การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17 15 – 17 ตุลาคม 2546 จังหวัดปราจีนบุรี

# ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศโดยรอบที่มีต่อพฤติกรรมของ หัวอ่านแม่เหล็กไฟฟ้า

# Effects of Ambient Pressure Change on Flying Characteristics of Magnetic Head Slider

มงคล มงคลวงศ์โรจน์ <sup>1</sup> เรื่องยศ อารยวงษ์กุล<sup>2</sup>

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนน ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทร 0-2326-9987 ต่อ 103 โทรสาร 0-2326-9053 E-mail: kmmongko@kmitl.ac.th<sup>1</sup> , Email: s5061176@kmitl.ac.th<sup>2</sup>

Mongkol Mongkkolwongrojn\* Ruengyos Arayavongkul

Electro-Mechanical Engineering Laboratory ReCCIT, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,

King Mongkut 's Institute of Technology Ladkrabang

Chalongkrung Rd, Ladkrabang Bangkok 10520 Thailand

Tel : (662) 0-2326-9987 ext.103 Fax : 0-2326-9053 E-mail: kmmongko@kmitl.ac.th<sup>1</sup> , Email: s5061176@kmitl.ac.th<sup>2</sup>

# บทคัดย่อ

การออกแบบหัวอ่านแม่เหล็กไฟฟ้าจะต้องพยายามรักษาระดับ ความสูงของการลอยตัวระหว่างหัวอ่านและผิวของดิสก์ให้มีค่าน้อยและ มีความเสถียรเท่าที่จะเป็นไปได้ รายงานที่ทำการศึกษาผลกระทบของ ความดันอากาศโดยรอบที่มีต่อความสูงการลอยตัวของหัวอ่านมีจำนวน น้อย การเปลี่ยนแปลงความดันอากาศจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ความสูงจากระดับน้ำทะเลหรือบนเครื่องบินซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อ ความสูงการลอยตัวของหัวอ่าน ในรายงานนี้จะทำการพิจารณาผลจาก การเปลี่ยนแปลงความดันอากาศโดยรอบที่มีต่อความสูงการลอยตัวของ หัวอ่านในขณะที่หัวอ่านทำงานในสภาวะสถิตย์ ความสูงการลอยตัวของ หัวอ่านในขณะที่หัวอ่านทำงานในสภาวะสถิตย์ ความสูงการลอยตัว ระหว่างหัวอ่านหัวอ่านและผิวดิสก์หาค่าได้โดยใช้ทฤษฏีพื้นฐานจาก แบบจำลองของ Fukui & Kaneko ในที่นี้จะใช้หัวอ่านแบบเทเปอร์ แฟลท จะพบว่าเมื่อความดันอากาศลดลงจะส่งผลให้ความสูงการลอย ตัวของหัวอ่านมีค่าลดลง

#### Abstract

In designing a magnetic head slider of hard disk drive, it is important to keep the spacing between the head and the disk surface as small and stable as possible. There are few papers treating the effect if ambient pressure change on the spacing. Ambient pressure change, which occurs at location at high altitude or in air planes, may have signification influence on the spacing. In this paper, effects of the ambient pressure change on the spacing during the magnetic head operated in static condition. The spacing between the head and the disk was investigated theoretically base on Fukui & Kaneko model, taking the taper-flat type slider as and example. It is found from the result that the spacing decrease with a decrease in the ambient pressure.

#### 1. บทนำ

การออกแบบหัวอ่านแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการ บันทึกข้อมูลสูงที่สุดจะต้องออกแบบให้ความสูงการลอยตัวที่เกิดขึ้น ระหว่างหัวอ่านและผิวดิสก์มีค่าน้อย,หัวอ่านมีความเสถียรในขณะ ทำงานและเปลี่ยนแปลงความสูงการลอยตัวน้อยเมื่อแผ่นดิสก์มีการ เปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ งานวิจัยที่จำลองพฤติกรรมของหัวอ่าน เช่น Ono (1975) ; Kogure et. al. (1983); White(1983,1984,1986); Nishihara et. al. (1988) ; Bogy(1995) รายงานที่มีการพิจารณา ผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศโดยรอบที่มีต่อ ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านยังมีจำนวนน้อย ดังนั้นรายงานนี้จึงทำ การพิจารณาผลของความดันอากาศที่มีต่อพฤติกรรมสถิตย์ของหัวอ่าน แม่เหล็กไฟฟ้าโดยทำการศึกษาหัวอ่านแม่เหล็กไฟฟ้าแบบเทเปอร์ แฟลท ชนิด IBM - 3380 ด้วยสมการเรย์โนลด์ดัดแปลงและระเบียบ วิธีเชิงตัวเลข

#### 2. ทฤษฎี

ภาพของหัวอ่านแม่เหล็กไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 1 เมื่ออุปกรณ์ในการ อ่านและเขียนข้อมูลอยู่ที่บริเวณขอบท้ายของหัวอ่าน ภาพแสดงระบบ พิกัดฉาก เมื่อแกน X เป็นทิศทางตามแนวความยาวของหัวอ่าน และ แกนY เป็นทิศทางตามแนวความกว้างของหัวอ่าน สมมติให้หัวอ่าน สามารถเคลื่อนที่เป็นอิสระได้ในสองทิศทาง คือ ทิศการเคลื่อนที่ตั้งฉาก กับผิวดิสก์ และ ทิศหมุนรอบแกนตามขวางของหัวอ่าน รายงานนี้จะใช้ การคำนวณเชิงตัวเลขเมื่อหัวอ่านอยู่ในสภาวะสถิตย์



รูปที่ 1 ภาพของหัวอ่านแม่เหล็กไฟฟ้าแบบเทเปอร์แฟลท

สมการเรย์โนลด์ดัดแปลงแสดงได้ดังต่อไปนี้

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( Q \frac{\partial P}{\partial x} \right) + R^2 \frac{\partial}{\partial Y} \left( Q \frac{\partial P}{\partial Y} \right) - \Lambda \frac{\partial}{\partial X} (PH) - \sigma \frac{\partial (PH)}{\partial T} = 0 \quad (1)$$

เมื่อ

$$Q(P,H) = \phi(P,H) PH^{3}$$
(2)

Q (P,H) เป็นตัวประกอบการไหลเมื่อพิจารณาผลจากการลื่นไถล เมื่อ พิจารณาตามสมการโบลทซ์มานน์

$$\varphi(P,H) = a_0 + a_1 \left(\frac{Kn}{PH}\right) + a_2 \left(\frac{Kn}{PH}\right)^2 + a_3 \left(\frac{Kn}{PH}\right)^3$$
(3)

เงื่อนไขที่ขอบคือ

$$P(0,Y,T) = P(1,Y,T) = P\left(X,\frac{1}{2},T\right) = P\left(X,-\frac{1}{2},T\right) = 1$$
(4)

พฤติกรรมสถิตย์ของหัวอ่านสามารถจำลองได้โดยสมการเรย์โนลด์ ดัดแปลงและสมการการเคลื่อนที่ เมื่อสมการการเคลื่อนที่ประกอบด้วย สมการสมดุลแรงและสมการสมดุลโมเมนต์ สามารถเขียนได้ดังนี้

$$M\ddot{Z} + F_{S} = 2 \int_{-1/2}^{1/2} \int_{0}^{1} (P-1) dXdY$$
(5)

$$I_{\theta} \ddot{\Theta} + M_{S} - F_{S} X_{GS} = 2 \int_{-1/2}^{1/2} \int_{-1/2}^{1} (P - 1) (X_{G} - X) dXdY$$
(6)

เมื่อ

$$F_{S} = F_{0} + \kappa_{Z} \left( z - x_{GS} \Theta \right) + c_{Z} \left( \dot{z} - x_{GS} \dot{\Theta} \right)$$
(7)

$$M_{S} = M_{0} + \kappa_{\theta}\Theta + C_{\theta}\dot{\Theta}$$
<sup>(8)</sup>

## 3. พฤติกรรมการลอยตัวของหัวอ่าน

ในหัวข้อนี้แสดงค่าความสูงการลอยดัวของหัวอ่านแบบเทเปอร์ แฟลทชนิดIBM-3380เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศโดยรอบ, เปลี่ยนแปลงรูปร่างของหัวอ่านและมีความร้อนจากอุปกรณ์อ่าน/เขียน

รูปที่ 2,3,4 ความสูงการลอยตัวที่ขอบนำและท้ายหัวอ่านเพิ่มขึ้น ตามการเพิ่มขึ้นของความกว้างของรางหัวอ่านด้วยอัตราคงที่และความ สูงการลอยตัวเพิ่มขึ้นตามความเร็วแผ่นดิสก์ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า แก่อุปกรณ์อ่าน/เขียน ( 0และ13 มิลิแอมแปร์ ) ความสูงการลอยตัวที่ ขอบท้ายของหัวอ่านเพิ่มขึ้นและความสูงการลอยตัวที่ขอบนำลดลงด้วย อัตราคงที่ตามการเพิ่มขึ้นของความกว้างรางหัวอ่าน เมื่อความดันของ อากาศโดยรอบเพิ่มขึ้นความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเพิ่มขึ้น

รูปที่ 5,6,7 ความสูงการลอยตัวที่ขอบนำลดลงและความสูงการ ลอยตัวท้ายหัวอ่านเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของระยะส่วนลาดเอียง ยกเว้นที่ความเร็วต่ำความสูงการลอยตัวที่ท้ายหัวอ่านค่อนข้างคงที่ และความสูงการลอยตัวเพิ่มขึ้นตามความเร็วแผ่นดิสก์ เมื่อจ่ายกระแส ไฟฟ้าแก่อุปกรณ์อ่าน/เขียน ( 0และ13 มิลิแอมแปร์ ) ความสูงการลอย ตัวท้ายหัวอ่านเพิ่มขึ้นและความสูงการลอยตัวที่ขอบนำลดลงเป็นอัตรา ส่วนค่อนข้างคงที่ เมื่อความดันของอากาศโดยรอบเพิ่มขึ้นความสูงการ ลอยตัวของหัวอ่านเพิ่มขึ้น

รูปที่ 8,9,10 ความสูงการลอยตัวที่ขอบนำลดลงและความสูงการ ลอยตัวท้ายหัวอ่านลดลงตามการเพิ่มขึ้นของค่ามุมของส่วนลาดเอียง ด้วยอัตราคงที่และความสูงการลอยตัวเพิ่มขึ้นตามความเร็วแผ่นดิสก์ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าแก่อุปกรณ์อ่าน/เขียน(0และ13มิลิแอมแปร์) ความ สูงการลอยตัวท้ายหัวอ่านเพิ่มขึ้นและความสูงการลอยตัวที่ขอบนำลด ลงตามการเพิ่มขึ้นของค่ามุมของส่วนลาดเอียงด้วยอัตราคงที่ เมื่อความ ดันของอากาศโดยรอบเพิ่มขึ้นความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเพิ่มขึ้น

รูปที่ 11,12,13 ความสูงการลอยตัวที่ขอบน้ำเพิ่มขึ้นและความสูง การลอยตัวที่ท้ายหัวอ่านลดลงตามการเพิ่มขึ้นของระยะจุดยึดจับ ยกเว้นที่ความเร็วต่ำความสูงการลอยตัวที่ท้ายหัวอ่านค่อนข้างคงที่ และความสูงการลอยตัวเพิ่มขึ้นตามความเร็วแผ่นดิสก์ เมื่อจ่ายกระแส ไฟฟ้าแก่อุปกรณ์อ่าน/เขียน( 0และ13 มิลิแอมแปร์ ) ความสูงการลอย ตัวที่ขอบท้ายของหัวอ่านเพิ่มขึ้นและความสูงการลอยตัวที่ขอบนำลดลง ตามการเพิ่มขึ้นของระยะจุดยึดจับด้วยอัตราคงที่ เมื่อความดันของ อากาศโดยรอบเพิ่มขึ้นความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเพิ่มขึ้น

รูปที่ 14,15,16 ความสูงการลอยดัวที่ขอบนำลดลงและความสูง การลอยดัวที่ท้ายหัวอ่านลดลงตามการเพิ่มขึ้นของภาระกระทำ และความสูงการลอยตัวเพิ่มขึ้นตามความเร็วแผ่นดิสก์ เมื่อจ่ายกระแส ไฟฟ้าแก่อุปกรณ์อ่าน/เขียน( 0และ13 มิลิแอมแปร์ ) ความสูงการลอย ดัวท้ายหัวอ่านเพิ่มขึ้นและความสูงการลอยตัวที่ขอบนำลดลงตามการ เพิ่มขึ้นของภาระกระทำ เมื่อความดันของอากาศโดยรอบเพิ่มขึ้นความ สูงการลอยตัวของหัวอ่านเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2 ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเมื่อเปลี่ยนแปลงความกว้าง ของรางหัวอ่าน ความดันอากาศโดยรอบ 0.85 บรรยากาศ







รูปที่ 4 ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเมื่อเปลี่ยนแปลงความ กว้างของรางหัวอ่าน และ ความดันบรรยากาศ



รูปที่ 5 ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะของ ส่วนลาดเอียงที่ความดันอากาศโดยรอบ 0.85 บรรยากาศ



รูปที่ 6 ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะของ ส่วนลาดเอียงที่ ความดันอากาศโดยรอบ 1.15 บรรยากาศ



รูปที่ 7 ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเมื่อเปลี่ยนแปลง ความยาวส่วนลาดเอียงหัวอ่าน และ ความดันบรรยากาศ



รูปที่ 8 ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเมื่อเปลี่ยนแปลงมุมของ ส่วนลาดเอียง ความดันอากาศโดยรอบ 0.85 บรรยากาศ



รูปที่ 9 ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเมื่อเปลี่ยนแปลงมุมของ ส่วนลาดเอียงที่ความดันอากาศโดยรอบ 1.15 บรรยากาศ



รูปที่ 10 ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเมื่อเปลี่ยนแปลงมุมของ ส่วนลาดเอียง และ ความดันบรรยากาศ



รูปที่ 11 ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะจุด ยึดจับหัวอ่าน ความดันอากาศโดยรอบ 0.85 บรรยากาศ



รูปที่ 12 ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะจุด ยึดจับหัวอ่านที่ความดันอากาศโดยรอบ 1.15 บรรยากาศ



รูปที่ 13 ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเมื่อเปลี่ยนแปลง ระยะจุดยึดจับหัวอ่าน และ ความดันบรรยากาศ



รูปที่ 14 ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเมื่อเปลี่ยนแปลง ภาระกระทำ ความดันอากาศโดยรอบ 0.85 บรรยากาศ



รูปที่ 15 ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเมื่อเปลี่ยนแปลง ภาระกระทำ ความดันอากาศโดยรอบ 1.15 บรรยากาศ



รูปที่ 16 ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านเมื่อเปลี่ยน แปลงภาระกระทำ และ ความดันอากาศ

### 4. สรุป

ผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศโดยรอบที่มีต่อ พฤติกรรมการลอยตัวของหัวอ่านแม่เหล็กไฟฟ้าแบบเทเปอร์แฟลตชนิด IBM-3380 คือ

- ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านจะค่อย ๆลดลงเมื่อความดันอากาศ โดยรอบลดลง
- ความสูงการลอยตัวของหัวอ่านจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความดันอากาศ โดยรอบเพิ่มขึ้น
- ค่าความสูงการลอยตัวที่ได้จากการคำนวณมีแนวโน้มที่จะเกิด ความไม่เสถียรในการคำนวณเชิงตัวเลขเมื่อความดันอากาศโดย รอบมีค่าลดลง

# รายการสัญลักษณ์

3 = ความกว้างของรางหัวอ่าน

C<sub>z</sub> = สัมประสิทธิแดมปิ้งของการจับยึดหัวอ่านในแนวการเคลื่อนที่ตั้ง

ฉากกับผิวดิสก์ในรูปไร้มิติ ( C  $_{Z}$  = c $_{Z}$  h $_{a}$   $\Omega$   $_{0}$  / p $_{a}$  L B )

C<sub>0</sub> = สัมประสิทธิแดมปิ้งของการจับยึดหัวอ่านในแนวการเคลื่อนที่รอบ

แกนตามขวางในรูปไร้มิติ (C  $_{ heta}$  = c $_{ heta}$  h $_{ extsf{a}}$   $_{ heta}$  / p $_{ extsf{a}}$  L B )

 $F_0 = แรงที่กระทำกับหัวอ่านในรูปไร้มิติ (<math>F_0 = f_0 / p_a \perp B$ )

H = ค่าความหนาของฟิล์มอากาศในรูปไร้มิติ (H = h / h<sub>a</sub> )

h<sub>a</sub> = ความสูงการลอยตัวต่ำที่สุดที่ยอมรับได้

h <sub>LD</sub> = ความสูงการลอยตัวของขอบนำ

h <sub>TR</sub> = ความสูงการลอยตัวของขอบท้าย

I  $_{\Theta}$  = โมเมนต์ความเฉื่อยในทิศการเคลื่อนที่หมุนรอบแกนตามขวาง ในรูปไร้มิติ (I  $_{\Theta}$ = i  $_{\Theta}$  h<sub>a</sub>  $_{\Omega}$   $_{0}^{2}$  / p<sub>a</sub> L<sup>3</sup> B )

K<sub>Z</sub> = ค่าสัมประสิทธิสปริงในทิศการเคลื่อนที่ตั้งฉากกับผิวดิสก์

 $K_{z}$  = ค่าสัมประสิทธิสปริงในทิศการเคลื่อนที่หมุนรอบแกนตามขวาง ( $K_{z}$  =  $k_{\theta} h_{a} / p_{a} L^{3} B$ )

- Kn = ค่าเคนูดเซนนัมเบอร์ (Kn =  $\lambda_a$  / h<sub>a</sub>)
- L = ความยาวของหัวอ่าน

M <sub>z</sub> = น้ำหนักของหัวอ่านในรูปไร้มิติ ( M <sub>z</sub> = m h<sub>a</sub>  $\omega_0^2$  / p<sub>a</sub> L<sup>2</sup> B )

P = ความดันอากาศในรูปไร้มิติ (P = p / p<sub>a</sub> )

P a = ความดันบรรยากาศ

R = อัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของหัวอ่าน ( R = L / B )

U = ความเร็วในการหมุนของดิสก์ (U = r @ <sub>0</sub>)

X<sub>G</sub> = ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของหัวอ่านในรูปไร้มิติ (X<sub>G</sub> = x<sub>G</sub> / L )

- $$\begin{split} X_{GS} &= \text{seterkinvsek$$
- $\eta_a$  = ค่าความหนืดสัมบูรณ์ของอากาศที่ความดันบรรยากาศ

# เอกสารอ้างอิง

- H.Hashimoto and Y.Hattori, Proc.STLE/ASME. Tribolo. conf., Orlando, Fh(1999).
- [2] D.B.Bogy,S.Lu,M.A. O'Hara and S.Zhang, Trans. ASME, 120,3 (1998) 566-570.
- [3] S.Fukui and R.Kaneko, Trans. ASME, 112, 1(1990) 78-83.
- [4] H.S.Nishihara,L.K.Dorius,S.A. Bolasna and G.L. Best, STLE SP - 25,97,(1988) 117-123.
- [5] E.Cha and D.B. Bogy, Trans. ASME, 117, (1995) 36-46.
- [6] J.W.White,Trans.ASME,105,3(1983) 484-490.
- [7] J.W.White,ASLE SP-16,1,(1984) 72-76.