



ระเบียบวิธีการประมาณค่าระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียนของ
ฮาร์ดดิสก์เนื่องจากผลกระทบจากลม

Read and Write Offset Estimation Algorithm of Hard Disk Drives Caused by Wind

ธีรยุทธ์ เกลียงสง*, เกริกชัย ทองหนู และณัฐฐา จินดาเพ็ชร

Theerayut Kleangsong, Krerkchai Thongnoo and Nattha Jindapetch*

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

*Correspondent author: kleangsong@hotmail.com

Received December 13, 2010

Accepted July 8, 2011

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของบทความนี้เพื่อศึกษาระเบียบวิธีการประมาณค่าระยะห่างระหว่างการอ่าน/เขียนเพื่อชดเชยระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์อันเนื่องมาจากลมภายในฮาร์ดดิสก์ โดยใช้คอมพิวเตอร์จำลองระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์ตามแบบจำลองที่สร้างขึ้น ผลของระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์ถูกนำมารวมกับค่าระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียนที่ได้จากการออกแบบ จากนั้นนำค่าระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียนที่ได้รวมกันแล้วเข้าสู่ระเบียบวิธีการประมาณค่าระยะห่างระหว่างการอ่าน/เขียนแล้วปรับปรุงระเบียบวิธีการประมาณค่าจนให้ค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วงที่รับได้ จากผลการศึกษาพบว่าระเบียบวิธีการประมาณค่าระยะห่างระหว่างการอ่าน/เขียนที่เหมาะสมพิจารณาได้จากการเลือกตำแหน่งจุดวัดที่เหมาะสม การปรับจำนวนจุดวัดที่เหมาะสม และการใช้การประมาณค่าสมการพหุนามเป็นตัวหลักโดยมี spline เป็นตัวช่วย

Abstract

The aim of this research article was to study the read/write offset estimation algorithm to compensate slider displacement caused by wind inside a hard disk drive. The computer simulation model was used to simulate the slider displacement. The results of the displacement of the slider and read/write offset (RWO) obtained from the slider design were combined to the total read/write offset. Then, the total read/write offset was used as the input to the estimation algorithm. The estimation algorithm was modified to achieve the acceptable error. It is found that, the suitable estimation algorithm is obtained by selecting the appropriate measuring positions, adjusting the number of the appropriate measuring points, and the use of spline-associated polynomial interpolation.

คำสำคัญ: ระยะห่างระหว่างการอ่าน/เขียน การประมาณค่าด้วย spline

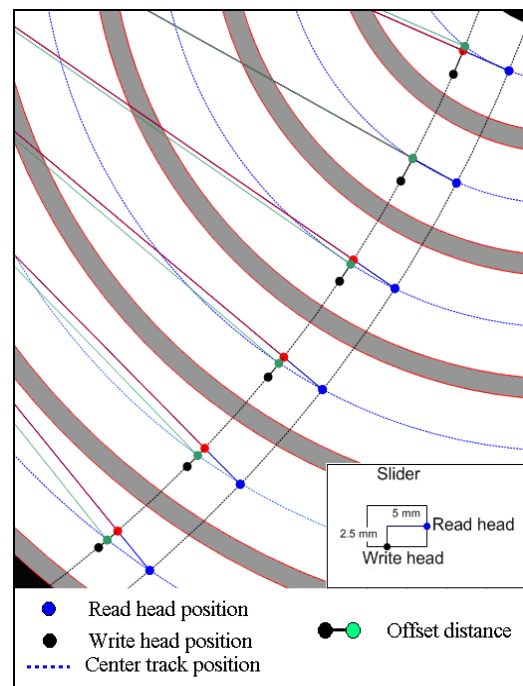
Keywords: read/write offset, spline interpolation

1. บทนำ

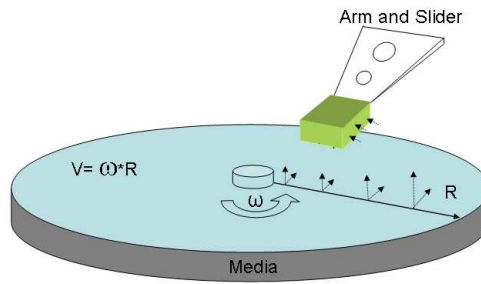
ในปัจจุบันเทคโนโลยีฮาร์ดดิสก์ได้ถูกพัฒนาอย่างรวดเร็วเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ เช่น ความจุที่สูงขึ้น และอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น นอกจากนี้ผู้ใช้ยังต้องการฮาร์ดดิสก์ที่มีขนาดเล็กกลง สำหรับความจุของฮาร์ดดิสก์พบว่าการเพิ่มความจุของฮาร์ดดิสก์ทำได้โดยการเพิ่มความหนาแน่นเชิงพื้นที่ในการบันทึกข้อมูลของแผ่นมีเดีย นั่นคือทำให้ความหนาแน่นในเชิงพื้นที่มากขึ้นหรือขนาดของบิตเล็กกลง จากขนาดของบิตที่เล็กกลงทำให้หัวอ่าน/เขียนข้อมูลในกระบวนการอ่านข้อมูลและกระบวนการเขียนข้อมูลจะต้องใช้หัวอ่านข้อมูลและหัวเขียนข้อมูลที่มีขนาดเล็กตามลงไปด้วย เมื่อหัวอ่านข้อมูลและหัวเขียนข้อมูลมีขนาดเล็กกลงทำให้การออกแบบการควบคุมตำแหน่งการอ่านข้อมูลและตำแหน่งการเขียนข้อมูลต้องการความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ในกระบวนการอ่านข้อมูล แขนของหัวอ่านข้อมูลจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการอ่านข้อมูล โดยใช้การตรวจสอบจากตำแหน่งของแทร็ค จากนั้นจึงทำการหาถึงกลางของแทร็ค เพื่อใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงในการอ่านข้อมูล โดยในการหาถึงกลางแทร็คจะใช้เทคนิคของ Burst signal (A B C D) (1) เพื่อให้การหาตำแหน่งถึงกลางแทร็คที่ถูกต้องแม่นยำและจะส่งผลให้กระบวนการอ่านข้อมูลมีความถูกต้องแม่นยำตามไปด้วย ในกระบวนการเขียนข้อมูล แขนของหัวเขียนข้อมูลจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งของแทร็คที่ต้องการเขียนข้อมูล โดยเริ่มต้นจากการอ่านตำแหน่งที่ต้องการจะเขียนข้อมูลก่อน จากนั้นแขนของหัวเขียนข้อมูลจะเคลื่อนที่เป็นระยะทางค่าหนึ่งเพื่อทำให้ส่วนของหัวเขียนข้อมูลอยู่ถึงกลางแทร็ค จึงจะทำให้สามารถเขียนข้อมูลได้ถูกต้องแม่นยำ เนื่องจากหัวอ่านข้อมูลกับหัวเขียนข้อมูลไม่ได้อยู่ตำแหน่งตำแหน่งเดียวกัน แขนของหัวอ่านข้อมูลและหัวเขียนข้อมูลมีการเคลื่อนที่เชิงมุมและเข้าถึงข้อมูลบนแผ่นมีเดียในแนวรัศมี

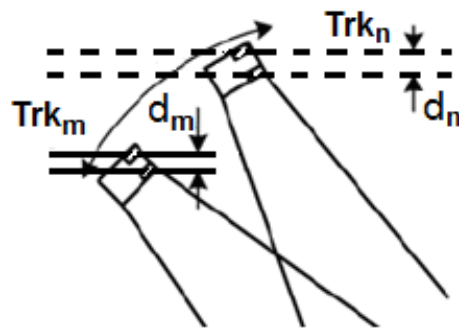
ตามรูปที่ 1 ซึ่งอาจมีผลให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าระยะห่างระหว่างตำแหน่งหัวอ่านข้อมูลหัวเขียนข้อมูลเกิดขึ้นในแนวรัศมี นั่นคือค่าระยะห่างระหว่างตำแหน่งหัวอ่านข้อมูลหัวเขียนข้อมูลในแต่ละแทร็คมีความสัมพันธ์กับระยะรัศมีบนแผ่นมีเดียด้วย อีกทั้งแรงที่เกิดจากการไหลของอากาศภายในฮาร์ดดิสก์ยังส่งผลให้หัวอ่านข้อมูลและเขียนข้อมูลเบี่ยงเบนไป กล่าวคือความเร็วลมจะมีค่าความเร็วมากที่สุดบริเวณขอบนอกของแผ่นมีเดียซึ่งจะส่งผลให้มีแรงปะทะกับตัวสไลเดอร์ทำให้หัวอ่านข้อมูลและหัวเขียนข้อมูลมีระยะเบี่ยงเบนตามรัศมีของแผ่นมีเดีย ตามรูปที่ 2 ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นนี้สามารถแก้ไขได้โดยชดเชยด้วยค่า ระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียน (Read write offset, RWO) เพื่อที่จะอ่านข้อมูลเขียนข้อมูลได้ถูกต้องแม่นยำ แต่เนื่องจากไม่สามารถวัดค่าระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียนได้โดยตรงในทางปฏิบัติต้องสังเคราะห์มาจากค่า Position error signal (PES) (2)



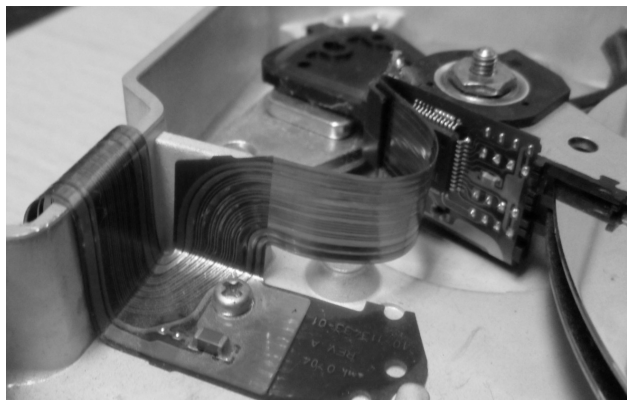
รูปที่ 1. ระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียน



รูปที่ 2. ความเร็วและแรงที่กระทำต่อสไลเดอร์



รูปที่ 3. การเคลื่อนที่ของสไลเดอร์ในแนวโค้ง



รูปที่ 4. Flex cable

บทความนี้ใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียน ในกระบวนการอ่านข้อมูลและเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ โดยพิจารณา ความเร็วและผลมาก ในขณะที่สไลเดอร์มีการเคลื่อนที่มาอยู่ที่บริเวณขอบนอกของแผ่นมีเดีย ส่งผลให้การอ่านและการ

เขียนข้อมูลบริเวณขอบนอกของแผ่นมีเดียเกิดความผิดพลาดมากขึ้นด้วย ผลการศึกษาที่ได้สามารถไปใช้ในการวิเคราะห์หาระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียน เพื่อปรับความแม่นยำของการอ่านเขียนข้อมูลบนแผ่นมีเดีย ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมากเมื่อฮาร์ดดิสก์มีความจุเพิ่มขึ้นและต้องการการ

อ่านเขียนที่มีความแม่นยำสูงและเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจของผู้ผลิตสำหรับการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์

2. วิธีการวิจัย

2.1 ทฤษฎีและหลักการ

ปัจจัยการทำให้เกิดระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียนปัญหาข้างต้นนี้เกิดมาจากตำแหน่งของหัวอ่านหัวเขียนไม่ได้้อยู่ตำแหน่งเดียวกัน กล่าวคือ จะมีระยะห่างค่าหนึ่งระหว่างหัวอ่านและหัวเขียน ทำให้ในกระบวนการเขียนและการอ่านถูกชดเชยด้วยค่านี้ โดยปัญหาจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

2.1.1 ปัญหาทางกายภาพ

การเคลื่อนที่ของสไลเดอร์เป็นลักษณะดังรูปที่ 3 ตามลำดับก่อให้เกิดมุมการเอียงซึ่งมีความสัมพันธ์กันตามลักษณะการออกแบบของฮาร์ดดิสก์แต่ละโมเดล

รูปที่ 3 แสดงการเคลื่อนที่ของสไลเดอร์ก่อให้เกิดระยะเอียงในการอ่านเขียนข้อมูล ($d_m < d_n$) แสดงให้เห็นถึงรัศมีการเคลื่อนที่ของสไลเดอร์ที่เคลื่อนที่ผ่านแทร็คแต่ละแทร็ค บนแผ่นมีเดียมีค่าที่ไม่เท่ากัน ปัญหาที่เกิดจากทางกายภาพสามารถแก้ไขได้โดยการชดเชยการควบคุม

2.1.2 ปัญหาจากกระบวนการผลิต

ในกระบวนการเขียนสัญญาณเซอร์โว เป็นขั้นตอนการเขียนตำแหน่งที่อยู่ของข้อมูลจึงมีความสำคัญมากกล่าวคือเมื่อมีการเขียนตำแหน่งที่อยู่ของข้อมูลอย่างเป็นระเบียบทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็วถูกต้อง แต่เมื่อมีการเขียนตำแหน่งที่อยู่ของข้อมูลอย่างไร้ระเบียบส่งผลให้การเข้าถึงข้อมูลเป็นไปได้ช้าและอาจผิดพลาดได้ (2)

2.1.3 ปัญหาทางกลไกเชิงกล

ได้แก่ Flex cable ดังรูปที่ 4 เป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมระหว่าง PCBA กับ Read/Write head และ VCM กล่าวคือเมื่อมีการเคลื่อนไหวของ VCM อุปกรณ์ Flex cable นี้มีการโค้งตัวไปด้วย การโค้ง

ตัวของ Flex cable ส่งผลต่อการควบคุม VCM ปัญหาจากกระบวนการผลิตในกระบวนการเขียนสัญญาณเซอร์โวขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้งานและการประกอบชิ้นงาน

2.1.4 ปัญหาจากความเร็วลม

ปัญหาจากความเร็วลมที่เกิดจากการหมุนของมีเดีย บริเวณขอบนอกความเร็วมากที่สุดและบริเวณขอบในมีความเร็วต่ำสุดทำให้เกิดการเบี่ยงเบนไปของแกนหัวอ่านเขียนข้อมูล ความเร็วอากาศที่เกิดขึ้นภายในฮาร์ดดิสก์พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้นตามรัศมีของมีเดีย (3) โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 1

$$v = 2\pi fR \quad \dots\dots\dots [1]$$

เมื่อ v คือความเร็วลมกำหนดให้เท่ากับความเร็วเชิงเส้นบนแผ่นมีเดีย (m/s) f คือความถี่ (Hz) การหมุนของแผ่นมีเดีย R คือรัศมีของแผ่นมีเดีย (m) การเกิดแรงที่มีผลต่อสไลเดอร์ มีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2

$$F = k \frac{1}{2} A \rho C_D v^2 \quad \dots\dots\dots [2]$$

เมื่อ A คือพื้นที่หน้าตัดที่ลมปะทะกับตัวสไลเดอร์ (m^2)

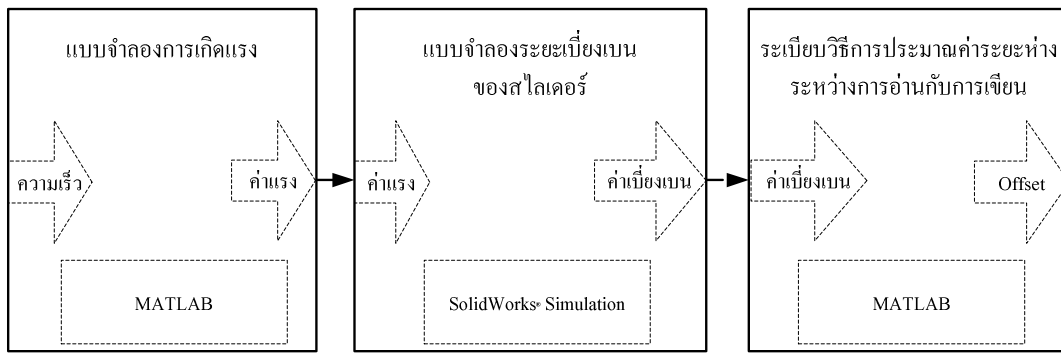
ρ คือความหนาแน่นอากาศ (kg/m^3) (4)

C_D คือค่าสัมประสิทธิ์มีค่า 0.82 (5) ที่ความเร็วลมปะทะกับรูปทรงหน้าสัมผัสซึ่งเป็นลักษณะพื้นที่สี่เหลี่ยม

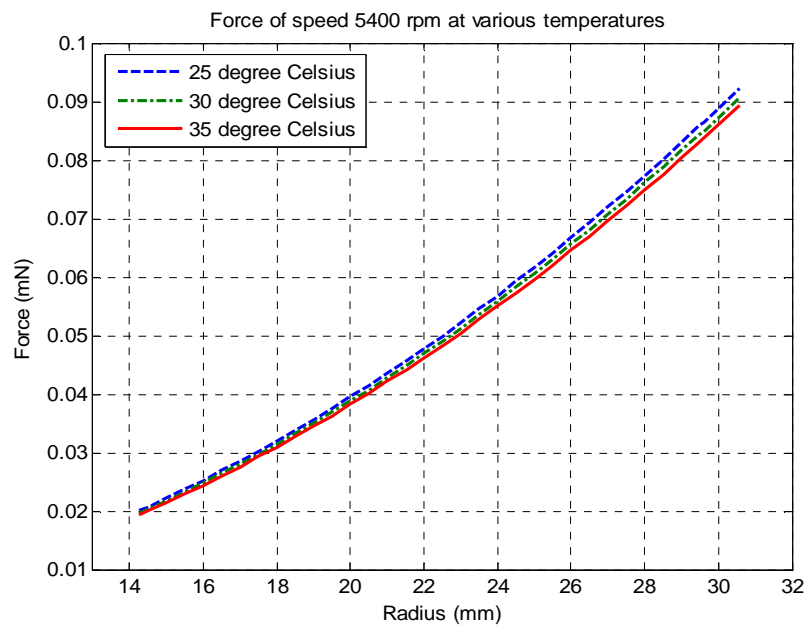
k คือค่าคงที่ 0.1015 เป็นค่าที่ได้มาจากการทดลองซ้ำหลายๆครั้ง โดยการเปรียบเทียบค่าการเบี่ยงเบนของสไลเดอร์ที่เกิดจากผลกระทบจากลมโดยประเมินจากค่าผลรวมของการผิดพลาด (sum of absolute error) น้อยสุด

F คือขนาดของแรง (N) โดยสไลเดอร์จะบินอยู่เหนือแผ่นมีเดียระยะประมาณ 10 nm ค่าแรงปะทะที่สไลเดอร์จะมีค่าต่ำกว่าแรงที่แผ่นมีเดีย

ปัจจัยจากความเร็วลมจะเห็นผลกระทบได้ชัดเจนมากขึ้นเมื่อฮาร์ดดิสก์ทำงานที่ความเร็วรอบ



รูปที่ 5. ขั้นตอนการออกแบบโดยรวม

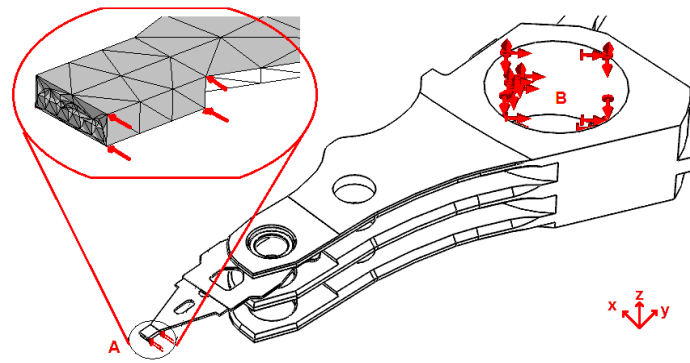


รูปที่ 6. ขนาดของแรงที่ความเร็วเชิงมุม 5400 รอบต่อนาทีที่อุณหภูมิต่าง ๆ

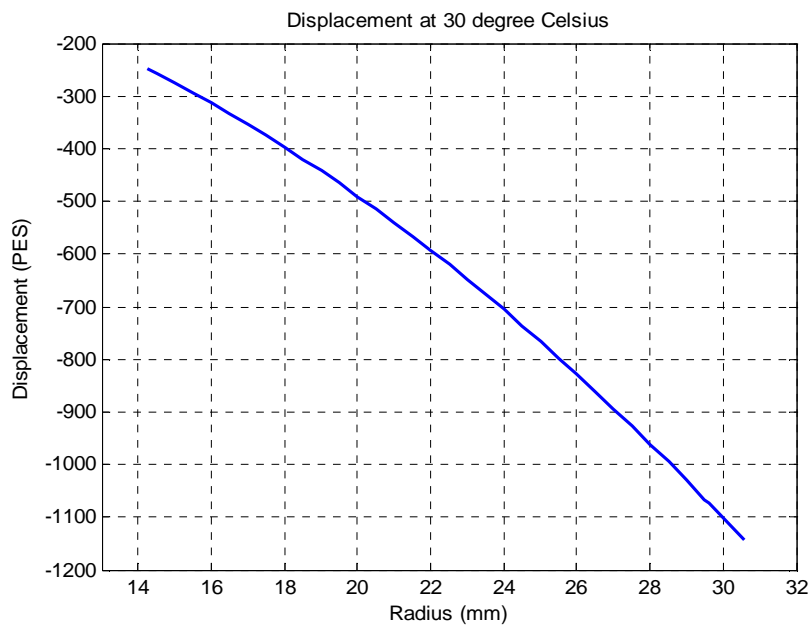
สูงขึ้น ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับปัญหานี้เป็นหลัก จึงนำไปสู่การสร้างแบบจำลองระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์เนื่องมาจากความเร็วลมที่เกิดจากการหมุนของแผ่นมีเดียซึ่งเป็นการคำนวณแบบอยู่นิ่งกล่าวคือละเลยแรงที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาออกไป โดยมีสมมติฐานว่าระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์ขึ้นอยู่กับรูปทรงของสไลเดอร์และการเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่ถูกรวมในรูปของความเร็ว ทำให้มีค่าตามแนวรัศมีของมีเดีย

2.2 การสร้างแบบจำลอง

จากรูปที่ 5 แสดงขั้นตอนการออกแบบโดยรวม มีการทำงานคือ การคำนวณการเกิดแรงโดยใช้โปรแกรม MATLAB ค่าแรงที่ได้นี้เป็นแรงไปกระทำต่อสไลเดอร์เป็นการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (6) โดยใช้โปรแกรม SolidWorks® Simulation เพื่อพิจารณาระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์ที่เกิดจากแรงนี้นำไปรวมกับระยะเบี่ยงเบนที่ได้จากการออกแบบเพื่อทำการ



รูปที่ 7. การกำหนดขอบเขตเงื่อนไขการใส่ค่าแรงและ Mesh



รูปที่ 8. ผลของระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์

ประมาณค่าระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียน
ในขั้นตอนระเบียบวิธีการประมาณค่าระยะห่าง
ระหว่างการอ่านกับการเขียน

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 ผลการคำนวณขนาดของแรง

ในการคำนวณขนาดของแรงโดยการกำหนด
ความเร็วเชิงมุมของแผ่นมีเดียที่ค่าต่าง ๆ โดยการ
ใช้พื้นที่หน้าสัมผัสของสไลเดอร์เป็นค่าคงที่ค่า
หนึ่ง และความหนาแน่นของอากาศที่ 30 องศา
เซลเซียส พบว่าขนาดของแรงมีค่าเพิ่มขึ้นตามรัศมี

ของแผ่นมีเดียที่ความเร็วเชิงมุมของแผ่นมีเดียคงที่
และขนาดของแรงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วเชิงมุม
ของแผ่นมีเดียเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากสไลเดอร์จะบิน
อยู่เหนือแผ่นมีเดียระยะประมาณ 10 nm ค่าแรง
ปะทะที่สไลเดอร์จะมีค่าต่ำกว่าแรงที่แผ่นมีเดีย จึง
ต้องทำการ สอบเทียบ (calibration) กับค่า
ระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียนที่วัดจาก
ผู้ผลิตในสภาพแวดล้อมเดียวกันคือ 30 องศา
เซลเซียส ที่ความเร็วรอบของแผ่นมีเดีย 5400
RPM ผลการคำนวณขนาดของแรงโดยการ

กำหนดความหนาแน่นอากาศที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส ความเร็วเชิงมุมของแผ่นมีเดียที่ 5400 รอบต่อนาที แสดงดังรูปที่ 6 จากรูปที่ 6 แสดงขนาดของแรงที่ความเร็วเชิงมุม 5400 รอบต่อนาทีที่อุณหภูมิต่างๆ ผลการศึกษาพบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นขนาดของแรงมีค่าลดลง เนื่องจากค่าความหนาแน่นอากาศลดลง

3.2 ผลการจำลองระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์

การวิเคราะห์ระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์ เนื่องจากการหมุนเชิงมุมของแผ่นมีเดีย 5400 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิต่างๆ 30 องศาเซลเซียส ทำได้โดยการจำลองระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์ด้วยโปรแกรม SolidWorks® Simulation ซึ่งในการจำลองได้ใช้วัสดุ Alloy6061 (7) รายละเอียดการแบ่งเอลิเมนต์ดังตารางที่ 1 และขอบเขตเงื่อนไขการการใส่ค่าแรงและ Mesh แสดงดังรูปที่ 7

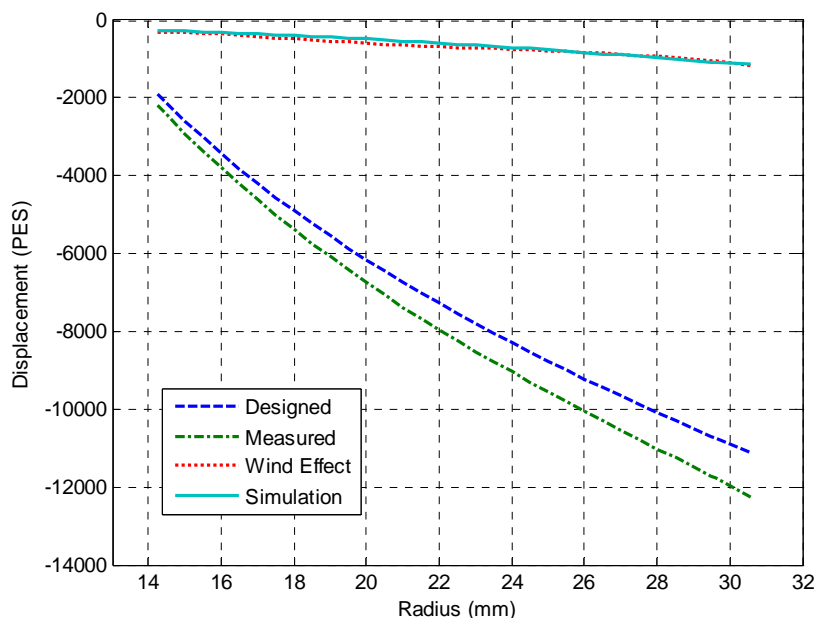
จากรูปที่ 7 แสดงขอบเขตเงื่อนไขการใส่ค่าแรงในตำแหน่ง A ขนาดของแรงในแนวแกน Z

ตารางที่ 1. รายละเอียดการแบ่งเอลิเมนต์

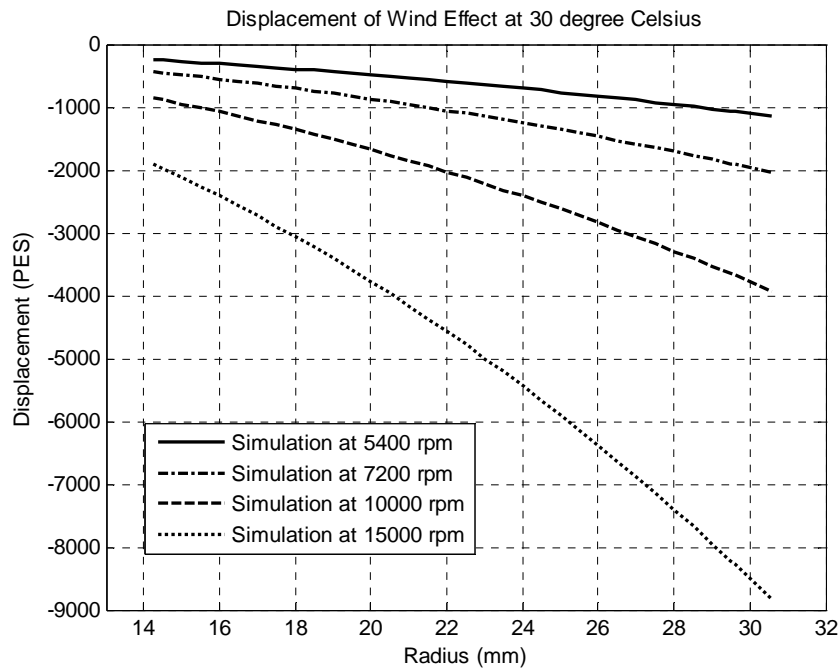
Element size	0.4 mm	Total nodes	130650
Tolerance	0.02 mm	Total elements	81425

เป็นแรงยกตัวโดยเปลี่ยนแปลงตามแนวรัศมีของมีเดีย ขนาดของแรงในแนวแกน X เป็นแรงที่ปะทะทางด้านข้างโดยเปลี่ยนแปลงตามแนวรัศมีของมีเดียเช่นเดียวกัน การคำนวณขนาดของแรงลัพธ์จากผลรวมของแรงกระทำบนพื้นที่ ตำแหน่งของแรงลัพธ์อยู่ที่กึ่งกลางของพื้นที่ เนื่องจากการกระจายของแรงสม่ำเสมอตลอดพื้นที่ อีกทั้งทิศทางของลมและขนาดแรงมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเพราะระยะห่างระหว่างแนวข้อมูลเล็กมากทำให้ค่า Drag coefficient และ Aero-dynamic center ไม่มีการเปลี่ยนแปลง โดยขนาดของแรงได้มาจากการคำนวณในสมการที่ 2 และตำแหน่ง B เป็นการตรึงวัตถุให้อยู่หนึ่ง โดยสมมติฐานของงานวิจัยนี้คิดเฉพาะผลกระทบจากลมที่มีผลต่อระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์เท่านั้น ในวัฏระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์สามารถวัดค่าระยะเบี่ยงเบนได้จากโปรแกรม SolidWorks® Simulation โดยวัฏระยะเบี่ยงเบนเฉลี่ยที่บริเวณหน้าสัมผัสของสไลเดอร์

จากรูปที่ 8 แสดงผลของระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์ที่ความเร็วเชิงมุมของแผ่นมีเดียที่



รูปที่ 9. การเปรียบเทียบระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์กับผลการออกแบบ

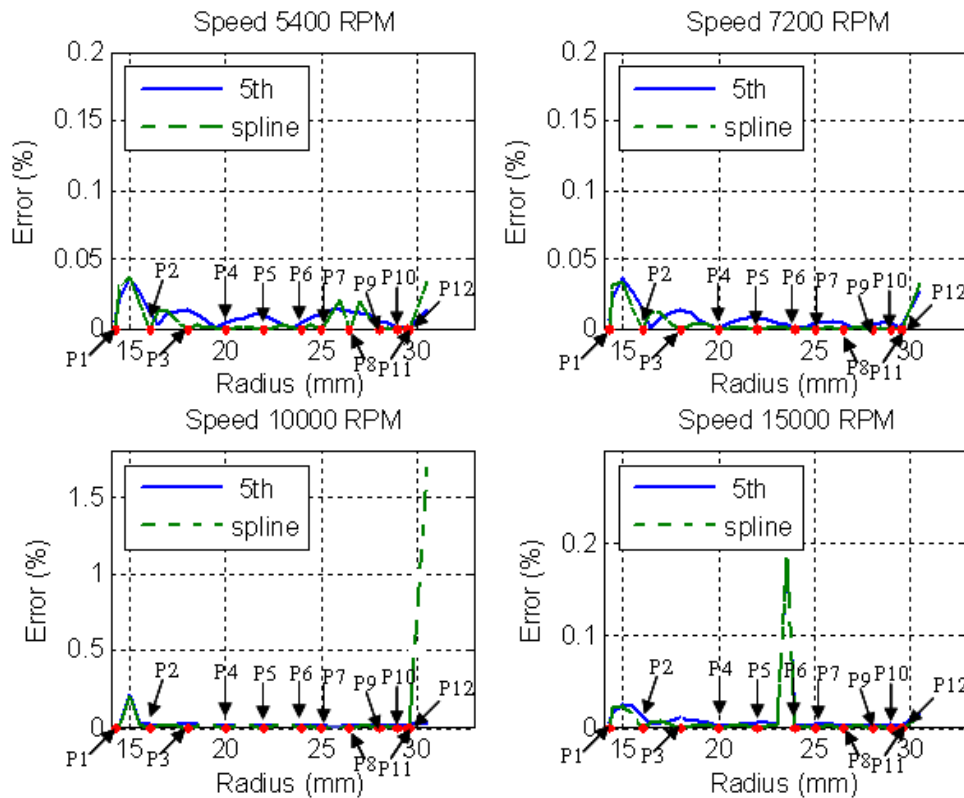


รูปที่ 10. ผลการจำลองระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์

5400 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีระยะการเบี่ยงเบนของสไลเดอร์เพิ่มขึ้นตามแนวรัศมีของแผ่นมีเดีย โดยระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์นี้คิดเป็น PES (1 PES ประมาณ 3.418 nm ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีการเขียน 265 PES = 1 Track) ผลการจำลองระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์นี้จำเป็นต้องมีการทวนสอบเพื่อเป็นยืนยันความถูกต้องของการจำลองระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์ โดยการเปรียบเทียบผลการจำลองระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์กับผลที่ได้จากผู้ผลิตดังรูปที่ 9 โดย Designed คือค่าระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียนที่ได้จากการออกแบบจากผู้ผลิต Measured คือค่าระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียนที่ได้จากการวัดผลในฮาร์ดดิสก์ Wind Effect คือผลต่างระหว่างค่าระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียนที่ได้จากการออกแบบจากผู้ผลิตกับค่าระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียนที่ได้จากการวัดผลในฮาร์ดดิสก์ และ Simulation เป็นค่าระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์จากการจำลองด้วย

โปรแกรม ซึ่งการเปรียบเทียบระหว่าง Wind Effect กับ Simulation นี้สอดคล้องกับระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์บ่งบอกได้ว่าเมื่อความเร็วของสปินเดิลมอเตอร์สูงขึ้นในขณะที่แผ่นมีเดียมีขนาดเท่าเดิมทำให้ระยะเบี่ยงเบนสูงขึ้น จึงมีความจำเป็นที่ต้องทำการชดเชยระยะเบี่ยงเบน เพื่อให้การอ่านเขียนข้อมูลยังดำเนินต่อไปได้อย่างไม่มีปัญหา ระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์นี้เป็นการยืนยันว่าความเร็วลมมีผลต่อระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์และเป็นปัจจัยในการประมาณค่าระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียน

รูปที่ 10 แสดงผลของการจำลองระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์เมื่อความเร็วเชิงมุมสูงขึ้นคือ 5400, 7200, 10000 และ 15000 รอบต่อนาที พบว่าระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์เพิ่มขึ้นเห็นได้ชัดว่าต้องมีการชดเชยระยะห่างระหว่างการอ่านเขียนที่เพิ่มมากขึ้น จากปัจจัยเนื่องจากความเร็วลมสามารถประเมินระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์พื้นฐานได้ ถ้ามีการเพิ่มความเร็วเชิงมุมในการ



รูปที่ 11. การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดจากการจำลอง 12 จุด

หมุนของแผ่นมีเดียหรือแก้ปัญหาด้วยวิธีการอื่น เพื่อลดระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์ได้ อันได้แก่ เลือกใช้วัสดุอื่น เพราะการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมสามารถลดระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์ได้เป็นต้น

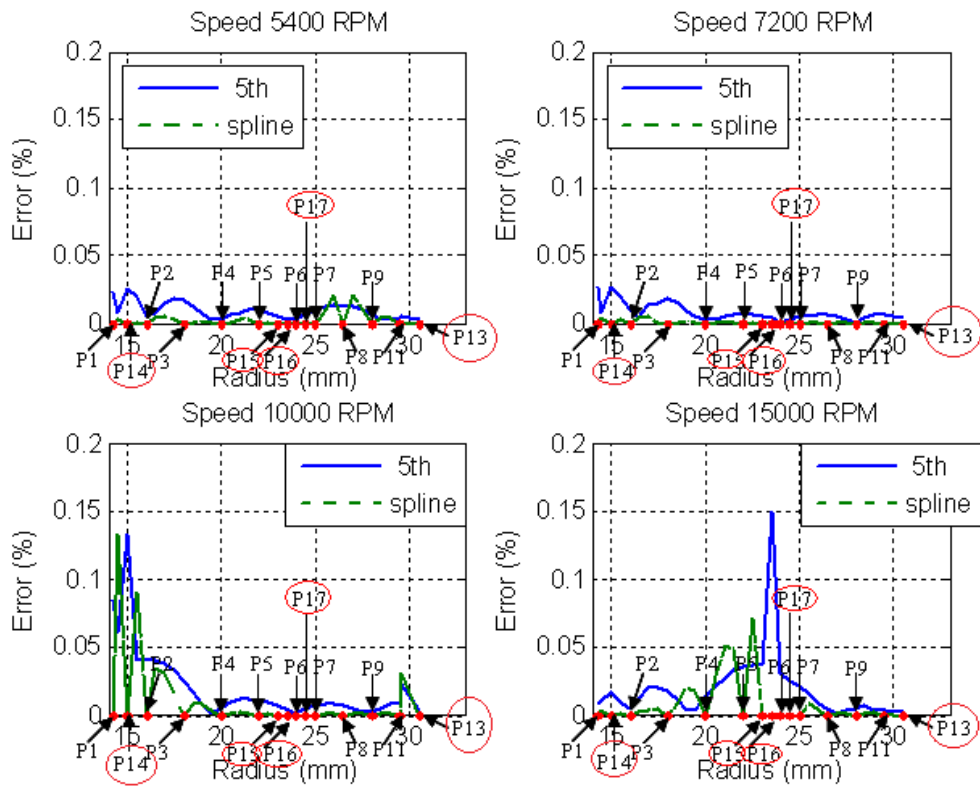
3.3 ผลของระเบียบวิธีการประมาณค่าระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียน

ผู้วิจัยเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการใช้วิธีการประมาณค่าที่ต่างกันคือการประมาณค่าด้วยสมการพหุนามดีกรีห้า (อ้างอิงจากผู้ผลิต) และการประมาณค่าด้วย Spline (Cubic spline) ที่ความเร็วเชิงมุมที่ค่า 5400, 7200, 10000 และ 15000 รอบต่อวินาทีเพื่อวิเคราะห์จำนวนจุดที่ใช้ในการสร้างสมการพหุนามดีกรีห้าโดยกำหนดตำแหน่งจุดวัด

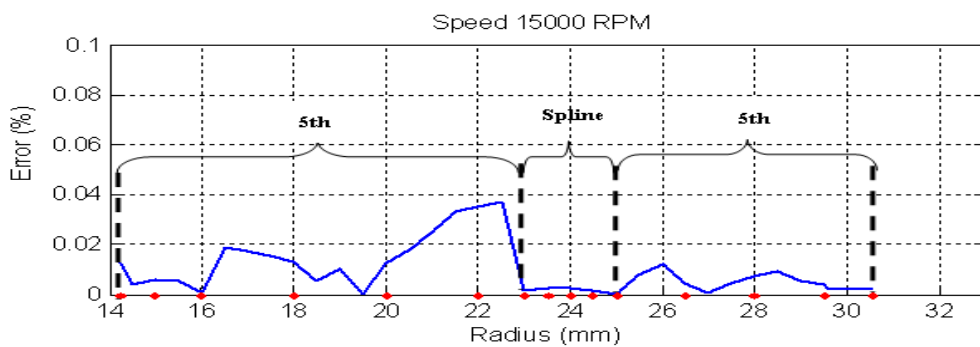
จากรูปที่ 11 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดจากการจำลองโดยใช้จุด 12 จุด P1-

P12 สำหรับการสร้างสมการพหุนามดีกรีห้าและการประมาณค่าด้วย Spline พบว่าที่บริเวณขอบนอกของแผ่นมีเดียซึ่งไม่ได้ทำการวัดทำให้เกิดการประมาณค่านอกช่วงของสมการพหุนามดีกรีห้าและการประมาณค่า Spline ทำให้ค่าความผิดพลาดสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดที่ความเร็ว 10000 RPM เพื่อให้การประมาณค่าอยู่ในช่วงการประมาณค่าทำให้ค่าความผิดพลาดลดลงที่ความเร็ว 10000 RPM โดยการเพิ่มจุด P13 แต่ค่าความผิดพลาดที่บริเวณด้านในของแผ่นมีเดียที่ความเร็ว 10000 RPM สูงกว่าบริเวณอื่น สามารถลดค่าความผิดพลาดนี้ได้โดยการเพิ่มจุดคือ P14 P15 P16 และ P17 ผลที่ได้เป็นดังรูปที่ 12

จากรูปที่ 12 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดจากการจำลอง ใช้ 14 จุด โดยการเพิ่มจุด P13 เพื่อให้เกิดการประมาณค่าในช่วงช่วย



รูปที่ 12. การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดจากการจำลอง 14 จุด



รูปที่ 13. ความผิดพลาดที่ลดลงเมื่อมีการผสมการประมาณค่าระหว่างสมการพหุนามกำลังห้ากับสมการ Spline

ให้ลดค่าความผิดพลาด อีกทั้งเพิ่มจุด P14 เพื่อลดความผิดพลาดที่บริเวณด้านในของแผ่นมีเดียที่ความเร็ว 10000 RPM และเพิ่มจุด P15 P16 และ P17 ผลคือค่าความผิดพลาดของความเร็ว 15000 RPM มีค่าสูงอยู่เมื่อมีการคำนวณด้วยสมการพหุนามดีกรีห้าแต่จะมีค่าลดลงเมื่อมีการคำนวณด้วย

Spline ผู้วิจัยมีแนวคิดในการลดค่าความผิดพลาด โดยการปรับจุดที่เหมาะสมสำหรับการสร้างสมการพหุนามในการประมาณค่า และใช้การประมาณค่าด้วย Spline ช่วยสำหรับกรณีที่มีสมการพหุนามคำนวณแล้วค่าความผิดพลาดสูงโดยผลการประยุกต์ใช้สองวิธีการนี้รวมกันดังในรูปที่ 13

ไว้สำหรับแก้ปัญหาในกรณีที่สมการพหุนามสามารถแก้ได้

รูปที่ 13 แสดงผลของค่าความผิดพลาดที่ลดลงเมื่อมีการผสมกันของการประมาณค่าระหว่างสมการพหุนามกำลังห้ากับสมการ Spline เมื่อเทียบกับความเร็วที่ 15000 RPM โดยผลนี้ใช้หลักการคือหาจุดที่เหมาะสมสำหรับค่าความผิดพลาดที่น้อยที่สุด เมื่อได้จำนวนจุดที่เหมาะสมแล้วความผิดพลาดมีค่าสูงอยู่ก็ใช้การประมาณค่าด้วย Spline ผสมเข้าไปเพราะเปรียบเสมือนการกำหนดจุดเนื่องจากคุณสมบัติของการประมาณค่าด้วย Spline

4. สรุป

การศึกษาผลของการคำนวณการเกิดความเร็วลม พบว่าความเร็วลมขึ้นอยู่กับความเร็วเชิงมุมในการหมุนของแผ่นมีเดียและค่าความเร็วจะเพิ่มตามแนวรัศมีของแผ่นมีเดียเป็นแบบเชิงเส้น ผลของความเร็วเชิงเส้นนี้นำไปเป็นความเร็วที่ใช้ในการคำนวณค่าแรงที่ปะทะกับสไลเดอร์ การศึกษาผลของการคำนวณการเกิดแรง พบว่าค่าแรงที่เกิดขึ้นตามรัศมีของแผ่นมีเดีย เพิ่มขึ้นตามพื้นที่ผิวที่ปะทะ ค่าแรงลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากค่าความหนาแน่นของอากาศลดลง การศึกษาผลของแบบจำลองระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์ พบว่าเมื่อแรงมีค่าเพิ่มขึ้นระยะเบี่ยงเบนของสไลเดอร์เพิ่มขึ้นด้วย การศึกษาผลของระเบียบวิธีการประมาณค่าระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียนนี้อาศัยผลจากการวัดค่าความผิดพลาดในการประมาณค่าระยะห่างระหว่างการอ่านกับการเขียนนี้อาศัยผลจากการวัดค่าความผิดพลาดในการประมาณค่าทำให้สามารถหาจำนวนจุดที่เหมาะสมสำหรับใช้ประมาณค่าและสามารถเลือกช่วงการใช้วิธีการประมาณค่าได้อีกด้วยกล่าวคือสำหรับที่จุดที่มีค่าความผิดพลาดสูงสามารถแก้ปัญหาด้วยการเลือกใช้วิธีการประมาณค่าแบบ Spline ได้

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์วิจัยร่วมเฉพาะทางด้านส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์เทคโนโลยีเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ภายใต้โครงการพัฒนาทรัพยากรบุคคลในอุตสาหกรรม Hard Disk Drive สัญญาเลขที่ CPN-HR 13-02-52 M และขอขอบคุณบริษัท บริษัทอิตาชิ โกลบอล สตอเรจ เทคโนโลยี ประเทศไทย จำกัด ที่ให้การสนับสนุนด้านข้อมูลและโจทย์วิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- (1) Mamun AA, Lee TH, Guo GX, Wong WE, Ye WC. Measurement of position offset in hard disk drive using dual frequency servo bursts. IEEE T Instrum Meas. 2003; 52: 1870-80.
- (2) Mamun AA, Guo GX, Bi C. Hard disk drive mechatronics and control. USA: Taylor and Francis Group; 2006.
- (3) Polnumtiang, S. Tangchaichit, K. Simulation of airflow inside 1.8-in hard disk drive at various rotational speeds. KKU Res J. 2009; 100-11. Thai
- (4) Wikipedia. Density of air [Internet]. 2009 [cited 2009 Sep 8]. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Mass_density.
- (5) Bengtson H. Drag force for fluid flow past an immersed object [Online]. 2010 [cited 2010 Jun 1]. Available from: <http://www.brighthub.com/engineering/civil/articles/58434.aspx>.
- (6) Dachaumphai P, Limtrakon V. Application of finite element by Solid Works® simulation. Bangkok;2009. Thai.

- (7) Tan KP, Sundaravadivelu K, Zhang QD, Ong EH, Thum CK. Flow structural interaction of the actuator arm in hard disk drive. Proceedings of the Asia-Pacific Magnetic Recording Conference; 2006 Nov 29-Dec 1; Singapore: IEEE Xplore digital library; 2006.