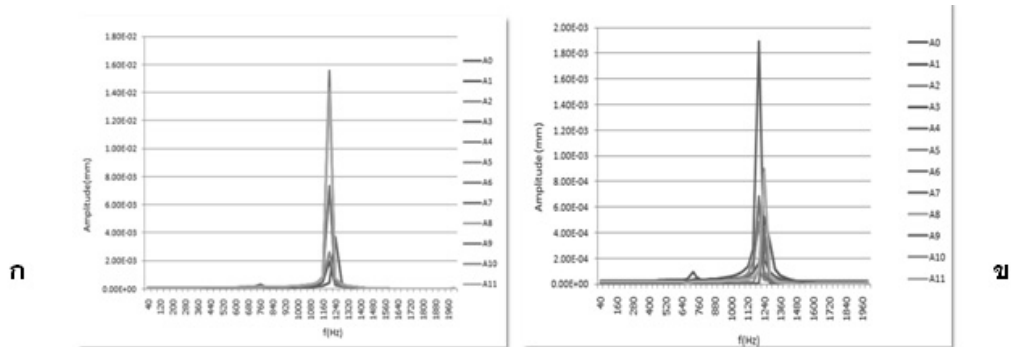
3.2 การสั่นสะเทือนบนสายสัญญาณ(Gimbal flex)และแขนอาร์มเนื่องจากการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ในการศึกษาการสั่นสะเทือนจะทำการศึกษาในพื้นที่ผิวที่ทำการเก็บข้อมูลในรูปที่ 2 นั่นคือแขนอาร์มและสายสัญญาณ แต่ในการเปรียบเทียบเพื่อยืนยันว่าแบบจำลองนี้สามารถใช้แทนการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานจริง จึงมีการเปรียบเทียบการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับหัวอ่าน/เขียนที่วัดจริงในห้องทดลองกับผลที่ได้กับแบบจำลองแบบปกติที่ไม่ใส่สปอยเลอร์ที่ตำแหน่งของสไลเดอร์ เพื่อหาช่วงความถี่ที่ตรงกัน ซึ่งในการทดลองจะพบว่าในแบบจำลองจะตรงกับช่วงการสั่นสะเทือนจากห้องทดลองที่ความถี่ 1140, 1360 และ 1400 Hz

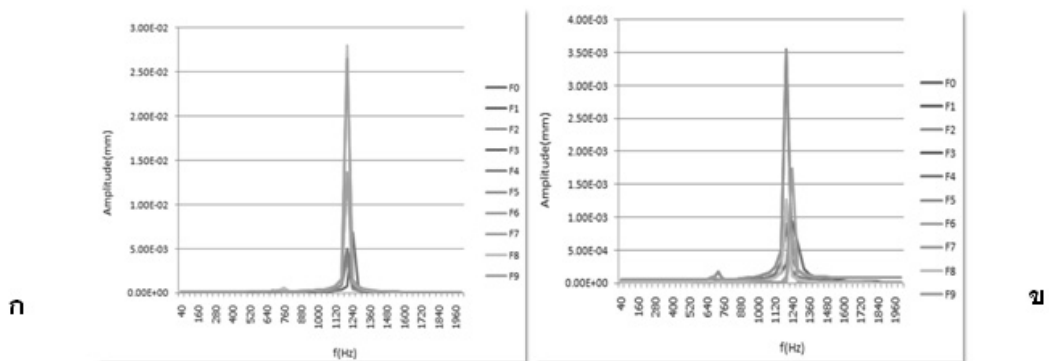
จากรูปที่ 5 (ก) จะแสดงการสั่นสะเทือนที่สูงสุดในแต่ละพื้นผิวของแขนอาร์มของแบบจำลองปกติ โดยในแต่ละพื้นผิวของแขนอาร์มจะมีระยะของการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นที่ความถี่ 1200 Hz และเมื่อทำการเปรียบเทียบความถี่ที่สูงที่สุดของพื้นผิวของแขนอาร์ม พบว่าระยะของการสั่นสะเทือนที่สูงที่สุดจะอยู่ที่พื้นผิวของ A9 ซึ่งจะสูง 15.558 ไมโครเมตร และระยะของการสั่นสะเทือนที่น้อย

ที่สุดจะอยู่ที่พื้นผิวของ A3 ซึ่งจะสูง 1.954 ไมโครเมตร เมื่อใส่สปอยเลอร์ในรูปที่ 5 (ข) พบว่าระยะของการสั่นสะเทือนที่สูงที่สุดจะอยู่ที่พื้นผิวของ A3 ซึ่งจะสูง 1.895 ไมโครเมตร และความถี่ที่น้อยที่สุดจะอยู่ที่พื้นผิวของ A2 ซึ่งจะสูง 0.11529 ไมโครเมตร

จากรูปที่ 6 (ก) จะแสดงการสั่นสะเทือนที่สูงสุดในแต่ละพื้นผิวของสายสัญญาณของแบบจำลองปกติ โดยในแต่ละพื้นผิวของสายสัญญาณจะมีระยะการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นที่ความถี่ 1200 Hz และเมื่อทำการเปรียบเทียบความถี่ที่สูงที่สุดของพื้นผิวของสายสัญญาณ พบว่าระยะของการสั่นสะเทือนที่สูงที่สุดจะอยู่ที่พื้นผิวของ F7 ซึ่งจะสูง 27.969 ไมโครเมตร และระยะของการสั่นสะเทือนที่น้อยที่สุดจะอยู่ที่พื้นผิวของ F2 ซึ่งจะสูง 3.6856 ไมโครเมตร เมื่อใส่สปอยเลอร์ในรูปที่ 6 (ข) จะเห็นได้ว่าระยะของการสั่นสะเทือนที่สูงที่สุดจะอยู่ที่พื้นผิวของ F1 ซึ่งจะสูง 3.5414 ไมโครเมตร และความถี่ที่น้อยที่สุดจะอยู่ที่พื้นผิวของ F6 ซึ่งจะสูง 0.78102 ไมโครเมตร



รูปที่ 5 แสดงถึงการสั่นสะเทือนบนพื้นผิวของแขนอาร์ม โดยที่ ก. จะเป็นการสั่นสะเทือนในฮาร์ดดิสก์แบบปกติ และ ข. จะเป็นการสั่นสะเทือนเมื่อทำการใส่สปอยเลอร์



รูปที่ 6 แสดงถึงการสั่นสะเทือนบนพื้นผิวของสายสัญญาณ โดยที่ ก. จะเป็นการสั่นสะเทือนในฮาร์ดดิสก์แบบปกติ และ ข. จะเป็นการสั่นสะเทือนเมื่อทำการใส่สปอยเลอร์

4.สรุป

ในการทดลองการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 3.5 นิ้ว พบว่าความเร็วและความดันที่ไม่สม่ำเสมออาจเป็นผลเนื่องมาจากการไหลของอากาศที่ไหลมาจากทางด้านล่างของแขนอาร์มเป็นผลให้การไหลของอากาศด้านหลัง HSA เกิดความปั่นป่วน เมื่อทำการปรับปรุงโดยใช้สปอยเลอร์เข้าไปจะพบว่าพื้นผิวแขนอาร์มและสายสัญญาณสามารถลดความเร็วของอากาศและลดความดันที่เกิดขึ้นในทุกๆพื้นผิวได้ โดยที่พื้นผิวของแขนอาร์มความเร็วลดลงได้ 0.725-57.689 % และความดันลดลงได้ 74.028-87.222 % และการพื้นผิวของสายสัญญาณความเร็วลดลงได้ 5.522-14.291 % และความดันลดลงได้ 48.440-82.947 % ในส่วนของการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบขนาดของการสั่นสะเทือนในแบบจำลองปกติกับแบบจำลองที่ใช้สปอยเลอร์พบว่าแขนอาร์มสามารถลดการสั่นสะเทือนได้ 2.56%-95.601% และในส่วนของสายสัญญาณลดการสั่นสะเทือนได้ 4.065%-95.503% โดยมีบางตำแหน่งที่มีค่าใกล้เคียงกันคือ F1(ลดลง 4.065%) , F2(ลดลง 4.336%) และ A3(ลดลง 2.56%)

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบฮาร์ดดิสก์ในกรณีที่ต้องการลดการสั่นสะเทือนของสายสัญญาณและลดการสั่นพ้องที่เกิดจากแขนอาร์มซึ่งอาจจะมีผลต่อการสั่นสะเทือนของสายสัญญาณได้

5.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท Seagate Technology (Thailand) จำกัด ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านอุปกรณ์และข้อมูลทางเทคนิคในการทำวิจัย

6.เอกสารอ้างอิง

- [1] Hirono Y, Arisaka T, Nishijima N, Shimizu T, Nakamura S, Masuda H. Flow-induced vibration reduction in HDD by using a spoiler. IEEE Transactions on Magnetics. 2004;40(4): 3168-70.
- [2] Nakamura S, Takahashi H, Wakatsuki K, Hagiya S. Flow-induced vibration of head gimbal assembly under various conditions. Asia-Pacific Magnetic Recording Conference, 2004. APMRC 2004. p. 2 .
- [3] Ikegawa M, Hirono Y, Mukai H, Kaiho M. Decreasing Airflow Velocity in Hard Disk Drives With a Spoiler and Bypass. IEEE Transactions on Magnetics. 2006;42(10):2594.
- [4] Kirpekar S, Bogy DB. A study on the efficacy of flow mitigation devices in hard disk drives. IEEE Transactions on Magnetics. June;42(6): 1716-29.
- [5] Tan KP, Sundaravadivelu K, Zhang QD, Ong EH, Ong ET, Thum CK. Flow Structural Interaction of the Actuator Arm in Hard Disk Drive. Asia-Pacific Magnetic Recording Conference, 2006. p. 1-2.
- [6] Boonyaritchaikit P., Taechajedcadarungsri S., Study of Flow Induced Vibration, The 2nd Technology and Innovation for Sustainable Development Conference, Khon Kaen University, 28-29 Jan. 2008.
- [7] Polnumtiang S, Tangchaichit K. Flow Simulation of 1.8 inches HDD at Different Rotating Speed, KJU Journal 14(1) 2007.
- [8] Sundaravadivelu K, Zhang QD, Liu NY, Ong EH, Yip TH, Chinz GL. Flow induced slider vibration in a functional HDDI: Influence of air shroud. Magnetic Recording Conference, 2009. APMRC '09. Asia-Pacific. 2009.p. 1-2.