



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การศึกษสาเหตุของปัญหาที่เกิดจากเครื่องเติมก๊าซฮีเลียม ในกระบวนการ
ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

Study cause of helium fill machine problem in hard disk drive
manufacturing process

นายปิยสวัสดิ์ ลิสวัสดิ์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การศึกษาสาเหตุของปัญหาที่เกิดจากเครื่องเติมก๊าซฮีเลียม ในกระบวนการ
ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
Study cause of helium fill machine problem in hard disk drive
manufacturing process

นายปิยสวัสดิ์ ลิสวัสดิ์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การศึกษาสาเหตุของปัญหาที่เกิดจากเครื่องเติมก๊าซฮีเลียม

ในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายปวิสวัสดิ์ ลิสวัสดิ์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรชาติ สุวรรณงาม

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นางสาววรรณ จุติกิติเตชา

สถานประกอบการ บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีความสำคัญอย่างสูงในการจัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในปัจจุบันนั้นจะต้องทำการเติมก๊าซฮีเลียมเข้าไปภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ แต่การเติมก๊าซฮีเลียมเข้าไปภายในชิ้นงานนั้นยังมีปัญหาในการเติมอยู่หลายประการ จึงทำให้เกิดโครงการนี้ขึ้นมาเพื่อหาสาเหตุของปัญหาและหาวิธีการปรับปรุงให้การผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยโครงการนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด 3 ปัญหาคือ วัสดุรองก๊าซที่ใช้ในการเติมก๊าซฮีเลียมภายในชิ้นงานได้รับความเสียหาย Printed circuit board (PCB) ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีปัญหาในการเชื่อมต่อกับเครื่องเติมก๊าซฮีเลียม และความดันภายในชิ้นงานไม่ได้ตามคุณสมบัติที่ตั้งไว้ (Pressure out of specification)

Cooperative Title: Study cause of helium fill machine problem
in hard disk drive manufacturing process

Student intern name: Mr.Piyasawad Lisawadi

Faculty: Engineering **Department:** Electrical Engineering

Advisor name: Asst. Prof. Dr. Warachart Suwan-Ngam

Mentor name: Miss Worrawan Jutikitdacha

Company: Seagate technology (Thailand) Limited

ABSTRACT

In the present, hard disk drive has become highly important in storing large data. Nowadays, hard disk drive needs to be filled with Helium gas, but there still are many problems about filling. So, this project is created to find the cause of the problems and to find the methods for improving the production to be the most effective. The project analyzes three problems which are 1) the gas filter material used to fill within the work piece is damaged, 2) Printed Circuit Board (PCB) of the hard disk drive has problems in connecting to Helium gas filler machine, and 3) pressure within the work piece is not qualified following the specification (Pressure out of specification).

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าได้รับผิดชอบและปฏิบัติหน้าที่ในบริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด แผนก Drive Process Engineering ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ.2561 ในโครงการวิชาสหกิจศึกษา ในหัวข้อโครงการ การศึกษาสาเหตุของปัญหาที่เกิดจากเครื่องเติมก๊าซฮีเลียม ในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ซึ่งข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ในการทำงานที่เป็นประโยชน์อย่างมาก อีกทั้งการดูแลและการช่วยเหลือต่าง ๆ ของพี่ ๆ ในแผนกตลอดระยะเวลาการทำงาน

โครงการนี้ไม่อาจสำเร็จลุล่วงได้หากขาดความกรุณาของคุณวรวรรณ จุติกิติเตชา ผู้จัดการแผนกที่คอยช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่สอนงานและให้คำปรึกษาต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราชาติ สุวรรณงามผู้เป็นอาจารย์นิเทศโครงการสหกิจศึกษาที่คอยแนะนำคำปรึกษาและคอยช่วยเหลือปัญหาต่าง ๆ ในการทำโครงการครั้งนี้

ปิยสวัสดิ์ ลิสวัสดิ์



สารบัญ

บทคัดย่อ	II
ABSTRACT	III
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	8
3.1 ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	8
3.2 เรียนรู้เกี่ยวกับการทำงานของเครื่องเติมก๊าซฮีเลียม และศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น	8
3.3 วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น	8
3.4 ทดลองและหาวิธีแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น	8
บทที่ 4 ผลการวิจัย	9
4.1 การวิเคราะห์ปัญหาว่าวัสดุกรองก๊าซที่ใช้ในการเติมก๊าซฮีเลียมภายในชิ้นงานได้รับความเสียหาย	9
4.2 การวิเคราะห์ปัญหา PRINTED CIRCUIT BOARD (PCB) ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีปัญหาในการเชื่อมต่อกับเครื่องเติมก๊าซฮีเลียม	10
4.3 การวิเคราะห์ปัญหาความดันภายในชิ้นงานไม่ได้ตามคุณสมบัติที่ตั้งไว้	10

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	11
5.1 บทสรุปปริญญานิพนธ์	11
5.2 ปัญหาที่พบในระหว่างการทำงาน และแนวทางแก้ปัญหา	11
5.3 ข้อเสนอแนะ	11
เอกสารอ้างอิง	12
ภาคผนวก	13
ประวัติผู้เขียน	24



สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

1.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการ.....3



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 Printed circuit board (PCB).....	3
2.2 Head and Disk Assembly (HDA).....	4
2.3 Head Stack Assembly (HSA).....	4
2.4 Actuator Arm.....	5
2.5 Platters.....	5
2.6 Seal.....	6
2.7 ภาพจำลองฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่เติมอากาศและก๊าซฮีเลียม.....	6
2.8 กราฟการความสัมพันธ์ระหว่างสูญเสียเนื่องจากแรงต้านลมและความเร็วในการหมุน ในอากาศและก๊าซฮีเลียม.....	7
2.9 แผนผังแสดงการทำงานเบื้องต้นของเครื่องเติมก๊าซฮีเลียม.....	7

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ คือ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับบันทึกข้อมูล ในปัจจุบันมีการใช้งานหลากหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นข้อมูลที่แบ่งปันในโลกออนไลน์รวมไปจนถึงเซิร์ฟเวอร์ที่เป็นหัวใจหลักของศูนย์ข้อมูลองค์กร การประมวลผลระบบคลาวด์และคอมพิวเตอร์ จำเป็นที่จะต้องมีอุปกรณ์สำหรับบันทึกข้อมูลทั้งสิ้นซึ่งทางบริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด เป็นผู้นำระดับโลกด้านการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และโซลูชันสำหรับการจัดเก็บข้อมูล เริ่มก่อตั้งบริษัทในปี พ.ศ. 2522 และมีฐานการผลิตที่ใหญ่ที่สุดอยู่ที่ประเทศไทย

การเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษากับทางบริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด แผนก Drive Process Engineering มีหน้าที่หลักในการดูแลกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เนื่องจากทางบริษัทมีการผลิตผลิตภัณฑ์กลุ่ม A ขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้จะต้องมีกระบวนการในการเติมก๊าซฮีเลียมเข้าไปในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และเครื่องที่ใช้ในกระบวนการเติมก๊าซฮีเลียมนั้น มีปัญหาในการเติมก๊าซฮีเลียมส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตลดลง จึงทำให้เกิดความคิดริเริ่มโครงการนี้ขึ้นมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตขึ้น โดยโครงการนี้จะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและหาวิธีการปรับปรุงให้การผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อระบุสาเหตุของปัญหาในกระบวนการเติมก๊าซฮีเลียม

1.2.2 เพื่อหาวิธีการปรับปรุงให้การผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ผู้จัดทำได้เลือกปัญหาที่พบมากที่สุดในการกระบวนการผลิตมาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาทั้งหมด 3 ปัญหาคือ

1.3.1 วัสดุรองก๊าซที่ใช้ในการเติมก๊าซฮีเลียมภายในชิ้นงานได้รับความเสียหาย

1.3.2 Printed circuit board (PCB) ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีปัญหาในการเชื่อมต่อกับเครื่องเติมก๊าซฮีเลียม

1.3.3 ความดันภายในชิ้นงานไม่ได้ตามคุณสมบัติที่ตั้งไว้ (Pressure out of specification)

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินโครงการประกอบไปด้วยขั้นตอนต่าง ๆ และระยะเวลาในการดำเนินโครงการตามตารางที่ 1.1 ดังนี้

ตาราง 1.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	สัปดาห์ที่ดำเนินงาน															
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	■	■	■													
เรียนรู้เกี่ยวกับการทำงานของเครื่องเติมก๊าซฮีเลียมและศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น													■	■	■	■
ทดลองและหาวิธีแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น													■	■	■	■
สรุปและวิเคราะห์ผลการแก้ปัญหา																■

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่ได้รับในการดำเนินงานโครงการเรื่อง การศึกษาสาเหตุของปัญหาที่เกิดจากเครื่องเติมก๊าซฮีเลียมในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ มีดังนี้

1.5.1 สามารถระบุสาเหตุของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาในอนาคต

1.5.2 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ชั้นส่วนต่าง ๆ ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

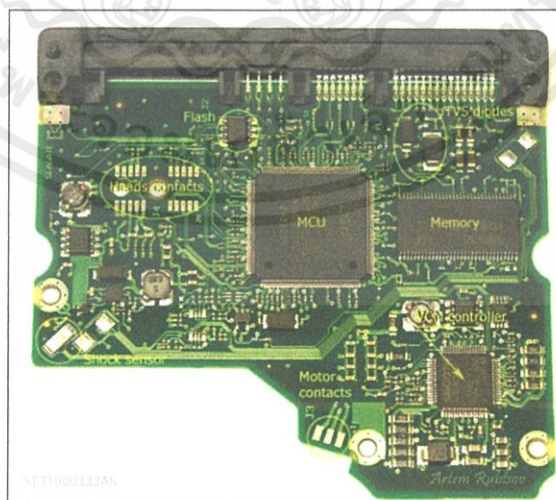
2.1.1.1 Printed circuit board (PCB) เป็นแผงวงจรควบคุมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีชิปที่ใหญ่ที่สุดที่อยู่ตรงกลางที่เรียกว่า Micro Controller Unit (MCU) MCU มักจะประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลางหรือ CPU ซึ่งทำการคำนวณทั้งการอ่านและเขียน แปลงสัญญาณอนาล็อกจากHead เป็นข้อมูลดิจิทัล กระบวนการอ่านและเข้ารหัสข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกเมื่อฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ต้องการเขียน MCU ยังมีพอร์ต IO เพื่อควบคุมทุกอย่างบน PCB และส่งข้อมูลผ่านอินเตอร์เฟซ SATA หรือ SAS

Memory chip คือชิปประเภทหน่วยความจำ DDR SDRAM ขนาดของหน่วยความจำจะกำหนดขนาดของแคชของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ หน่วยความจำจะแบ่งพื้นที่ให้กับ buffer, cache memory, firmware memory, firmware modules

Voice coil motor controller chip (VCM controller) เป็นชิปที่ใช้พลังงานมากที่สุดใน PCB ใช้ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ แกนหมุนและการเคลื่อนไหวของHead

Shock sensor หรือ เซ็นเซอร์ตรวจจับการสั่นสะเทือนสามารถตรวจจับการกระแทกที่มากเกินไปที่ใช้กับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และส่งสัญญาณไปยังVCM controller VCM controller จะหยุดหมุนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และเก็บ HSA ไปยังที่จอด

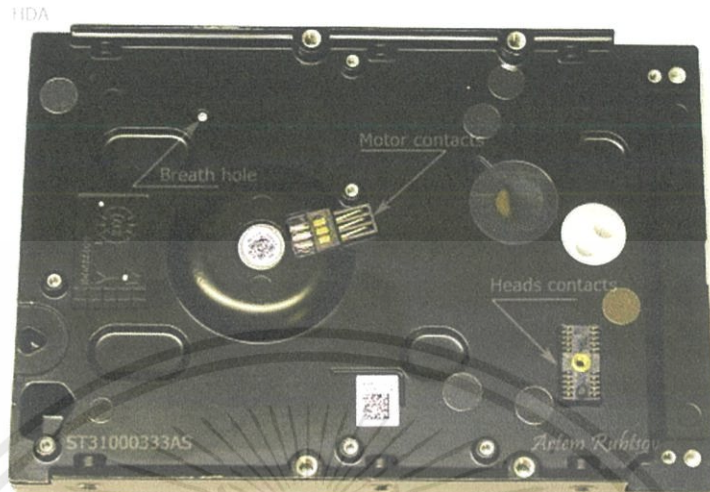
Transient Voltage Suppression Diode (TVS diode) ใช้สำหรับป้องกันไฟกระชากจากแหล่งจ่ายไฟภายนอก



ภาพที่ 2.1 Printed circuit board (PCB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 Head and Disk Assembly (HDA) เป็นตัวกล่องสี่เหลี่ยม ซึ่งเป็นที่บรรจุส่วนต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำงานของฮาร์ดดิสก์



ภาพที่ 2.2 Head and Disk Assembly (HDA)

2.1.1.3 Head Stack Assembly (HSA) เป็นส่วนหนึ่งของแขนหัวอ่านใช้สำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลลงบนแผ่นแม่เหล็ก โดยการรับคำสั่งจากตัวคอนโทรลเลอร์ ก่อนเกิดความเหนียวนำทางแม่เหล็ก และไปเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสนามแม่เหล็ก และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล



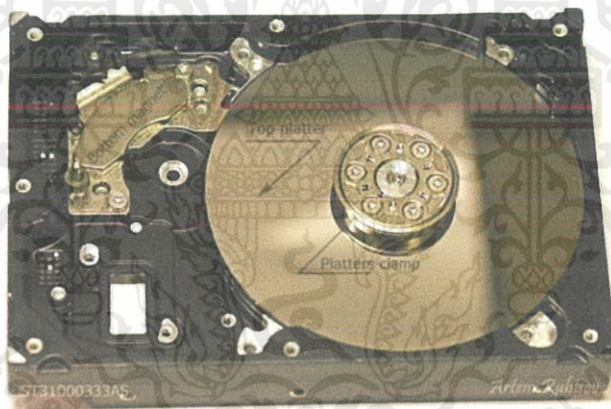
ภาพที่ 2.3 Head Stack Assembly (HSA)

2.1.1.4 Actuator Arm หรือ แขนหัวอ่าน มีลักษณะเป็นแท่งเหล็กยาวๆ ซึ่งสามารถรับคำสั่งจากวงจรให้เลื่อนไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ ไม่ว่าจะเป็นการอ่านหรือเขียนข้อมูลลงบนแผ่นแม่เหล็ก โดยต้องทำงานร่วมกับหัวอ่าน



ภาพที่ 2.4 Actuator Arm

2.1.1.5 Platters หรือ จานแม่เหล็ก มีลักษณะเป็นจานกลม เคลือบด้วยสารแม่เหล็กวางซ้อนกันหลายๆ ชั้นขึ้นอยู่กับความจุ สารแม่เหล็กเป็นที่เก็บข้อมูลต่าง ๆ โดยข้อมูลนั้นจะถูกบันทึกในลักษณะของเลข 0 และ 1 แผ่นแม่เหล็กจะติดกับมอเตอร์สำหรับหมุน (Spindle Motor) และสามารถเก็บข้อมูลได้ทั้ง 2 ด้าน



ภาพที่ 2.5 Platters

2.1.1.6 มอเตอร์หมุนแผ่นแม่เหล็ก (Spindle Motor) เป็นตัวควบคุมจานแม่เหล็กให้หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการเพื่อบันทึก หรือแก้ไขข้อมูล ปกติมีความเร็วในการหมุนประมาณ 7200 รอบต่อนาที แต่ด้วยเทคโนโลยีการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิมทำให้ตัวมอเตอร์สามารถเพิ่มความเร็วจนได้ถึง 1 หมื่นรอบต่อนาที

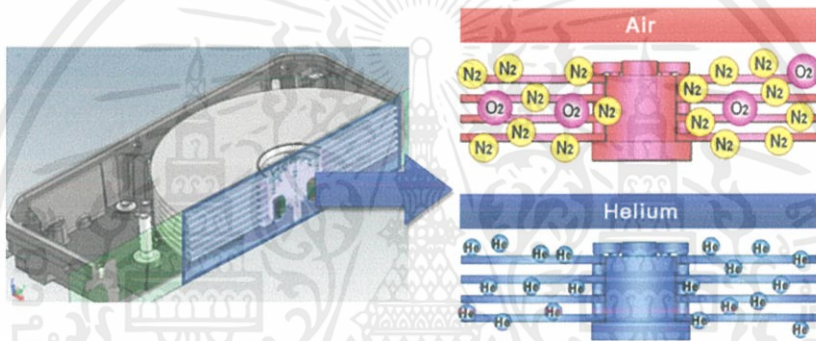
2.1.1.7 วัสดุกรองก๊าซ (Gas filter) ใช้สำหรับป้องกันสารปนเปื้อน (Contaminant) หรือฝุ่นละออง (Particle) เข้ามาภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ในขณะที่เติมก๊าซฮีเลียม

2.1.1.8 วัสดุปิดผนึก (Seal) ใช้สำหรับปิดช่องที่ใช้เติมก๊าซเพื่อไม่ให้ก๊าซรั่วออกมา



ภาพที่ 2.6 Seal

2.1.2 ประโยชน์ของการเติมก๊าซฮีเลียมเข้าไปในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

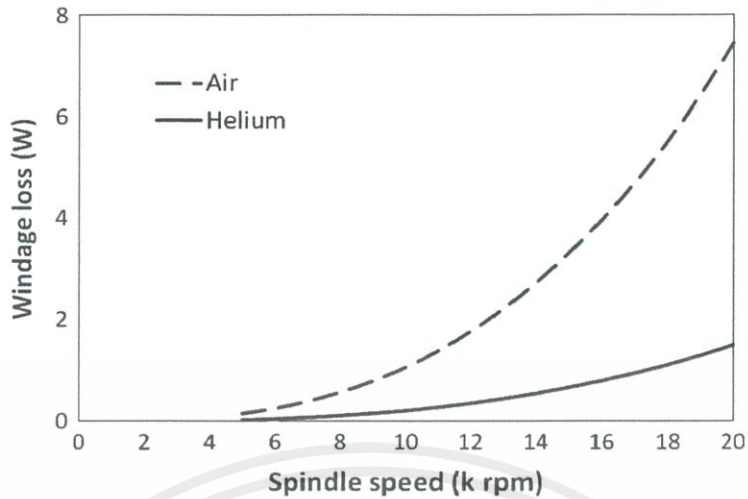


ภาพที่ 2.7 ภาพจำลองฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่เติมอากาศและก๊าซฮีเลียม

ถึงแม้ว่าความหนาแน่นของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะเพิ่มขึ้นจากในอดีตเนื่องจากหัวแม่เหล็กและวิธีการบันทึกได้รับการพัฒนา อากาศภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะสัมผัสกับองค์ประกอบภายในของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และเกิดแรงต้านทานลมจากแผ่นดิสก์เมื่อมอเตอร์แกนหมุนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หมุนด้วยความเร็วหลายพันหรือหลายหมื่นรอบต่อวินาที ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนซึ่งส่งผลเสียต่อความแม่นยำในการอ่าน และเขียนของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

นอกเหนือจากการปรับปรุงความแม่นยำในการอ่านและเขียนการลดการสั่นสะเทือนของดิสก์โดยการลดการสั่นสะเทือน (Vibration) ของจานแม่เหล็กจะช่วยให้จานแม่เหล็กมีขนาดบางลงเพิ่มจำนวนของจานแม่เหล็กที่สามารถติดตั้งภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และกระแสไฟฟ้าที่ใช้โดยมอเตอร์หมุนแผ่นแม่เหล็ก ขณะหมุนจานแม่เหล็กจะมีขนาดลดลง ตามภาพที่ 2.8

การบรรจุก๊าซฮีเลียมเข้าไปแทนที่อากาศ เพราะว่าก๊าซฮีเลียมมีมวลโมเลกุลเล็กที่สุดเป็นอันดับสองรองจากไฮโดเจน มีคุณสมบัติเป็นก๊าซเฉื่อย และมีความหนาแน่นต่ำ

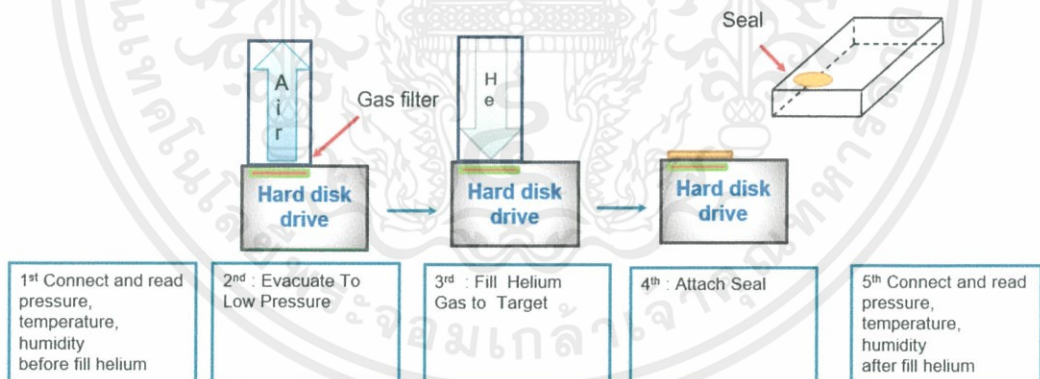


ภาพที่ 2.8 กราฟการความสัมพันธ์ระหว่างสูญเสียเนื่องจากแรงต้านลมและความเร็วในการหมุนในอากาศและก๊าซฮีเลียม

2.1.3 หลักการทำงานของเครื่องเติมก๊าซฮีเลียม

เครื่องเติมก๊าซฮีเลียมจะทำการเชื่อมต่อกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพื่ออ่านความดัน อุณหภูมิและความชื้น จากนั้นจะทำการดูดอากาศออกจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จากนั้นจะเติมก๊าซฮีเลียมผ่านวัสดุกรองก๊าซเข้าไปจนถึงค่าที่ต้องการ และอ่านค่าข้อมูลอีกครั้งหลังจากที่ปิด Seal เรียบร้อยแล้ว

Helium Fill Machine Process



ภาพที่ 2.9 แผนผังแสดงการทำงานของเครื่องเติมก๊าซฮีเลียม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

เป็นการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานและขั้นตอนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยเริ่มต้นจากการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันด้วยระบบอัตโนมัติ การเติมก๊าซฮีเลียม และการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้ได้มาตรฐาน

3.2 เรียนรู้เกี่ยวกับการทำงานของเครื่องเติมก๊าซฮีเลียม และศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น

เป็นการศึกษาระบบการทำงานของเครื่องเติมก๊าซฮีเลียม ระบบนิวเมติกส์ ระบบควบคุมการใช้งาน การบำรุงรักษา การตรวจสอบการทำงานของเครื่องผ่านข้อมูลแบบ CSV (Comma-separated values) และการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล

3.3 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

ปัญหาของเครื่องเติมก๊าซฮีเลียมที่นำมาวิเคราะห์มีทั้งหมด 3 ปัญหา ดังนี้

3.3.1 วัสดุกรองก๊าซที่ใช้ในการเติมก๊าซฮีเลียมภายในชิ้นงานได้รับความเสียหาย

3.3.2 Printed circuit board (PCB) ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีปัญหาในการเชื่อมต่อกับเครื่องเติมก๊าซฮีเลียม

3.3.3 ความดันภายในชิ้นงานไม่ได้ตามคุณสมบัติที่ตั้งไว้ (Pressure out of specification)

3.4 ทดลองและหาวิธีแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

เป็นการทดลองหาสาเหตุของปัญหาและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นของแต่ละปัญหาต่าง ๆ โดยมีการทดลองปรับแรงดันที่ใช้เติมก๊าซฮีเลียม การวิเคราะห์อัตราการไหลสูงสุดของก๊าซฮีเลียมขณะเติมเติมก๊าซ และการวิเคราะห์ความดันภายในชิ้นงาน

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การวิเคราะห์ปัญหาวัสดุกรองก๊าซที่ใช้ในการเติมก๊าซฮีเลียมภายในชิ้นงานได้รับความเสียหาย

ในการเติมก๊าซฮีเลียมเข้าไปภายในชิ้นงานพบว่าวัสดุกรองก๊าซ (Gas filter) ที่อยู่ภายในได้รับความเสียหายซึ่งมีผลทำให้เกิดสารปนเปื้อนภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ไดรฟ์ที่พบปัญหาทั้งหมดจะต้องเข้าสู่กระบวนการถอดและประกอบใหม่

4.1.1 ปัญหาที่เกิดจากความดันจากแหล่งจ่ายก๊าซฮีเลียม

ในการวิเคราะห์ปัญหาได้ทำการทดลองปรับความดันจากแหล่งจ่ายของก๊าซฮีเลียมมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลสูงสุดของก๊าซฮีเลียมและค่าความดันจากแหล่งจ่ายก๊าซฮีเลียม ทดลองโดยการปรับความดันจากแหล่งจ่ายก๊าซ ตั้งแต่ 6 – 19 psig พบว่าเมื่อลดความดันของก๊าซฮีเลียมจากแหล่งจ่าย ค่าอัตราการไหลสูงสุดลดลงเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงได้ทำการควบคุมความดันของก๊าซฮีเลียมจากแหล่งจ่ายให้อยู่ที่ค่า A psig โดยพิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการเติมก๊าซฮีเลียม อัตราการไหลสูงสุด และอัตราการเกิดปัญหา ทำให้ลดอัตราการเสียหายของวัสดุกรองก๊าซที่ใช้ในการเติมก๊าซฮีเลียมภายในชิ้นงาน

4.1.2 ปัญหาที่เกิดจากระบบควบคุม

เมื่อทำการทดลองวัดอัตราการไหลสูงสุดของผลิตภัณฑ์รุ่นต่าง ๆ โดยเลือกผลิตภัณฑ์ A1 และ A2 มาทำการวิเคราะห์ โดยควบคุมความดันของก๊าซฮีเลียมจากแหล่งจ่ายให้คงที่ A psig มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการไหลสูงสุดของผลิตภัณฑ์ต่างรุ่นกัน พบว่าแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีค่าอัตราการไหลสูงสุดไม่เท่ากัน ซึ่งเดิมระบบควบคุมจะทำการตรวจสอบความเสียหายของวัสดุกรองก๊าซทั้งหมดจากค่าอัตราการไหลสูงสุดโดยไม่ได้แยกผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการตรวจสอบที่ผิดพลาดได้ จึงเปลี่ยนอัลกอริทึม (Algorithm) ของระบบควบคุมให้การตรวจสอบความเสียหายของวัสดุกรองก๊าซแยกผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่น ทำให้ลดการตรวจสอบที่ผิดพลาดของระบบได้

4.1.3 ปัญหาที่เกิดจากอุปกรณ์ควบคุมความดันรั่ว (Controller pressure leak)

เมื่ออุปกรณ์ควบคุมความดันรั่วจะทำให้ค่าอัตราการไหลสูงสุดของเครื่องเติมก๊าซฮีเลียมเพิ่มสูงขึ้นจากปกติ จึงทำให้มีโอกาสที่จะทำให้วัสดุกรองก๊าซได้รับความเสียหาย จึงได้แก้ไขโดยการปรับลดความดันจากแหล่งจ่ายก๊าซฮีเลียมตามวิธีการในข้อที่ 4.1.1 เพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์

4.2 การวิเคราะห์ปัญหา Printed circuit board (PCB) ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีปัญหาในการเชื่อมต่อกับเครื่องเติมก๊าซฮีเลียม

4.2.1 ปัญหาที่เกิดจาก PCB

เมื่อนำ PCB ที่มีปัญหามาทำการตรวจสอบพบว่า มี 2 สาเหตุที่สำคัญ คือ PCB ถูกแรงภายนอกมากระทำ ทำให้ชิปบางส่วนเกิดความเสียหาย (Chipset Crack) หรือ ลายวงจรไม่สมบูรณ์ และ PCB เสียหายจากการทดสอบก่อนหน้า สามารถแก้ไขได้โดยการลงโปรแกรมภายใน PCB ใหม่ (Re-flash PCB code)

4.2.2 ปัญหาที่เกิดจากเครื่องเติมก๊าซฮีเลียม

เครื่องเติมก๊าซฮีเลียมจะมีชุดอุปกรณ์สำหรับเชื่อมต่อกับ PCB เพื่ออ่านค่าความดัน อุณหภูมิ และความชื้น ซึ่งจะต้องเคลื่อนไหวตลอดเวลาเมื่อมีการทำงาน ทำให้อุปกรณ์มีอาการเสื่อมสภาพเป็นผลทำให้ไม่สามารถเชื่อมต่อกับ PCB ได้

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แต่ละผลิตภัณฑ์จะมีมวลไม่เท่ากันทำให้การคำนวณจุดจุดของชิ้นงานแต่ละผลิตภัณฑ์จะต้องตั้งค่าในระบบควบคุมต่างกัน ถ้าชิ้นงานจุดไม่ตรงกับตำแหน่งที่คาดไว้ จะทำให้ไม่สามารถเชื่อมต่อกับ PCB ได้ สามารถทำการแก้ไขได้โดยตั้งค่าจุดจุดใหม่ในระบบควบคุม

4.3 การวิเคราะห์ปัญหาความดันภายในชิ้นงานไม่ได้ตามคุณสมบัติที่ตั้งไว้

4.3.1 ปัญหาที่เกิดจากอุปกรณ์ควบคุมความดันรั่ว (Controller pressure leak)

จากปัญหาความดันภายในชิ้นงานไม่ได้ตามคุณสมบัติที่ตั้งไว้เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ พบว่าความดันที่เติมเข้าไปในชิ้นงานมีค่าเบี่ยงเบนไปจากค่าที่ตั้งไว้ เกิดจากอุปกรณ์ควบคุมความดันมีอาการรั่ว จึงได้แก้ไขโดยการปรับลดความดันจากแหล่งจ่ายก๊าซฮีเลียมตามวิธีการในข้อที่ 4.1.1 เพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์

4.3.2 ปัญหาที่เกิดจากการรั่ว

จากการตรวจสอบชิ้นงานที่พบปัญหา พบว่าปัญหาเกิดจากการรั่วของระบบท่อ การรั่วของตัวชิ้นงาน หรือ seal ที่ใช้ปิดผนึกถูกปิดไม่แน่นหนาพอ ทำให้ความดันภายในชิ้นงานไม่ได้ตามคุณสมบัติที่ตั้งไว้

4.3.3 ปัญหาที่เกิดจากระบบควบคุม

ในการคำนวณความดันที่จะต้องเติมก๊าซฮีเลียมเข้าไปในชิ้นงานในบางครั้งจะมีการคำนวณที่ผิดพลาดทำให้ความดันที่เติมไม่ได้ตามคุณสมบัติที่ตั้งไว้ ซึ่งจะต้องแก้ไขอัลกอริทึมของระบบควบคุมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปปริญญานิพนธ์

จากจุดประสงค์โครงการคือเพื่อหาสาเหตุของปัญหาในกระบวนการเติมก๊าซฮีเลียม ทำให้ทราบสาเหตุของปัญหาต่าง ๆ สามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้และยังได้เรียนรู้กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

5.2 ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนินงาน และแนวทางแก้ปัญหา

จากผลการทดลองเมื่อทราบสาเหตุของปัญหาแล้วจะต้องทำการแก้ไขซอฟต์แวร์ ซึ่งจำเป็นต้องใช้เวลาในการดำเนินการมากเพราะมีการแก้ไขหลายครั้งและซอฟต์แวร์มีความซับซ้อนสูงทำให้ผลการแก้ไขปัญหาไม่สามารถทำได้ในระยะเวลาที่ทำสหกิจศึกษา

5.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากปัญหาทางด้านซอฟต์แวร์ที่มีความซับซ้อนทำให้ซอฟต์แวร์มีข้อผิดพลาดหลายประการ ดังนั้น ควรปรับปรุงซอฟต์แวร์ที่ใช้ควบคุมระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ควบคุมความดันให้มีความทนทานมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] HDD from inside: hard drive main part สืบค้นเมื่อเมื่อ 15 ธันวาคม 2561,
จาก : http://hddscan.com/doc/HDD_from_inside.html
- [2] The rise of helium drive สืบค้นเมื่อเมื่อ 15 ธันวาคม 2561,
จาก : <https://blog.westerndigital.com/rise-helium-drives/>
- [3] ทำความรู้จักกับฮาร์ดดิสก์ WD รุ่นใหม่ใช้ฮีเลียมแทนอากาศ สืบค้นเมื่อเมื่อ 20 ธันวาคม 2561,
จาก : <https://www.kafaak.com/2016/04/30/what-new-in-the-new-wd-hdd/>
- [4] Helium: Gas Filling and Extraction during the HDD Manufacturing Process สืบค้นเมื่อ 21 มกราคม 2562,
จาก : <https://www.researchgate.net/publication/268001666>
- [5] Thermal analysis of helium-filled enterprise disk drive สืบค้นเมื่อ 21 มกราคม 2562,
จาก : <https://www.researchgate.net/publication/225162945>
- [6] Improved Read/Write Precision and Lower Power-Consumption with Helium-Filled HDDs สืบค้นเมื่อ 22 มกราคม 2562,
จาก : https://www.nidec.com/en-NA/technology/story/helium_hdd/
- [7] Enterprise Capacity 3.5 Hard Drives สืบค้นเมื่อ 22 มกราคม 2562,
จาก : <https://www.seagate.com/as/en/support/internal-hard-drives/enterprise-hard-drives/3-5-hdd-10tb/>

ภาคผนวก





ภาคผนวก ก.

Data Sheet



Enterprise Capacity 3.5 HDD (Helium)

VERSION 7
Channel Data Sheet

Maximum Storage Capacity for Highest Rack Space Efficiency

- 12TB per drive for 50% more petabytes per rack
- Industry's lowest power and weight for optimum data center TCO
- Highest 12TB HDD performance with enhanced caching, making it perfect for Big Data applications
- Hyperscale SATA model tuned for large data transfers
- PowerBalance™ feature optimizes IOPS/Watt
- Advanced Write Caching feature for 20% boost in random write performance
- Forged, wrought aluminum base and a helium sealed-drive design with no porosity and uniform density
- Superior material and weld-width design for a more robust, hermetically sealed-drive enclosure that protects from helium leaks
- Digital environmental sensors for measuring internal pressure, helping to ensure high reliability, performance and quality
- Latest hermetic interconnect technology supporting higher data rate heads and higher pin counts for extreme thermal conditions
- Proven enterprise-class reliability backed by 2.5M-hr MTBF

Best-Fit Applications

- Hyperscale applications/cloud data centers
- Massive scale-out data centers
- Big Data applications
- High-capacity density RAID storage
- Mainstream enterprise external storage arrays
- Distributed file systems, including Hadoop and Ceph
- Enterprise backup and restore—D2D, virtual tape
- Centralized surveillance



ภาพที่ ก.1 รายละเอียดทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (ฮีเลียม)



Enterprise Capacity 3.5 HDD (Helium)



VERSION 7

Specifications	SATA 6Gb/s	12Gb/s SAS
Capacity	12TB	12TB
Standard Model (512e)	ST12000NM0007	ST12000NM0027
Standard Model (4Kn)	ST12000NM0047	ST12000NM0067
SED Model (4Kn)	ST12000NM0057	ST12000NM0077
SED Model (512e)	ST12000NM0017	ST12000NM0037
SED-FIPS Model (4Kn)	ST12000NM0157	ST12000NM0167
SED-FIPS Model (512e)	ST12000NM0137	ST12000NM0147
Features		
Superior Helium Sealed Drive Design With Wide Weld	Yes	Yes
Digital Sensors for Helium Pressure	Yes	Yes
Protection Information (T10 DIF)	—	Yes
SuperPartly	Yes	Yes
PowerChoice™ PowerBalance™ Technology	Yes	Yes
Low Halogen/Hot-Plug Support	Yes	Yes
Cache, Multisegmented (MB)	256	256
Organic Solderability Preservative	Yes	Yes
Secure Download and Diagnostics (SD&D) RSA 2048 signed firmware	Yes	Yes
Reliability Data Integrity		
Mean Time Between Failures (MTBF, hours)	2.5 Million	2.5 Million
Reliability Rating @ Full 24x7 Operation (AFR)	0.35%	0.35%
Nonrecoverable Read Errors per Bits Read	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15
Power-On Hours per Year (24x7)	8760	8760
512e Sector Size (Bytes per Sector)	512	512, 520, 528
4Kn Sector Size (Bytes per Sector)	4096	4096, 4160, 4224
Limited Warranty (years)	5	5
Performance		
Spindle Speed (RPM)	7200	7200
Interface Access Speed (Gb/s)	6.0, 3.0	12.0, 6.0, 3.0
Max. Sustained Transfer Rate OD (MB/s, MB/s)	Up to 261, 249	Up to 261, 249
Random Read/Write 4K QD16 WCD (IOPS)	170/400	170/400
Interface Ports	Single	Dual
Rotational Vibration @ 1500Hz (rad/s²)	12.5	12.5
Power Consumption		
Idle A (W) Average	5.0W	5.5W
Average Latency (ms)	4.16	4.16
Operating Power	7.8	9.3
Power Supply Requirements	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V
Environmental		
Temperature, Operating (°C)	5°C – 60°C	5°C – 60°C
Vibration, Nonoperating: 10Hz to 500Hz (Gms)	2.27	2.27
Physical		
Height (mm/in, max)	26.11mm/1.028in	26.11mm/1.028in
Width (mm/in, max)	101.60mm/4.0in	101.60mm/4.0in
Depth (mm/in, max)	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in
Weight (g/lb)	650g/1.433lb	650g/1.433lb
Carton Unit Quantity	20	20
Cartons per Pallet / Cartons per Layer	40 / 8	40 / 8

ภาพที่ ก.2 รายละเอียดทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (ฮีเลียม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Enterprise Capacity 3.5 HDD

Data Sheet

Capacity-Optimized Enterprise Hard Drive for Bulk-Data Applications

- 1TB to 8TB¹, 3.5-inch enterprise drive with industry-leading conventional magnetic recording (CMR) technology
- Advanced Write Caching feature enables up to 100% performance improvement in random writes over last-generation drive
- 12Gb/s SAS and SATA 6Gb/s interfaces in industry-standard formats (512n, 512e and 4Kn) for easy integration into replicated and RAID multi-drive storage servers and systems
- State-of-the-art cache, on-the-fly error-correction algorithms, super parity and end-to-end SAS-based data integrity for accurate data storage
- Industry-leading rotational vibration design helps ensure consistent performance in dense multi-drive systems
- Engineered for 24x7 workloads of 550TB/yr
- Robust performance with dual processors, ramp load technology, top-cover-attached motor and humidity sensor for optimum performance in all chassis
- On-demand PowerBalance™ feature available for lower power performance in random read/write environments
- Seagate Secure™ Self-Encrypting Drive featuring Instant Secure Erase for cost-saving drive retirement and secure data-at-rest protection
- Seagate SeaTools™ diagnostic software to provide drive self-tests ensuring no unnecessary downtime and maximizing TCO



Best-Fit Applications

- Hyperscale applications/cloud data centers with replicated storage
- Massive scale-out data centers and big data analytics
- High-capacity density RAID storage
- Mainstream enterprise external storage (SAN, NAS, DAS)
- Distributed file systems, including Hadoop and Ceph
- Enterprise backup and restore—D2D, virtual tape

ภาพที่ ก.3 รายละเอียดทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (อากาศ)



Enterprise Capacity 3.5 HDD



Specifications	4Kn SATA			
	8TB	6TB	4TB	2TB
Capacity	8TB	6TB	4TB	2TB
Base Model	ST8000NM0045	ST6000NM0125	ST4000NM0085	ST2000NM0105
PowerBalance™ Model	—	—	—	—
Seagate Secure® Model	ST8000NM0115	ST6000NM0185	ST4000NM0055	—
Seagate Secure SED-FIPS Model	ST8000NM0145	ST6000NM0265	—	—
Special Features				
Protection Information (T10 DIF)	—	—	—	—
Humidity Sensor	Yes	Yes	Yes	Yes
SuperPartly	—	—	—	—
Halogen Free	Yes	Yes	Yes	Yes
PowerChoice™ Technology	Yes	Yes	Yes	Yes
PowerBalance™ Technology	Yes	Yes	Yes	Yes
Cache	256MB	256MB	128MB	128MB
Advanced Write Caching (Internal NOR flash)	Yes	Yes	Yes	Yes
Reliability/Data Integrity				
Vibration, Nonoperating: 10Hz to 500Hz (Gms)	5	5	5	5
MTBF	2,000,000hr	2,000,000hr	2,000,000hr	2,000,000hr
Reliability Rating @ Full 24x7 Operation (AFR)	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%
Nonrecoverable Read Errors per Bits Read, Max	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15
Power-On Hours	8760	8760	8760	8760
Bytes per Sector	4096	4096	4096	4096
Warranty, Limited (years)	5	5	5	5
Performance				
Spin Speed	7200RPM	7200RPM	7200RPM	7200RPM
Interface Access Speed (Gb/s)	6.0, 3.0, 1.5	6.0, 3.0, 1.5	6.0, 3.0, 1.5	6.0, 3.0, 1.5
Max Sustainable Transfer Rate	249MB/s	226MB/s	226MB/s	226MB/s
Average Latency (ms)	4.16	4.16	4.16	4.16
Interface Ports	Single	Single	Single	Single
Rotational Vibration @ 1500Hz (rad/s²)	12.5	12.5	12.5	12.5
Power Consumption				
Idle Average (W)	7.6W	7.25W	5.45W	4.25W
Average Operating Power	11W	8.31W	6.94W	5.9W
Power Supply Requirements	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V
Environmental/Temperature				
Temperature, Operating (°C)	5°C – 60°C	5°C – 60°C	5°C – 60°C	5°C – 60°C
Shock, Operating, 2ms	70/40Gs	70/40Gs	70/40Gs	70/40Gs
Shock, Nonoperating, 1ms/2ms (Gs)	250/150Gs	250/150Gs	250/150Gs	250/150Gs
Physical				
Height (mm/in)	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in
Width (mm/in, max)	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in
Depth (mm/in, max)	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in
Weight (g/lb)	780g/1.72lb	705g/1.55lb	680g/1.5lb	610g/1.34lb
Carton Unit Quantity	20	20	20	20
Cartons per Pallet / Cartons per Layer	40 / 8	40 / 8	40 / 8	40 / 8

ภาพที่ ก.4 รายละเอียดทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (อากาศ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Enterprise Capacity 3.5 HDD



Specifications	4Kn SAS			
	8TB	6TB	4TB	2TB
Capacity	8TB	6TB	4TB	2TB
Base Model	ST8000NM0065	ST6000NM0105	ST4000NM0095	ST2000NM0115
PowerBalance™ Model	—	—	—	—
Seagate Secure® Model	ST8000NM0095	ST6000NM0205	ST4000NM0075	—
Seagate Secure SED-FIPS Model	ST8000NM0125	ST6000NM0255	—	—
Special Features				
Protection Information (T10 DIF)	Yes	Yes	Yes	Yes
Humidity Sensor	Yes	Yes	Yes	Yes
SuperParity	Yes	Yes	Yes	Yes
Halogen Free	Yes	Yes	Yes	Yes
PowerChoice™ Technology	Yes	Yes	Yes	Yes
PowerBalance™ Technology	Yes	Yes	Yes	Yes
Cache	256MB	256MB	128MB	128MB
Advanced Write Caching (Internal NOR flash)	Yes	Yes	Yes	Yes
Reliability/Data Integrity				
Vibration, Nonoperating, 10Hz to 500Hz (Gms)	5	5	5	5
MTBF	2,000,000hr	2,000,000hr	2,000,000hr	2,000,000hr
Reliability Rating @ Full 24x7 Operation (AFR)	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%
Nonrecoverable Read Errors per Bits Read, Max	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15
Power-On Hours	8760	8760	8760	8760
Bytes per Sector	4096, 4160, 4224	4096, 4160, 4224	4096, 4160, 4224	4096, 4160, 4224
Warranty, Limited (years)	5	5	5	5
Performance				
Spin Speed	7200RPM	7200RPM	7200RPM	7200RPM
Interface Access Speed (Gb/s)	12.0, 6.0, 3.0	12.0, 6.0, 3.0	12.0, 6.0, 3.0	12.0, 6.0, 3.0
Max Sustainable Transfer Rate	249MB/s	226MB/s	226MB/s	226MB/s
Average Latency (ms)	4.16	4.16	4.16	4.16
Interface Ports	Dual	Dual	Dual	Dual
Rotational Vibration @ 1500Hz (rad/s²)	12.5	12.5	12.5	12.5
Power Consumption				
Idle Average (W)	8.5W	8.37W	6.52W	4.57W
Average Operating Power	12W	9.2W	7.74W	6.34W
Power Supply Requirements	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V
Environmental/Temperature				
Temperature, Operating (°C)	5°C – 60°C	5°C – 60°C	5°C – 60°C	5°C – 60°C
Shock, Operating, 2ms	70.40Gs	70.40Gs	70.40Gs	70.40Gs
Shock, Nonoperating, 1ms/2ms (Gs)	250/150Gs	250/150Gs	250/150Gs	250/150Gs
Physical				
Height (mm/in)	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in
Width (mm/in, max)	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in
Depth (mm/in, max)	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in
Weight (g/lb)	780g/1.72lb	705g/1.55lb	680g/1.5lb	610g/1.34lb
Carton Unit Quantity	20	20	20	20
Cartons per Pallet / Cartons per Layer	40 / 8	40 / 8	40 / 8	40 / 8

ภาพที่ ก.5 รายละเอียดทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (อากาศ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Enterprise Capacity 3.5 HDD



Specifications	512e SATA			
	8TB	6TB	4TB	2TB
Capacity	8TB	6TB	4TB	2TB
Base Model	ST8000NM0055	ST6000NM0115	ST4000NM0115	ST2000NM0125
PowerBalance™ Model	ST8000NM0165	ST6000NM0215	—	—
Seagate Secure® Model	ST8000NM0105	ST6000NM0175	ST4000NM0245	—
Seagate Secure SED-FIPS Model	ST8000NM0155	ST6000NM0275	ST4000NM0225	—
Special Features				
Protection Information (T10 DIF)	—	—	—	—
Humidity Sensor	Yes	Yes	Yes	Yes
SuperParity	—	—	—	—
Halogen Free	Yes	Yes	Yes	Yes
PowerChoice™ Technology	Yes	Yes	Yes	Yes
PowerBalance™ Technology	Yes	Yes	Yes	Yes
Cache	256MB	256MB	128MB	128MB
Advanced Write Caching (Internal NOR flash)	Yes	Yes	Yes	Yes
Reliability Data Integrity				
Vibration, Nonoperating: 10Hz to 500Hz (Gms)	5	5	5	5
MTBF	2,000,000hr	2,000,000hr	2,000,000hr	2,000,000hr
Reliability Rating @ Full 24*7 Operation (AFR)	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%
Nonrecoverable Read Errors per Bits Read, Max	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15
Power-On Hours	8760	8760	8760	8760
Bytes per Sector	512	512	512	512
Warranty, Limited (years)	5	5	5	5
Performance				
Spin Speed	7200RPM	7200RPM	7200RPM	7200RPM
Interface Access Speed (Gb/s)	6.0, 3.0, 1.5	6.0, 3.0, 1.5	6.0, 3.0, 1.5	6.0, 3.0, 1.5
Max Sustainable Transfer Rate	249MB/s	226MB/s	226MB/s	226MB/s
Average Latency (ms)	4.16	4.16	4.16	4.16
Interface Ports	Single	Single	Single	Single
Rotational Vibration @ 1500Hz (rad/s²)	12.5	12.5	12.5	12.5
Power Consumption				
Idle Average (W)	7.6W	7.25W	5.45W	4.25W
Average Operating Power	11W	8.31W	6.94W	5.9W
Power Supply Requirements	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V
Environmental/Temperature				
Temperature, Operating (°C)	5°C – 60°C	5°C – 60°C	5°C – 60°C	5°C – 60°C
Shock, Operating, 2ms	70/40Gs	70/40Gs	70/40Gs	70/40Gs
Shock, Nonoperating, 1ms/2ms (Gs)	250/150Gs	250/150Gs	250/150Gs	250/150Gs
Physical				
Height (mm/in)	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in
Width (mm/in, max)	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in
Depth (mm/in, max)	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in
Weight (g/lb)	780g/1.72lb	705g/1.55lb	680g/1.50lb	610g/1.34lb
Carton Unit Quantity	20	20	20	20
Cartons per Pallet / Cartons per Layer	40 / 8	40 / 8	40 / 8	40 / 8

ภาพที่ ก.6 รายละเอียดทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (อากาศ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Enterprise Capacity 3.5 HDD



Specifications	512e SAS			
	8TB	6TB	4TB	2TB
Capacity	8TB	6TB	4TB	2TB
Base Model	ST8000NM0075	ST6000NM0095	ST4000NM0125	ST2000NM0135
PowerBalance™ Model	ST8000NM0175	ST6000NM0225	—	—
Seagate Secure® Model	ST8000NM0085	ST6000NM0195	ST4000NM0255	—
Seagate Secure SED-FIPS Model	ST8000NM0135	ST6000NM0285	ST4000NM0235	—
Special Features				
Protection Information (T10 DIF)	Yes	Yes	Yes	Yes
Humidity Sensor	Yes	Yes	Yes	Yes
SuperPartly	Yes	Yes	Yes	Yes
Halogen Free	Yes	Yes	Yes	Yes
PowerChoice™ Technology	Yes	Yes	Yes	Yes
PowerBalance™ Technology	Yes	Yes	Yes	Yes
Cache	256MB	256MB	128MB	128MB
Advanced Write Caching (Internal NOR flash)	Yes	Yes	Yes	Yes
Reliability Data Integrity				
Vibration, Nonoperating: 10Hz to 500Hz (Gms)	5	5	5	5
MTBF	2,000,000hr	2,000,000hr	2,000,000hr	2,000,000hr
Reliability Rating @ Full 24x7 Operation (AFR)	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%
Nonrecoverable Read Errors per Bits Read, Max	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15
Power-On Hours	8760	8760	8760	8760
Bytes per Sector	512,520,528	512,520,528	512,520,528	512,520,528
Warranty, Limited (years)	5	5	5	5
Performance				
Spin Speed	7200RPM	7200RPM	7200RPM	7200RPM
Interface Access Speed (Gb/s)	6.0, 3.0, 1.5	6.0, 3.0, 1.5	6.0, 3.0, 1.5	6.0, 3.0, 1.5
Max Sustainable Transfer Rate	249MB/s	226MB/s	226MB/s	226MB/s
Average Latency (ms)	4.16	4.16	4.16	4.16
Interface Ports	Dual	Dual	Dual	Dual
Rotational Vibration @ 1500Hz (rad/s²)	12.5	12.5	12.5	12.5
Power Consumption				
Idle Average (W)	8.5W	8.37W	6.52W	4.57W
Average Operating Power	12W	9.2W	7.74W	6.34W
Power Supply Requirements	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V
Environmental/Temperature				
Temperature, Operating (°C)	5°C – 60°C	5°C – 60°C	5°C – 60°C	5°C – 60°C
Shock, Operating, 2ms	70/40Gs	70/40Gs	70/40Gs	70/40Gs
Shock, Nonoperating, 1ms/2ms (Gs)	250/150Gs	250/150Gs	250/150Gs	250/150Gs
Physical				
Height (mm/in)	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in
Width (mm/in, max)	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in
Depth (mm/in, max)	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in
Weight (g/lb)	780g/1.72lb	705g/1.55lb	680g/1.5lb	610g/1.34lb
Carton Unit Quantity	20	20	20	20
Cartons per Pallet / Cartons per Layer	40 / 8	40 / 8	40 / 8	40 / 8

ภาพที่ ก.7 รายละเอียดทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (อากาศ)



Enterprise Capacity 3.5 HDD



Specifications	512n SATA			
	4TB	3TB	2TB	1TB
Capacity	4TB	3TB	2TB	1TB
Base Model	ST4000NM0035	ST3000NM0005	ST2000NM0055	ST1000NM0055
PowerBalance™ Model	—	—	—	—
Seagate Secure® Model	ST4000NM0045	ST3000NM0015	ST2000NM0065	ST1000NM0065
Seagate Secure SED-FIPS Model	ST4000NM0105	ST3000NM0055	—	—
Special Features				
Protection Information (T10 DIF)	—	—	—	—
Humidity Sensor	Yes	Yes	Yes	Yes
SuperPartly	Yes	Yes	Yes	Yes
Halogen Free	Yes	Yes	Yes	Yes
PowerChoice™ Technology	Yes	Yes	Yes	Yes
PowerBalance™ Technology	No	No	No	No
Cache	128MB	128MB	128MB	128MB
Advanced Write Caching (internal NOR flash)	No	No	No	No
Reliability Data Integrity				
Vibration, Nonoperating: 10Hz to 500Hz (Grms)	5	5	5	5
MTBF	2,000,000hr	2,000,000hr	2,000,000hr	2,000,000hr
Reliability Rating @ Full 24x7 Operation (AFR)	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%
Nonrecoverable Read Errors per Bits Read, Max	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15
Power-On Hours	8760	8760	8760	8760
Bytes per Sector	512	512	512	512
Warranty, Limited (years)	5	5	5	5
Performance				
Spin Speed	7200RPM	7200RPM	7200RPM	7200RPM
Interface Access Speed (Gb/s)	6.0, 3.0, 1.5	6.0, 3.0, 1.5	6.0, 3.0, 1.5	6.0, 3.0, 1.5
Max Sustainable Transfer Rate	226MB/s	226MB/s	226MB/s	226MB/s
Average Latency (ms)	4.16	4.16	4.16	4.16
Interface Ports	Single	Single	Single	Single
Rotational Vibration @ 1500Hz (rad/s²)	12.5	12.5	12.5	12.5
Power Consumption				
Idle Average (W)	5.45W	5.45W	4.25W	4.25W
Average Operating Power	6.9W	6.9W	5.91W	5.91W
Power Supply Requirements	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V
Environmental/Temperature				
Temperature, Operating (°C)	5°C – 60°C	5°C – 60°C	5°C – 60°C	5°C – 60°C
Shock, Operating, 2ms	70/40Gs	70/40Gs	70/40Gs	70/40Gs
Shock, Nonoperating, 1ms/2ms (Gs)	250/150Gs	250/150Gs	250/150Gs	250/150Gs
Physical				
Height (mm/in)	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in
Width (mm/in, max)	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in
Depth (mm/in, max)	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in
Weight (g/lb)	680g/1.5lb	680g/1.5lb	610g/1.34lb	610g/1.34lb
Carton Unit Quantity	20	20	20	20
Cartons per Pallet / Cartons per Layer	40 / 8	40 / 8	40 / 8	40 / 8

ภาพที่ ก.8 รายละเอียดทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (อากาศ)



Enterprise Capacity 3.5 HDD



Specifications	512n SAS			
	4TB	3TB	2TB	1TB
Capacity	4TB	3TB	2TB	1TB
Base Model	ST4000NM0025	ST3000NM0025	ST2000NM0045	ST1000NM0045
PowerBalance™ Model	—	—	—	—
Seagate Secure® Model	ST4000NM0065	ST3000NM0035	ST2000NM0085	ST1000NM0075
Seagate Secure SED-FIPS Model	ST4000NM0135	ST3000NM0045	—	—
Special Features				
Protection Information (T10 DIF)	Yes	Yes	Yes	Yes
Humidity Sensor	Yes	Yes	Yes	Yes
SuperPartly	Yes	Yes	Yes	Yes
Halogen Free	Yes	Yes	Yes	Yes
PowerChoice™ Technology	Yes	Yes	Yes	Yes
PowerBalance™ Technology	No	No	No	No
Cache	128MB	128MB	128MB	128MB
Advanced Write Caching (Internal NOR flash)	No	No	No	No
Reliability Data Integrity				
Vibration, Nonoperating: 10Hz to 500Hz (Gms)	5	5	5	5
MTBF	2,000,000hr	2,000,000hr	2,000,000hr	2,000,000hr
Reliability Rating @ Full 24x7 Operation (AFR)	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%
Nonrecoverable Read Errors per Bits Read, Max	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15	1 sector per 10E15
Power-On Hours	8760	8760	8760	8760
Bytes per Sector	512	512	512	512
Warranty, Limited (years)	5	5	5	5
Performance				
Spin Speed	7200RPM	7200RPM	7200RPM	7200RPM
Interface Access Speed (Gb/s)	12.0, 6.0, 3.0	12.0, 6.0, 3.0	12.0, 6.0, 3.0	12.0, 6.0, 3.0
Max Sustainable Transfer Rate	215MB/s	215MB/s	215MB/s	215MB/s
Average Latency (ms)	4.16	4.16	4.16	4.16
Interface Ports	Dual	Dual	Dual	Dual
Rotational Vibration @ 1500Hz (rad/s ²)	12.5	12.5	12.5	12.5
Power Consumption				
Idle Average (W)	6.52W	6.52W	4.75W	4.75W
Average Operating Power	7.74W	7.74W	6.3W	6.3W
Power Supply Requirements	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V	+12 V and +5 V
Environmental/Temperature				
Temperature, Operating (°C)	5°C – 60°C	5°C – 60°C	5°C – 60°C	5°C – 60°C
Shock, Operating, 2ms	70/40Gs	70/40Gs	70/40Gs	70/40Gs
Shock, Nonoperating, 1ms/2ms (Gs)	250/150Gs	250/150Gs	250/150Gs	250/150Gs
Physical				
Height (mm/in)	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in	26.1mm/1.028in
Width (mm/in, max)	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in	101.85mm/4.010in
Depth (mm/in, max)	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in	147.0mm/5.787in
Weight (g/lb)	680g/1.5lb	680g/1.5lb	610g/1.34lb	610g/1.34lb
Carton Unit Quantity	20	20	20	20
Cartons per Pallet / Cartons per Layer	40 / 8	40 / 8	40 / 8	40 / 8

ภาพที่ ก.9 รายละเอียดทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (อากาศ)

ประวัติผู้เขียน



- ชื่อ-นามสกุล : นายปิยสวัสดิ์ ลิสวัสดิ์ 58010790
- วัน เดือน ปีเกิด : 4 กรกฎาคม 2539
- ภูมิลำเนา : 161/4 ถนนศรีธานี อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา
- อีเมล : 58010790@kmitl.ac.th
- ประวัติการศึกษา : ระดับมัธยมศึกษา
โรงเรียนโนนสูงศรีธานี
: ระดับปริญญาตรี
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า หลักสูตรวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง
- ประวัติการทำงาน : 1 มิถุนายน - 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2561
นักศึกษาสหกิจศึกษา บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด