

ผลของอากาศพลศาสตร์ต่อแขนและหัวอ่านแบบคู่ในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว Effect of Aerodynamics on Arm and Read/Write dual Head on 3.5" Hard Disk Drive.

ยุวธิดา ล่ำมคำ¹ และ สิริวิชัย เตชะเจษฎารังษี^{2*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว ชนิด 1 แผ่นมีเดีย (media) 2 หัวอ่าน/เขียน ที่ความเร็วรอบ 7,200 10,000 และ 15,000 รอบต่อนาที โดยการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ โดยใช้ขนาดจริงของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป FLUENT อิงหลักการพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational of Fluid Dynamic) ใช้สมการการไหลของ Navier-Stokes แบบจำลองความปั่นป่วนแบบ RNG k-epsilon และการไหลของอากาศเป็นการไหลที่มีความหนืด (Viscous fluid flow) ผลการศึกษาพบว่า ความดันสถิตที่เกิดขึ้นภายในฮาร์ดดิสก์ที่บริเวณใกล้กับจุดศูนย์กลางการหมุนจะมีค่าเป็นลบ และจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนเป็นบวกตามแนวรัศมีเส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นมีเดีย เมื่อมีความเร็วเพิ่มขึ้นค่าความดันจะมีค่าเพิ่มขึ้นแบบแปรผันตรง และค่าความดันสูงสุดเท่ากับ 110.7 Pa ที่บริเวณด้านหน้าแขนหัวอ่านเขียน ในส่วนความเร็วของอากาศ พบว่าที่ตำแหน่งศูนย์กลางการหมุนจะมีค่าเป็นลบและจะมีค่าความเร็วเพิ่มขึ้นตามแนวรัศมี และค่าความเร็วของอากาศจะแปรผันตรงกับความเร็วยรอบการหมุน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 21.9 m/s ที่ความเร็ว 15000 รอบ/นาที พิจารณาเส้นทางการไหลของอากาศที่กระทบบริเวณด้านหน้าแขนหัวอ่าน/เขียน การไหลจะเป็นแบบปั่นป่วนสูงที่ตำแหน่งช่องขนาดเล็กระหว่างแขนหัวอ่านทั้งสอง ทำให้การไหลของอากาศมีการเปลี่ยนทิศทางในบริเวณนั้นไปสู่บริเวณโดยรอบที่เป็นช่องว่าง การกระจายตัวของอากาศแปรผันตรงกับความเร็วยรอบที่เพิ่มขึ้น ข้อมูลดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการลดปัญหาการสั่นสะเทือนที่เกิดจากการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์

คำสำคัญ พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ, แบบจำลองความปั่นป่วน, ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

Abstract

This research aims to study the airflow behavior in 3.5" of hard disk drive using the model of 1 media disk and 2 read/writing heads at the rotational speed of 7,200 10,000 and 15,000 rpm respectively. Commercial software (Fluent Software) using the RNG k-epsilon turbulence model was used to simulate. Pressure and velocity showed the flow pattern. We observed that the pressure at the center of the disk was a negative pressure, which increased to a positive pressure along the disk radius. The magnitude of velocity of airflow increased linearly along the disk radius. When the rotational speed was

increased, pressure and velocity also increased. The velocity path line of airflow inside the HDD was similar for all rotational speeds. This information can be used for vibration analysis of the actuator arm.

Keywords: Computational of Fluid Dynamic, Turbulence Model, Hard Disk Drive.

1. บทนำ

ฮาร์ดดิสก์มีการพัฒนาเพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มความจุ โดยการเพิ่มความเร็รรอบและจำนวนแผ่นดิสก์ จากการที่หัวอ่านมีขนาดเล็กมาก เมื่อความเร็รรอบเพิ่มขึ้น ทำให้การควบคุมหัวอ่านให้มีความเสถียรภาพลอยตัวเหนือแถบบันทึกข้อมูลเป็นไปได้ด้วยความยากลำบาก (ปราโมทย์ บุญยฤทธิ์ชัยกิจ. 2551:1) ก่อให้เกิดปัญหาเช่น 1.การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นบริเวณหัวอ่าน/เขียนเพียงเล็กน้อย ทำให้การอ่านเขียนข้อมูลผิดตำแหน่ง เกิดการสูญเสียด้านพื้นที่ในการเก็บข้อมูลและการลดลงของประสิทธิภาพของการอ่าน/เขียน (Ming Gao Yao et al.,2008) 2.การแกว่งตัวเนื่องจากความดันในแผ่นดิสก์แต่ละแผ่น (Masayuki et al.,2006) นับว่าการไหลของอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อการอ่าน/เขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ (Suriadi M. et al.,2006) จึงมีนักวิจัยสนใจศึกษาผลการไหลของอากาศต่อฮาร์ดดิสก์ในหลายลักษณะ เช่น ศึกษาผลของความเร็วของอากาศบริเวณ HGA (Jeong-Seok Koh et al.,2004) การจำลองการไหลแบบไม่คงที่ผ่านปริซึม โดยให้ปริซึมเปรียบเสมือนแขนชัสนเพนชัน (S.A.C Humphrey et al.,2002) ศึกษากระแสการไหลของอากาศที่มีผลต่อค่าการสั่นพ้องของหัวอ่าน/เขียน (Jeffrey S.McIlister et al.,2003)เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวและเป็นการเตรียมความพร้อมที่จะรองรับการพัฒนาฮาร์ดดิสก์ไปอย่างไม่หยุดนิ่ง

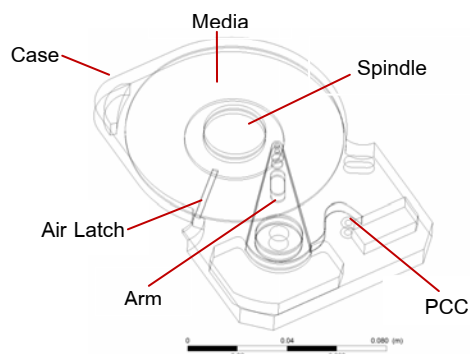
ดังนั้นผู้ศึกษาจึงมีความสนใจที่จะศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศของฮาร์ดดิสก์ขนาด 3.5 นิ้ว จำนวน 1 แผ่นดิสก์ 2 หัวอ่าน ที่ความเร็รรอบ 7,200 10,000 และ 15,000 รอบ/นาที เพื่อดูค่าความดันสถิตย์ ความเร็วลม และเส้นทางการไหล เมื่อมีการ

เปลี่ยนแปลงความเร็รรอบ เพื่อนำผลการศึกษาไปเป็นแนวทางในการลดปัญหาการสั่นสะเทือน

2. การสร้างแบบจำลอง

2.1 การสร้างแบบจำลองฮาร์ดดิสก์

สร้างโมเดลตั้งต้นของฮาร์ดดิสก์ขนาด 3.5 นิ้ว จำนวน 1 แผ่นดิสก์ 2 หัวอ่าน/เขียน โดยใช้โปรแกรม Design Modeler (ANSYS Workbench) ประกอบด้วย สปีดเดิลมอเตอร์ (Spindle Motor) แผ่นมีเดีย (Media Disk) ตัวกั้นอากาศ (Air Latch) กรองดักฝุ่น (Air Filter) และแขนหัวอ่าน/เขียน (Arm) แขนหัวอ่าน/เขียนวางตัวอยู่ในตำแหน่งในสุด (ID) แสดงดังรูปที่ 1 เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ผลการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ต่อไป



รูปที่ 1 แบบจำลองฮาร์ดดิสก์

2.2 การสร้างกริด

การเลือกขนาดกริดที่เหมาะสมมีส่วนทำให้คำตอบที่ได้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกขนาดกริดโดยการสุ่มขนาดกริดที่มีขนาด 0.05, 0.02 และ 0.01 มม. ตามลำดับ และทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีของความเร็วสูงสุดของแผ่นดิสก์ที่ขอบด้านนอกสุดของแผ่นดิสก์ จากสมการ $V = \omega r$ กับผลที่ได้จาก

โปรแกรมสำเร็จรูป FLUENT จนกว่าจะได้ค่าที่ใกล้เคียงกันที่สุด ข้อมูลการทดสอบเพื่อหาขนาดกริดที่เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลการหาขนาดกริดที่เหมาะสม

ความเร็วรอบ	Mesh Size	Run Time	Velocity (Theory)	Velocity (Vector)
7,200 rpm	0.05 mm	~ 7 วัน	10.5 m/s	5.9 m/s
	0.02 mm	~ 15 วัน		10.2 m/s
	0.01 mm	~ 28 วัน		10.3 m/s
10,000 rpm	0.05 mm	~ 7 วัน	14.6 m/s	9 m/s
	0.02 mm	~ 15 วัน		14.3 m/s
	0.01 mm	~ 28 วัน		14.1 m/s
15,000 rpm	0.05 mm	~ 7 วัน	21.8 m/s	15.3 m/s
	0.02 mm	~ 15 วัน		21.9 m/s
	0.01 mm	~ 28 วัน		21.7 m/s

จากตารางที่ 1 ทำให้ได้ขนาดกริดที่เหมาะสมที่ขนาด 0.02 มม. เนื่องจากเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเร็วที่จะจากสมการ $V = \omega r$ กับที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม FLUENT พบว่า กริดขนาด 0.02 มม. และ 0.01 มม. ให้ค่าความเร็วที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากทฤษฎี แต่เมื่อเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลของโปรแกรมแล้วพบว่าที่กริดขนาด 0.01 มม. ใช้เวลาในการประมวลผลมากกว่ากริดขนาด 0.02 มม. เกือบเท่าตัว ดังนั้น จึงเลือกกริดขนาด 0.02 มม. เพื่อลดระยะเวลาในการศึกษา ข้อมูลกริดขนาด 0.02 มม. แสดงดังตารางที่ 2

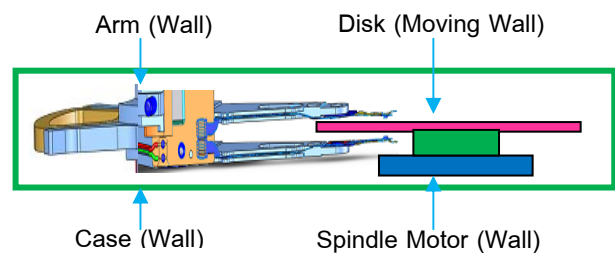
ตารางที่ 2 ข้อมูล คุณภาพและตำแหน่งเฉื่อยของกริด

Statistics		
Nodes		492108
Elements		2099965
Element Quality : Min		4.2028
	: Max	.9999
	: Average	.7712
Skewness : Min		1.1336E-5
	: Max	.8202
	: Average	.1087

3. การกำหนดเงื่อนไขและวิธีการคำนวณ

3.1 กำหนดเงื่อนไขแบบจำลอง

การกำหนดเงื่อนไขชนิดของปริมาตรอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ ดังแสดงในรูปที่ 2 กำหนดให้ทุกพื้นผิวเป็นผนัง (Wall) แบบไม่มีการลื่นไถล (No-Slip Wall Condition) ยกเว้นแผ่นดิสก์กำหนดให้มีการเคลื่อนที่แบบหมุน (Rotational) ด้วยความเร็วรอบ 7,200 10,000 และ 15,000 รอบ/ต่อนาทีตามลำดับ



รูปที่ 2 การกำหนดเงื่อนไข

3.2 กำหนดเงื่อนไขการคำนวณ

การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตตามหลักของพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณจะใช้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (Partial Differential Equation) อธิบายลักษณะการไหลภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสมการสำหรับการไหลมักสร้างขึ้นบนหลักการความสอดคล้องของสมการดังต่อไปนี้

1) สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equation) พิจารณากฎอนุรักษ์มวลของปริมาตรควบคุม (control volume)

$$\frac{\partial M_{cv}}{\partial t} = \sum_{\text{inlet point}} \dot{m} - \sum_{\text{outlet point}} \dot{m} \quad (1)$$

2) สมการโมเมนตัม (Momentum Equation) พิจารณาสมดุลของแรงที่เกิดขึ้นทันทีที่ทันใดบนปริมาตรควบคุม

$$\frac{\partial}{\partial t} (Mv_n)_{cv} = \sum F_n + \sum_{\text{inlet ports}} \dot{m}v_n - \sum_{\text{outlet ports}} \dot{m}v_n \quad (2)$$

3) สมการจำลองการไหลแบบปั่นป่วน เป็นการคำนวณของระบบปิดของการไหลแบบเฉลี่ย (Mean Flow)

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \text{div}(pU) = 0 \quad (3)$$

งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โมเดลการไหลแบบปั่นป่วนแบบ RNG K-epsilon ซึ่งเป็นสมการการไหลของอากาศแบบไม่อัดตัว (ความหนาแน่นคงที่) อิงสมการนาเวียร์-สโตกส์

$$\frac{\partial(\rho \bar{u}_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \bar{u}_i \bar{u}_j)}{\partial x_j} = \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \right] \quad (4)$$

โมเดล K-epsilon เป็นโมเดลที่สมบูรณ์และง่ายที่สุดของการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulence Model) คือสมการโมเดลที่ผลลัพธ์ของสมการนั้นทำให้ Turbulent velocity และ Length scales เป็นผลลัพธ์ที่เป็นอิสระต่อกัน และ RNG model มีเงื่อนไขเพิ่มเติมในสมการของ ϵ ที่ปรับปรุงความแม่นยำของ rapidly stained flows ผลของ swirl ใน turbulence ถูกรวมไปใน RNG โมเดลทำให้ความแม่นยำของ swirling flow ดีขึ้น และการกำหนดเงื่อนไข ในส่วนของคุณสมบัติของไหลได้ใช้ค่าที่เลือกโดยอัตโนมัติจากตัวโปรแกรมสำเร็จรูป การกำหนดเงื่อนไขแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เงื่อนไขขอบเขตเพื่อวิเคราะห์การไหลในโปรแกรมสำเร็จรูป FLUENT

Fluent Condition Solve	
Solver	Segregate
Formulation	Implicit
Time	Unsteady
Unsteady Formulation	2nd-Order Implicit
Model	K-epsilon
Subgrid-Scale Model	RNG
Pressure-Velocity Coupling	SIMPLEC
	Low Diffusion
Discretization Flow	Second Order
Convergence Criterion	1.00E-06
Time Step (size)	1.00E-06
Total Number of time Steps	15,000

กำหนดสมการในการวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ให้เข้าสู่ขอบเขตการศึกษา

ซึ่งอ้างอิงจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้น และความเร็วเชิงมุม

$$\text{จากสมการ} \quad V = \omega r$$

เมื่อ V คือ ความเร็วเชิงเส้นของอากาศ

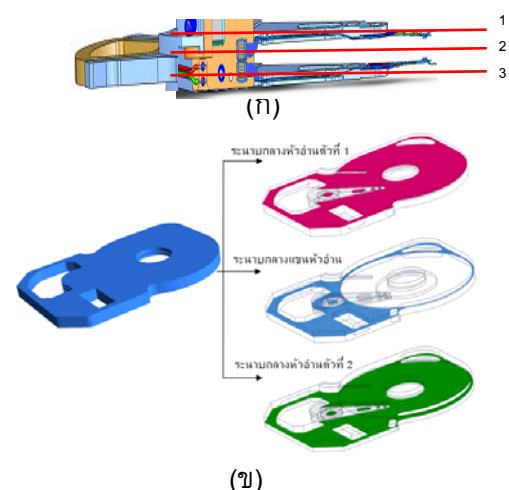
ω คือ ความเร็วเชิงมุมของแผ่นดิสก์

r คือ รัศมีของแผ่นดิสก์ขนาด 3.5 นิ้ว

เมื่อกำหนดจะได้รูปแบบของความเร็ว ขนาดของกริดที่เหมาะสม

4. ผลการทดลอง

ผลการศึกษาที่ได้จะเลือกข้อมูลจากช่วงเวลาคงที่ โดยการศึกษาวิเคราะห์หัวอ่าน/เขียนวางตัวในตำแหน่งในสุดของแผ่นดิสก์ (ID) โดยจะเปรียบเทียบค่าในระนาบต่างกัน 3 ระนาบ คือ 1.ระนาบกลางหัวอ่านตัวที่ 1 2.ระนาบกลางแขนหัวอ่าน 3.ระนาบกลางหัวอ่านตัวที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 3 (ก) แสดงระนาบตัดที่แขนหัวอ่าน (ข) ระนาบตัดฮาร์ดดิสก์ จะใช้ระนาบดังกล่าวในการวิเคราะห์ผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป Fluent ทั้งค่าความดันสถิตย ความเร็วของอากาศ และเส้นทางการไหลของอากาศที่กระทบบริเวณด้านหน้าแขนหัวอ่านเขียน

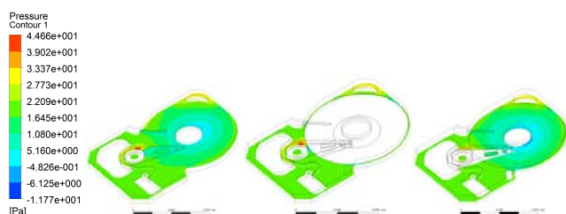


รูปที่ 3 ระนาบตัดเพื่อพิจารณาผลการศึกษา

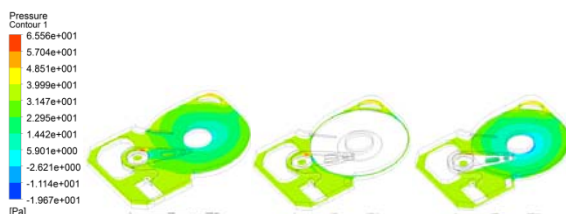
4.1 ผลการศึกษาความดันสถิตย

จากรูปที่ 4 เป็นการเปรียบเทียบค่าความดันสถิตยที่เกิดขึ้นในระนาบตัดทั้ง 3 ระนาบ พบว่าความดันเกิดขึ้นสูงสุดที่บริเวณด้านหน้าแขนหัวอ่านเขียน

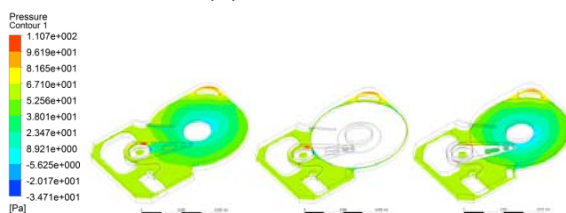
ทุกความเร็วรอบ เนื่องจากเป็นบริเวณที่เป็นช่องแคบที่อยู่ใกล้ขอบของแผ่นดิสก์ ทำให้เกิดความดันสูงเมื่อค่าความดันที่บริเวณรองดักฝุ่นทุกความเร็วรอบ พบว่าความดันมีค่าสูงรองลงมาจากบริเวณแขนหัวอ่านเขียน เนื่องจากเป็นบริเวณที่เป็นซอกมุม ทำให้ความดันมีค่าสูง พิจารณาที่ความเร็วรอบ 7,200 รอบ/นาที่ จะมีค่าความดันต่ำสุดและจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความดันมีค่าเป็นลบที่ระนาบกลางหัวอ่านตัวที่ 1 มากกว่าระนาบกลางแขนหัวอ่านตัวที่ 2 เนื่องจากแขนหัวอ่านตัวที่ 1 อยู่ใกล้ฝาครอบซึ่งเป็นตำแหน่งที่อากาศจะพยายามไหลวนออกสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Suriadi M. et al.,2006



(ก) 7,200 รอบ/นาที่



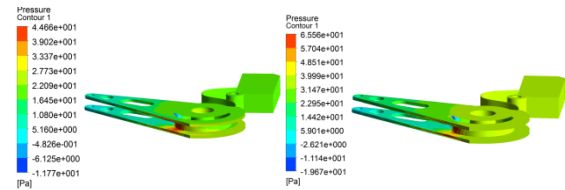
(ข) 10,000 รอบ/นาที่



(ค) 15,000 รอบ/นาที่

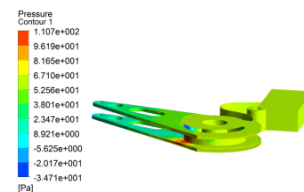
รูปที่ 4 ความดันอากาศ

รูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าความดันที่เกิดขึ้นที่แขนหัวอ่านเขียนมีค่ามากที่สุด ในบริเวณด้านหน้าแขนหัวอ่านเขียน เนื่องจากเป็นบริเวณช่องแคบขนาดเล็กระหว่างแขนหัวอ่านเขียนทั้งสองกับแผ่นดิสก์ สอดคล้องกับผลการศึกษาสุภชัย พลน้ำเที่ยง (2552)



(ก) 7,200 รอบ/นาที่

(ข) 1,000 รอบ/นาที่

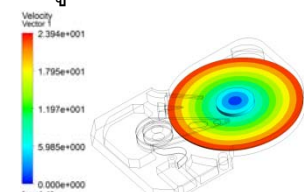


(ค) 15,000 รอบ/นาที่

รูปที่ 5 ความดันบริเวณแขนหัวอ่านเขียน

4.2 ผลการศึกษาความเร็วของอากาศ

ความเร็วของอากาศที่ใกล้กับแผ่นดิสก์จะเพิ่มขึ้นจากจุดศูนย์กลางการหมุนไปยังขอบของแผ่นดิสก์ ซึ่งอ้างอิงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม ดังสมการ $V = \omega r$ เมื่อ V คือความเร็วเชิงเส้น ω คือความเร็วเชิงมุม r คือรัศมีของแผ่นดิสก์ ดังรูปที่ 6

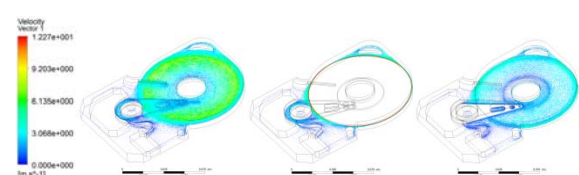


(ก)

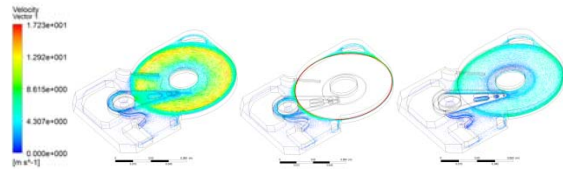
(ข)

รูปที่ 6 ความเร็วของอากาศบริเวณแผ่นดิสก์

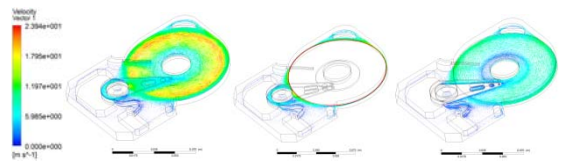
เมื่อมีการเปลี่ยนความเร็วรอบการหมุนค่าความเร็วลมจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในทุกะนาบ และเมื่อพิจารณาในแต่ละระนาบจะเห็นได้ว่าความเร็วของอากาศในระนาบกลางหัวอ่านตัวที่ 1 จะมีความเร็วลมสูงกว่าทุกะนาบในทุกความเร็วรอบการหมุนเนื่องจากผิวด้านล่างของแผ่นดิสก์ถูกเคลือบด้วยแผ่นฟิล์มบางซ้อนกันหลายชั้น ซึ่งมีผิวที่ไม่เรียบ ทำให้ความเร็วลมมีค่าต่ำกว่าผิวด้านบน ดังรูปที่ 7



(ก) 7,200 รอบ/นาที่



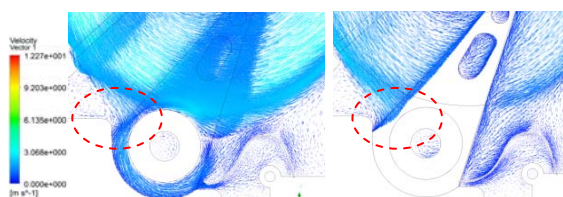
(ข) 10,000 รอบ/นาที



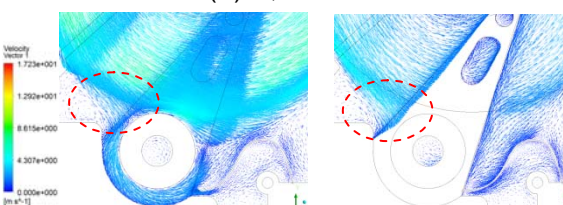
(ค) 15,000 รอบ/นาที

รูปที่ 7 ความเร็วของอากาศ

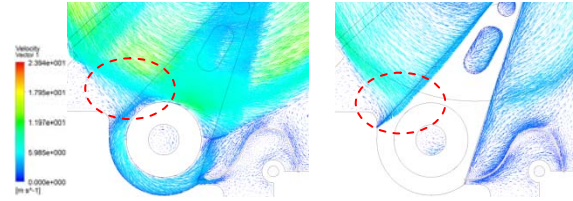
พิจารณาลักษณะการไหลของอากาศบริเวณด้านหน้าแกนหัวอ่านเขียน (บริเวณจุดเชื่อมระหว่างแกนหัวอ่านเขียนทั้งสองกับ Voice Coil Motor) ซึ่งเป็นบริเวณที่พบว่ามีความดันของอากาศสูงที่สุดจากรูปที่ 8 จะสังเกตเห็นว่าที่ความเร็วรอบต่ำการไหลของอากาศจะมีลักษณะการหมุนวนคล้ายวงกลม มีอนุภาคของอากาศหนาแน่น แต่เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น การไหลของอากาศจะพยายามเปลี่ยนทิศทางการไหลของอากาศ และอนุภาคของอากาศบริเวณนั้นจะมีการกระจายตัวไปในบริเวณที่เป็นช่องว่างมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าความเร็วการไหลของอากาศจะสูงในบริเวณที่ใกล้กับฝาครอบและจะมีค่าลดลงเมื่ออยู่ในตำแหน่งที่ไกลจากฝาครอบ



(ก) 7,200 รอบ/นาที



(ข) 10,000 รอบ/นาที



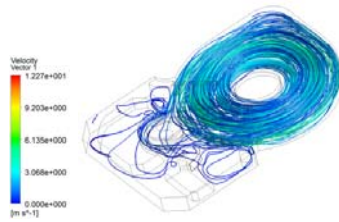
(ค) 15,000 รอบ/นาที

รูปที่ 8 ความเร็วการไหลของอากาศ

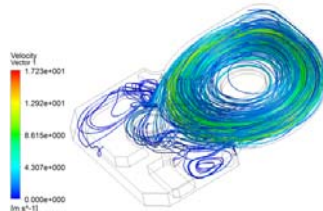
บริเวณหน้าแกนหัวอ่านเขียน

4.3 ผลการศึกษาเส้นทางจำลองการไหล

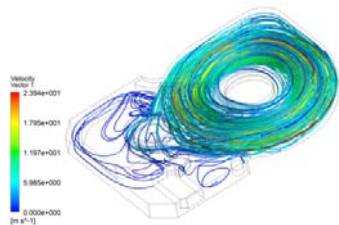
พิจารณาการไหลของอากาศในแนวแกน YZ จุดตัดที่ $X = 39$ มม. ซึ่งเป็นบริเวณที่การไหลของอากาศกระทบด้านหน้าแกนหัวอ่าน พบว่าอากาศจะไหลผ่านช่องว่างระหว่างแกนทั้งสอง ในทิศทางตามส่วนโค้งของ Voice Coil Motor ที่มีลักษณะเป็นช่องแคบขนาดเล็ก การไหลของอากาศจะพยายามเปลี่ยนทิศทางการไหล ทำให้บริเวณนั้นมีความเร็วการไหลของอากาศสูง เส้นทางจำลองการไหลของอากาศเมื่อกระทบด้านหน้าแกนหัวอ่านแสดงดังรูปที่ 9 พบว่าที่ความเร็วรอบ 7,200 รอบต่อนาที เส้นทางไหลของอากาศจะมีการหมุนวนคล้ายวงกลมทั้งด้านหน้าและด้านหลัง อากาศสามารถไหลผ่านระหว่างแกนหัวอ่านทั้งสองได้ดี เมื่อมีการเปลี่ยนความเร็วรอบเพิ่มขึ้น อากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงเส้นทางไหลดังจะเห็นได้จากที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เส้นทางไหลของอากาศจะมีการไหลแบบปั่นป่วนสูงขึ้น และที่ความเร็วรอบ 15,000 รอบต่อนาที เส้นทางไหลของอากาศจะไหลแบบปั่นป่วนและกระจายตัวไปตามบริเวณส่วนท้ายของ Voice Coil Motor เพิ่มมากขึ้นตามค่าความเร็ว จะเห็นว่าเส้นทางไหลของอากาศในทุกความเร็วรอบ เมื่อกระทบกับด้านหน้าแกนหัวอ่านแล้วจะแยกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเมื่อชนแล้วจะเปลี่ยนทิศทางการไหลไปในบริเวณที่เป็นช่องว่าง ส่วนที่เหลือเมื่อชนแล้วหักเหเพียงเล็กน้อยแล้วไหลตามทิศทางการหมุนของแผ่นดิสก์เช่นเดิม



(ก) 7,200 รอบ/นาที



(ข) 10,000 รอบ/นาที



(ค) 15,000 รอบ/นาที

รูปที่ 9 เส้นทางการไหลของอากาศ
เมื่อทบทวนหน้าแขนหัวอ่าน

5.สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาผลของพลศาสตร์การไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ขนาด 3.5 นิ้ว 1 แผ่นดิสก์ 2 หัวอ่าน พบว่าความดันสถิตที่เกิดขึ้นภายในฮาร์ดดิสก์ที่บริเวณใกล้กับจุดศูนย์กลางการหมุนจะมีค่าเป็นลบ และจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนเป็นบวกตามแนวรัศมี เส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นมีเดีย เมื่อมีความเร็วเพิ่มสูงขึ้น ค่าความดันจะมีค่าเพิ่มขึ้นแบบแปรผันตรง และค่าความดันสูงสุดเท่ากับ 69.11 Pa ที่บริเวณด้านหน้าแขนหัวอ่านเขียน ในส่วนความเร็วของอากาศ พบว่าที่ตำแหน่งศูนย์กลางการหมุนจะมีค่าเป็นลบและจะมีค่าความเร็วเพิ่มขึ้นตามแนวรัศมี และค่าความเร็วของอากาศจะแปรผันตรงกับความเร็วยรอบการหมุน พิจารณาเส้นทางการไหลของอากาศที่กระทบบริเวณด้านหน้าแขนหัวอ่าน/เขียน การไหลจะเป็นแบบปั่นป่วนสูงที่ตำแหน่งช่องขนาดเล็กระหว่างแขนหัวอ่านทั้งสอง ทำให้การไหลของอากาศมีการเปลี่ยนทิศทางในบริเวณนั้นไปสู่บริเวณโดยรอบที่เป็นช่องว่าง

การกระจายตัวของอากาศแปรผันตรงกับความเร็วยรอบที่เพิ่มขึ้น ข้อมูลดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการลดปัญหาการสั่นสะเทือนที่เกิดจากการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนด้านอุปกรณ์และข้อมูลทางเทคนิคในการทำวิจัย ศูนย์วิจัยร่วมเฉพาะทางด้านส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (I/UCRC in HDD Component) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ช่วยประสานงานทางด้านทุนในการทำวิจัย และขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาในการทำวิจัยครั้งนี้ ภายใต้โครงการพัฒนาทรัพยากรบุคคลในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Jeffrey S. McAllister, Hewlett Packard Company, Disk Memory Division, Boise Idaho. The effect of disk platter resonances on track misregistration in 3.5 inch disk drives. IEEE Transaction on Magnetic, Vol. 32, NO. 3, May 1996
- [2] Jeong-Seok Koh, Kyungki-do (KR) ; Dong-Ho Oh, Seoul (KR) ; Tae-Yeon. Hwang, Kyungki-do (KR). Head Gimbal Assembly of Hard disk drive. United states : Patent application No. US 20040190202A1. Pub. Date : Sep. 30, 2004
- [3] M.A. Suriadi, C.S. Tan, Q.D. Zhang, T.H. Yip, K. Sundaravadivelu. Numerical investigation of airflow inside a 1-in hard disk drive. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 303 (2006) e124–e127. Data Storage Institute, 5 Engineering Drive 1, Singapore 117608, Singapore. Available online 3 March 2006.
- [4] M.A. Suriadi, C.S. Tan, Q.D. Zhang, T.H. Yip, K. Sundaravadivelu. Numerical investigation of

airflow inside a 1-in hard disk drive. Data Storage Institute, 5 Engineering Drive 1, Singapore 117608, Singapore Available online 3 March 2006.

[5] MingGoa , DongGuao (CN). Flex cable frame assembly for micro-actuator and flex cable suspension assembly for HGA of disk drive device. United states : Patent application No. US 2007/0097553 A1. Pub. Date : May 3, 2007

[6] ปราโมทย์ บุญยฤทธิชัยกิจ (2551). การศึกษาการสั่นสะเทือนของหัวอ่านที่เกิดจากการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[7] สุขชัย พลน้ำเที่ยงและเกียรติฟ้า ตั้งใจจิต (2552). จำลองการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ขนาด 1.8 นิ้ว ที่ความเร็วรอบต่างกัน, วารสารวิจัย มข., 14, มกราคม 2552, หน้า 100 – 111.