

การศึกษาการไหลของอากาศใน ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ แบบหลายแผ่นมีเดียและหัวอ่านเขียน

เกริก วงศ์ลือชา¹ และ สิริวิชัย เตชะเจษฎารังษี²

¹ นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40002

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จ. ขอนแก่น 40002

ติดต่อ: โทรศัพท์: 043 202 945, โทรสาร: 043 202 849 E-mail: sirtae@kku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาการไหลของอากาศที่เกิดขึ้นในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว ที่ความเร็วรอบ 7200 rpm ซึ่งมีจำนวนแผ่นมีเดีย 4 แผ่น และหัวอ่าน/เขียนข้อมูลจำนวน 8 หัว ซึ่งฮาร์ดดิสก์ในรูปแบบนี้เกิดปัญหาการสั่นสะเทือนของหัวอ่าน/เขียนข้อมูลซึ่งเป็นปัญหาอย่างมากในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ ผู้ศึกษาจึงใช้ระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics, CFD) ในรูปแบบการไหลแบบปั่นป่วนแบบสามมิติ RNG K-epsilon มาใช้ในการศึกษาการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นี้ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นสามรูปแบบโดยแบ่งจากตำแหน่งของหัวอ่าน/เขียนข้อมูลคือ ตำแหน่งที่หัวอ่าน/เขียนข้อมูลอยู่ด้านใน ด้านนอก และตรงกึ่งกลางของแผ่นมีเดีย ซึ่งนำผลการศึกษาที่ได้มาเปรียบเทียบกับ การไหลของอากาศที่เกิดขึ้นในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว ที่ความเร็วรอบ 7200 rpm ซึ่งมีจำนวนแผ่นมีเดีย 1 แผ่น และหัวอ่าน/เขียนข้อมูลจำนวน 1 หัว ที่มีการศึกษามาแล้ว จากการเปรียบเทียบเห็นได้ว่า จำนวนแผ่นมีเดียและหัวอ่าน/เขียนข้อมูลที่เพิ่มขึ้นนั้นส่งผลกระทบต่อการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ซึ่งจะทำให้รูปแบบการไหล ความเร็ว และความดัน นั้นมีความแตกต่างจากเดิม ซึ่งในการทำการวิจัยขั้นต่อไปควรจะนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของ แขนหัวอ่าน/เขียนข้อมูลฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และหาวิธีแก้ไขปัญหานี้ต่อไป

คำสำคัญ: การไหลของอากาศ แผ่นมีเดีย หัวอ่าน/เขียนข้อมูล

Abstract

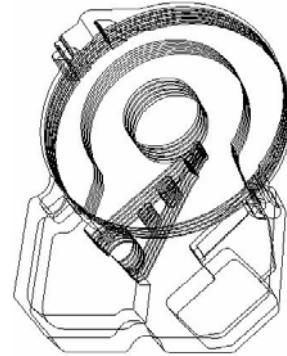
This study is to investigate air flow in 3.5 inch hard disk drive with 8 headers and spindle speed at 7200 rpm. Because one of all serious problem in hard disk industry is the air flow induced vibration. In this study, Computational Fluid Dynamics (Finite Volume Analysis) is performed to study characteristic of air flow in hard disk drive. Using 3 dimension model RNG K-epsilon in two different conditions, head is on OD and ID diameter of medias. Compared between 1 header and 8 headers, the results showed the different characteristics of air flow. In next step of study will be study the vibration of header.

1. บทนำ

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลที่สำคัญของเครื่องคอมพิวเตอร์ ส่วนใหญ่จะมีขนาด 3.5 และ 2.5 นิ้ว แผ่นดิสก์จะถูกหมุนด้วยความเร็วประมาณ 3600-15000 รอบต่อนาที ซึ่งจะทำให้เกิดการไหลวนของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ ซึ่งความเร็วและ ความดันของอากาศที่เกิดขึ้นจะส่งผลโดยตรงต่อการควบคุมการลอยตัวของหัวอ่าน/เขียนข้อมูลให้ได้ระยะห่างตามต้องการ ซึ่งในปี ค.ศ.2006 ได้มีการศึกษาการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 1 นิ้ว ที่ความเร็วรอบ 3600 รอบต่อนาที โดยศึกษาตำแหน่งของหัวอ่าน 2 ตำแหน่งเปรียบเทียบกับกัน คือ ตำแหน่งขอบด้านนอก และ ตำแหน่งตรงกลางของแผ่นดิสก์ [1], ต่อมาในปี ค.ศ.2007 ได้มีการศึกษาการสั่นสะเทือนของหัวอ่านที่เกิดจากการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ [2],[3], และในปี พ.ศ.2551 ได้มีการการศึกษาการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว มีความเร็วรอบในการหมุนของแผ่นดิสก์อยู่ที่ 7200 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันในการศึกษานี้จะใช้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แบบ 3มิติ โดยศึกษาเปรียบเทียบ การไหลของอากาศ โดยการเปลี่ยนตำแหน่งของหัวอ่าน 2 ตำแหน่ง คือ 1. หัวอ่านที่อยู่ตำแหน่งขอบด้านนอกของแผ่นดิสก์ (OD) และ 2. หัวอ่านที่อยู่ตำแหน่งขอบด้านในของแผ่นดิสก์ (ID) จากการศึกษาโดย แบบจำลองการไหล RNG K-epsilon [4], และมีการศึกษาผลกระทบของตัวกั้นอากาศในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รวมไปถึงการศึกษาการสั่นสะเทือนของหัวอ่านที่เกิดจากการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ [5], งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเบื้องต้น เกี่ยวกับการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของหัวอ่านที่เกิดจากผลกระทบของการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ต่อไป

2. รายละเอียดของแบบจำลอง

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นี้ เป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบแปดหัวอ่าน ที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบจำลอง ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ส่วนประกอบหลักของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ประกอบด้วย โครงฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์, แผ่นมีเดีย, หัวอ่าน/เขียนข้อมูล และ ตัวกั้นอากาศ ในขณะที่ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ทำงาน แผ่นมีเดียที่ติดอยู่กับมอเตอร์จะหมุน และหัวอ่านจะเคลื่อนที่เข้าออกเพื่อทำการเขียนและอ่านข้อมูลบนแผ่นมีเดียแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ แบบแปดหัวอ่าน มีแผ่นมีเดียแปดแผ่นซึ่งหมุนด้วยความเร็ว 7200 รอบต่อนาที ในแบบจำลองนี้ช่องว่างภายในตัวฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จะถูกกำหนดให้มีคุณสมบัติเป็น อากาศเพื่อที่จะศึกษาถึงการไหลของอากาศ แบบจำลองโครงสร้างถูกสร้างขึ้นมาด้วยอิลิเมนต์ประมาณ 2.5 ล้าน อิลิเมนต์ และทำการคำนวณการไหลของอากาศด้วย โมเดลการไหลของอากาศโดยการกำหนดขอบเขตสถานะให้ผิวของอุปกรณ์ภายใน ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทุกชิ้น มีสถานะเป็นผนัง ยกเว้นผิวของแผ่นมีเดียที่จะถูกกำหนดให้มีสถานะเป็นผนังเคลื่อนที่ ด้วยความเร็วเท่ากับ 7200 รอบต่อนาที

3. ระเบียบวิธีวิจัย

สมการของ Navier-Stokes ถูกนำมาใช้ในการคำนวณ การไหลของอากาศ โดยใช้แบบจำลองของ RNG K-epsilon ดังนี้

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

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

เมื่อ E_{ij} คือ อัตราการเปลี่ยนรูปอิลิมินต์ของของไหล

$$\mu_{\text{eff}} = \mu + \mu_t, \quad \mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$

โดยมีค่า

$$C_\mu = 0.0845; \quad \alpha_k = \alpha_\varepsilon = 1.39$$

$$C_{2\varepsilon} = 1.68; \quad C^* 1\varepsilon = C_{1\varepsilon} - \frac{\eta(1-\eta/\eta_0)}{1+\beta\eta^3}$$

โดยที่

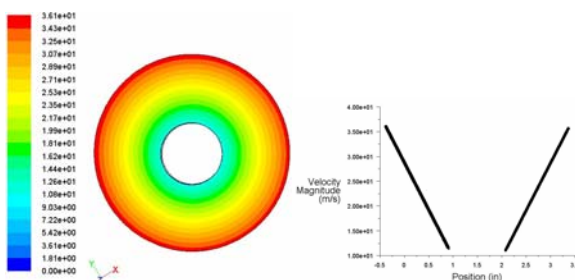
$$\eta = (2E_{ij} \cdot E_{ij})^{1/2} \frac{k}{\varepsilon}; \quad \eta_0 = 4.377 \quad \beta = 0.012$$

4. ผลการวิจัย

4.1 ศึกษาเส้นทางการไหลและความเร็วของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

จาก รูปที่ 2. แผนภูมิเส้นแสดงความเร็วของอากาศที่บริเวณผิวของแผ่นมีเดีย พบว่าความเร็วบริเวณที่อยู่ใกล้ศูนย์กลางจะมีค่าความเร็วต่ำ และค่าของความเร็วจะเพิ่มขึ้นตามแนวรัศมี จนมีค่าความเร็วสูงสุดที่ขอบด้านนอกสุด โดยมีค่าความเร็วเท่ากับ

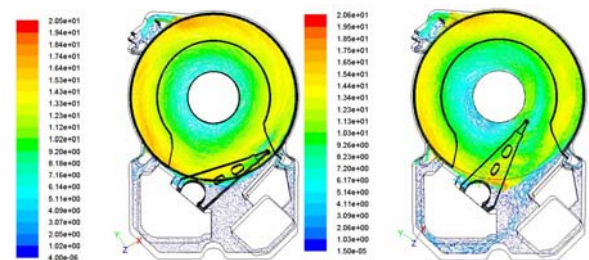
35.3 m/s ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงและสอดคล้องกับค่าของความเร็วที่คำนวณได้จากสมการความเร็ว



รูปที่ 2 แผนภูมิเส้นแสดงความเร็วของอากาศที่ผิวของแผ่นดิสก์

จากการศึกษาการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบหลายแผ่นมีเดียพบว่า การไหลจะแบ่งเป็นสามรูปแบบที่แตกต่างกันคือ แบบบริเวณที่ติดกับหัวอ่าน/เขียนตัวล่างสุด ตัวระหว่างกลาง และแบบบริเวณที่ติดกับหัวอ่าน/เขียนตัวข้างล่างสุด ดังรูปที่ 1,2,3

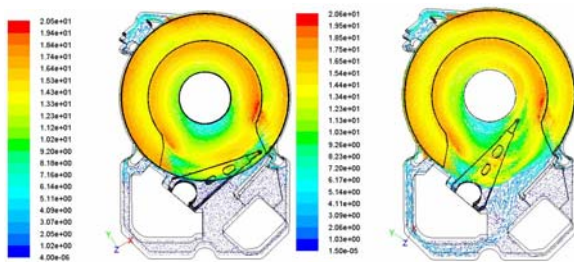
การไหลของอากาศบริเวณที่ติดกับหัวอ่าน/เขียนตัวด้านล่างสุด ดังรูปที่ 3 ซึ่งแผ่นมีเดียแผ่นนี้ทางด้านล่างจะไม่ติดกับแผ่นมีเดียแผ่นอื่น และจะไม่มีความกั้นอากาศ รูปแบบการไหลขณะที่หัวอ่าน/เขียนอยู่บริเวณขอบด้านนอก อากาศจะไหลวนหนีออกจากศูนย์กลางของแผ่นดิสก์ ไปปะทะกับขอบผนังด้านข้าง และการไหลวนของอากาศส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณผิวหน้าของแผ่นมีเดียเท่านั้น แต่ส่วนของรูปแบบการไหลขณะที่หัวอ่าน/เขียนอยู่บริเวณขอบด้านใน แขนของหัวอ่าน/เขียนจะขวางการเคลื่อนที่ของอากาศทำให้อากาศส่วนหนึ่งไหลวนอยู่บริเวณส่วนที่อยู่นอกบริเวณแผ่นมีเดีย ในส่วนของความเร็ว นั้น ความเร็วของอากาศบริเวณหัวอ่าน/เขียนขณะที่อยู่บริเวณขอบด้านนอกของแผ่นมีเดียจะมีความเร็วมากกว่าขณะที่อยู่บริเวณขอบด้านในของแผ่นมีเดีย



รูปที่ 3 แสดงความเร็วและทิศทางการไหลของอากาศบริเวณที่ติดกับหัวอ่าน/เขียนตัวด้านล่างสุด

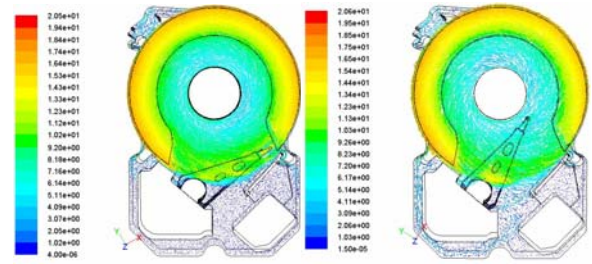
การไหลของอากาศบริเวณที่ติดกับหัวอ่าน/เขียนตัวที่ 2-7 ดังรูปที่ 4 ซึ่งแผ่นมีเดียที่อยู่ระหว่างกลางจะมีตัวกั้นอากาศตรงกลางระหว่างแผ่นมีเดีย รูปแบบการไหลขณะที่หัวอ่าน/เขียนอยู่บริเวณขอบด้านนอก อากาศจะคล้ายกับแผ่นด้านล่างสุดแต่จะต่างกันตรงที่บริเวณริมในของตัวกั้นอากาศจะมีความเร็วสูงกว่า

เพราะผลกระทบเนื่องจากแผ่นมีเดียที่อยู่ติดกันทำให้บริเวณนั้นมีความเร็วสูงขึ้น ในส่วนของรูปแบบการไหลขณะที่หัวอ่าน/เขียนอยู่บริเวณขอบด้านใน บริเวณริมในของตัวกั้นอากาศก็มีความเร็วสูงขึ้นเช่นกัน และแขนของหัวอ่าน/เขียนจะขวางการเคลื่อนที่ของอากาศ ทำให้อากาศส่วนหนึ่งไหลวนอยู่บริเวณส่วนที่อยู่นอกบริเวณแผ่นมีเดีย ในส่วนของความเร็วนั้น ความเร็วของอากาศบริเวณหัวอ่าน/เขียนขณะที่อยู่บริเวณขอบด้านนอกของแผ่นมีเดียและบริเวณขอบด้านในของแผ่นมีเดียจะมีความเร็วเท่า ๆ กัน เนื่องจากตัวกั้นอากาศ ซึ่งความเร็วของอากาศบริเวณริมในของตัวกั้นอากาศจะสูงขึ้นเนื่องมาจากการหมุนของมีเดียตัวที่อยู่ถัดมา และความเร็วของอากาศบริเวณขอบด้านนอกของแผ่นมีเดีย ที่ผ่านตัวกั้นอากาศออกมาจะมีความเร็วลดลง



รูปที่ 4 แสดงความเร็วและทิศทางอากาศบริเวณที่ติดกับหัวอ่าน/เขียนตัวระหว่างกลาง(ตัวที่ 2-7)

การไหลของอากาศบริเวณที่ติดกับหัวอ่าน/เขียนตัวบนสุด ดังรูปที่ 5 ซึ่งแผ่นมีเดียแผ่นนี้ทางด้านบนจะไม่ติดกับแผ่นมีเดียแผ่นอื่นแต่จะมีตัวกั้นอากาศรูปแบบการไหลของอากาศจะคล้ายกับการไหลของอากาศบริเวณที่ติดกับหัวอ่าน/เขียนตัวระหว่างกลาง แต่จะต่างกันตรงที่ไม่มีผลของความเร็วของแผ่นมีเดียที่อยู่ติดกันทำให้ความเร็วของอากาศบริเวณหัวอ่าน/เขียนขณะที่อยู่บริเวณขอบด้านนอกของแผ่นมีเดียจะยังคงความเร็วมากกว่าขณะที่อยู่บริเวณขอบด้านในของแผ่นมีเดีย



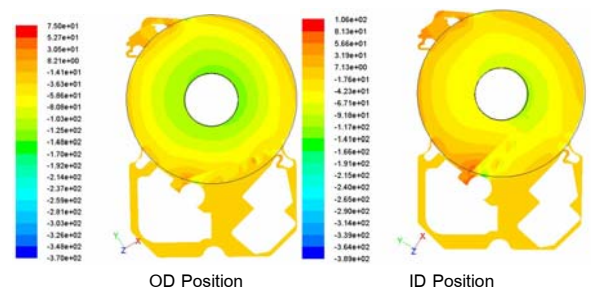
รูปที่ 5 แสดงความเร็วและทิศทางอากาศบริเวณที่ติดกับหัวอ่าน/เขียนตัวด้านบนสุด

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความเร็วสูงสุดที่หัวอ่าน/เขียน

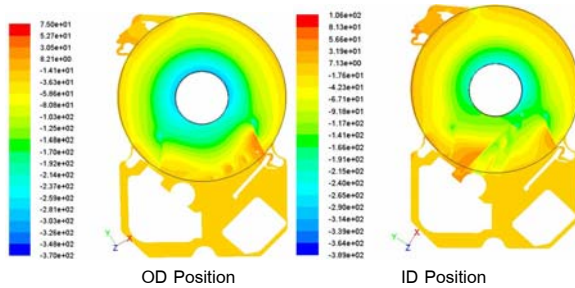
ตำแหน่งหัวอ่าน	แผ่นล่าง	แผ่นกลาง	แผ่นบน
ด้านใน (ID)	8.25 m/s	15.4 m/s	7.28 m/s
ด้านนอก (OD)	19.3 m/s	15.7 m/s	15.8 m/s

4.2 ศึกษาความดันของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

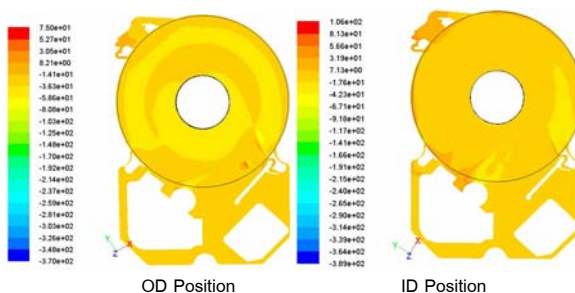
จากรูปที่ 6,7 ความดันของอากาศบริเวณที่ติดกับหัวอ่าน/เขียนตัวด้านล่างสุดและตัวระหว่างกลางพบว่าค่าความดันสถิตบริเวณหัวอ่าน/เขียนตอนที่อยู่ตำแหน่งขอบด้านนอกของแผ่นมีเดียจะมีค่าความดันมีค่าเป็นบวก ซึ่งสูงกว่าในตอนที่อยู่ตำแหน่งขอบด้านในของแผ่นมีเดียที่มีความดันเป็นลบ แต่ผลของตัวกั้นอากาศที่กั้นระหว่างแผ่นมีเดียทำให้ความดันที่ของด้านนอกของแผ่นมีเดียมีค่าสูงขึ้น และมีค่าต่ำลงในบริเวณขอบด้านในของแผ่นมีเดีย



รูปที่ 6 แสดงความดันของอากาศบริเวณที่ติดกับหัวอ่าน/เขียนตัวล่างสุด



รูปที่ 7 แสดงความดันของอากาศบริเวณที่ติดกับหัวอ่าน/เขียนตัวที่ 2-7



รูปที่ 8 แสดงความดันของอากาศบริเวณที่ติดกับหัวอ่าน/เขียนตัวด้านบนสุด

ในส่วนของความดันของอากาศบริเวณที่ติดกับหัวอ่าน/เขียนตัวบนสุดจะมีค่าเป็นบวกทั้งหมดทั้งนี้ก็เพราะระยะห่างระหว่างผิวของแผ่นมีเดียตัวบนสุดกับผนังด้านบนของแผ่นมีเดียมีระยะมากจึงเกิดการไหลวนกลับของอากาศ ซึ่งมากกว่าระยะห่างของผนังแผ่นมีเดียแผ่นอื่น(หรือแผ่นล่างสุด)ที่ติดกับผนังที่ใหญ่ขึ้น

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความดันสูงสุดที่หัวอ่าน/เขียน

ตำแหน่งหัวอ่าน	แผ่นล่าง	แผ่นกลาง	แผ่นบน
ด้านใน (ID)	-97.8 Pa	-122.7 Pa	75.8 Pa
ด้านนอก (OD)	52.7 Pa	67.2 Pa	82.1 Pa

5. สรุปผลการทดลอง

ค่าความเร็วสูงสุดของการไหลของอากาศ ที่ได้จากแบบจำลอง มีค่าเท่ากับ 19.3 m/s ซึ่งจะเกิดค่าสูงสุดที่บริเวณขอบนอกของแผ่นดิสก์ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา [5], ค่าความดันสถิตที่ขอบด้านนอกของแผ่นดิสก์มีค่าเฉลี่ย 67.33 pa และค่าความดันสถิตด้านในของแผ่นดิสก์มีค่าเฉลี่ย -94.779 pa ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับงานวิจัย[4], หัวอ่านที่ตำแหน่ง

ด้านนอกของแผ่นดิสก์ จะถูกปะทะด้วยกระแสลมที่มีความเร็วมากกว่า ตำแหน่งด้านใน ตามตารางที่ 1 และจะมีผลทำให้หัวอ่านเกิดการสั่นสะเทือนได้ง่ายกว่าในส่วนของคุณค่าความดันสถิต และ ความเร็วของอากาศจะถูกนำไปใช้ในการศึกษาเรื่องการสั่นสะเทือนของหัวอ่านที่เกิดจากผลกระทบจากการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] M.A. Suriadi, C.S. Tan, Q.D. Zhang, T.H. Yip and K. Sundaravadivelu, "Numerical investigation of airflow inside a 1-in hard disk drives," Journal of Magnetism and Magnetic Materials 303 (2006) e124-e127.
- [2] S. Takada, T. Kusakawa, N. Tagawa, A. Mori, Y. Mizoh, M. Nakakita, "Study on flow-induced vibration of head-disk assembly mechanisms in actual hard disk drive," Springer-Verlag., Vol. 13 No. 8-10, May. 2007.
- [3] Kazemi, M.* and Tokuda, A., An Investigation of flow-induced off-track vibration of headgimbal assemblies in harddisk drive, Hutchinson Technology Inc., 2007
- [4] ปราโมทย์ บุญฤทธิชัยกิจ และ สิริวิชัย เตชะเจษฎารังษี, การศึกษาการสั่นสะเทือนของหัวอ่านที่เกิดจากการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์, การประชุมวิชาการเทคโนโลยี และนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2551
- [5] K. Sundaravadivelu, Q. D. Zhang, N. Y. Liu, E. H. Ong, T. H. Yip, G. L. Chin, and J. Q. Mou, Flow-Induced Slider Vibration in a Functional Hard Disk Drive: Influence of Air Shroud, IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 45, NO. 11, NOVEMBER 2009