

การปรับปรุงกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพื่อลดข้อบกพร่อง ประเภทการอ่าน/เขียนสัญญาณบกพร่องของหัวอ่าน/เขียน

Improvement of Hard Disk Drive Testing Process to Reduce Poor On-Track Read/Write

Signal Defect of Read/Write Head

ธีรเทพ สุขารมณ¹ และ ปารเมศ ชูติมา²

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กทม. 10330

โทร. 0-2218-6814-6 โทรสาร 0-2251-3969

E-mail: sukarom_a@hotmail.com¹ and parames.c@chula.ac.th²

บทคัดย่อ

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากในโลกของการบันทึกข้อมูลแบบดิจิทัล ไม่ว่าจะเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือระบบเก็บข้อมูลส่วนกลาง เป็นต้น เพื่อเพิ่มโอกาสในการแข่งขันของธุรกิจประเภทนี้ งานวิจัยนี้จึงได้นำแนวทางซิกซ์ ซิกมาเข้ามาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการผลิต และลดความสูญเสียโอกาสทางการค้า อันเป็นสาเหตุมาจากผลิตภัณฑ์บางส่วนไม่ผ่านกระบวนการตรวจสอบก่อนส่งถึงลูกค้า โดยแนวทางซิกซ์ ซิกมาได้ถูกนำมาประยุกต์เพื่อลดความผันแปรในกระบวนการ และเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์การผลิต ส่งผลให้ค่า DPPM ลดลงจาก 633 DPPM เหลือเพียง 287 DPPM คิดเป็นต้นทุนของเสียที่ลดลง 54.67% ซึ่งมีมูลค่า 11,805,505 บาท ต่อปี

Abstract

Hard Disk Drive is a very important device of digital data storage in the world as seen on computers, electronic devices or server and etc. Therefore, to increase ability of competition, this research would prefer Six-Sigma method for Hard Disk Drive testing process improvement. The objective is to reduce production cost and stop losing market share due to the product was missed Acceptable Quality Level before shipment. The Six-Sigma is applied to mitigate

process variation and increase accuracy of process system.

The improvement results in 54.67% defect reduction (from 633 DPPM to 287 DPPM). It is expected that the improvement will result in net saving of 11,805,505 baht per annum.

1. บทนำ

คุณภาพของสินค้าและผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งที่ลูกค้าให้ความสำคัญเป็นลำดับต้นๆ เนื่องจากส่งผลต่อความเชื่อมั่นและความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อผู้ผลิต ดังนั้นอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอย่างมากในยุคดิจิทัล เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลต่างๆ หากเกิดความเสียหายบนตัวฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ อาจส่งผลกระทบต่อข้อมูลที่บันทึกไว้ ผู้ผลิตจึงให้ความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หากพิจารณาถึงข้อมูลด้านคุณภาพในไตรมาสแรก ปี 2555 พบว่า ปัญหาการอ่าน/เขียนสัญญาณบกพร่องของหัวอ่านเขียน เป็นปัญหาหลักทางด้านคุณภาพที่ก่อให้เกิดต้นทุนความสูญเสียรวมมากที่สุด คิดเป็น 81.8% จึงนำข้อบกพร่องดังกล่าวมาทำการปรับปรุง

การลดของเสียในอุตสาหกรรมการผลิตนั้น มีการนำวิธีการ และเทคนิคต่างๆ มาประยุกต์ใช้ แต่แนวทางหนึ่งที่น่าสนใจใช้อย่างแพร่หลายและสัมฤทธิ์ผลคือ ซิกซ์ ซิกมา ซึ่งมีประสิทธิภาพอย่างมากในการปรับปรุงคุณภาพ และลดต้นทุนในกระบวนการผลิต โดยนำหลักการทางสถิติมาวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากกระบวนการ เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริง และนำไปสู่แนวทางและวิธีการในการแก้ปัญหาที่ส่งผล

RECEIVED 14 September, 2012

ACCEPTED 24 November, 2012

กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม้างกล่าวในการวิเคราะห์ และปรับปรุงกระบวนการ เพื่อลดข้อบกพร่องประเภทการอ่าน/เขียนสัญญาณบกพร่องขอหัวอ่านเขียน และส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวทางการปรับปรุงคุณภาพด้วย ซิกซ์ ซิกมา

การดำเนินการวิจัยประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ตามหลักการของซิกซ์ ซิกมา [1, 2] เริ่มจากระยะการวิเคราะห์ปัญหา โดยการศึกษาสภาพปัญหา ศึกษาและเข้าใจกระบวนการผลิต กำหนดเป้าหมายและขอบเขตการปรับปรุง ต่อมาเป็นระยะการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา โดยทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด ศึกษาและพิจารณากระบวนการผลิตในปัจจุบัน จากนั้นทำการระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจส่งผลต่อการอ่าน/เขียนสัญญาณบกพร่องของหัวอ่านเขียน ด้วยการค้นหาปัจจัยนำเข้าทั้งหมดของกระบวนการ จัดลำดับความเกี่ยวข้องทางด้านการกระบวนการทำงาน พิจารณาแขนงความบกพร่อง (FTA: Fault Tree Analysis) และวิเคราะห์หาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA) จากนั้นในระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้ออกแบบการทดลอง เพื่อหาปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ระยะปรับปรุงกระบวนการ ได้วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าหลักที่ส่งผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนอง และทำการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยนำเข้าเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และระยะสุดท้ายคือระยะการติดตามควบคุม โดยทำการทดสอบยืนยันผลเป็นระยะเวลา 1 เดือน และจัดทำแผนควบคุม (Control Plan) โดยจัดทำเอกสารควบคุมเสนอต่อที่ประชุม และใช้เครื่องมือทางสถิติในการตรวจติดตามผลเพื่อรักษามาตรฐานหลังการปรับปรุง

งานวิจัยอื่นๆที่ใช้หลักการของซิกซ์ ซิกมาในการปรับปรุงคุณภาพและลดต้นทุนการผลิตได้แก่ การลดปริมาณอนุภาคเป็อร์โซเล็กทริกทรานส์ดิวเซอร์ที่ หลุดออกมาจากแขนจับหัวอ่าน/เขียนในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา [12] การลดของเสียที่เกิดจากค่าการรับน้ำหนักกดของ

ชุดหัวอ่านสำเร็จไม่ได้ตามข้อกำหนดในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา [13] การลดข้อบกพร่องในกระบวนการพ่นสีตัวถังรถยนต์โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา [11] เป็นต้น

2.2 การออกแบบการทดลองที่มีตัวแปรตอบสนองเป็นจำนวนนับ (Attribute Data)

ทางด้านการวิเคราะห์การทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญ หากตั้งแปรตอบสนองเป็นจำนวนนับ (Attribute Data) จึงมีความจำเป็นในการแปลงค่า (Transformation) ข้อมูลเสียก่อนเพื่อให้เป็นไปตามสมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability) [6] ซึ่งสามารถเลือกวิธีการแปลงข้อมูลจากตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วิธีการแปลงข้อมูลตัวแปรตอบสนองจำนวนนับ

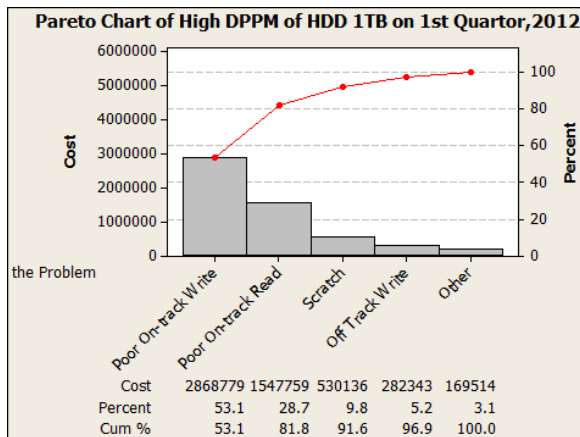
ข้อมูลจำนวนนับ	แบบมาตรฐาน	แบบ Freeman & Turkey
$\hat{C}$	$\sqrt{\hat{C}}$	$(\sqrt{\hat{C}} + \sqrt{\hat{C} + 1})/2$

3. วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ดำเนินการตามขั้นตอนของซิกซ์ ซิกมา ตามที่อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 2

3.1 ระบะนิยามปัญหา (Define Phase)

ระยะการนิยามปัญหา เป็นขั้นตอนในการกำหนดทิศทางของงานวิจัย โดยเริ่มศึกษากระบวนการผลิต สภาพปัญหาปัจจุบัน และต้นทุนของเสียโดยรวมของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้วบนขนาดความจุ 1 TB (หนึ่งล้าน ล้านไบต์)



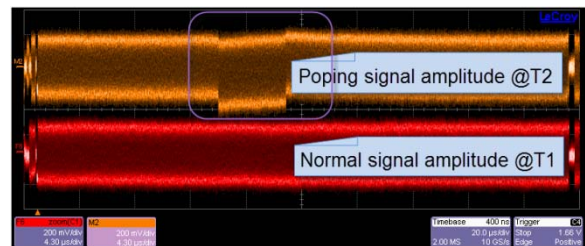
รูปที่ 1 แผนภาพพาร์โดต้นทุนของเสียโดยรวมตามลักษณะข้อบกพร่องแต่ละประเภท

ซึ่งมีต้นทุนของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทการอ่าน/เขียนสัญญาณบกพร่องของหัวอ่านเขียนมากที่สุด (ข้อบกพร่องลำดับที่ 1 และ 2) ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยคิดเป็น 81.8% ของจำนวนของบกพร่องทั้งหมด ดังนั้นขอบเขตงานวิจัยจึงมุ่งเน้นในการลดข้อบกพร่องประเภทดังกล่าว และได้จัดตั้งคณะทำงานเพื่อระดมสมองหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของการเกิดข้อบกพร่องดังกล่าวต่อไป

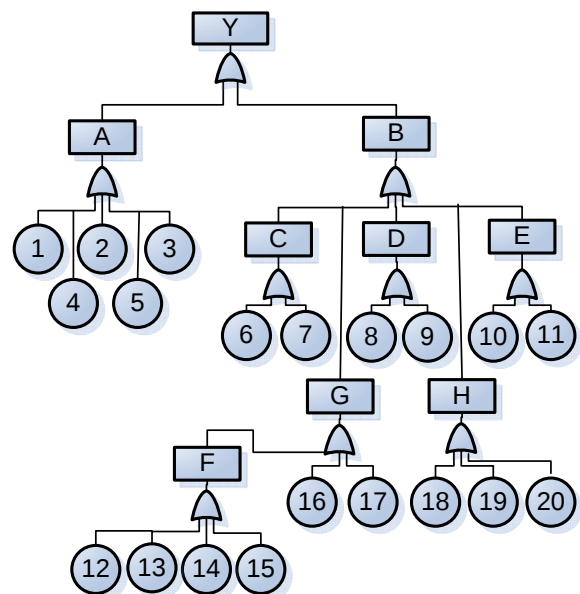
3.2 ระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)

ในระยะการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์เบื้องต้น โดยอาศัยเครื่องมือทางคุณภาพเข้ามาช่วย ในระยะการวัดนี้ เริ่มจากการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบ ซึ่งพบว่า Precision-to-Tolerance: $P/T = 13.56\%$ และ Precision-to-Total Variation: $P/TV = 22.56\%$ ซึ่งถือว่ายอมรับได้ โดยค่าเปอร์เซ็นต์ทั้งสองค่าดังกล่าวอยู่ในช่วง 10%-30% อ้างอิงจาก AIAG [7] ระบบการวัดค่าดังกล่าวเป็นการวัดสัญญาณทางไฟฟ้าในระดับที่ค่อนข้างต่ำมาก (mV: mili-Voltage) นอกจากนี้ยังทำการเทียบสัญญาณกับเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าและความถี่ (Oscilloscope) ซึ่งได้รับการสอบเทียบเครื่องมือวัดเป็นประจำ จึงยอมรับระบบการวัดนี้ว่าให้ค่าที่ถูกต้อง จากนั้นทำการระดมสมองเพื่อค้นหาปัจจัยนำเข้าทั้งหมดของกระบวนการที่อาจส่งผลให้เกิด ข้อบกพร่องประเภทการอ่าน/เขียนสัญญาณบกพร่อง ของหัวอ่านเขียน

โดยการทำแผนผังกระบวนการ (Process Mapping) และนำปัจจัยต่างๆที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผล (Key Performance Input Variables: KPIVs) ต่อตัวแปรตอบสนอง (Respond) ซึ่งเป็นภาวะการกระตุกของสัญญาณ (Popping) ดังแสดงในรูปที่ 2 ที่อ่านได้จากหัวอ่านเขียน



รูปที่ 2 สภาวะกระตุกของสัญญาณ (Popping)



รูปที่ 3 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (FTA)

ตารางที่ 1 คำอธิบายสัญลักษณ์ของการวิเคราะห์แรงความบกพร่อง (FTA)

สัญลักษณ์	คำขยายความ
Y	การอ่านเขียนสัญญาณบนพร่องของหัวอ่านเขียน
A	การประกอบ Clean Room
B	การทดสอบนอก Clean Room (BE test)
C	กระบวนการทำงานที่ Filler
D	กระบวนการทำงานที่ FTS
E	กระบวนการทำงานที่ CFG
F	การทดสอบการอ่านเขียนข้อมูล
G	กระบวนการทำงานที่ IBI
H	กระบวนการทำงานที่ IDT
1	หยิบแผ่นบันทึกข้อมูลผิดประเภท
2	ระยะตัวล็อกมีปัญหา
3	เครื่องประกอบ Clamp สกปรก
4	การประกอบหัวอ่านผิดวิธี
5	การกดฝาครอบขณะประกอบ
6	การเสียดสีที่มากเกินไปของหัวอ่านกับจุดจอด
7	ระยะการบินไม่เหมาะสมที่ Filler
8	ระยะบินระหว่างการตรวจสอบไม่เหมาะสม
9	รูปแบบการเขียน/อ่านไม่เหมาะสม
10	การลบสัญญาณก่อนหน้า ไม่เหมาะสม
11	ตั้งค่าการอ่านไม่เหมาะสม
12	กำหนดค่าความต่างของสัญญาณไม่ดี
13	อุณหภูมิไม่เหมาะสม
14	ระยะการบินไม่เหมาะสมที่ทดสอบอ่านเขียน
15	ความถี่ที่ใช้เขียนไม่เหมาะสม
16	ระยะการบินไม่เหมาะสมที่ IBI
17	ค่าการทำงานที่อุณหภูมิสูงไม่เหมาะสม
18	ใช้ซอฟต์แวร์ผิดประเภท
19	ค่าการทำงานที่อุณหภูมิห้องไม่เหมาะสม
20	การจัดภาระงานของหัวอ่านไม่เหมาะสม

โดยใช้การวิเคราะห์แรงความบกพร่อง (FTA) ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งมีค่าขยายความตามตารางที่ 1 จากนั้นนำปัจจัยนำเข้ามาวิเคราะห์หาค่าการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA) [9] ผลจากการจัดลำดับความสำคัญ (RPN) คือ ระดับความต่างของสัญญาณที่อ่านกลับมา ระยะการบินของหัวอ่านเขียนขณะทำการทดสอบ ความถี่ของสัญญาณในการทดสอบอ่านเขียน อุณหภูมิในการทดสอบ และขอบเขตการจัดการกับ Defect บนแผ่นเก็บข้อมูล ซึ่งจะนำไปทำการทดลองเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญในขั้นตอนต่อไป

3.3 ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

ในขั้นตอนนี้ ได้ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยนำเข้าที่ได้จากขั้นตอนการทำ FMEA ที่ส่งผลกระทบต่อภาวะการกระตุกของสัญญาณที่ได้จากหัวอ่านเขียนผู้วิจัย

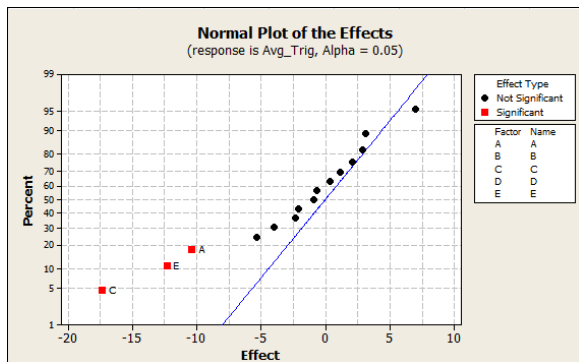
เลือกการออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล (Fractional Factorial Design, 2_{iv}^{5-1}) เพื่อเป็นการคัดกรองปัจจัยนำเข้าทั้ง 5 ปัจจัยให้เหลือเพียงปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญ อีกทั้งยังเป็นการทดลองที่ใช้จำนวนการรัน (Runs) ไม่มาก หากเทียบกับการทดสอบสมมุติฐานทีละปัจจัย (One-Factor-at-a-Time: OFAT) หรือ การทดลองแบบแฟคทอเรียล [3, 5] ในการทดลองนี้จะทำการทดลอง 16 รัน (Runs) โดยกำหนดระดับของแต่ละปัจจัย ดังตารางที่ 2 ส่วนขนาดตัวอย่าง (Sample Size) จะคำนวณด้วยโปรแกรมมินิแทป พบว่าจะใช้ตัวอย่างในการทำซ้ำอย่างน้อย 60 ครั้ง เพื่อให้ได้ค่าถูกต้องของข้อมูลมากกว่า 80% ซึ่งผู้วิจัยกำหนดการทดลองซ้ำเป็น 68 ครั้ง เพื่อเพิ่มระดับความมั่นใจ

ในตารางที่ 2 ค่า DAC คือหน่วยการวัดความต่างของระดับสัญญาณที่โรงงานกรณีศึกษาใช้ ซึ่งเป็นค่าที่แปลงจากสัญญาณที่อ่านได้จากแผ่นเก็บข้อมูล จากอนาล็อกเป็นดิจิทัล คาบเวลา (Time Period: T) ที่ปรากฏอยู่ ณ ประเภทความถี่ในการเขียนที่ 500 MHz (หรือ 2 nS) อ้างอิงจากจุดกึ่งกลางของแผ่นบันทึกข้อมูล โดยตำแหน่งของหัวอ่าน และหัวเขียนอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกันขณะเขียน และ Defect เป็นรอยขีดข่วน หรือจุดบกพร่องต่างๆบนแผ่นเก็บข้อมูล การระบุตำแหน่งของ Defect จะช่วยให้หัวอ่านเขียนไม่เข้าไปอ่านข้อมูลเสีย ในบริเวณดังกล่าว

ตารางที่ 2 ปัจจัยและระดับของปัจจัยการทดลองเบื้องต้น

สัญลักษณ์	ประเภทของปัจจัย	ระดับในการทดสอบ	
		ระดับต่ำ	ระดับสูง
A	แปรผัน	35 DAC	45 DAC
B	คุณลักษณะ	0%	50%
C	แปรผัน	2 x T	4 x T
D	แปรผัน	22 °C	55 °C
E	คุณลักษณะ	ไม่ระบุตำแหน่ง Defect ก่อนการทดสอบ	ระบุตำแหน่ง Defect ก่อนการทดสอบ
สัญลักษณ์	ปัจจัยนำเข้า		
A	ค่าระดับความต่างของสัญญาณ		
B	ระยะการบินของหัวอ่านเขียน		
C	ประเภทความถี่ในการเขียน		
D	อุณหภูมิระหว่างการทดสอบ		
E	ขอบเขตการจัดการกับ Defect บนแผ่นเก็บ		

จากผลการทดลองที่ได้ในการคัดกรองปัจจัยนำเข้าทั้ง 5 ปัจจัย จะถูกนำมาแปลงข้อมูลด้วยวิธีการของ Freeman และ Turkey ตามตารางที่ 1 หลังจากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองตามสมมติฐาน $\varepsilon_{ij} \sim (0, \sigma^2)$ [3] ซึ่งผลการตรวจสอบข้อมูล พบว่าเป็นไปตามสมมติฐานจากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญคือ ค่าระดับความต่างของสัญญาณ [A] ประเภทความถี่ในการเขียน [C] และขอบเขตการจัดการกับ Defect บนแผ่นเก็บข้อมูล [E] โดยแสดง Normal Plot of Effect ได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 Normal Plot บนปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของภาวะกระตุ้นของสัญญาณอย่างมีนัยสำคัญ

3.4 ระยะการปรับปรุง (Improve Phase)

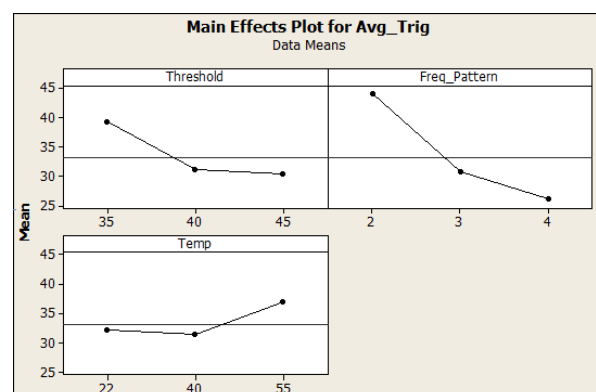
สำหรับขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ จะเป็นการวิเคราะห์พฤติกรรมเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนองเพื่อกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสม เพื่อที่จะทำให้ได้ผลลัพธ์ตามเป้าหมาย การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญจะพิจารณาค่าระดับความต่างของสัญญาณ ประเภทความถี่ในการเขียน และขอบเขตการจัดการกับ Defect บนแผ่นเก็บข้อมูล ซึ่งมีผลต่อตัวแปรตอบสนอง โดยทำการทดลองเพิ่มเติม ในส่วนของปัจจัยนำเข้าที่เป็นคุณลักษณะจะกำหนดให้มีการจัดการกับ Defect บนแผ่นเก็บข้อมูลก่อนถึงสถานะการทดสอบ ระยะการบินของหัวอ่านเขียนจะกำหนดให้เป็นระยะสูงขึ้น 50% เพื่อลดผลกระทบจากระยะการบินที่ต่ำเกินไป [4] จากนั้นในส่วนของปัจจัยแปรผัน ค่าระดับความต่างของสัญญาณ ประเภทความถี่ในการเขียน ทำ

การออกแบบการทดลองแบบพินผิวดตอบสนอง แบบบ็อกซ์-เบห์นเคน ทั้งนี้จะนำการแปรผันของอุณหภูมิ มาร่วมในการทดลองครั้งนี้ ด้วย เนื่องจากทีมงานได้มีความเห็นตรงกันว่า อุณหภูมิน่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องในการทดสอบสถานะการอ่านเขียนของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ดังนั้นการทดลองจะเป็น 3 ปัจจัยแบบ 3 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

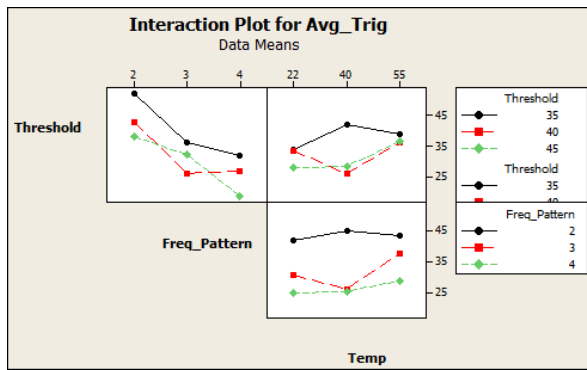
ตารางที่ 3 ระดับของปัจจัยในการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน

สัญลักษณ์	ระดับในการทดสอบของปัจจัยผันแปร		
	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
A	35 DAC	40 DAC	45 DAC
B	2 x T	3 x T	4 x T
C	22 °C	40 °C	55 °C
สัญลักษณ์	กำหนดระดับของปัจจัยแบบคุณลักษณะ		
D	กำหนดระยะการบินที่ 50%		
E	ระบุตำแหน่งDefectก่อนการทดสอบ		
สัญลักษณ์	ค่าขยายความปัจจัยนำเข้า		
A	ค่าระดับความต่างของสัญญาณ		
B	ประเภทความถี่ในการเขียน		
C	อุณหภูมิระหว่างการทดสอบ		
D	ระยะการบินของหัวอ่านเขียน		
E	ขอบเขตการจัดการกับ Defect บนแผ่นเก็บ		

จากรูปที่ 5 และ 6 ผลของการออกแบบการทดลองเพิ่มเติมให้ผลสอดคล้องกับการออกแบบการทดลองเพื่อคัดกรองในระยะเวลาวิเคราะห์ปัญหา คือที่ค่าระดับความต่างของสัญญาณ [A] และประเภทความถี่ในการเขียน [B] อยู่ในระดับสูง ส่วนอุณหภูมิ [C] อยู่ในระดับกลาง



รูปที่ 5 Main Effect Plot ของค่าเฉลี่ยต่อภาวะการกระตุ้นกระตุ้นสัญญาณ



รูปที่ 6 Interaction Plot ของค่าเฉลี่ยต่อภาวะกระดูกของสัญญาณ

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	15.060	15.060	1.673	23.670	0.000
Linear	3	12.221	1.537	0.512	7.250	0.002
Threshold	1	2.363	1.003	1.003	14.190	0.001
Freq_Pattern	1	9.245	0.507	0.507	7.180	0.014
Temp	1	0.614	0.449	0.449	6.350	0.020
Square	3	2.734	2.734	0.911	12.890	0.000
Threshold*Threshold	1	0.687	0.948	0.948	13.420	0.002
Freq_Pat*Freq_Pat	1	0.916	1.073	1.073	15.180	0.001
Temp*Temp	1	1.131	1.131	1.131	16.000	0.001
Interaction	3	0.105	0.105	0.035	0.490	0.690
Threshold*Freq_Pat	1	0.040	0.040	0.040	0.570	0.459
Threshold*Temp	1	0.032	0.032	0.032	0.450	0.508
Freq_Pat*Temp	1	0.033	0.033	0.032	0.460	0.506
Residual Error	20	1.414	1.414	0.071		
Lack-of-Fit	3	0.931	0.931	0.310	10.910	0.000
Pure Error	17	0.483	0.483	0.028		
Total	29	16.474				

รูปที่ 7 ผลทดสอบความแปรปรวนของปัจจัยนำเข้า

กำหนดสมมติฐานของการทดลองดังนี้

การกำหนดสมมติฐานของปัจจัยหลัก

H_0 : ปัจจัยหลักไม่มีผลต่อภาวะการกระดูกของสัญญาณ

H_1 : ปัจจัยหลักมีผลต่อภาวะการกระดูกของสัญญาณ

การกำหนดสมมติฐานของอันตรกิริยา

H_0 : อันตรกิริยาไม่มีผลต่อภาวะการกระดูกของสัญญาณ

H_1 : อันตรกิริยามีผลต่อภาวะการกระดูกของสัญญาณ

จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ดังแสดงในรูปที่ 7 บนการทดลองแบบบ็อกซ์ เบห์นเคน พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อภาวะการกระดูกของสัญญาณจากหัวอ่านเขียนที่มีค่า P-value < 0.05 ปัจจัยหลักคือ A, B และ C ผลจากพจน์กำลังสองคือ A*A, B*B และ C*C [10]

จากนั้นหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้ฟังก์ชัน Respond Optimization บนโปรแกรม MINITAB [8] โดยระดับที่เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งให้ผลต่อภาวะกระดูกของการอ่านสัญญาณกลับเท่ากับ 20.558 ครั้ง

ตารางที่ 4 ระดับปัจจัยที่เหมาะสมต่อการอ่านสัญญาณ

สัญลักษณ์	ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยผันแปร
A	43 DAC
B	4 x T
C	32 องศาเซลเซียส

สัญลักษณ์	ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยคุณลักษณะ
D	กำหนดระยะเวลาบันทึก 50%
E	ระบุตำแหน่ง Defect ก่อนการทดสอบ

สัญลักษณ์	ค่าขยายความปัจจัยนำเข้า
A	ค่าระดับความต่างของสัญญาณ
B	ประเภทความถี่ในการเขียน
C	อุณหภูมิระหว่างการทดสอบ
D	ระยะเวลาบันทึกของหัวอ่านเขียน
E	ขอบเขตการจัดการกับ Defect บนแผ่น

3.5 ระยะเวลาติดตามควบคุม (Control Phase)

ระยะการติดตามควบคุม เป็นขั้นตอนท้ายสุดของงานวิจัยนี้ ซึ่งจะประกอบไปด้วยการทดสอบเพื่อยืนยันผลของปัจจัยนำเข้าในตารางที่ 4 โดยทำการทดสอบ ฮาร์ดดิสก์ไอร์แลนด์ตามระดับที่ได้กำหนดไว้ เพื่อตรวจสอบภาวะสัญญาณกระดูกจากการอ่านของหัวอ่านเขียน และส่งฮาร์ดดิสก์ไอร์แลนด์หลังจากผ่านกระบวนการปรับแต่งตามค่าทดสอบดังกล่าวเข้าสู่การตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายเพื่อพิจารณาค่า DPPM ต่อไป จากนั้นจัดทำแผนควบคุม (Control Plan) และจัดทำเป็นมาตรฐานในการผลิตและทดสอบสำหรับผลิตภัณฑ์เพื่อรักษามาตรฐานให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้

จากการทดสอบเพื่อยืนยันผลพบว่าภาวะการกระดูกของสัญญาณบนหัวอ่านเขียน มีค่าเฉลี่ยหลังการปรับปรุงลดลงเหลือ 20.558 ครั้ง จากเดิมก่อนการปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 105.454 ครั้ง แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 Boxplot ค่าเฉลี่ยภาวะการกระจายของสัญญาณ
เปรียบเทียบระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

หลังจากนั้นทดลองนำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ได้หลังจากการปรับปรุงกระบวนการเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าค่าลดลงจาก 633 DPPM เป็น 287 DPPM การจัดทำแผนควบคุม (Control Plan) เพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการ โดยมีการควบคุมปัจจัยแบบผันแปร 3 ปัจจัย และปัจจัยแบบคุณลักษณะ 1 ปัจจัยดังนี้

- ระดับความต่างของสัญญาณ ได้กำหนดให้เป็นมาตรฐานสำหรับการทดสอบโดยระบุอยู่ในซอฟต์แวร์ของการผลิตและทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์อยู่ที่ค่า 43 DAC
- ความถี่ของสัญญาณในการทดสอบ ได้กำหนดให้เป็นมาตรฐานสำหรับการทดสอบโดยระบุอยู่ในซอฟต์แวร์ของการผลิตและทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์อยู่ที่ค่า 4T
- อุณหภูมิระหว่างการทดสอบ ได้กำหนดให้มีการปรับตั้งใหม่โดยระบุและควบคุมจำเพาะอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียสในภาวะการทดสอบดังกล่าว จากนั้นทำการตรวจเช็คทุก 2 ชั่วโมงผ่านระบบควบคุมดูแลแบบออนไลน์ หากเกิดข้อผิดพลาดระบบจะแจ้งช่างเทคนิคเข้าไปแก้ไขทันที
- ขอบเขตการจัดการกับ Defect บนแผ่นเก็บข้อมูล โดยกำหนดให้มีการจัดลำดับการจัดการ Defect บนแผ่นเก็บข้อมูลดังกล่าวก่อนดำเนินการทดสอบสถานะสัญญาณอ่านเขียน โดยกำหนดให้เป็น

มาตรฐานสำหรับการทดสอบและระบุลงในซอฟต์แวร์การทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

4. สรุปผล

ผลการวิจัยและดำเนินการตามหลักการของซิกซ์ ซิกมา ดังกล่าว รวมทั้งการประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพ และเครื่องมือทางสถิติต่างๆ ก่อให้เกิดการปรับปรุงทางด้านคุณภาพอย่างเห็นได้ชัดจากจำนวน DPPM ที่ลดลง 54.67% (จาก 633 DPPM เป็น 287 DPPM) ข้อบกพร่องประเภทการอ่านเขียนสัญญาณบนพอร์มที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขดังกล่าว สามารถสร้างประโยชน์ให้กับทั้งสองฝ่ายที่เกี่ยวข้อง คือ ลูกค้าได้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีขึ้น ก่อเกิดความเชื่อมั่นและความพึงพอใจในการทำงานของผู้ผลิต ส่วนผู้ผลิตเองก็สามารถอยู่รอดในการแข่งขันทางธุรกิจได้ เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลงอันเกิดจากจำนวนของเสียที่ลดลงนั่นเอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Pande, P.S., Neuman, P. and Cavanagh, R.R., 2000. The Six Sigma Way, McGraw-Hill, New York.: 19-40
- [2] Breyfogle, F.R., 1999. Implement Six Sigma, John Wiley & Sons, New York.: 3-27
- [3] Montgomery, D.C., 2009. Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, New York
- [4] Boettcher, U., Li, H., de Callafon, R.A., and Talke, F.E., "Dynamic Fly Height Adjustment in Hard Disk Drives Through Feedforward Control", IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 47, No. 7, July 2011, pp 1823-1829
- [5] Hines, W.W. and Montgomery, D.C., 1990. Probability and Statistics in Engineering and Management Science. 3rd edition, Wiley, New York
- [6] Bisgaard, S. and Fuller, H. T. Analysis of factorial experiments with defects or defectives as the response. Journal of Quality Engineering, Vol. 7, No. 2, 1994, pp 429-443

- [7] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2549. การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) ประมวลผลด้วย MINITAB, กรุงเทพฯ
- [8] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2549. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ ประมวลผลด้วย MINITAB, กรุงเทพฯ
- [9] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2545. การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA), กรุงเทพฯ
- [10] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2543. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 2. สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, 153-169, 175-229
- [11] อาทิตย์ หงสพันธ์. การลดข้อบกพร่องในกระบวนการพ่นสีตัวถังรถยนต์โดยแนวทางซิกซ์ ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.
- [12] นันทชัย จารัตน์. การลดปริมาณอนุภาคเปื้อนโซอิลเลกทริกทรานส์มิสเซอร์ที่หลุดออกมาจากแขนจับหัวอ่าน/เขียนในฮาร์ดดิสก์ โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.
- [13] ภัทรา อายุวัฒน์. การลดของเสียที่เกิดจากการรับน้ำหนักกดของชุดหัวอ่านสำเร็จไม่ได้ตามข้อกำหนดในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.