การปรับปรุงวิธีการทดสอบค่าความจุไฟฟ้าในกระบวนการประกอบชุดหัวเขียน-หัวอ่านข้อมูล

นางสาวพิมพ์มาดา โสภณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการพลังงานและโลจิสติกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2563

IMPROVING METHOD OF CAPACITANCE TESTING IN HEAD STACK ASSEMBLY OPERATION

Phimmada Sophon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the

Degree of Master of Engineering in Energy and Logistics

Management Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2020

การปรับปรุงวิธีการทดสอบค่าความจุไฟฟ้าในกระบวนการประกอบชุดหัวเขียน-หัวอ่านข้อมูล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ. ดร.พรรณวดี จุรีมาศ)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.กัญชลา สุดตาชาติ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.วรรณวนัช บุ่งสุด)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม)

(อ. ดร.สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์)
กรรมการ

(อ. ดร.ประเสริฐ เอ่งฉ้วน)
กรรมการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

พิมพ์มาดา โสภณ : การปรับปรุงวิธีการทดสอบค่าความจุไฟฟ้าในกระบวนการประกอบชุดหัวเขียน-หัวอ่านข้อมูล (IMPROVING METHOD OF CAPACITANCE TESTING IN HEAD STACK ASSEMBLY OPERATION) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัญชลา สุดตาชาติ, 47 หน้า.

เนื่องมาจากปัจจุบันการวัดค่าความจุไฟฟ้าของหัวเขียน-หัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอ่านค่าความจุไฟฟ้าของหัวอ่านพร้อมกันเป็นแบบวงจรขนาน ดังนั้นการอ่านค่าในแต่ละหัวอ่านที่คำนวณค่าได้จึงเป็นค่าเฉลี่ยและไม่สามารถระบุหัวอ่านที่มีความผิดพลาดได้ สิ่งที่อุตสาหกรรมต้องการคือ การปรับปรุงกระบวนการทดสอบทางไฟฟ้าของชุดหัวเขียน-หัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟให้ตรวจสอบค่าความผิดพลาดของแต่ละของหัวอ่านได้ โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องมือวัดค่าความจุไฟฟ้า (ComSAT) ให้สามารถวัดค่าในกระบวนการผลิตได้ ผลการวิจัยพบว่า การใช้เครื่องมือวัดค่าความจุไฟฟ้าในกระบวนการผลิต (Inline ComSAT) สามารถตรวจสอบความผิดพลาดของหัวอ่านได้ถูกต้องเพิ่มขึ้นจาก 30% เป็น 100% ในการทดสอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 18 หัวอ่าน และสามารถนำค่าความจุไฟฟ้าในแต่ละตำแหน่งของหัวอ่าน ไปวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีคุณภาพอย่างต่อเนื่อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

PHIMMADA SOPHON : IMPROVING METHOD OF CAPACITANCE TESTING IN HEAD STACK ASSEMBLY OPERATION. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. KANCHALA SUDTACHAT, Ph.D., 47 PP.

IMPROVING/CAPACITANCE TESTING/HEAD STACK ASSEMBLY

At present the Head Stack Assembly currently measure the capacitance as a parallel circuit. Therefore, the machine reading and calculating the capacitance by each header are averaged. As well as the machine cannot identify the error of reader. One of the industry needs is to improve the electrical testing process of the Head Stack Assembly to capture the defect by each header. This paper has developed a measurement of capacitance that can be applied in the Head Stack Assembly process. The results show that the capacity measurement in the process can detect the error of the reader correctly, from 30% baseline to 100% in the hard disk drive 18 headers product. The capacitance in each header can be analyzed for in-process quality improvement continuously.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Energy Management Engineering

Academic year 2020

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

Co-Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลและกลุ่มบุคคลต่อไปนี้ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณวนัช บุ่งสุด และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญชลา สุดตาชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำแนะนำแนวทางในการทำงานวิจัยตลอดระยะเวลาของการทำงานวิจัย รวมถึงช่วยตรวจสอบความถูกต้องของรายงานวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนทำให้เกิดความสมบูรณ์ถูกต้องครบถ้วน

ขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์ คณะกรรมการสอบที่กรุณาให้คำแนะนำเรื่องทุนการศึกษาในระดับปริญญาโท และคำแนะนำเพื่อนำไปปรับใช้เกี่ยวกับงานวิจัยในด้านวิชาการและด้านการลงปฏิบัติจริงเพื่อได้ข้อมูลที่มีความชัดเจน เพิ่มมากขึ้น

ขอขอบคุณ บริษัท ซีเกตเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด และโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษาในระดับปริญญาโท และได้ให้โอกาสนำเสนองานผลวิจัยที่ต่างประเทศ

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ผู้สอนประจำหลักสูตรวิศวกรรมการจัดการพลังงานและโลจิสติกส์ทุกท่าน ที่เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้จนสามารถนำไปปรับใช้กับงานประจำที่ปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มมากขึ้น และขอบคุณครอบครัว บิดา มารดาที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนการเรียนในครั้งนี้ ทำให้ผู้วิจัยเกิดความสำเร็จในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

พิมพ์มาดา โสภณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
2.1.1 ส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 4
2.1.2 วัสดุเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric material, PZT) 7
2.1.3 วงจรตัวเก็บประจุ 10
2.1.3.1 วงจรตัวเก็บประจุแบบอนุกรม 10
2.1.3.2 วงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน 11
2.1.3.3 วงจรตัวเก็บประจุแบบผสม 11
2.2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13
3 วิธีดำเนินการวิจัย 17
3.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันและเก็บข้อมูล 17
3.2 วิเคราะห์ข้อมูลปัจจุบันเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการทำงาน 20
3.2.1 กระบวนการผลิตและทดสอบในปัจจุบัน (ComSAT) 20
3.3 ออกแบบการทดลอง 21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง....21
3.3.2 กระบวนการผลิตและทดสอบที่จะใช้ในการวิจัย (Inline ComSAT)....24
3.3.3 นำงานที่มีปัญหาไปวิเคราะห์เพิ่มเติม....28
3.4 วิธีการและทฤษฎีที่นำมาใช้ในการทำการทดลอง....29
4 ผลการดำเนินการวิจัยและการอภิปรายผล....32
4.1 สมมติฐานที่ในการศึกษาวิจัย....32
4.2 การทดลองตามที่ได้ออกแบบการทดลองและประเมินผลการทดลอง ตามที่ได้ตั้งสมมติฐาน....33
4.2.1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดหัวอ่าน-เขียนข้อมูล....34
4.2.2 เก็บค่าความจุไฟฟ้าของหัวอ่าน-เขียน (HGA) เพื่อดูการกระจายตัว ของข้อมูล....34
4.3 ผลการดำเนินการวิจัยและการอภิปรายผล....36
4.3.1 ผลการทดลองโดยการวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบใหม่ (Inline ComSAT)....36
4.3.2 ผลการทดลองโดยการวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบเดิม (ComSAT)....37
4.4 ผลการทดลองโดยการเพิ่มจำนวนชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ทดสอบเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT)....39
4.5 การติดตั้งเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) และเก็บรวบรวม ผลการทดลอง....41
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ....43
5.1 สรุปผลการวิจัย....43
5.2 ข้อเสนอแนะ....44
รายการอ้างอิง....45
ประวัติผู้เขียน....47

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ตัวอย่างค่าความจุไฟฟ้าเมื่อมีความผิดปรกติ 1 หัวอ่านเทียบกันเมื่อมีชุดหัวอ่านเพิ่มขึ้นในแต่ละลักษณะของหัวอ่าน 34

4.2 ความสามารถในการตรวจจับเมื่อหัวอ่านมีความผิดปรกติ 1 หัวอ่าน 37

4.3 ตัวอย่างข้อมูลดิบของ 1 HSA จากการวัดทั้งหมด 128 HAS การวัดค่าความจุไฟฟ้าเปรียบเทียบเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) และแบบเก่า (ComSAT) 38

4.4 ความสามารถในการตรวจจับของเสียเปรียบเทียบเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) และแบบเก่า (ComSAT) 39

4.5 การเพิ่มจำนวนการทดสอบด้วย Inline ComSAT 39

4.6 ตัวอย่างข้อมูลดิบการวัดค่าความจุไฟฟ้าจาก Inline ComSAT ของ 1 HSA จากการวัดทั้งหมด 35446 HAS 40

4.7 ของเสียที่เกิดจาก PZT ที่กระบวนการทดสอบฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟ (Drive test) 42

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 5
2.2 ส่วนประกอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 6
2.3 กระบวนการผลิตและการทดสอบค่าความจุไฟฟ้าแบบปัจจุบันด้วยการวัดค่าความจุไฟฟ้าเมื่อผ่านกระบวนการผลิตแล้ว 6
2.4 ส่วนประกอบวัสดุเพียโซอิเล็กทริกและการทำงานของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก 8
2.5 ตัวเก็บประจุไฟฟ้าต่อในรูปแบบวงจรอนุกรม 10
2.6 ตัวเก็บประจุไฟฟ้าต่อในรูปแบบวงจรขนาน 11
2.7 ตัวเก็บประจุไฟฟ้าต่อในรูปแบบวงจรผสม 12
2.8 การต่อตัวเก็บประจุแบบขนานและการคำนวณค่าความจุไฟฟ้าของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 12
3.1 กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 18
3.2 กระบวนการผลิตและการทดสอบค่าความจุไฟฟ้าแบบปัจจุบันโดยวัดค่าความจุไฟฟ้าเมื่อผ่านกระบวนการผลิตแล้ว 21
3.3 เครื่องประกอบเอชจีเอเข้ากับแขนหัวอ่าน 22
3.4 เครื่องประกอบวงจรของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟ 22
3.5 การวัดค่าความจุไฟฟ้าของตัวงานโดยเครื่องมือวัดแบบเดิม (ComSAT) 23
3.6 หน้าจอแสดงผลของเครื่องมือวัดแบบเก่า (ComSAT) 23
3.7 การวัดค่าความจุไฟฟ้าของตัวงานโดยเครื่องมือวัดแบบเดิม (ComSAT) 24
3.8 กระบวนการวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบปรับปรุงใหม่เพิ่ม Inline ComSAT ในกระบวนการผลิต 25
3.9 เปรียบเทียบเวลาระหว่างเครื่องวัดแบบเก่า (ComSAT) และเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) 26
3.10 แผนการติดตั้งเครื่องมือวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบใหม่ Inline ComSAT แบบละเอียด 26
3.11 กระบวนการผลิตและทดสอบที่จะใช้ในการวิจัย (Inline ComSAT) 27
3.12 เครื่อง Inline ComSAT ที่ปรับปรุงเข้าไปในกระบวนการผลิต 28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.13 ตัวงานที่ไม่ผ่านเงื่อนไขตำแหน่ง HD06-07 = 1 HAS 29
3.14 ตัวงานที่ไม่ผ่านเงื่อนไขตำแหน่ง HD08-09 = 1 HAS 29
3.15 เครื่องมือวัดแบบเดิม (ComSAT) วัดค่าความจุไฟฟ้าแบบหัวทุกหัวอ่าน 30
3.16 เครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) วัดค่าความจุไฟฟ้าครั้งละ 2 หัวอ่าน 31
4.1 กราฟตัวอย่างค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดหัวอ่าน-เขียนข้อมูล 34
4.2 กราฟชุดหัวอ่าน-เขียนข้อมูลแบบ 18 หัวอ่านสามารถดักของเสียโดยคิดเป็น เปอร์เซ็นต์ได้ 30% 35
4.3 กราฟชุดหัวอ่าน-เขียนข้อมูลแบบ 14 หัวอ่านสามารถดักของเสียโดยคิดเป็น เปอร์เซ็นต์ได้ 43% 35
4.4 กราฟชุดหัวอ่าน-เขียนข้อมูลแบบ 2 หัวอ่านสามารถดักของเสียโดยคิดเป็น เปอร์เซ็นต์ได้ 100% 36
4.5 การวัดค่าความจุไฟฟ้าโดยวัดในกระบวนการผลิตสามารถตรวจจับของเสียได้ ถูกต้องและยังสามารถระบุตำแหน่งของชุดหัวอ่านที่มีปัญหาได้ 37
4.6 กราฟแสดงการวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบเดิม ซึ่งไม่สามารถแยกงานที่มีปัญหา ออกจากงานปกติ 38
4.7 กราฟแสดงการวัดแบบ Inline ComSAT 40
4.8 การติดตั้งเครื่องมือวัดแบบใหม่และเก็บรวบรวมผลการทดลอง 42

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย

ฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk) คือ ส่วนประกอบชิ้นสำคัญของคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลทุกอย่างของคอมพิวเตอร์ไว้ทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับระบบปฏิบัติการ สื่อสารสนเทศ แอนตี้ไวรัส โปรแกรมต่าง ๆ เพราะหมายถึงข้อมูลทั้งหมดที่ถูกเก็บบันทึกไว้ในคอมพิวเตอร์ มีโอกาสที่จะสูญหายไปโดยไม่สามารถเก็บกู้คืนมาได้ ปัจจุบันเทคโนโลยีในการจัดเก็บข้อมูลที่กว้างขวางโดยใช้ระบบคลาวด์ที่เรียกว่า “การจัดเก็บข้อมูลบนคลาวด์ (Cloud)” เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยม อย่างไรก็ตามที่เก็บข้อมูลบนคลาวด์เกี่ยวข้องกับการเก็บข้อมูลบนฮาร์ดแวร์ในตำแหน่งทางกายภาพระยะไกล ซึ่งสามารถเข้าถึงได้จากอุปกรณ์ใดก็ได้โดยใช้อินเทอร์เน็ต ดังนั้นการปรับปรุงเทคโนโลยีการจัดเก็บข้อมูลจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์

หลักการทำงานของฮาร์ดดิสก์ คือ การใช้สารแม่เหล็กบันทึกข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ลงไปบนจานโลหะที่เคลือบด้วยสารแม่เหล็ก ซึ่งจะมีการหมุนอย่างรวดเร็วเมื่อทำงานส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ที่สำคัญ คือ ชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ มีหน้าที่อ่านเขียนข้อมูลเมื่อประกอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลงไปที่ไดร์ฟ จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปที่ไดร์ฟ เพื่อให้ชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทำงาน จึงเกิดสนามแม่เหล็กบริเวณขดลวดทำให้ชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหมุนทำให้หัวอ่านสามารถอ่าน-เขียนข้อมูลได้ ในส่วนของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ใช้วัสดุวัสดุเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric material, PZT) ทำหน้าที่เสมือนตัวเก็บประจุ โดยการประกอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เริ่มจากการนำหัวอ่าน (Slider) มาประกอบที่แขนจับ (Suspension) มี PZT เป็นส่วนประกอบของแขนจับ จะได้ตัวงานหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (HGA) แล้วจึงนำ HGA ไปประกอบกับแขนจับ (Arm) จะได้ชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (HSA) โดย PZT เป็นหัวใจสำคัญในการอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งหน้าที่สำคัญของ PZT คือ ทำหน้าที่ปรับตำแหน่งของหัวอ่านและเขียนข้อมูลให้ตรงกับตำแหน่งของช่องเก็บข้อมูล (Track) ในแผ่นดิสก์ (Media) โดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าทำให้เกิดการยืดและหดตัวของแผ่น PZT ในการปรับตำแหน่งของหัวบันทึกการอ่านและเขียนข้อมูล ปัจจุบันเครื่องทดสอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่สามารถตรวจจับจำนวนงานที่มีปัญหาในกระบวนการผลิตชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และจากงานวิจัยก่อนหน้าได้นำเสนอการวัดค่า

ความจุไฟฟ้าโดยใช้วิธีการต่าง ๆ (Veenadhar Katragadda, 2019; Tushar Tyagi, 2020) แต่เนื่องจากการวัดค่าของเครื่องวัดอ่านค่าความจุไฟฟ้าของหัวอ่านและเขียนข้อมูลหลายตัวพร้อมกันเป็นแบบวงจรขนาน การอ่านค่าในแต่ละหัวอ่านของหัวอ่านและเขียนข้อมูลจึงคำนวนค่าได้เป็นค่าเฉลี่ย ซึ่งค่าเฉลี่ยทำให้ไม่สามารถระบุเฉพาะหัวอ่านที่มีปัญหาจริงได้ โดยหัวอ่านที่มีปัญหาเกี่ยวกับ PZT `จะมีการแตกและรอยแตกร้าวมีเส้นบางเกินกว่าจะมองเห็นได้ โดยค่าความจุไฟฟ้าของ PZT ในผลิตภัณฑ์ชิ้นนี้มีค่าเท่ากับ 860-1420 pF เนื่องจากเป็นค่าความจุไฟฟ้ารวม และไม่สามารถระบุหัวอ่านและเขียนข้อมูลที่มีความผิดพลาดได้ สิ่งที่อุตสาหกรรมต้องการคือการปรับปรุงกระบวนการทดสอบทางไฟฟ้าของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟให้ตรวจสอบค่าความผิดพลาดของแต่ละของหัวอ่านและเขียนข้อมูลได้ จึงต้องมีการศึกษาทดลองวิธีการวัดของค่าความจุไฟฟ้าแบบใหม่ที่ทำให้รู้ค่าความจุไฟฟ้าจริงในแต่ละหัวบันทึกการอ่านและเขียนข้อมูล และระบุได้ชัดเจนว่าความผิดพลาดของหัวบันทึกการอ่านและเขียนข้อมูลใดที่มีปัญหา ซึ่งผลกระทบที่เป็นไปได้จากการค้นคว้างานวิจัยก่อนหน้า (Wakil Syed Ahmad และคณะ, 2014) เกี่ยวกับคุณลักษณะที่ทำให้เกิดของเสียมาจากหลายสาเหตุ เช่น การเชื่อมตัวของวงจรเกิดการเสื่อมสภาพจากการโดนทำลายโดยสิ่งรบกวนหรือสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น สารเคมี และเครื่องจักรกล อีกทั้งกระบวนการออกแบบ, การสัมผัสตัวงานของผู้ประกอบชิ้นงาน และความไม่สมบูรณ์ทางไฟฟ้าและความไม่ต่อเนื่องของการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า ก็สามารถทำให้เกิดปัญหาต่อตัวงานได้เช่นกัน

จากการศึกษางานวิจัยของ M.C. Liao และคณะ (2014) กล่าวถึงการวัดค่าความเครียดแบบในกระบวนการผลิตและขั้นตอนกระบวนการเชื่อมวงจร (Reflow) แต่ยังไม่มีงานวิจัยที่กล่าวถึงการวัดค่าความจุไฟฟ้าระหว่างกระบวนการเชื่อมจงจร (Reflow) งานวิจัยนี้จึงนำวิธีการวัดแบบเรียลไทม์มาปรับปรุง เพื่อวัดความจุไฟฟ้าหลังจากการเชื่อมวงจร โดยรูปแบบของการเชื่อมวงจรจะมีลักษณะเป็นคู่ การประกอบหัวอ่านจึงเป็นคู่ ๆ เช่น เริ่มด้วยการเชื่อมวงจรหัวอ่าน HD0/H1 แล้ววัดค่าความจุไฟฟ้า ตามด้วยหัวอ่าน HD2/HD3 แล้ววัดค่าความจุไฟฟ้า ไปเรื่อยๆจนครบทั้ง 18 หัวอ่าน

สิ่งที่อุตสาหกรรมต้องการ คือ การพิจารณาประสิทธิภาพของหัวอ่านสามารถวัดประสิทธิภาพของหัวอ่านได้ โดยเครื่องวัดค่าทางไฟฟ้ามีพารามิเตอร์ในการวัดประสิทธิภาพของหัวอ่านได้แก่ การวัดค่าความจุไฟฟ้า และความต้านทานของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยการปรับปรุงกระบวนการทดสอบทางไฟฟ้าของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะทำการปรับปรุงการตรวจจับค่าความจุไฟฟ้าให้ตรวจสอบค่าความผิดพลาดของแต่ละของหัวอ่านได้ โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนาการวัดค่าความจุไฟฟ้าให้สามารถวัดค่าในกระบวนการผลิตได้ ซึ่งจะเรียกเครื่องนี้ว่า “Inline ComSAT” โดยวัดค่าหัวอ่านทีละสองหัวอ่าน ไปเรื่อย ๆ จนครบทั้ง 18 หัวอ่าน แล้วนำตัวงานกลุ่มเดิมไปวัดค่าความจุไฟฟ้าที่เครื่องทดสอบทางไฟฟ้าแบบเดิมหรือเรียกว่า

“เครื่อง ComSAT” ผลการวิจัยพบว่า เครื่อง Inline ComSAT จะปฏิเสธหัวอ่านคู่ที่มีปัญหาไม่ให้ไปยังกระบวนการถัดไป แต่เมื่อเอาตัวงานกลุ่มเดิมที่ประกอบเสร็จแล้วทุกหัวอ่านไปวัดค่าความจุไฟฟ้าเทียบกับเครื่องเดิม (ComSAT) ทำให้เห็นว่าตัวงานทุกตัวที่ผ่านเครื่อง ComSAT ผ่านมาตรฐานของเครื่องมือวัดและสามารถส่งต่อไปยังกระบวนการประกอบไดร์ฟได้ ซึ่งงานดังกล่าวเมื่อประกอบเป็นไดร์ฟและถูกทดสอบพบว่า มีตัวงานไม่ผ่านกระบวนการทดสอบที่ไดร์ฟและต้องส่งงานกลับมาเปลี่ยนหัวอ่านใหม่อีกครั้ง งานวิจัยเรื่องเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) เป็นประโยชน์ต่อุตสาหกรรม ในด้านการดักของเสียได้เร็วขึ้น สามารถดักของเสียไว้ได้ตั้งแต่ต้นกระบวนการผลิต ลดเงินที่ใช้ในการขนส่งงานกลับมาแก้ไข ลดเวลาในการทดสอบตัวงานที่ไม่ได้คุณภาพ กระบวนการผลิตและการทดสอบค่าความจุไฟฟ้าแบบปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ก่อนนำไปประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

1.2.2 เพื่อนำวิธีการปรับปรุงการตรวจสอบคุณภาพของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปช่วยพัฒนาและช่วยลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาคุณสมบัติและปรับปรุงกระบวนการทดสอบการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าในกระบวนการผลิตชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตัวแปรที่จะศึกษาคือ ค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance)

1.3.2 ศึกษาและเปรียบเทียบการวัดค่าความจุไฟฟ้าของผลิตภัณฑ์ บริษัท ซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด 1 ผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่เลือกมีหน่วยความจุ 14 เทระไบต์ (14 Terabyte, 14 TB, 18 HD)

บทที่ 2
ปริทรรศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เมื่อประกอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเสร็จ ตัวงานจะถูกนำมาทดสอบค่าทางไฟฟ้าของตัวงานโดยเครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า (ComSAT) วัดค่าของตัวงานโดยต่อ PCCA ของตัวงานเข้ากับแผ่นวงจรไฟฟ้า PCB จ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อทดสอบงาน การทดสอบประกอบด้วยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น การทดสอบความต้านทานของขดลวด, ความต้านทานของอุปกรณ์แปลงสัญญาณของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ, ความต้านทานของหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ รวมไปถึงความจุไฟฟ้าของชุดหัว-อ่านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เป็นต้น

ในงานวิจัยเลือกศึกษาพารามิเตอร์การวัดค่าความจุไฟฟ้าของของชุดหัว-อ่านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหรือค่าของ PZT โดยค่าคุณสมบัติของ PZT มีค่าความแตกต่างกันในแต่ละพารามิเตอร์ เนื่องจากปัจจุบันการวัดค่าความจุไฟฟ้าของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ วัดค่าความจุไฟฟ้าหลังจากกระบวนการผลิตชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เมื่องานทั้งตัวประกอบทุกหัวอ่านเข้าด้วยกันจะอยู่ในรูปแบบขนาน ค่าความจุไฟฟ้าที่ได้จึงเป็นผลรวมของทุกหัวอ่าน เครื่องวัดค่าความจุไฟฟ้าจะอ่านค่าความจุไฟฟ้าเป็นค่าผลรวมของความจุไฟฟ้าทุกหัวอ่านแล้วนำมาหารจำนวนหัวอ่าน ผลที่ได้จากการคำนวณค่าได้จึงเป็นค่าเฉลี่ย และไม่สามารถระบุหัวอ่านที่มีความผิดพลาดได้

ซึ่งอุตสาหกรรมต้องการ คือ การปรับปรุงกระบวนการทดสอบทางไฟฟ้าของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ให้ตรวจสอบค่าความผิดพลาดของแต่ละของหัวอ่านได้ สามารถดักจับปัญหาได้ไม่หลุดไปยังกระบวนการถัดไป โดยวิธีการวัดค่าที่ใช้ในกระบวนการวิจัยเป็นการวัดค่าความจุไฟฟ้าในกระบวนการผลิต หลังจากการเชื่อมต่อวงจรที่ละคู่หัวอ่าน เครื่องวัดค่าความจุไฟฟ้าจะทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าของคู่หัวอ่าน โดยใช้หลักการกำหนดค่าของทฤษฎีทางสถิติเพื่อตรวจจับปัญหา และกำหนดมาตรฐานของตัวงาน ทำให้สามารถตรวจจับปัญหาของงานได้เร็วขึ้น ระบุปัญหาได้ชัดเจนและเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรม

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Hard disk drive) เป็นอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลประกอบด้วยองค์ประกอบสามส่วนหลัก ได้แก่ หัวเขียน หัวอ่าน และแผ่นบันทึกข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยใช้การเขียนอ่านข้อมูล ซึ่งที่หัวอ่านและเขียนเป็นโครงสร้างวัสดุเหล็กโดยแม่เหล็กจะลอยเหนือ

แผ่นแพลตเตอร์ทั้งสองด้าน การทำงานจะอาศัยการส่งกระแสไฟฟ้าเพื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก โดยที่หัวอ่านและเขียน จะไม่มีโอกาสสัมผัสกับผิวของแพลตเตอร์แต่อย่างใด เพื่อป้องกันการกระทบกับผิวของแพลตเตอร์ ซึ่งจะทำให้ข้อมูลบนแผ่นเสียหายได้

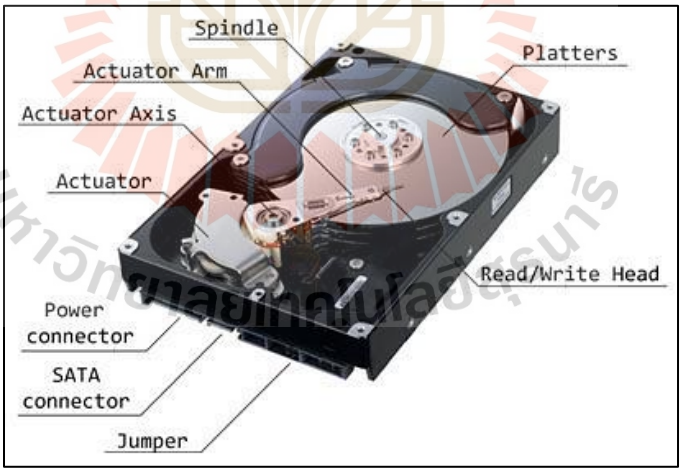
1) หัวอ่าน (Head) เป็นส่วนหนึ่งของชุดประกอบหัวอ่าน มีหน้าที่ในการอ่านหรือเขียนข้อมูลลงบนแผ่นดิสก์ โดยการรับคำสั่งจากตัวคอนโทรลเลอร์ก่อให้เกิดความเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล

2) ชุดประกอบหัวอ่าน (Actuator arm) มีลักษณะเป็นแท่งเหล็กยาว รับคำสั่งจากวงจรให้ทำหน้าที่เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ เพื่อทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลลงบนดิสก์ โดยทำงานร่วมกับหัวอ่าน

3) จานแม่เหล็ก (Platter) มีลักษณะเป็นจานกลม เคลือบด้วยสารแม่เหล็กวางซ้อนกันหลายชั้นขึ้นอยู่กับความจุข้อมูล โดยข้อมูลถูกบันทึกในลักษณะเลข 0 และ 1 แผ่นแม่เหล็กนั้นจะติดกับมอเตอร์สำหรับหมุน (Spindle motor) สามารถเก็บข้อมูลได้ทั้ง 2 ด้าน

4) มอเตอร์หมุนแผ่นแม่เหล็ก (Spindle motor) เป็นตัวควบคุมจานแม่เหล็กให้หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการบันทึก หรือแก้ไขข้อมูล

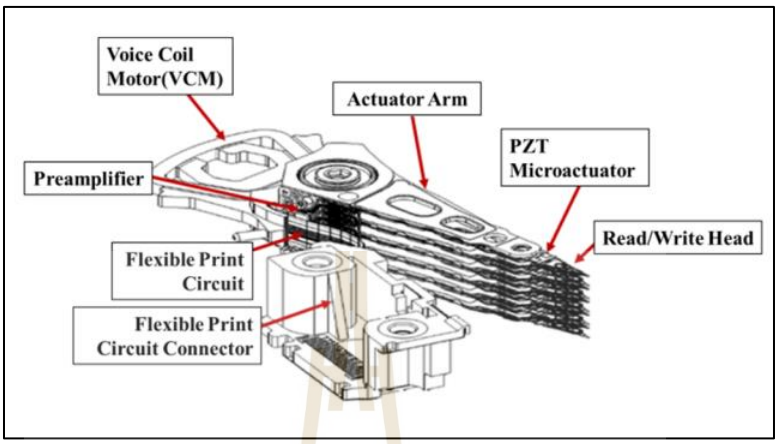
5) แผงวงจร (Circuit board) เป็นจุดศูนย์กลางควบคุมการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

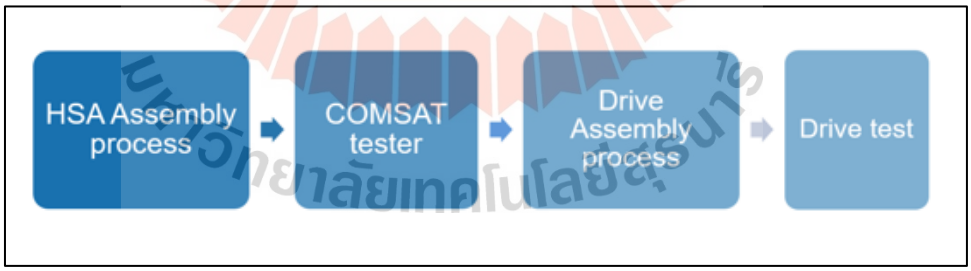
ชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Head stack assembly, HSA) ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนหัวบันทึกการอ่าน (Slider) และเขียนข้อมูลมีลักษณะเป็นสีดำ ซึ่งประกอบไป

ด้วยวงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่อ่าน-เขียนข้อมูลจากแผ่นแม่เหล็ก และส่วนแขนจับ (Suspension) เป็นชิ้นส่วนที่ทำการเชื่อมต่อกับส่วนหัวบันทึก ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (เอกชัย ไผ่แก้ว และคณะ, 2016)

กระบวนการประกอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Head stack assembly, HSA) มีกระบวนการประกอบดังรูปที่ 2.3 เมื่อประกอบเสร็จแล้วจึงนำตัวงานเข้าไปทดสอบทางไฟฟ้าด้วยเครื่องทดสอบไฟฟ้า (ComSAT)



รูปที่ 2.3 กระบวนการผลิตและการทดสอบค่าความจุไฟฟ้าแบบปัจจุบันด้วยการวัดค่าความจุไฟฟ้าเมื่อผ่านกระบวนการผลิตแล้ว

โดยเครื่องทดสอบค่าทางไฟฟ้าในปัจจุบัน (ComSAT) จะมีการทดสอบค่าทางไฟฟ้าของกระบวนการประกอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Head stack assembly, HSA) โดยวัดค่าทางไฟฟ้า ได้แก่

1) แสดงผลของการวัดค่าแรงดันที่จ่ายให้กับ Preamp ของตัวงาน (Common collector voltage) และอ่านค่า Preamp ที่อยู่ในรูปชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Preamp vendor ID)

2) แสดงผลของการวัดค่าความต้านทานของขดลวดของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (VCM Resistance) และวัดค่าความต้านทานของขดลวดของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเทียบกับกราวด์ (VCM Isolation)

3) แสดงผลการวัดค่าความจุไฟฟ้าของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (PZT Capacitance)

4) แสดงผลการวัดค่าความชื้นของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Humidity)

5) แสดงผลการวัดค่าความต้านทานของหัวอ่าน-เขียนในรูปชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Head element)

การวัดค่าทางไฟฟ้าที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการทดสอบทางไฟฟ้าของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยงานวิจัยได้ทำการเลือกพารามิเตอร์เพื่อศึกษาและทำการพัฒนาการวัดค่าความจุไฟฟ้าให้มีความแม่นยำมากขึ้น สามารตรวจจับปัญหาของชิ้นงานไม่ให้หลุดไปยังกระบวนการถัดไป

2.1.2 วัสดุเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric material, PZT)

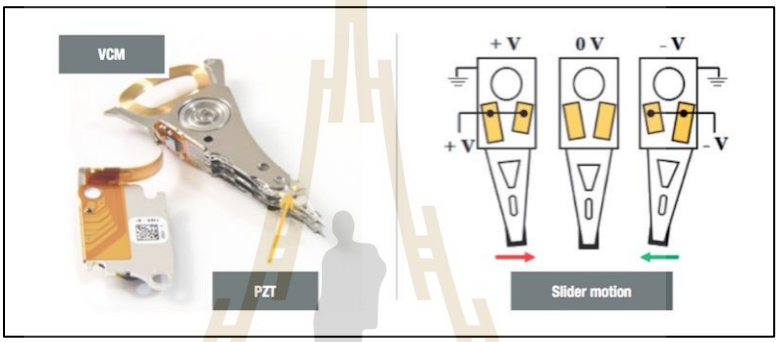
โดยในส่วนของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ใช้วัสดุวัสดุเพียโซอิเล็กทริกทำหน้าที่เสมือนตัวเก็บประจุเป็นหัวใจสำคัญในการอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งหน้าที่หลักและปัญหาที่ก่อให้เกิดความเสียหาย

เพียโซอิเล็กทริกจะเกิดขึ้นในวัสดุที่มีสภาพเป็นขั้วทางไฟฟ้าเท่านั้น ซึ่งพบทั้งในธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ โดยวัสดุที่พบในธรรมชาติ ได้แก่ แร่ควอร์ทซ์ แร่ทัวร์มารีน ส่วนวัสดุสังเคราะห์ ได้แก่ เลดเซอร์โคเนียมไททาเนต (Lead titanate zirconate) ซึ่งนิยมเรียกว่า “PZT เลดไททาเนต เซอร์โคเนต (Lead titanate zirconate)” และแบเรียมไททาเนต (Barium titanate)

วัสดุเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric material) เป็นเซรามิกประเภทหนึ่งที่มีสมบัติพิเศษ กล่าวคือ เมื่อได้รับแรงกล (Mechanical force) จะให้แรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่เรียกว่า “ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric effect)” ในทางกลับกันเมื่อวัสดุได้รับแรงดันไฟฟ้าจะทำให้มีการเปลี่ยนรูปร่าง (Deformation) เกิดแรงกลซึ่งเรียกว่า “ปรากฏการณ์อินเวอร์สเพียโซ-อิเล็กทริก (Inverse piezoelectric effect)” การเปลี่ยนไปมาระหว่างพลังงานกลและพลังงานไฟฟ้าสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ การทำงานของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกหรือ PZT เมื่อป้อนแรงดันจากภายนอกจะทำให้โครงสร้างผลึกเกิดการเปลี่ยนแปลงมีการยืดและหดตัวภายในโครงสร้างผลึกใช้สำหรับการปรับตำแหน่งหัวอ่านให้สามารถขยับซ้ายและขวาได้ เพื่อความแม่นยำในการอ่านเขียนข้อมูลบนช่องเก็บข้อมูล (Track)

ข้างเคียงเปรียบเสมือนการเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ในทางกลับกันเมื่อให้พลังงานไฟฟ้าแก่วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นเพียโซอิเล็กทริกวัสดุนั้นก็จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้เช่นกัน แสดงดังรูปที่ 2.4

ในภาคอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟชิ้นส่วนแขนจับนั้นจะประกอบด้วยวัสดุเพียโซอิเล็กทริก (PZT) มีหน้าที่ คือ ทำหน้าที่ปรับตำแหน่งของหัวอ่านและเขียนข้อมูลให้ตรงกับตำแหน่งของช่องเก็บข้อมูลในแผ่นดิสก์ โดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าทำให้เกิดการยืดและหดตัวของแผ่น PZT ในการปรับตำแหน่งของหัวบันทึกการอ่านและเขียนข้อมูล (จุฑามนี อุ๋ยสกุล, 2012)



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบวัสดุเพียโซอิเล็กทริกและการทำงานของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก

เมื่อประกอบเป็นชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจึงต้องมีกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของ PZT เพื่อป้องกันของเสียหลุดไปยังกระบวนการถัดไป โดยของเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เกิดขึ้นจาก PZT คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.8% ต่อหนึ่งผลิตภัณฑ์ สามารถคิดเป็นมูลค่าความเสียหายทางเศรษฐศาสตร์ได้เท่ากับ 4,480,000 บาทต่อปี ซึ่งเป้าหมายที่ภาคอุตสาหกรรมต้องการคือให้ลดของเสียจาก PZT ไม่ให้หลุดไปยังกระบวนการถัดไปลงให้ได้ถึง 0.4% หรือเท่ากับ 2,240,000 บาทต่อปี สาเหตุและผลกระทบที่เป็นไปได้จากการค้นคว้างานวิจัยก่อนหน้า (Wakil Syed Ahmad และคณะ, 2014) เกี่ยวกับคุณลักษณะที่ทำให้เกิดของเสียมาจากหลายสาเหตุ เช่น

1) การเชื่อมตัวของวงจรเกิดการเสื่อมสภาพจากการโดนทำลาย โดยสิ่งรบกวนหรือสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ, ความชื้น, สารเคมี และเครื่องจักรกล เป็นต้น

2) กระบวนการออกแบบ

3) การสัมผัสตัวงานของผู้ประกอบชิ้นงาน

4) ความไม่สมบูรณ์ทางไฟฟ้าและความไม่ต่อเนื่องของการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า

จากการศึกษาที่ผ่านมาของการจำลองการออกแบบและการทดสอบความล้าจริงของชุดประกอบ PZT ที่ได้รับการป้องกัน PZT ได้รับความเสียหาย โดยการป้องกันมาจากการออกแบบการห่อหุ้มใหม่จำลองผลของความเค้นต่อชั้นป้องกันโพลีเอทิลีน (PE) ผลการทดสอบสามารถป้องกัน PZT ที่ได้รับแรงมาก ๆ เกิดความเสียหายได้ (วรวุธ มากเจริญ และคณะ, 2019)

โดยการทดสอบความเสียหายในปัจจุบันของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก (PZT) ที่ได้ศึกษามาจากงานวิจัยก่อนหน้ามีหลากหลายวิธีที่ได้ กล่าวถึงคือ การนำชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (HSA) ไปทดสอบโดยการจ่ายกระแสเข้าไปเพื่อวัดการสั่นสะเทือนของตัวงาน (Stroke test) ตรวจสอบสัญญาณและความเสียหายบนตัวงาน PZT โดยจ่ายสัญญาณเข้าไปที่ PZT แล้วสร้างกราฟสัญญาณออกมาเพื่อตรวจจับความผิดปกติบนตัวงาน การวัดการตอบสนองความถี่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพตัวงานได้ชัดเจน (Toshiki Hirano และ Henry Yang, 2005)

Yung-Ping Yeh และคณะ (2000) ได้พัฒนาและตรวจจับโดยมีอุณหภูมิเป็นตัวแปรโดยวัดที่อุณหภูมิห้องเทียบกับค่าความจุไฟฟ้าและวัดที่อุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากความจุมีการพึ่งพาอุณหภูมิในเชิงบวกเมื่อให้ความร้อนด้วยเลเซอร์ ความจุเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดสำหรับ PZT ที่ไม่มีข้อบกพร่อง สำหรับ PZT ที่ชำรุดเนื่องจากความเสียหายทางกายภาพความจุของมันไม่เพียงแต่ลดที่อุณหภูมิห้อง แต่ยังมีความไวน้อยกว่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบทั้งสองอย่างการวัด ผลลัพธ์สามารถใช้เพื่อระบุ PZT ที่บกพร่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับ HSA ซึ่งประกอบด้วย PZT หลายตัวเชื่อมต่อแบบขนาน เอกชัย ไผ่แก้ว และคณะ (2016) และเกียรติศักดิ์ เส้งช่วย และคณะ (2019) ได้ทำการเพิ่มอุณภูมิเข้าไปในระบบเพื่อควบคุมตำแหน่ง การตอบสนองความถี่ของ PZT ในการทดสอบผลของอุณหภูมิผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการตรวจจับสัญญาณผิดพลาดที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิสัมบูรณ์เปลี่ยนจากจุดสมดุล

ซึ่งงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นเป็นการทดสอบและตรวจจับปัญหาของตัวงานโดยที่ตัวงาน HSA ได้ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงนำไปทำการทดสอบซึ่งอาจจะล่าช้าเกินไป ในงานวิจัยนี้จึงพัฒนาเครื่องมือวัดที่สามารถตรวจจับตัวงานในกระบวนผลิตก่อนที่จะประกอบสมบูรณ์เพื่อให้นำไปแก้ปัญหาได้ไวและประหยัดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตได้อีกด้วย

ส่วนในเรื่องเครื่องมือวัดค่าความจุไฟฟ้าได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณงานทดสอบเกี่ยวกับการวัดความจุของโครงสร้างทดสอบแบบขนานการใช้มิเตอร์วัดค่า (LCR Meter) คือ อุปกรณ์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อวัดค่าความต้านทาน (R), ความจุไฟฟ้า (C) และความเหนี่ยวนำ (L) และเครื่องมือที่ใช้การชาร์จโดยตรง (Veenadhar Katragadda, 2019) และทำการวัดความจุไฟฟ้าด้วยความถี่ เนื่องจากข้อได้เปรียบที่นำเสนอโดยเทคนิคนี้มากกว่าวิธีอื่น ๆ (Tushar Tyagi, 2020)

ในชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเชื่อมต่อวงจรโดยการบัดกรีหัวอ่านทีละคู่ เช่น HD0/HD1 ต่อด้วย HD2/HD3 ไปเรื่อย ๆ จนครบทั้ง 18HD แต่ในกระบวนการรีโฟลว์บัดกรี

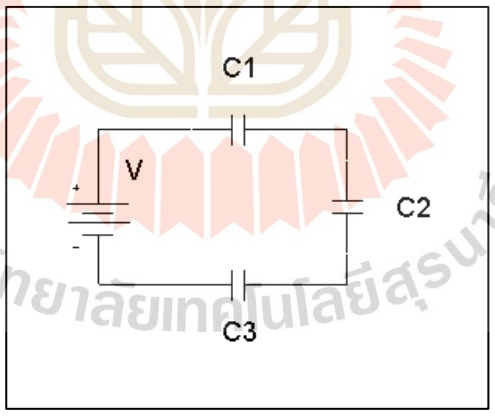
เพื่อเชื่อมวงจรต้องทำให้ครบทุกทุกหัวอ่าน แล้วจึงนำไปทดสอบด้วยเครื่องมือวัดค่าความจุไฟฟ้าหรือเครื่อง ComSAT โดยได้มีงานวิจัยของ M.C. Liao และคณะ (2014) ศึกษาการวัดค่าความเครียดแบบเรียลไทม์ โดยการวัดความเครียดสามารถใช้เพื่อกำหนดความเค้นดัดได้จากข้อมูลความเครียดในระนาบที่พื้นผิวด้านบนและด้านล่างของ PCB ที่เกิดขึ้นระหว่างการรีโฟลว์บัดกรี แต่ยังไม่เคยมีงานวิจัยที่ศึกษาและพัฒนาการวัดแบบใหม่โดยการที่บัดกรีหัวอ่านเขียนแล้ววัดค่าความจุไฟฟ้าของหัวอ่านแต่ละคู่ และแสดงผลแบบเรียลไทม์ จากที่กล่าวมาข้างต้นการเชื่อมต่อวงจรของตัวเก็บประจุมีหลายประเภท สามารถแยกวงจรตัวเก็บประจุ (Capacitor Circuit) สามารถอธิบายได้ดังหัวข้อที่ 2.1.3

2.1.3 วงจรตัวเก็บประจุ

วงจรตัวเก็บประจุ (Capacitor Circuit) คือ การต่อตัวเก็บประจุแต่ละตัวร่วมกันโดยจัดในรูปแบบวงจรสามารถจัดวงจรตัวเก็บประจุได้ 3 แบบ คือ วงจรอนุกรม วงจรขนาน และวงจรผสม

2.1.3.1 วงจรตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

จากรูปที่ 2.5 แสดงวงจรตัวเก็บประจุแบบอนุกรม (Series Capacitor Circuit) ซึ่งเป็นการนำตัวเก็บประจุแต่ละตัวมาต่อเรียงลำดับกันไป ชนิดหัวต่อท้ายเป็นลำดับไปเรื่อย ๆ



รูปที่ 2.5 ตัวเก็บประจุไฟฟ้าต่อในรูปแบบวงจรอนุกรม

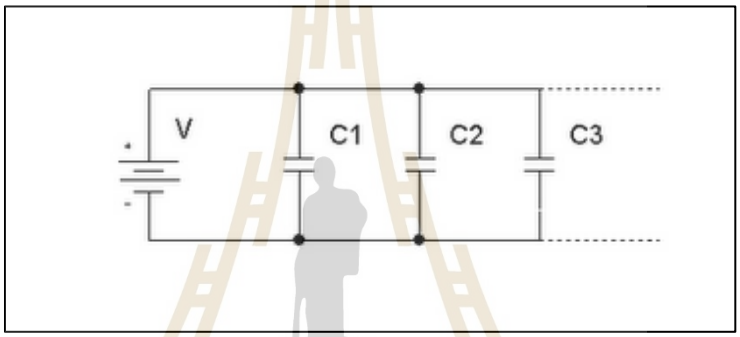
การต่อตัวเก็บประจุแบบนี้มีผลให้ฉนวนของตัวเก็บประจุมีความหนามากขึ้น แผ่นโลหะตัวนำ 2 แผ่นหัวท้ายของตัวเก็บประจุรวมห่างกันมีผลให้ค่าความจุรวมของตัวเก็บประจุลดลง ค่าความจุรวมที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่าความจุตัวที่น้อยที่สุดในวงจร การหาค่าความจุรวมในวงจรแบบอนุกรม เขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 2.1

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + ... + \frac{1}{C_n} \quad (2.1)$$

2.1.3.2 วงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน

จากรูปที่ 2.6 แสดงวงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน (Parallel Capacitor Circuit) ซึ่งเป็นการนำตัวเก็บประจุแต่ละตัวมาต่อคร่อมขนานกันทุกตัว สามารถคำนวนได้จากสมการที่ 2.2

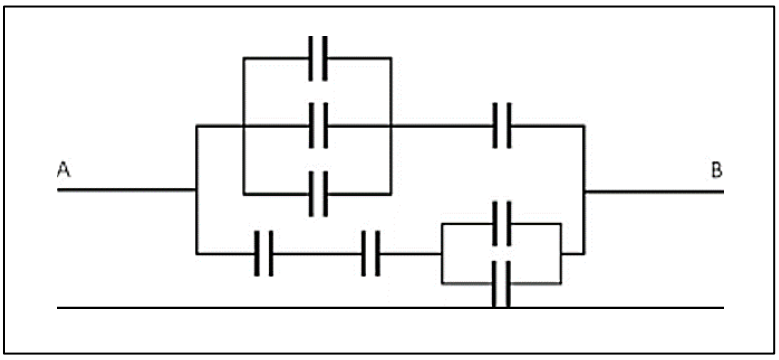
$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + ... + C_n \quad (2.2)$$



รูปที่ 2.6 ตัวเก็บประจุไฟฟ้าต่อในรูปแบบวงจรขนาน

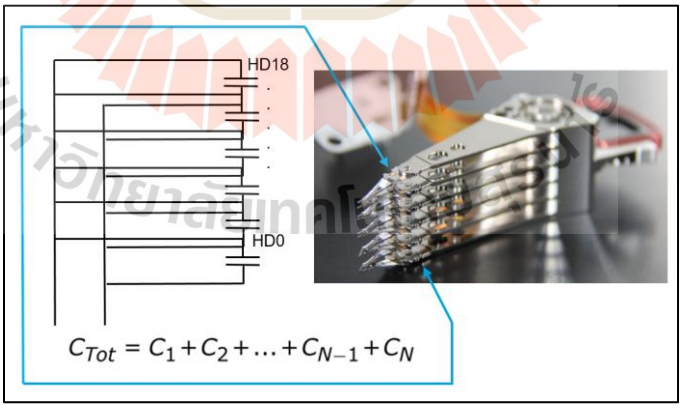
2.1.3.3 วงจรตัวเก็บประจุแบบผสม

วงจรตัวเก็บประจุแบบผสม (Compound Capacitor Circuit) เป็นการต่อตัวเก็บประจุร่วมกันระหว่างการต่อแบบอนุกรมและการต่อแบบขนาน การต่อตัวเก็บประจุแบบผสมไม่มีมาตรฐานแน่นอนเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะการต่อวงจรที่ต้องการ การหาค่าความจุรวมของวงจรให้ใช้วิธีการต่อวงจรแบบอนุกรมและการต่อวงจรแบบขนานร่วมกันลักษณะการต่อวงจรแบบผสม ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ตัวเก็บประจุไฟฟ้าต่อในรูปแบบวงจรผสม

ในชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟการเชื่อมต่อวงจรจะเป็นแบบขนาน ดังรูปที่ 2.8 มีผลทำให้ความจุไฟฟ้ารวมมีค่ามากขึ้นมีผลเท่ากับผลรวมของความจุของตัวเก็บประจุทั้งสอง และเป็นที่น่าสังเกตว่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวเก็บประจุทั้งสองจะมีค่าเท่ากัน และเท่ากับความต่างศักย์ไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่นำมาต่อ และเมื่อตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าเมื่อตัวงานประกอบเป็นชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแล้ว โดยใช้เครื่องเครื่องมือวัดค่าความจุไฟฟ้า (ComSAT) วัดค่าของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ประกอบเสร็จแล้ว ทำการอ่านค่าความจุไฟฟ้าเป็นวงจรแบบขนาน โดยการต่อความจุไฟฟ้าเป็นวงจรแบบขนาน



รูปที่ 2.8 การต่อตัวเก็บประจุแบบขนานและการคำนวณค่าความจุไฟฟ้า
ของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ข้อเสียของเครื่องทดสอบทางไฟฟ้าชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในการทดสอบปัจจุบัน คือ ไม่สามารถตรวจสอบความจุไฟฟ้าของหัวอ่านและเขียนข้อมูลได้ชัดเจน

และไม่สามารถระบุตำแหน่งของหัวอ่านที่มีความผิดปกติของค่าความจุไฟฟ้านั้น ๆ ได้ เนื่องจากการคำนวณค่าของแต่ละหัวอ่านเมื่อต่อวงจรแบบขนานค่าความจุไฟฟ้าที่คำนวณ โดยการนำมารวมกันตามสมการที่ 2.2 แล้วนำจำนวนหัวอ่านและเขียนข้อมูลมาหารคิดเป็นค่าเฉลี่ยออกเป็นค่าความจุไฟฟ้าในแต่ละหัวอ่าน แต่ในปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์มีพื้นที่การเก็บข้อมูลมากขึ้นจึงใช้หัวหัวอ่านและเขียนข้อมูลเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการตรวจจับความผิดพลาดของตัวงานประสิทธิภาพจึงลดลง ทำให้เกิดของเสียหลุดไปยังกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

2.2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Wakil Syed Ahmad และคณะ (2014) กล่าวถึงวงจรที่ไม่ต่อเนื่อง (Intermittent) ว่าเกิดจากหลายประการ เช่น การออกแบบที่ไม่ดี, การลดระดับการเชื่อมต่อ หรือการรบกวนต่าง ๆ เป็นต้น หรือเกิดจากปัญหาบนตัว PZT เอง เช่น แตกหัก, แตกเป็นเส้นบาง หรือการเชื่อมต่อที่ไม่ดี เป็นต้น งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงระบบการทดสอบที่ใช้เพื่อกระตุ้นการหลุดของขั้วต่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ภายใต้การสั่นสะเทือน โดยใช้ทั้งออสซิลโลสโคปแบบดั้งเดิมและอุปกรณ์ตรวจจับข้อผิดพลาดที่ไม่ต่อเนื่องตามความต้องการ ซึ่งตรวจจับรูปกราฟของความต้านทานที่มีความผิดปรกติ ทั้งนี้ผลการทดลองเหล่านี้ให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับข้อจำกัดของอุปกรณ์ทดสอบและข้อกำหนดสำหรับเทคนิคการตรวจจับข้อผิดพลาดไม่ต่อเนื่อง

จุฑามนี อุ๋ยสกุล (2012) ได้มุ่งเน้นเรื่องการควบคุมตำแหน่งหัวอ่านให้เข้าถึงตำแหน่งข้อมูลได้เร็วขึ้น โดยใช้ระบบควบคุมแบบสองขั้นตอน (Dual feedback loop) เพื่อควบคุมมอเตอร์ขดลวดเสียงและตัวทำงานเพียโซอิเล็กทริก เป็นการพัฒนาความสามารถของชุดหัวอ่านเขียนให้อ่านข้อมูลได้แม่นยำมากขึ้น โดยใช้โปรแกรมพีไอดีออกแบบเพื่อลด Overshoot ในกระบวนการผลิต

วรวุธ มากเจริญ และคณะ (2019) บทความนี้นำเสนอผลของการจำลองการออกแบบและการทดสอบความล้า คือ การที่ชิ้นงานรับแรงซ้ำไปซ้ำมาของชุดประกอบ PZT ที่ได้รับการป้องกันสำหรับการเก็บเกี่ยวพลังงาน การป้องกันมาจากการออกแบบการห่อหุ้มใหม่ จากการวิจัยที่ไม่ได้เผยแพร่ก่อนหน้านี้ การจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม ANSYS เพื่อจำลองผลของความเค้นต่อชั้นป้องกันโพลีเอทิลีน (PE) ของรูปทรงต่าง ๆ และผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าชั้น PE ที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสามารถกระจายแรงดันภายนอกได้ในปริมาณที่เหมาะสมไปยังแผ่น PZT และทนต่อการกดซ้ำ ๆ จากแรงดันภายนอกในช่วง 5-20 MPa ผลลัพธ์เหล่านี้ทำให้เราเลือกรูปทรงที่ดีที่สุดของแผ่น PZT และชุดประกอบตัวเรือน PE พารามิเตอร์ความล้าของชุดประกอบถูกกำหนดโดยการประกอบชิ้นส่วนด้วยแรงภายนอกซ้ำ ๆ และวัดรอบแรงดันไฟฟ้าของชุดประกอบ PZT ที่ห่อหุ้มด้วยออสซิลโลสโคป ผลการทดสอบวัฏจักรแรงดันไฟฟ้าแสดงรอบที่มีรูปร่างคล้ายกันโดยมีค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย 3.76 V ทั้งก่อนและหลังการประกอบถูกแรงกระทำจากภายนอกซ้ำ ๆ

พารามิเตอร์ความล้าถูกกำหนดให้เป็นแรงดันไฟฟ้าขั้นต่ำที่การประกอบสามารถส่งมอบหลังจากการกดซ้ำจำนวนมากโดยความดันภายนอกในช่วง 5-20 MPa เกณฑ์ของการป้องกันที่ประสบความสำเร็จคือขั้นต่ำ 3.5 V หลังจากกด 4,500 ครั้ง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการประกอบที่สร้างขึ้นสามารถทนต่อแรงดันใช้งานภายนอกได้อย่างน่าพอใจ

Toshiki Hirano และ Henry Yang (2005) กล่าวว่า หัวอ่านเขียนฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟแบบใหม่ใช้เซรามิก PZT เป็นแหล่งกระตุ้น สามารถให้กำเนิดแรง เขาจึงใช้เครื่อง Stroke test ตรวจสอบสัญญาณและความเสียหายบนตัวงาน PZT โดยจ่ายสัญญาณเข้าไปที่ PZT แล้วสร้างกราฟสัญญาณออกมาเพื่อตรวจจับความผิดปรกติบนตัวงาน การวัดการตอบสนองความถี่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพตัวงานได้ชัดเจน

Yung-Ping Yeh และคณะ (2000) ตรวจจับปัญหาของ PZT โดยใช้วิธีการตอบสนองความถี่อิมพีแดนซ์ในการตรวจจับรอยแตกของแท่ง PZT ในไมโครแอคชูเอเตอร์ที่ใช้ระบบกันสะเทือน (Resonance) โดยสังเกตว่าแอมพลิจูดของจุดสูงสุดที่ 1.95 MHz นั้น สอดคล้องกับ PZT ที่มีรอยแตกแต่มีความอ่อนไหวมากรอยแตกของวัสดุ PZT การวิเคราะห์การทดลองบ่งชี้ว่าโหมด 1.95 MHz ในงานวิจัย คือ ส่วนขยายความกว้างของแถบ PZT โหมดโดยรอยแตกถูกสร้างขึ้นมาเน้นรอยขีดข่วนและการบิ่นแถบ PZT ตามลำดับ พบว่าเมื่อวัดการสั่นสะเทือนที่ PZT โหมดการตอบสนองความถี่ที่ 1.95 MHz จะมีพีคสูงขึ้นไปแล้วค่อย ๆ ลดลงมา จึงสามารถดักรอยแตกร้าวบนตัว PZT ได้

เอกชัย ไผ่แก้ว และคณะ (2016) กล่าวถึงเทคนิคการวัดเพื่อระบุ PZT ชิ้นงานที่มีปัญหาในเรื่องนี้เทคนิคความจุเทียบเท่าของ PZT คือ วัดที่อุณหภูมิห้องเทียบกับค่า และวัดที่อุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากความจุมีการพึ่งพาอุณหภูมิในเชิงบวกเมื่อให้ความร้อนด้วยเลเซอร์ ความจุเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดสำหรับ PZT ที่ไม่มีข้อบกพร่อง สำหรับ PZT ที่ชำรุดเนื่องจากความเสียหายทางกายภาพความจุของมันไม่เพียงแต่ลดที่อุณหภูมิห้อง แต่ยังมีความไวน้อยกว่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบทั้งสองอย่างการวัด; ผลลัพธ์สามารถใช้เพื่อระบุ PZT ที่บกพร่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับ HSA ซึ่งประกอบด้วย PZT หลายตัวเชื่อมต่อแบบขนาน

เกียรติศักดิ์ เส้งช่วย และคณะ (2019) นำเสนอการออกแบบวงจรการกระตุ้นการตรวจจับตัวเอง (Self-sensing Actuation, SSA) แบบง่ายเพื่อให้สามารถปรับสมดุลและใช้งานได้ง่าย ใช้ตรวจจับความผิดปรกติของตัวเพียโซอิเล็กทริก (PZT) ในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (HDD) โดยเป็นทั้งตัวกระตุ้นและเซ็นเซอร์พร้อมกัน เนื่องจากความแปรปรวนของอุณหภูมิใน HDD อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในสัญญาณตรวจจับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบนสัญญาณตรวจจับที่วัดโดยวงจรในการจำลองผลการตอบสนองความถี่ของวงจรแสดงให้เห็นว่าวงจร SSA ที่เสนอมีความคล้ายคลึงกันลักษณะเฉพาะของวงจร SSA ทั่วไป ในการทดลองวงจร SSA ที่นำเสนอได้รับการทดสอบด้วยไมโครแอคชูเอเตอร์ PZT ใน HDD ที่อุณหภูมิ 10 ºC ถึง 60 ºC ที่สภาพสมดุล 30 ºC

ผลการศึกษาปรากฏว่าวงจร SSA ไม่มีผลต่อหัวอ่าน/เขียน (R/W) แบบเดิม ระบบควบคุมตำแหน่งการตอบสนองความถี่ของ PZT ที่วัดโดยวงจร SSA เกี่ยวข้องกับการตอบสนองความถี่ของการกระจัดหัว R / W ในการทดสอบผลของอุณหภูมิผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการตรวจจับสัญญาณผิดพลาดที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิสัมบูรณ์เปลี่ยนจากจุดสมดุล

M.C. Liao และคณะ (2014) เสนอการวัดความแปรปรวนของ PCB ในแหล่งกำเนิดในระหว่างกระบวนการบัดกรี (Reflow) โดยใช้สเตรนเกจในการทดลองใช้ Shadow moiré system แบบเต็มสนามสำหรับการวัดการเสียรูปหรือการบิดงอ นอกระนาบของแผ่นวัสดุสองชั้นและ PCB ที่มีซ็อกเก็ต DIMM ระหว่างการให้ความร้อนแบบบัดกรี วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element method, FEM) ใช้ในการวิเคราะห์ความผิดปกติที่เกิดจากความร้อนของชิ้นงานทั้งสอง เพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าการวัดถูกต้อง ในตัวอย่างทั้งสองในระหว่างกระบวนการบัดกรีผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การวัดความเครียดสามารถใช้เพื่อกำหนดความเค้นดัดได้จากข้อมูลความเครียดในระนาบที่พื้นผิวด้านบนและด้านล่างของ PCB ที่เกิดขึ้นระหว่างการรีโฟลว์บัดกรี การดัดเหล่านี้สามารถแปลงเป็นข้อมูลความโค้งและการบิดงอ ซึ่งสอดคล้องกันดีกับผลลัพธ์จาก Shadow moiré system และ FEM ดังนั้นจึงได้รับการพิสูจน์แล้วว่าการวัดความเครียดสามารถให้วิธีการแบบเรียลไทม์และใช้งานง่ายสำหรับการตรวจสอบความแปรปรวนของ PCB ที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการรีโฟลว์บัดกรี

Veenadhar Katragadda และคณะ (2019) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณงานทดสอบเกี่ยวกับการวัดความจุของโครงสร้างทดสอบแบบขนานการใช้ LCR และเครื่องมือที่ใช้การชาร์จโดยตรง LCR เป็นเครื่องมือวัดที่นิยมใช้โดยทั่วไปสำหรับคนที่ทำงานทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กโทรนิกส์ การวิเคราะห์การวัดความจุอย่างละเอียดโดยใช้เครื่องมือ DCM สองชนิดที่แตกต่างกันถูกเปรียบเทียบกับแบบดั้งเดิม LCR เมตร ในแง่ของความสัมพันธ์และปริมาณงาน มันคือแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือ DCM รุ่นก่อนหน้าส่งผลให้ข้อมูลสูญหายเมื่ออุปกรณ์มีการรั่วไหลโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะเริ่มต้นของการพัฒนาเทคโนโลยี ช่วงขั้นสูงและกว้างขึ้นฮาร์ดแวร์ DCM (WRPCMU) สามารถช่วยในการกู้คืนข้อมูลสูญหายวัดโดยใช้ PCMU ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับอุปกรณ์การกำหนดลักษณะเฉพาะในขณะที่บำรุงรักษาปริมาณงานที่สูงขึ้นสำหรับการผลิตปริมาณมาก

Tushar Tyagi (2020) กล่าวว่า กระบวนการวัดความจุประกอบด้วยการแปลงค่าความจุภายใต้การวัดเป็นตัวแปรรองเช่นแรงดันไฟฟ้าช่วงเวลาและความถี่ บทความนี้ทำการวัดความจุไฟฟ้าด้วยความถี่ เนื่องจากข้อได้เปรียบที่นำเสนอโดยเทคนิคนี้มากกว่าวิธีอื่น ๆ เพื่อจุดประสงค์นี้จะมีการนำเสนอการทบทวนเทคนิคการประมาณความถี่ต่าง ๆ ในขณะที่สำรวจความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สำหรับการวัดความจุ เทคนิคเหล่านี้ส่วนใหญ่จัดอยู่ในประเภทเฟสล็อกลูป (PLL) และล็อคความถี่ (FLL) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์และโครงสร้าง FLL ที่ใช้การแปลงฟูเรียร์

แบบไม่ต่อเนื่อง (DFT) นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบความเป็นไปได้ในการผสานรวมโครงสร้าง DFT ที่มีประสิทธิภาพในการคำนวณในลูปล็อคความถี่ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคเหล่านี้พิสูจน์ให้เห็นว่าการวัดความจุที่แม่นยำยิ่งขึ้น สามารถทำได้ผ่านทางเทคนิคเหล่านี้ วิธีการที่เสนอสำหรับการวัดความจุมีความแม่นยำที่ดีช่วงกว้างขึ้นการลู่เข้าอย่างรวดเร็วและการใช้งานระบบบนชิป นอกจากนี้ยังสามารถใช้ FLLs สำหรับการวัดค่าความจุเมื่อสัญญาณอินพุตเป็นแบบ Non-sinusoidal

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาสามารถสรุปวิธีตรวจจับตัวงานที่มีปัญหา (วรวุธ มากเจริญ และคณะ, 2019; Toshiki Hirano และ Henry Yang, 2005) ได้กล่าวเรื่อง Stroke test เพื่อตรวจจับ PZT ที่มีปัญหา ซึ่งวิธีการนี้ทำการตรวจจับความจุไฟฟ้าที่มีปัญหา แต่ต้องประกอบตัวงานครบทั้ง 18 หัวอ่านแล้วจึงเข้าทดสอบได้ ซึ่งเป็นการจ่ายไฟฟ้าให้สนามแม่เหล็กทำงาน วัดค่าการตอบสนองความถี่ของ PZT เพื่อดูว่าตัวงานมีปัญหาหรือไม่ วิธีการนี้สามารถตรวจจับของเสียได้ แต่ต้องเข้ากระบวนการประกอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟ (HSA) ให้เสร็จก่อนเครื่องจึงสามารถทดสอบได้ ส่วน เอกชัย ไผ่แก้ว และคณะ (2016) และเกียรติศักดิ์ เส้งช่วย และคณะ (2019) ได้กล่าวถึงการใช้เครื่องตรวจสอบ โดยพัฒนาโดยการเพิ่มอุณภูมิเข้าไปเพื่อให้การตรวจจับสมบูรณ์มากขึ้นแต่ ข้อเสียคือต้องประกอบชิ้นงานจนเสร็จก่อนจึงสามารถเข้ากระบวนการทดสอบได้

ในส่วนการเพิ่มเครื่องมือวัดในกระบวนการผลิต แต่ในงานวิจัยของ M.C. Liao และคณะ (2014) พัฒนาการวัดความเครียดในการกระบวนการบัดกรี (Reflow) ในกระบวนการผลิตมีวิธีการบัดกรีเพื่อเชื่อมวงจรโดยเชื่อมหัวอ่านทีละคู่ เนื่องจากเครื่องบัดกรีออกแบบมาให้เชื่อมได้ทีละคู่ จึงพัฒนาวิธีการวัดแบบเรียลไทม์ของ HSA โดยการเชื่อมวงจรทีละคู่ จะมีช่วงเวลาที่ยกเครื่องบัดกรีเพื่อเปลี่ยนคู่หัวอ่าน ช่วงเวลาที่เคื่องบัดกรียกขึ้น เราจะนำเครื่องทดสอบความจุไฟฟ้าหรือ Inline ComSAT เข้าไปวัดค่าความจุไฟฟ้าของหัวอ่านทีละคู่ ซึ่งกระบวนการวัดจะทำในกระบวนการผลิตและประกอบ HSA โดยที่เราไม่ต้องประกอบงานจนเสร็จทั้งตัวก็สามารถวัดและเชื่อมวงจรในกระบวนการผลิตได้ ซึ่งทำให้ดักของเสียได้ในกระบวนการผลิต ของเสียจะไม่หลุดไปกระบวนการผลิตถัดไป

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีดำเนินงานวิจัย โดยอธิบายกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีอะไรบ้าง ส่วนที่เราศึกษา คือ ชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (HSA) ศึกษาสภาพปัจจุบันและเก็บรวบรวมข้อมูลเครื่องมือวัดแบบเดิม ตัวงานเสียจาก PZT เสียหายหรือชำรุด เปอร์เซ็นของงานที่มาจากเครื่องมือวัดแบบเดิม (ComSAT) และอธิบายถึงงานวิจัยที่ได้ศึกษามานำมาประยุกต์ใช้ เพื่อดัดแปลงเพื่อให้เข้ากับงานวิจัย โดยการเพิ่มเครื่องมือวัดเข้าในกระบวนการผลิต (Inline ComSAT) โดยเครื่อง Inline ComSAT เหมือนกับ ComSAT ที่ใช้อยู่ปัจจุบันแต่ ComSAT เป็นเครื่องเดี่ยว ๆ ตั้งอยู่ลำพังในกระบวนการผลิต เมื่อผลิตชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟแล้วจึงนำไปเข้ากระบวนการทดสอบ แต่ในงานวิจัยนี้ จะทำการทดสอบไปพร้อมๆกับการผลิตชิ้นงาน ซึ่งกระบวนการที่เหมาะสมที่สุดคือการเชื่อมวงจร (Reflow) ที่จะทำการเชื่อมวงจรไปด้วย ในขณะที่หัวบัดกรีวงจรยกขึ้นเพื่อจะเชื่อมวงจรคู่ถัดไป เครื่องมือวัดจะทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าของหัวอ่านทีละ 2 หัวอ่าน จากการออกแบบการทดลอง เราจะทำการศึกษาและเก็บข้อมูลเครื่องมือวัดทั้งแบบเก่า (ComSAT) และเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) โดยใช้ตัวงานเดิมเปรียบเทียบกัน ในขณะที่เราผลิตตัวงานเราจะใช้ Inline ComSAT ในการวัดงานก่อน หลังจากผลิตงานจบทั้งกระบวนการแล้วจะนำงานกลุ่มเดิมเข้าเครื่อง ComSAT และเอาผลการทดลองมาเปรียบเทียบกันระหว่างสองวิธีการวัด ถ้ากระบวนการวัดแบบใหม่ได้ผลดี เราจะทำการทดลองซ้ำเพื่อที่จะเก็บข้อมูล และทำการติดตั้งเครื่องมือวัดแบบใหม่ Inline ComSAT ลงไปในกระบวนการผลิต และเก็บข้อมูลการวัด นำตัวงานที่มีปัญหามาศึกษาเพิ่ม จนสุดท้ายสามารถขยายวิธีการใหม่ไปใช้กับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ในอุตสาหกรรมการผลิตชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

3.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันและเก็บข้อมูล

ศึกษาสภาพปัจจุบันของของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟ สามารถแบ่งขั้นตอนการผลิตออกเป็น 5 กระบวนการหลัก ดังนี้

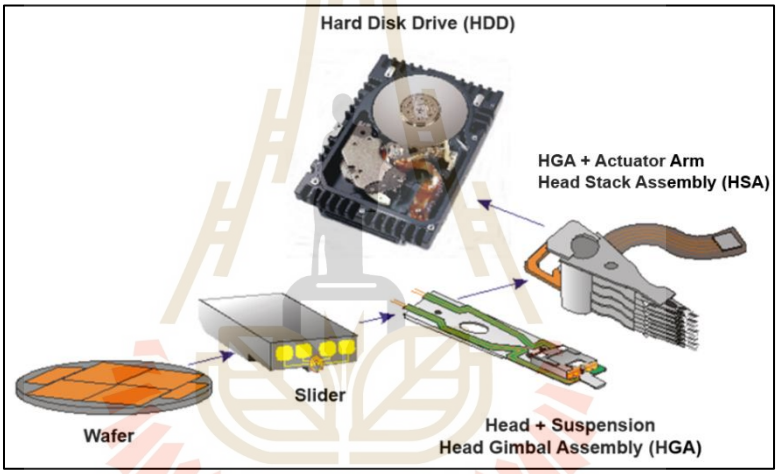
1) กระบวนการผลิตแผ่นเวเฟอร์ หรือ Wafer
2) กระบวนการผลิตหัวอ่านและเขียนข้อมูล หรือ Slider

3) กระบวนการผลิต Head gimbal assembly หรือ HGA

4) กระบวนการผลิต Head stack assembly หรือ HSA

5) กระบวนการผลิต Hard disc drive หรือ HDD

โดยเริ่มจากผลิตชิ้นส่วนพื้นฐานต่าง ๆ เป็นการผลิตแผ่น Wafer เพื่อที่จะทำหัวอ่าน (Slider) ในส่วนของหัวอ่านนั้นจะมีการเชื่อม Slider และ Suspension เข้าด้วยกัน กระบวนนี้เรียกว่า “กระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียน Head gimbal assembly” หรือ “HGA” และเมื่อนำ HGA มาวางซ้อนกันหลาย ๆ ชิ้น และทำการเชื่อมต่อกับ Actuator arm เรียกว่า “กระบวนการประกอบชุดอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ Head stack assembly” หรือ “HAS” เมื่อได้ HSA แล้วจึงนำไปประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (HDD) กระบวนการผลิต แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Head stack assembly, HSA) ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนหัวบันทึกการอ่าน (Slider) และเขียนข้อมูลมีลักษณะเป็นสีดำซึ่งประกอบไปด้วยวงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่อ่าน-เขียนข้อมูลจากแผ่นแม่เหล็กและส่วนแขนจับ (Suspension) เป็นชิ้นส่วนที่ทำการเชื่อมต่อกับส่วนหัวบันทึก โดยชิ้นส่วนแขนจับจะประกอบด้วยวัสดุเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric material, PZT) โดย จุฑามนี อุ๋ยสกุล (2012) อธิบายถึง PZT จะเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ในทางกลับกันเมื่อให้พลังงานไฟฟ้าแก่วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นเพียโซอิเล็กทริควัสดุนั้นก็จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้เช่นกัน วัสดุเพียโซอิเล็กทริกมีหน้าที่สำคัญ คือ ทำหน้าที่ปรับตำแหน่งของหัวอ่านและเขียนข้อมูลให้ตรงกับตำแหน่งของช่องเก็บข้อมูล

ในแผ่นดิสก์ โดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าทำให้เกิดการยืด และหดตัวของแผ่น PZT ในการปรับตำแหน่งของหัวบันทึกการอ่านและเขียนข้อมูล

เมื่อประกอบเป็นชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจึงต้องมีกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของ PZT เพื่อป้องกันของเสียหลุดไปยังกระบวนการถัดไป โดยของเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟที่เกิดขึ้นจาก PZT คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.8% ต่อหนึ่งผลิตภัณฑ์ สาเหตุและผลกระทบที่เป็นไปได้จากการค้นคว้างานวิจัยก่อนหน้า (Wakil Syed Ahmad และคณะ, 2014) เกี่ยวกับคุณลักษณะที่ทำให้เกิดของเสียมาจากหลายสาเหตุ อาทิเช่น การเชื่อมตัวของวงจรเกิดการเสื่อมสภาพจากการโดนทำลายโดยสิ่งรบกวนหรือสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ, ความชื้น, สารเคมี และเครื่องจักรกล อีกทั้งกระบวนการออกแบบ, การสัมผัสตัวงานของผู้ประกอบชิ้นงาน และความไม่สมบูรณ์ทางไฟฟ้าและความไม่ต่อเนื่องของการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าก็สามารถทำให้เกิดปัญหาต่อตัวงานได้เช่นกัน

การตรวจจับปัญหาของ PZT ในปัจจุบัน Yung-Ping Yeh และคณะ (2000) ได้พัฒนาและตรวจจับปัญหาบนตัวงาน PZT การตอบสนองความถี่อิมพีแดนซ์ในการตรวจจับรอยแตกของแท่ง PZT ในไมโครแอคชูเอเตอร์ที่ใช้ระบบกันสะเทือน สังเกตว่าแอมพลิจูดของจุดสูงสุดที่ 1.95 MHz และเนื่องจากความจุไฟฟ้ามีการพึ่งพาอุณหภูมิในเชิงบวกเมื่อให้ความร้อนด้วยเลเซอร์ความจุเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดสำหรับ PZT ที่ไม่มีข้อบกพร่อง สำหรับ PZT ที่ชำรุด เนื่องจากความเสียหายทางกายภาพความจุของมันไม่เพียงแต่ลดที่อุณหภูมิห้อง แต่ยังมีความไวน้อยกว่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบทั้งสองอย่างการวัด ผลลัพธ์สามารถใช้เพื่อระบุ PZT ที่บกพร่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับ HSA ซึ่งประกอบด้วย PZT หลายตัวเชื่อมต่อแบบขนาน เอกชัย ไผ่แก้ว และคณะ (2016) และ เกียรติศักดิ์ เส้งช่วย และคณะ (2019) ได้ทำการเพิ่มอุณหภูมิเข้าไปเพื่อระบบควบคุมตำแหน่ง การตอบสนองความถี่ของ PZT ในการทดสอบผลของอุณหภูมิผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการตรวจจับสัญญาณผิดพลาดที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิสัมบูรณ์เปลี่ยนจากจุดสมดุล ซึ่งงานวิจัยที่ได้ล่าวมาทั้งหมดเกี่ยวกับการตรวจจับตัวงานที่มีปัญหาโดยใช้อุณหภูมิเราจะต้องประกอบตัวงาน HSA ก่อนจึงนำไปเข้ากระบวนการทดสอบที่ใช้อุณภูมิเป็นตัวแปรเพื่อดักจับปัญหาบนตัวงาน ซึ่งงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นเป็นการทดสอบและตรวจจับปัญหาของตัวงานโดยที่ตัวงาน HSA ได้ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงนำไปทำการทดสอบซึ่งอาจจะล่าช้าเกินไป ในงานวิจัยนี้จึงอยากพัฒนาเครื่องมือวัดที่สามารถตรวจจับตัวงานในกระบวนผลิตก่อนที่จะประกอบสมบูรณ์

3.2 วิเคราะห์ข้อมูลปัจจุบัน เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการทำงาน

ในชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟการเชื่อมต่อวงจรจะเป็นแบบขนานจะมีผลทำให้ความจุไฟฟ้ารวมมีค่ามากขึ้น มีผลเท่ากับผลรวมของความจุของตัวเก็บประจุทั้งสอง และเป็นที่น่าสังเกตว่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวเก็บประจุทั้งสองจะมีค่าเท่ากัน และเท่ากับความต่างศักย์ไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่นำมาต่อ และเมื่อตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าเมื่อตัวงานประกอบเป็นชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแล้ว โดยใช้เครื่องเครื่องมือวัดค่าความจุไฟฟ้า (ComSAT) วัดค่าของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ประกอบเสร็จแล้ว ทำการอ่านค่าความจุไฟฟ้าเป็นวงจรแบบขนาน โดยการต่อความจุไฟฟ้าเป็นวงจรแบบขนาน ส่วนในเรื่องเครื่องมือวัดค่าความจุไฟฟ้าได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณงานทดสอบเกี่ยวกับการวัดความจุของโครงสร้างทดสอบแบบขนานการใช้มิเตอร์วัดค่า (LCR Meter) คือ อุปกรณ์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อวัดค่าความต้านทาน ความจุไฟฟ้า และความเหนี่ยวนำ และเครื่องมือที่ใช้การชาร์จโดยตรง (Veenadhar Katragadda, 2019) และทำการวัดความจุไฟฟ้าด้วยความถี่ เนื่องจากข้อได้เปรียบที่นำเสนอโดยเทคนิคนี้มากกว่าวิธีอื่น ๆ (Tushar Tyagi : 2020)

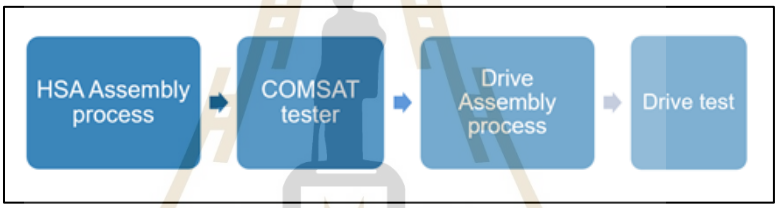
ข้อเสียของเครื่องทดสอบทางไฟฟ้าชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในการทดสอบปัจจุบัน คือ ไม่สามารถตรวจสอบความจุไฟฟ้าของหัวอ่านและเขียนข้อมูลได้ชัดเจนและไม่สามารถระบุตำแหน่งของหัวอ่านที่มีความผิดปกติของค่าความจุไฟฟ้าที่มีปัญหาได้ เนื่องจากการคำนวนค่าของแต่ละหัวอ่านเมื่อต่อวงจรแบบขนานค่าความจุไฟฟ้าที่ได้จะเป็นค่าความจุไฟฟ้ารวม แล้วนำจำนวนหัวอ่านและเขียนข้อมูลมาหารคิดเป็นค่าเฉลี่ยออกเป็นค่าความจุไฟฟ้าในแต่ละหัวอ่าน จึงทำให้ค่าความจุไฟฟ้าของแต่ละหัวอ่านเป็นค่าเฉลี่ย ไม่แม่นยำ และทำให้งานที่มีปัญหาหลุดไปยังกระบวนการผลิตถัดไป

ปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์มีพื้นที่การเก็บข้อมูลมากขึ้น จึงใช้หัวหัวอ่านและเขียนข้อมูลเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการตรวจจับความผิดพลาดของตัวงานประสิทธิภาพจึงลดลง ทำให้เกิดของเสียหลุดไปยังกระบวนการไปยังกระบวนการผลิตฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟ

3.2.1 กระบวนการผลิตและทดสอบในปัจจุปัน (ComSAT)

กระบวนการผลิตชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟคือการประกอบชิ้นส่วนของหัวอ่าน-เขียน (HGA) เข้ากับแขนหัวอ่าน (Actuator arm) แล้วทำการเชื่อมวงจรหัวอ่านทุกอันแบบขนาน หลังจากนั้นจะนำไปทดสอบค่าทางไฟฟ้าที่เครื่อง ComSAT เครื่องจะอ่านค่าผลรวมของความจุไฟฟ้าทุกหัวอ่านแล้วนำมาหารเฉลี่ยจำนวนหัวอ่าน ความจุที่ได้ของแต่ละหัวอ่านจึงเป็นค่าเฉลี่ย เมื่อผ่านกระบวนการทดสอบตัวงานจะถูกนำไปประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ แสดงกระบวนการดังรูปที่ 3.2

โดยปัจจุบันค่ามาตรฐานความจุไฟฟ้าของผลิตภัณฑ์ชิ้นนี้มีค่าเท่ากับ 860-1420 pF/HD ถ้าเราวัดโดยวิธีการเดิมจะมีบางหัวอ่านที่มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานและบางหัวอ่านมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เมื่อนำมาเฉลี่ยกันจึงได้เป็นค่าที่ผ่านมาตรฐานหลุดไปยังกระบวนการถัดไป โดยของเสียที่หลุดไปคิดเป็นของเสียทั้งตัวงาน (18 HD, 18 หัวอ่านและเขียนข้อมูล) โดยค่าของเสียในกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟ (Hard Disk Drive, HDD) มีค่าอยู่ที่ประมาณ 0-300 pF/HD ยิ่งหัวอ่านและเขียนข้อมูล (Recording head, Slider) มากขึ้นก็จะทำให้ของเสียเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการอ่านค่าความจุไฟฟ้าของตัวงานเป็นค่าตวามจุไฟฟ้ารวม ทำให้ไม่สามารถแยกหัวอ่านที่มีปัญหาได้ และทำให้ตัวงานที่เข้าเครื่องวัดแบบเดิม (ComSAT) เครื่องจะแสดงค่าว่าผ่านมาตรฐานและส่งต่อไปกระบวนการประกอบเป็นไดร์ฟ เมื่อตัวงานหลุดไปยังกระบวนการผลิตไดร์ฟ ทำให้เราเสียเวลาในการทดสอบและส่งตัวงานกลับมาแก้ไข และสิ้นเปลืองเวลาในการทดสอบงานโดยเปล่าประโยชน์



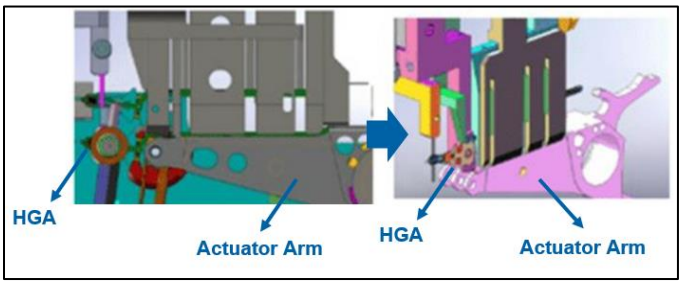
รูปที่ 3.2 กระบวนการผลิตและการทดสอบค่าความจุไฟฟ้าแบบปัจจุบันโดยวัดค่าความจุไฟฟ้าเมื่อผ่านกระบวนการผลิตแล้ว

3.3 ออกแบบการทดลอง

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) ตัวงานหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (HGA)
2) แขนหัวอ่าน (Actuator arm)
3) เครื่องประกอบเอชจีเอเข้ากับแอคทูเรเตอร์อาร์ม (Head installation machine)

เพื่อประกอบตัวงานหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (HGA) เข้ากับแขนหัวอ่าน เครื่องประกอบ HGA เข้ากับแอคทูเรเตอร์อาร์ม (Head Installation Machine) จะทำการหยิบ HGA ใส่ลงไปในแขนหัวอ่านแต่ละขาจนครบ ดังรูปที่ 3.3

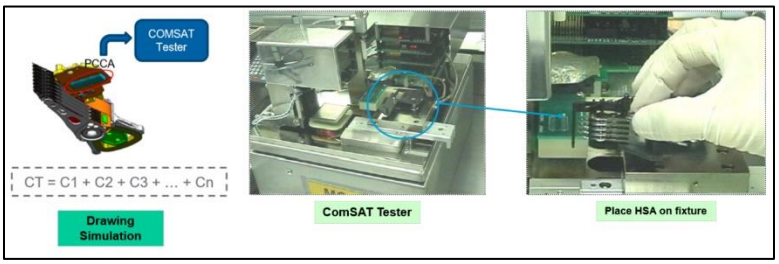


รูปที่ 3.3 เครื่องประกอบเอชจีเอเข้ากับแขนหัวอ่าน

4) เครื่องประกอบวงจรของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟ (Reflow machine) เครื่องสำหรับเชื่อมวงจรของหัวอ่านโดยทำทีละคู่ โดยเมื่อใส่ HGA ลงไปในหัวอ่าน แล้วส่งตัวงานมาเชื่อมวงจร (Reflow) โดยดีไซน์ของหัวบัดกรีจะทำการเชื่อวงจรละคู่หัวอ่าน เช่น หัวอ่านคู่ 0-1 ต่อด้วยหัวอ่านคู่ 2-3 ไปเรื่อย ๆ จนครบ 18 หัวอ่าน เครื่องประกอบวงจรของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟ แสดงดังรูปที่ 3.4

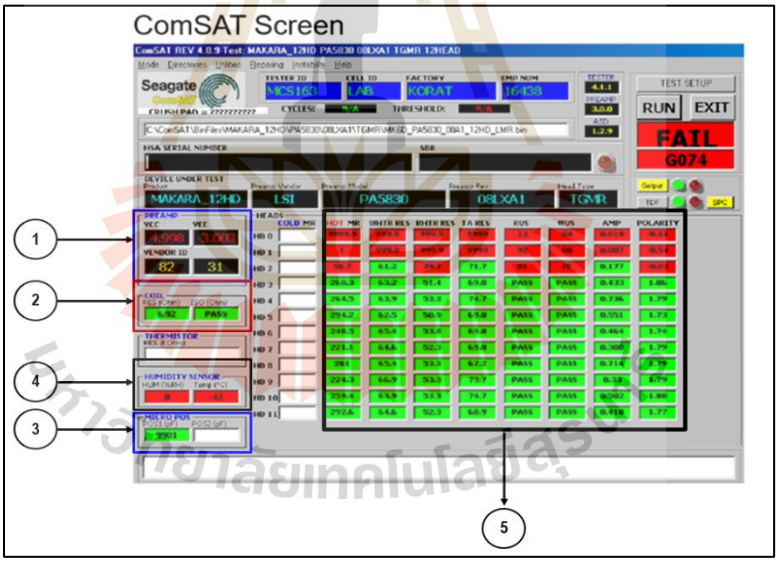
รูปที่ 3.4 เครื่องประกอบวงจรของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟ

5) เครื่องตรวจสอบความสมบูรณ์ของวงจรไฟฟ้า (ComSAT Machine) เป็นเครื่องตรวจสอบความสมบูรณ์ของวงจรไฟฟ้า ที่ใช้สำหรับการทดสอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จากนั้นวิเคราะห์เพื่อแยกตัวงานเสียออกจากตัวงานดีโดยวัดเมื่อประกอบตัวงานเสร็จสมบูรณ์แล้วโดยเครื่อง ComSAT จะเป็นเครื่องที่ติดตั้งหลังจากกระบวนการผลิตจบแล้ว ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การวัดค่าความจุไฟฟ้าของตัวงานโดยเครื่องมือวัดแบบเดิม (ComSAT)

โดยเครื่อง ComSAT ประกอบด้วยแผ่นวงจรไฟฟ้า PCB เพื่อทำการทดสอบตัวงานในแต่ละพารามิเตอร์ โดยแผ่นวงจรจะเชื่อมต่อกับวงจรสร้างกระแสไฟฟ้าของตัวงาน PCCA เมื่อเราต่อตัวงานเข้ากับแผงวงจร เครื่องมือวัดก็จะอ่านค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่าง ๆ แล้วแสดงค่าออกมายังหน้าจอแสดงผลรูปที่ 3.6 หน้าจอแสดงผลแต่ละลำดับดังที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ 2.1



รูปที่ 3.6 หน้าจอแสดงผลของเครื่องมือวัดแบบเก่า (ComSAT)

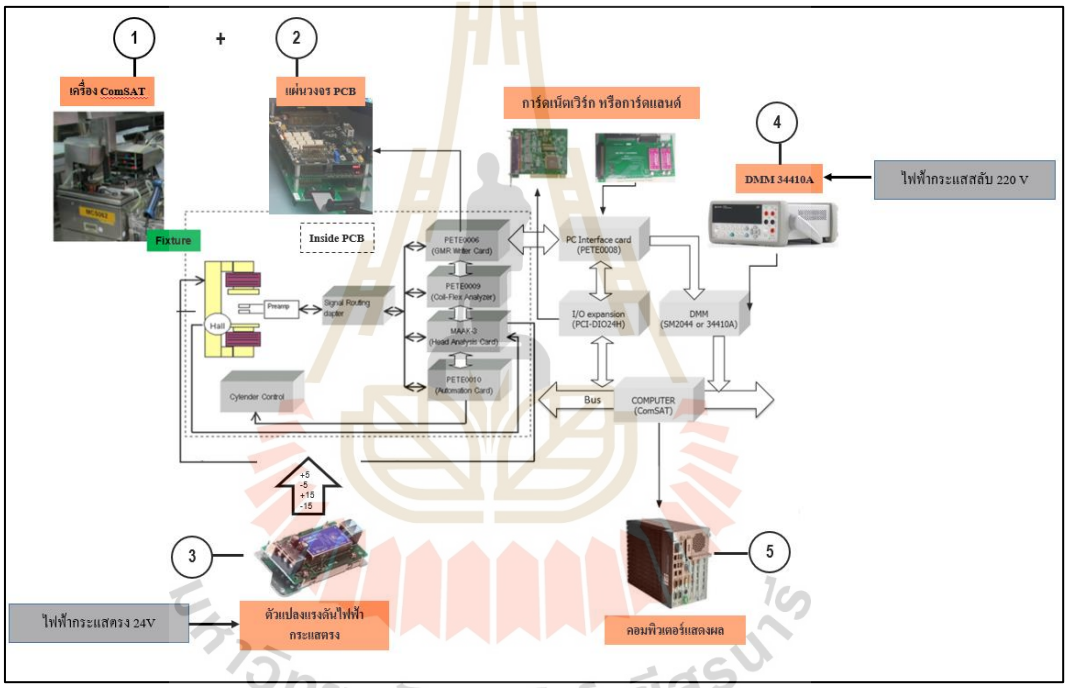
เครื่องจะตั้งอยู่ข้างนอกกระบวนการผลิต ผลิตตัวงานครบทุกกระบวนการแล้วจึงนำมาเข้าเครื่องทดสอบไฟฟ้า โดยโครงสร้างของเครื่องและส่วนประกอบภายในเครื่องแสดงดังรูปที่ 3.7 โดยหลังจากที่ประกอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเสร็จ นำตัวงานมาวัดค่าความจุไฟฟ้าโดยเครื่อง ComSAT ดังกระบวนการต่อไปนี้

1) นำตัวงานประกอบเข้าไปที่เครื่องมือวัด (ComSAT) โดย PCCA ของตัวงานจะต่อกับ แผ่นวงจรไฟฟ้า PCB

2) ตัวแปลงแรงดันไฟฟ้าจะทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงแล้วจ่ายให้ PCB เพื่อทำการทดสอบวงจรของตัวงานในแต่ละพารามิเตอร์

3) เครื่อง DMM34410A ทำการอ่านค่าทางไฟฟ้าในแต่พารามิเตอร์

4) เมื่อเครื่อง ComSAT ทำการทดสอบค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่าง ๆ รวมถึงค่าความจุไฟฟ้าครบทุกพารามิเตอร์จะแสดงผลออกมายังคอมพิวเตอร์ เพื่อนำตัวงานที่ผ่านกระบวนการทดสอบไปยังกระบวนการถัดไป



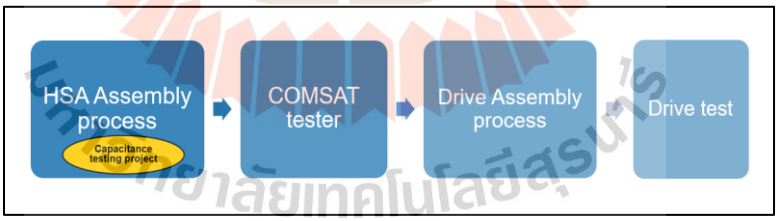
รูปที่ 3.7 การวัดค่าความจุไฟฟ้าของตัวงานโดยเครื่องมือวัดแบบเดิม (ComSAT)

3.3.2 กระบวนการผลิตและทดสอบที่จะใช้ในการวิจัย (Inline ComSAT)

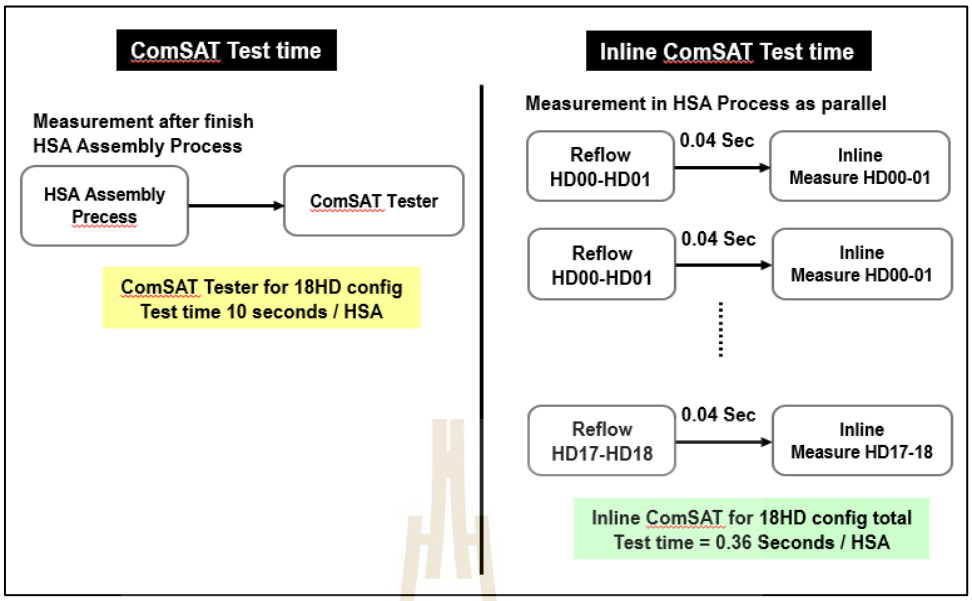
โดยกระบวนการนี้เราสามารถทราบค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance) ในแต่ละคู่ของหัวอ่าน-เขียนข้อมูล และสามารถป้องกันของเสียได้หลุดไปกระบวนการถัดไปได้เร็ว เมื่อเราพบคู่ของหัวอ่านที่มีปัญหาหรือมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน เราสามารถเปลี่ยนหัวอ่านในกระบวนการประกอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Head stack assembly, HSA) และทดสอบค่าความจุไฟฟ้าเพื่อคอนเฟิร์มค่ามาตรฐาน เพื่อเป็นการลดของเสียในกระบวนการผลิต ซึ่งเราจะนำเครื่องมือวัดอ่าน

ค่าความจุไฟฟ้าผ่านทางวงจรสร้างกระแสไฟฟ้า (Print circuit cable assembly, PCCA) ต่อเข้ากับแผ่นวงจร (Printed circuit board, PCB) เพื่อทำการอ่านค่าความจุไฟฟ้าทีละคู่

การวัดค่าความจุทางไฟฟ้าของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในกระบวนการผลิตใช้หลักการเพิ่มเครื่องมือวัด (Inline ComSAT) เข้าไปในกระบวนการผลิตในระหว่างกระบวนการบัดกรีเชื่อมวงจร แผนภาพกระบวนการผลิตดังรูปที่ 3.8 ในงานวิจัย M.C. Liao และคณะ (2014) ศึกษาการวัดค่าความเครียดแบบเรียลไทม์ โดยการวัดความเครียดสามารถใช้เพื่อกำหนดความเค้นดัดได้จากข้อมูลความเครียดในระนาบที่พื้นผิวด้านบนและด้านล่างของ PCB ที่เกิดขึ้นระหว่างการรีโฟลว์บัดกรี แต่ยังไม่เคยมีงานวิจัยที่ศึกษาและพัฒนาการวัดแบบใหม่โดยการที่บัดกรีหัวอ่านเขียนแล้ววัดค่าความจุไฟฟ้าของหัวอ่านแต่ละคู่ และแสดงผลแบบเรียลไทม์ ซึ่งจากงานวิจัยได้เพิ่มเครื่องมือวัดค่าความจุไฟฟ้าเข้าไปในกระบวนการเชื่อมวงจร โดยจะทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าควบคู่ไปกับการเชื่อมวงจรหัวอ่านทีละคู่ เช่นหัวอ่านคู่ 0 และหัวอ่านคู่ที่ 1 จะถูกเชื่อมวงจรก่อนทำจนครบ 18 หัวอ่าน การเพิ่มเครื่องวัดเข้าไปที่กระบวนการผลิตได้มีการจับเวลาเพื่อเทียบกับการทดสอบแบบก่อนหน้า พบว่าการวัดค่าความจุไฟฟ้าทีละคู่หัวอ่านและวัดค่าความจุไฟฟ้าไปด้วยใช้เวลารวมทั้งสิ้น 0.36 วินาทีต่องานชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 1 ตัว โดยแต่ละคู่ใช้เวลา 0.04 วินาที เปรียบเทียบวิธีเดิมที่ประกอบเสร็จแล้วนำมาทดสอบพบว่า กระประกอบงานจนเสร็จสมบูรณ์แล้วทดสอบค่าความจุไฟฟ้า ใช้เวลารวมทั้งสิ้น 10 วินาที สำหรับชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 18 หัวอ่าน ซึ่งการทดสอบโดยใช้เครื่องมือวัดแบบใหม่

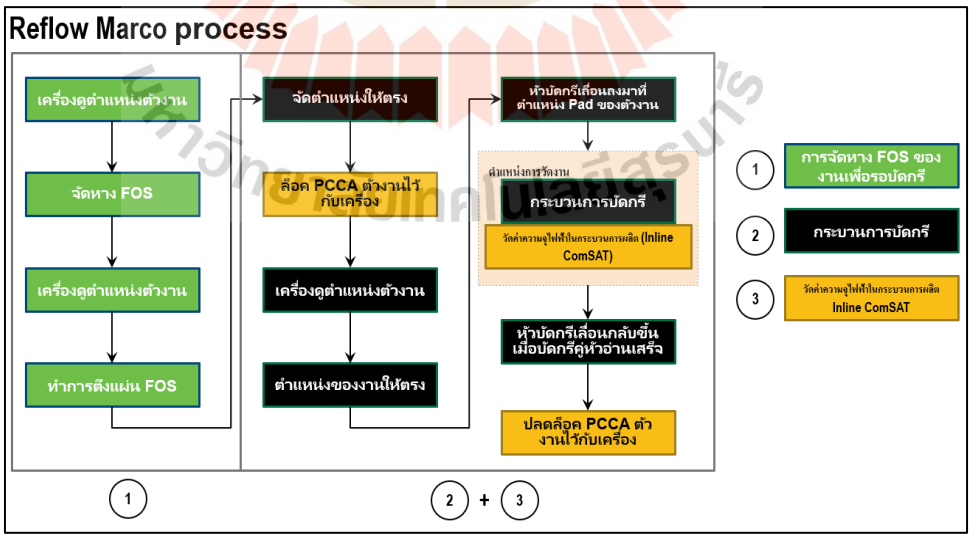


รูปที่ 3.8 กระบวนการวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบปรับปรุงใหม่เพิ่ม Inline ComSAT ในกระบวนการผลิต



รูปที่ 3.9 เปรียบเทียบเวลาระหว่างเครื่องวัดแบบเก่า (ComSAT) และเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT)

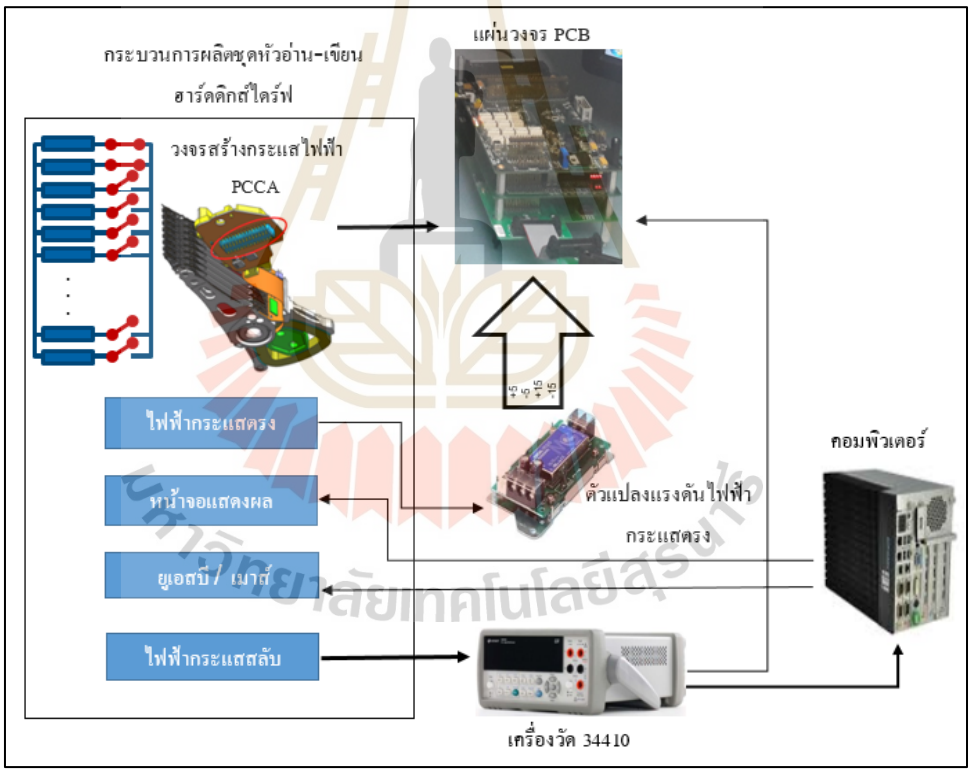
โดยกระบวนการเชื่อมวงจรและการทดสอบค่าความจุไฟฟ้าแบบใหม่ (Inline ComSAT) แสดงเป็นกระบวนการแบบละเอียดได้ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แผนการติดตั้งเครื่องมือวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบใหม่ Inline ComSAT แบบละเอียด

อธิบายจากรูปที่ 3.10 แผนการติดตั้งเครื่องมือวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบใหม่ (Inline ComSAT) สามารถสรุปขั้นตอนหลัก ๆ ได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่

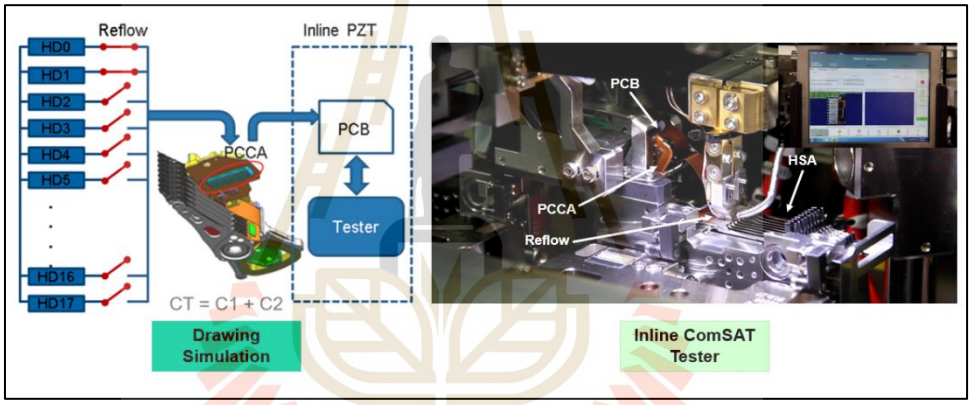
1. การจัดหัว-อ่านเขียน (HGA) ในขณะที่อยู่ในชุดประกอบหัวอ่าน โดยเครื่องจะจัดในส่วนส่วนหางของหัว-อ่านเขียน (HGA) ตรึงให้ตรงก่อนเชื่อมวงจร
2. กระบวนการเชื่อมวงจร (Reflow process) เมื่อตรึงหัว-อ่านเขียน (HGA) ให้ตรงแล้วเครื่องจะทำการจัดตำแหน่งของช่องการบัดกรีตัวงาน (Pad) เมื่อจัดเสร็จเรียบร้อยหัวบัดกรีจะบัดกรีลงบริเวณช่องการบัดกรีตัวงาน (Pad) โดยทำการเชื่อมวงจรที่ละคู่ของหัวอ่าน
3. กระบวนการผลิตและทดสอบที่จะใช้ในการวิจัย (Inline ComSAT) เครื่องจะทำการเชื่อม PCCA ของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับ PCB เมื่อหัวบัดกรียกขึ้น เครื่องจะทำการวัดค่าคว่ามจุไฟฟ้าไปพร้อม ๆ กัน และแสดงผลออกมาบนจอแสดงผล



รูปที่ 3.11 กระบวนการผลิตและทดสอบที่จะใช้ในการวิจัย (Inline ComSAT)

ในงานวิจัยนี้ทำการปรับปรุงกระบวนการวัดค่าความจุไฟฟ้าเข้าไปในกระบวนการผลิต โดยหลังจากที่ได้ทำการบัดกรีวงจรทีละ 2 หัวอ่าน (เนื่องจากการออกแบบหัวบัดกรีออกแบบมาเป็นคู่ จึงต้องเชื่อมต่อหัวอ่านครั้งละ 2 หัวอ่าน) การตรวจวัดหลังจากการเชื่อมต่อวงจร

ครั้งละ 2 หัวอ่าน โดยการเขียนโปรแกรมสั่งให้เครื่องมือวัดค่าความจุไฟฟ้าหลังจากการเชื่อมต่อหัวอ่าน 2 หัวอ่าน เครื่องบัดกรีจะยกขึ้น เพื่อทำการบัดกรีคู่หัวอ่านถัดไป ในขณะที่หัวบัดกรียกขึ้น เครื่องมือวัดจะทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าและแสดงผลไปยังหน้าจอจนครบ 18 หัวอ่าน โดยไม่มีผลกระทบต่อระยะเวลาที่ใช้ประกอบตัวงาน โดยกระบวนการผลิตและทดสอบที่จะใช้ในการวิจัย (Inline ComSAT) จากรูปที่ 3.11 เมื่อทำการเชื่อมต่อหัวอ่านทีละ 2 หัวอ่าน ในกระบวนการบัดกรี (Reflow) โดยได้ทำการปรับปรุงตัวล็อควงจรสร้างไฟฟ้า (PCCA) เพื่อต่อกับแผ่นวงจร (PCB) เพื่อทำการทดสอบตัวงานทีละ 2 หัวอ่าน เมื่อเครื่องเชื่อมหัวอ่านยกขึ้น Inline ComSAT จะทำการทดสอบค่าความจุไฟฟ้า แล้วแสดงดังหน้าจอแสดงผลที่กระบวนการบบัดกรี ทำให้สามารถระบุหัวอ่านที่มีปัญหาได้ถูกต้องขึ้น เพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพของตัวงาน โดยจะทำครั้งละ 2 หัวอ่านไปเรื่อย ๆ จนครบทุกหัวอ่าน

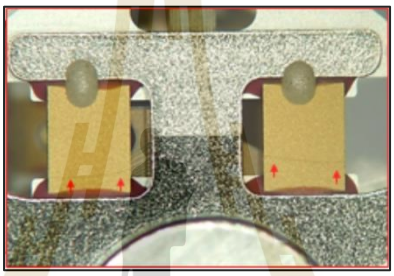


รูปที่ 3.12 เครื่อง Inline ComSAT ที่ปรับปรุงเข้าไปในกระบวนการผลิต

3.3.3 นำงานที่มีปัญหาไปวิเคราะห์เพิ่มเติม

นำตัวงานที่มีปัญหา 2 ตัว มาทำการวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยตรวจใต้กล้องไมโครสโคปที่กำลังขยาย 30x พบว่า บนชิ้นส่วนของ PZT มีรอยเส้นบาง ๆ เป็นลักษณะของรอยที่ทำให้ตัวงาน PZT เริ่มแตกหรือหัก ซึ่งงานลักษณะนี้ในทางกระบวนกระผลิตชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟถือว่าเป็นงานที่ไม่ได้มาตรฐานและจะถูกปฏิเสธตามข้อกำหนดด้วยเงื่อนไข PZT แตก/หัก ดังแสดงในรูปที่ 3.13 ตัวงานที่ไม่ผ่านเงื่อนไขตำแหน่ง HD06-07 = 1 HAS และรูปที่ 3.14 ตัวงานที่ไม่ผ่านเงื่อนไขตำแหน่ง HD08-09 = 1 HSA มีลักษณะของ PZT เสียหายที่ขอบด้านข้าง ถือว่าเป็นงานที่ไม่ได้มาตรฐาน และจะถูกปฏิเสธตามข้อกำหนดด้วยเงื่อนไข PZT แหว่ง / เว้า และมีรอยร้าวบนตัวงาน

รูปที่ 3.13 ตัวงานที่ไม่ผ่านเงื่อนไขตำแหน่ง HD06-07 = 1 HAS



รูปที่ 3.14 ตัวงานที่ไม่ผ่านเงื่อนไขตำแหน่ง HD08-09 = 1 HAS

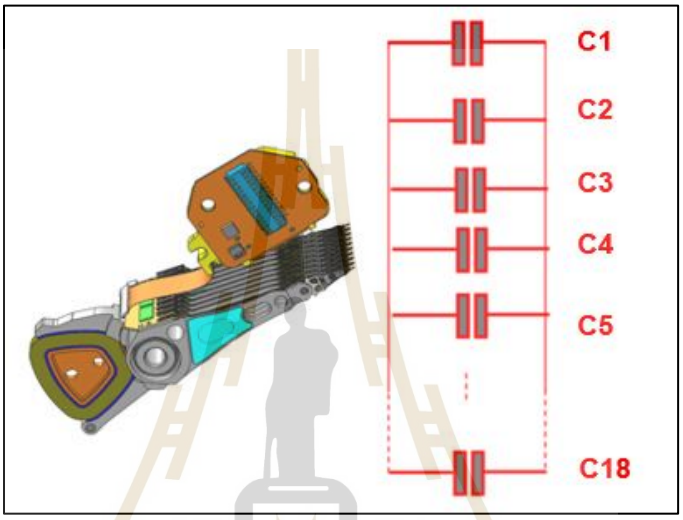
ซึ่ง Toshiki Hirano และ Henry Yang (2005) กล่าวว่า หัวอ่านเขียนฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟแบบใหม่ใช้เซรามิก PZT เป็นแหล่งกระตุ้น เขาจึงใช้เครื่อง Stroke test ตรวจสอบสัญญาณและความเสียหายบนตัวงาน PZT โดยจ่ายสัญญาณเข้าไปที่ PZT แล้วสร้างกราฟสัญญาณออกมาเพื่อตรวจจับความผิดปรกติบนตัวงาน การวัดการตอบสนองความถี่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพตัวงานได้ชัดเจน แต่เนื่องจากเครื่อง Stroke test ได้นำมาใช้ในกระบวนการผลิตแล้ว ประสิทธิภาพในการตรวจสอบจากความถี่ยังไม่สามารถตรวจจับปัญหาได้แม่นยำ เครื่องมือวัดที่เราได้นำมาปรับปรุงเพิ่มเข้ามาในกระบวนการผลิตจึงตอบโจทย์ในอุตสาหกรรมมากกว่า

3.4 วิธีการและทฤษฎีที่นำมาใช้ในการทำการทดลอง

การต่อหัวอ่านในกระบวนการผลิตชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟ หัวอ่านหลาย ๆ หัวอ่านซ้อนกันจะต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน (Parallel capacitor circuit) ซึ่งเป็นการนำตัวเก็บประจุแต่ละตัวมาต่อคร่อมขนานกันทุกตัว ค่าความจุไฟฟ้าที่ได้จะเป็นการนำค่าความจุไฟฟ้ามาบวกกัน สามารถคำนวณค่าได้จากสมการที่ 3.1

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + ... + C_n \quad (3.1)$$

เมื่อหัวอ่านมากขึ้นความจุไฟฟ้ารวมก็จะยิ่งมากขึ้น แม้ว่าหัวอ่านพังหายไป 1 หัวอ่าน ค่าความจุไฟฟ้ารวมก็ยังสูงและยังอยู่ในมาตรฐาน การคำนวณค่าความจุไฟฟ้าของตัวงานที่ประกอบเสร็จแล้วแสดงดังรูป 3.15

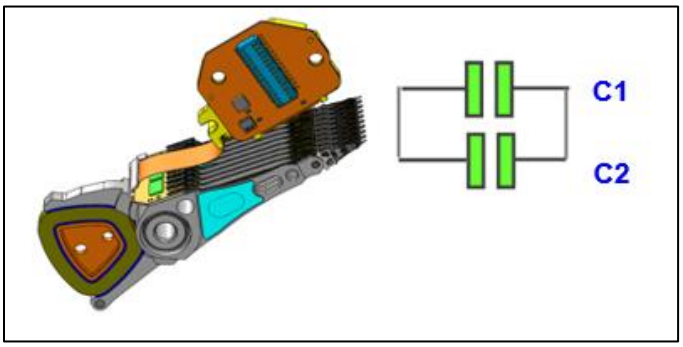


รูปที่ 3.15 เครื่องมือวัดแบบเดิม (ComSAT) วัดค่าความจุไฟฟ้าแบบหัวทุกหัวอ่าน

ดังนั้นเราจึงประยุกต์การต่อความจุไฟฟ้าและวัดค่าความจุไฟฟ้าโดยให้เหลือทีละคู่หัวอ่าน ในขณะที่เชื่อมวงจรหัวอ่านจะมีจังหวะที่หัวบัดกรียกขึ้น จึงนำเครื่องมือวัดค่าความจุไฟฟ้าไปติด ทำให้สามารถวัดค่าความจุไฟฟ้าหลังจากการเชื่อมวงจรทีลคู่ของหัวอ่านได้ โดยคาความจุไฟฟ้ารวม สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.2

$$C_T = C_1 + C_2 \quad (3.2)$$

โดยค่าความจุไฟฟ้ารวมจะเป็นค่าความจุไฟฟ้าทีละสองหัวอ่าน เนื่องจากดีไซน์ของเครื่องเชื่อมวงจรออกแบบมาให้เชื่อมวงจรทีละสองคู่ เครื่องวัดจะวัดความจุไฟฟ้าเป็นคู่ เมื่อหัวอ่านใดหัวอ่านนึงพัง ชำรุด เสียหาย เครื่องที่เราติดในกระบวนการผลิตจะทำการปฏิเสธงานไม่ให้หลุดไปกระบวนการถัดไป คำนวนค่าความจุไฟฟ้าของหัวอ่านทีละสองหัวอ่านแสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 เครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) วัดค่าความจุไฟฟ้าครั้งละ 2 หัวอ่าน

จากที่กล่าวมานำหลักการวัดความจุไฟฟ้ามาดัดแปลงโดย จากเดิมวัดตัวงานที่ประกอบสมบูรณ์แล้ว นำมาวัดในระหว่างกระบวนการผลิต โดยวัดค่าความจุไฟฟ้าให้น้องลง ค่าความจุไฟฟ้ารวมน้อยลง พังเสียหายไป 1 หัวอ่านก็ทำให้สามารถจับปัญหาได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 สมมติฐานที่ในการศึกษาวิจัย

จากที่กล่าวไปในบทที่ 2 เมื่อนำชุดหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาประกอบเพื่อตรวจสอบค่าความจุไฟฟ้าหรือการตรวจสอบคุณภาพของ PZT เพื่อป้องกันของเสียหลุดไปยังกระบวนการถัดไป โดยของเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟที่เกิดขึ้นจาก PZT คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.8% ต่อหนึ่งผลิตภัณฑ์ สาเหตุและผลกระทบที่เป็นไปได้จากการค้นคว้างานวิจัยก่อนหน้า (Wakil Syed Ahmad และคณะ, 2014) เกี่ยวกับคุณลักษณะที่ทำให้เกิดของเสียมาจากหลายสาเหตุ เช่น การเชื่อมตัวของวงจรเกิดการเสื่อมสภาพจากการโดนทำลายโดยสิ่งรบกวนหรือสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ, ความชื้น, สารเคมี และเครื่องจักรกล เป็นต้น อีกทั้งยังมีผลงานนำเสนอผลของการจำลองการออกแบบและการทดสอบความล้าจริงของชุดประกอบ PZT ที่ได้รับการป้องกัน PZT ได้รับความเสียหาย โดยการป้องกันมาจากการออกแบบการห่อหุ้มใหม่จำลองผลของความเค้นต่อชั้นป้องกันโพลีเอทิลีน (PE) ผลการทดสอบสามารถป้องกัน PZT ที่ได้รับแรงมาก ๆ เกิดความเสียหายได้ (วรวุธ มากเจริญ และคณะ, 2019)

จากงานวิจัยของ Yung-Ping Yeh และคณะ (2000) ได้พัฒนาและตรวจจับโดยมีอุณภูมิเป็นตัวแปร โดยวัดที่อุณหภูมิห้องเทียบกับค่าและวัดที่อุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากความจุมีการพึ่งพาอุณหภูมิในเชิงบวกเมื่อให้ความร้อนด้วยเลเซอร์ ความจุเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดสำหรับ PZT ที่ไม่มีข้อบกพร่องสำหรับ PZT ที่ชำรุด เนื่องจากความเสียหายทางกายภาพความจุของมันไม่เพียงแต่ลดที่อุณหภูมิห้อง แต่ยังมีความไวน้อยกว่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบทั้งสองอย่างการวัด ผลลัพธ์สามารถใช้เพื่อระบุ PZT ที่บกพร่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับ HSA ซึ่งประกอบด้วย PZT หลายตัวเชื่อมต่อแบบขนาน เอกชัย ไผ่แก้ว และคณะ (2016) และเกียรติศักดิ์ เส้งช่วย และคณะ (2019) ได้ทำการเพิ่มอุณภูมิเข้าไปเพื่อระบบควบคุมตำแหน่งการตอบสนองความถี่ของ PZT ในการทดสอบผลของอุณหภูมิผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการตรวจจับสัญญาณผิดพลาดที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิสัมบูรณ์เปลี่ยนจากจุดสมดุล ซึ่งงานวิจัยที่ได้ล่าวมาทั้งหมดเกี่ยวกับการตรวจจับตัวงานที่มีปัญหาโดยใช้อุณภูมิ เราจะต้องประกอบตัวงาน HSA ก่อนจึงนำไปเข้ากระบวนการทดสอบที่ใช้อุณภูมิเป็นตัวแปรเพื่อดักจับปัญหาบนตัวงาน ซึ่งงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นเป็นการทดสอบและตรวจจับปัญหาของตัวงานโดยที่ตัวงาน HSA ได้ประกอบเสร็จเรียบร้อย

แล้วจึงนำไปทำการทดสอบซึ่งอาจจะล่าช้านเกินไป ในงานวิจัยนี้จึงอยากพัฒนาเครื่องมือวัดที่สามารถตรวจจับตัวงานในกระบวนผลิตก่อนที่จะประกอบสมบูรณ์

เพื่อให้นำไปแก้ปัญหาได้ไวและประหยัดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตได้อีกด้วย โดยเริ่มจาก PZT ที่ทำหน้าที่เสมือนตัวเก็บประจุ เมื่อประกอบเข้าด้วยกันจะมีการชาร์จประจุวงจรจึงได้มีการทดลองการวัดค่าความจุไฟฟ้า โดยใช้หลักการเพิ่มเครื่องมือวัดเข้าไปในกระบวนการผลิตในกระบวนการบัดกรีเพื่อเชื่อมวงจร โดยมีงานวิจัยของ M.C. Liao และคณะ (2014) ศึกษาการวัดค่าความเครียดแบบเรียลไทม์ โดยการวัดความเครียดสามารถใช้เพื่อกำหนดความเค้นดัดได้จากข้อมูลความเครียดในระนาบที่พื้นผิวด้านบนและด้านล่างของ PCB ที่เกิดขึ้นระหว่างการรีโฟลว์บัดกรี แต่ยังไม่เคยมีงานวิจัยที่ศึกษาและพัฒนาการวัดแบบใหม่โดยการที่บัดกรีหัวอ่านเขียนแล้ววัดค่าความจุไฟฟ้าของหัวอ่านแต่ละคู่ และแสดงผลแบบเรียลไทม์

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการปรับปรุงกระบวนการวัดโดยนำหลักการจากงานวิจัยที่ได้ศึกษามาเพิ่มการตรวจวัดหลังจากการเชื่อมต่อวงจรครั้งละ 2 หัวอ่านเข้าไป โดยการเขียนโปรแกรมสั่งให้เครื่องมือวัดค่าความจุไฟฟ้าหลังจากการเชื่อมต่อวงจร โดยเครื่องจะทำการเชื่อมต่อวงจรครั้งละ 2 หัวอ่าน เมื่อเชื่อมต่อวงจรเสร็จเครื่องจะทำการวัดค่าครั้งละ 2 หัวอ่านเช่นกัน จนครบทั้ง 18 หัวอ่าน

4.2 การทดลองตามที่ได้ออกแบบการทดลองและประเมินผลการทดลองตามที่ได้ตั้งสมมติฐาน

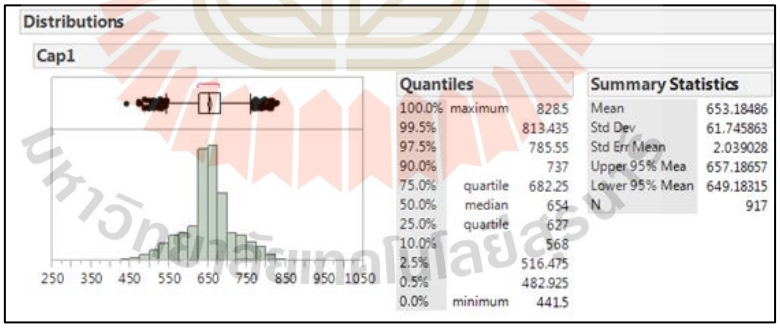
ในตารางที่ 4.1 แสดงสมมติฐานของชุดหัวอ่านเขียนในแต่ละลักษณะ จากการวัดค่า PZT ของชุดหัวอ่าน-เขียน จำนวน 917 หัวอ่าน โดยค่าเฉลี่ยของ PZT จากกลุ่มงานเท่ากับ 653 pF นำค่าเฉลี่ยมาแสดงค่าความจุไฟฟ้าเมื่อมีความผิดปรกติ 1 หัวอ่าน โดยเริ่มจากงานที่มีจำนวนหัวอ่าน 14 หัวอ่าน เมื่อเกิดความผิดปกติของหัวอ่าน 1 หัวอ่าน ค่าความจุไฟฟ้ารวมของทั้ง 13 หัวอ่านที่เหลืออยู่คือ 8489 pF ยังมีค่าที่สูงกว่า Lower Spec Limit 8446 pF เช่นเดียวกันกับงานที่มีหัวอ่าน 18 หัวอ่าน ค่าความจุไฟฟ้ารวมของทั้ง 17 หัวอ่านที่เหลืออยู่คือ 11101 pF ยังมีค่าที่สูงกว่า Lower Spec Limit 10965 pF เช่นกัน จึงทำให้เครื่องทดสอบความจุไฟฟ้าไม่สามารถตรวจสอบความผิดปกตินี้ได้ ดังนั้นการลดจำนวนการวัดค่าความจุไฟฟ้าในแต่ละชุดหัวอ่านให้เหลือเพียงทีละ 2 หัวอ่าน เมื่อเกิดความผิดปกติของหัวอ่าน 1 หัวอ่าน ค่าความจุไฟฟ้ารวมมีค่า 653 pF ซึ่งมีค่าต่ำกว่า Lower Spec Limit 1043 pF เป็นที่มาของงานวิจัยโดยวัดค่าความจุไฟฟ้าทีละ 2 หัวอ่านเพื่อดักจับความผิดปรกติของตัวงาน

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างค่าความจุไฟฟ้าเมื่อมีความผิดปรกติ 1 หัวอ่านเทียบกันเมื่อมีชุดหัวอ่านเพิ่มขึ้นในแต่ละลักษณะของหัวอ่าน

จำนวนหัวอ่าน (Head)	Mean (pF)	Sigma (pF)	USL with +3 sigma	LSL with -3 sigma	จำลองการเกิดความผิดปรกติ 1 หัวอ่าน (-635pF)
1	653	62	839	467	
2	1306	88	1569	1043	653 (<LSL)
14	9142	232	9838	8446	8489 (>LSL)
18	11754	263	12543	10965	11101 (>LSL)

4.2.1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดหัวอ่าน-เขียนข้อมูล

เมื่อชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้การตรวจสอบมีความผิดพลาดมากขึ้นดังนี้ จากข้อมูลการวัดค่า PZT จำนวน 917 หัวอ่าน ดังรูปที่ 4.1 จะได้ค่าเฉลี่ยที่ 653 pF และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 61.7 pF และเมื่อทำการคำนวณค่าความจุไฟฟ้ารวมตามลำดับของจำนวนหัวอ่านที่มากขึ้น จะเห็นได้ว่า การผิดปกติเพียงแค่หนึ่งหัวอ่านไม่สามารถทำให้ค่าเฉลี่ยรวมของความจุไฟฟ้ามีค่าความแตกต่างมากกว่า 3 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้

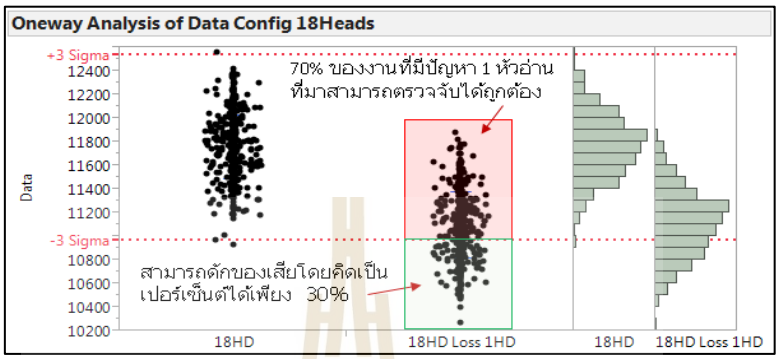


รูปที่ 4.1 กราฟตัวอย่างค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดหัวอ่าน-เขียนข้อมูล

4.2.2 เก็บค่าความจุไฟฟ้าของหัวอ่าน-เขียน (HGA) เพื่อดูการกระจายตัวของข้อมูล

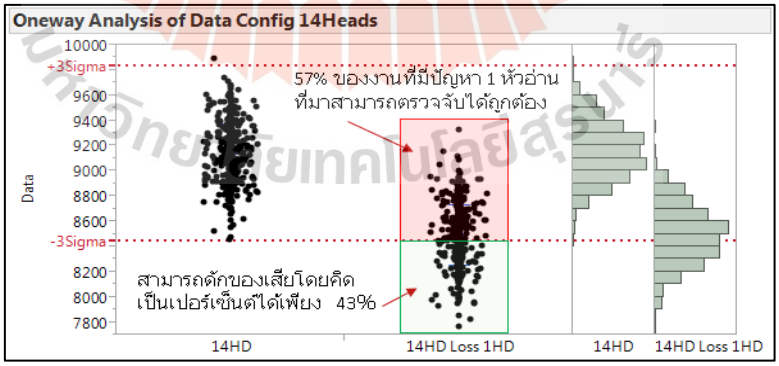
นำหัวอ่าน-เขียนจำนวน 500 HGA มาวัดค่า PZT เพื่อดูการกระจายตัวของข้อมูลและเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจะเห็นได้ว่า ยิ่งมีจำนวนชุดหัวอ่าน-เขียนเพิ่มขึ้นการตรวจสอบงานที่มีความผิดปกติ มีความผิดพลาดมากขึ้นตามไปด้วย แสดงดังรูปที่ 4.2 จำลองภาพชุดหัวอ่าน-เขียน 18 หัวอ่าน ซึ่งเกิดความผิดปรกติที่ 1 หัวอ่าน จะเห็นว่า ในกระบวนการผลิต

ของชุดหัวอ่าน-เขียนสามารถดักจับของเสียคิดเป็น 30% แสดงให้เห็นว่าอีก 70% ที่ไม่สามารถตรวจจับความผิดปรกติ ได้มีค่าการกระจายตัวปนอยู่กับงานปรกติซึ่งสามารถทำให้หลุดไปยังกระบวนการผลิตถัดไป



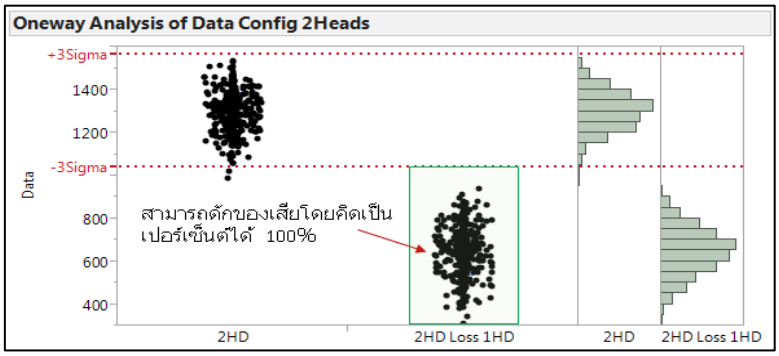
รูปที่ 4.2 กราฟชุดหัวอ่าน-เขียนข้อมูลแบบ 18 หัวอ่านสามารถดักของเสียโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 30%

รูปที่ 4.3 จำลองภาพชุดหัวอ่าน-เขียน 14 หัวอ่าน ซึ่งเกิดความผิดปรกติที่ 1 หัวอ่าน จะเห็นว่า ในกระบวนการผลิตของชุดหัวอ่าน-เขียนสามารถดักจับของเสียคิดเป็น 43% แสดงให้เห็นว่าอีก 57% ที่ไม่สามารถตรวจจับความผิดปรกติของตัวงานได้หลุดไปในกระบวนการถัดไปได้เช่นกัน



รูปที่ 4.3 กราฟชุดหัวอ่าน-เขียนข้อมูลแบบ 14 หัวอ่านสามารถดักของเสียโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 43%

รูปที่ 4.4 จำลองภาพชุดหัวอ่าน-เขียน 2 หัวอ่าน ซึ่งเกินความผิดปรกติที่ 1 หัวอ่าน จะเห็นว่า ในกระบวนการผลิตของชุดหัวอ่าน-เขียนสามารถดักจับของเสียคิดได้ 100% ทำให้สามารถแยกของเสียออกจากงานปรกติได้



รูปที่ 4.4 กราฟชุดหัวอ่าน-เขียนข้อมูลแบบ 2 หัวอ่านสามารถดักของเสียโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 100%

ซึ่งจะเห็นได้ว่าถ้าเปลี่ยนมาวัดค่าความจุไฟฟ้าครั้งละ 2 หัวอ่าน เราจะสามารถดักของเสียจากกระบวนการประกอบชุดหัวอ่านได้ถูกต้องถึง 100% จากที่กล่าวมาข้างต้นเราจะเปลี่ยนวิธีการวัดจากเดิมโดยการเพิ่มเครื่องมือวัดเข้าไปที่กระบวนกระประกอบชุดหัว-อ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อให้สามารถทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าหลังจากประกอบหัวอ่านครั้งละ 2 หัวอ่าน เมื่อเราพบหัวอ่านที่มีปัญหาหรือมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน เราสามารถเปลี่ยนหัวอ่านในกระบวนการประกอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และทดสอบค่าความจุไฟฟ้าเพื่อยืนยันค่ามาตรฐาน เพื่อเป็นการลดของเสียในกระบวนการผลิต สามารถแสดงสรุปความสามารถในการตรวจจับเมื่อหัวอ่านมีความผิดปรกติ 1 หัวอ่านได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความสามารถในการตรวจจับเมื่อหัวอ่านมีความผิดปรกติ 1 หัวอ่าน

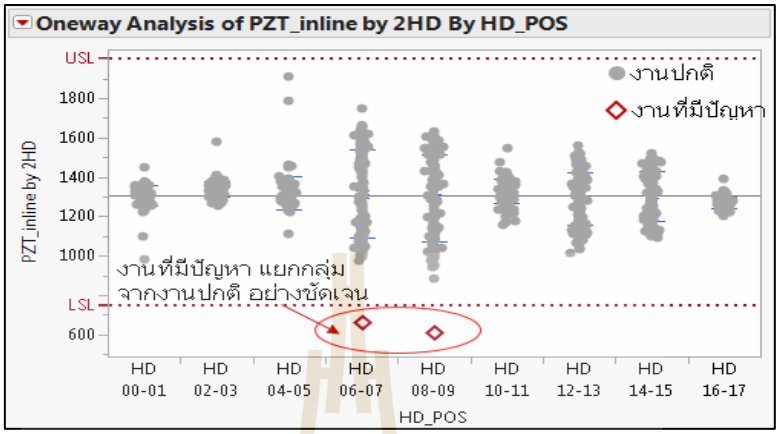
จำนวนหัวอ่าน	18 หัวอ่าน	14 หัวอ่าน	2 หัวอ่าน
ความสามารถในการตรวจจับเมื่อหัวอ่านมีความผิดปรกติ 1 หัวอ่าน	30%	43%	100%

4.3 ผลการดำเนินการวิจัยและการอภิปรายผล

4.3.1 ผลการทดลองโดยการวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบใหม่ (Inline ComSAT)

เนื่องจากผลการทดลองเริ่มการทำการวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) ก่อน เพราะติดเครื่องมือวัดไว้ในกระบวนการผลิต ผลการศึกษาและเปรียบเทียบการวัดค่าความจุทางไฟฟ้าของผลิตภัณฑ์ที่มีหน่วยความจุ 14 TB, 18 HD จำนวน 128 HSA พบว่า การวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบใหม่ (Inline ComSAT)สามารถตรวจจับของเสียได้ถูกต้อง และยังสามารถระบุตำแหน่งของชุดหัวอ่านที่มีปัญหาได้ ซึ่งระบุว่างานมีปัญหาอยู่ 2 HSA จากทั้งหมด 128 HSA ที่ตำแหน่ง HD06-07 = 1 HSA

และ HD08-09 = 1 HSA โดยค่าความจุไฟฟ้าของตำแหน่งตัวงานที่มีปัญหาจะมีความแตกต่างจากการกระจายตัวของงานปกติ ดังรูปที่ 4.5



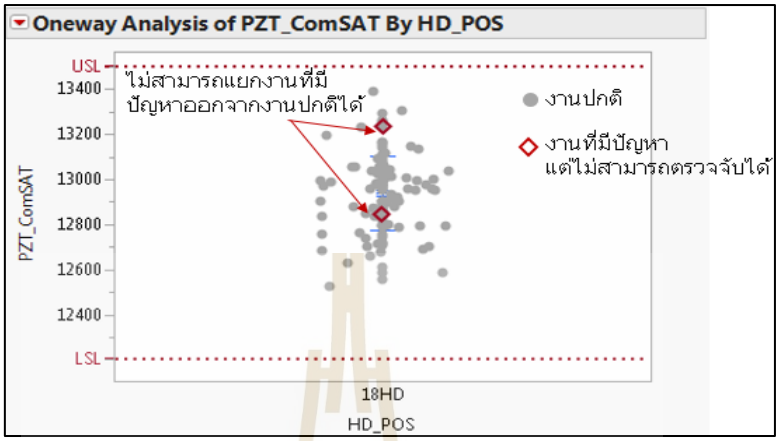
รูปที่ 4.5 การวัดค่าความจุไฟฟ้าโดยวัดในกระบวนการผลิตสามารถตรวจจับของเสียได้ถูกต้องและยังสามารถระบุตำแหน่งของชุดหัวอ่านที่มีปัญหาได้

4.3.2 ผลการทดลองโดยการวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบเดิม (ComSAT)

เพื่อยืนยันผลการทดลองในการศึกษาวิจัย โดยการนำงานชุดเดียวกันไปทำการวัดค่าแบบเดิม (ComSAT) คือการวัดค่าความจุไฟฟ้ารวมทั้ง 18 หัวอ่าน และนำมาแสดงดังกราฟจะเห็นได้ว่าการวัดค่าแบบเดิม เครื่องมือวัดแสดงผลตัวงานผ่านเกณฑ์ เครื่องมือวัดไม่สามารถแยกงานที่มีปัญหาออกจากการกระจายตัวของค่าความจุไฟฟ้าของงานปกติได้ ตัวงานที่มีปัญหายังมาค่าการกระจายตัวอยู่ในกลุ่มตัวงานที่ปรกติ และเครื่องมือวัดจะแสดงผลว่าตัวงานที่ไม่ได้คุณภาพที่ 2 ตัว ผ่านมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 4.6

โดยเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการตรวจจับของเสียของเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) และแบบเก่า (ComSAT) แสดงข้อมูลดิบของงาน 128 HSAs รวมถึง 2 HSA ที่ไม่ผ่านมาตรฐาน ยกตัวอย่างข้อมูลดิบได้ดังตารางที่ 4.3 ยกตัวอย่าง 1 HSA เปรียบเทียบค่าเครื่องมือวัดแบบเก่า (ComSAT) และแบบใหม่ (Inline ComSAT) โดยใช้ HSA ตัวเดียวกันวัดทั้งสองเครื่องเพื่อเปรียบเทียบจะเห็นว่าการวัดด้วยเครื่องมือวัดแบบเดิม (ComSAT) ค่าความจุไฟฟ้ารวมของงานที่มีปัญหาจริงอยู่ที่ 12250 pF ซึ่งผลการวัดผ่านและสามารถส่งต่อกระบวนการถัดไปได้ แต่กระบวนการวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบใหม่ (Inline ComSAT) สามารถดักตัวงานที่มีปัญหาของหัวอ่านคู่ที่ HD06-07 ได้ ซึ่งมีค่าความจุไฟฟ้าต่ำกว่าค่ามาตรฐานอยู่ที่ 665 pF เครื่องจะไม่ส่งงาน

ออกไปกระบวนการถัดไป ทำให้สามารถดักจับหัวอ่านที่มีปัญหาได้ในกระบวนการประกอบชุดหัว-อ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบเดิม ซึ่งไม่สามารถแยกงานที่มีปัญหาออกจากงานปกติ

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างข้อมูลดิบของ 1 HSA จากการวัดทั้งหมด 128 HAS การวัดค่าความจุไฟฟ้าเปรียบเทียบเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) และแบบเก่า (ComSAT)

ชิ้นงาน	ลำดับของคู่หัวอ่าน	ค่าความจุไฟฟ้าของเครื่องมือวัดแบบเดิม (pF)	ผลการวัดเครื่องมือวัดแบบเก่า	ค่าความจุไฟฟ้าของเครื่องมือวัดแบบใหม่ (pF)	ผลการวัดของเครื่องมือวัดแบบใหม่
DBBJK1LJ5	HD00-01			1348	ผ่าน
DBBJK1LJ5	HD02-03			1351	ผ่าน
DBBJK1LJ5	HD04-05			1213	ผ่าน
DBBJK1LJ5	HD06-07			665	ไม่ผ่าน
DBBJK1LJ5	HD08-09	12250*	ผ่าน	1557	ผ่าน
DBBJK1LJ5	HD10-11			1157	ผ่าน
DBBJK1LJ5	HD12-13			1155	ผ่าน
DBBJK1LJ5	HD14-15			1488	ผ่าน
DBBJK1LJ5	HD16-17			1275	ผ่าน

หมายเหตุ * มีค่าวัดเพียงค่าเดียวเนื่องจากหัวอ่านทั้งหมดถูกเชื่อมต่อแบบขนานประกอบตัวงานเสร็จแล้วจึงนำไปทดสอบค่าทางไฟฟ้า

ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า เครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) สามารถดักของเสียได้ถึง 100% เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดแบบเดิม (ComSAT) แสดงผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการตรวจจับของเสียเปรียบเทียบเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) และแบบเก่า (ComSAT)

การทดสอบ	เครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT)	เครื่องมือวัดแบบเก่า (ComSAT)
ความถูกต้องในการตรวจจับของเสียจริง 2 HSA จากกกลุ่มตัวอย่าง 128 HSA	2/2	0/2
ร้อยละของการตรวจจับของเสีย	100%	0%

4.4 ผลการทดลองโดยการเพิ่มจำนวนชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทดสอบเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT)

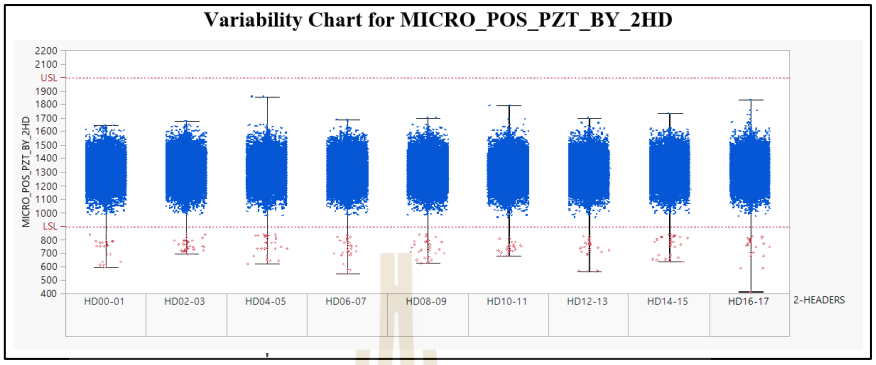
จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า Inline ComSAT สามารถดักของเสียได้ 100% จึงเลือกทำการทดลองโดยการเพิ่มจำนวนชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และทดสอบโดยใช้เครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) โดยทำการทดสอบชุดหัว-อ่านเขียนฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟนำไปวัดค่าความจุทางไฟฟ้าของผลิตภัณฑ์ที่มีหน่วยความจุ 14 TB, 18 HD เช่นเดิม และปรับคุณภาพของเครื่องมือวัดให้เหมาะสม เพื่อให้ตรวจจับของเสียได้แม่นยำมากขึ้น โดยทดสอบงานจำนวน 35596 HSA จากการทดสอบพบว่า มีงานจำนวน 150 HSA ไม่ผ่านการทดสอบทางไฟฟ้า สามารถสรุปข้อมูลได้ดังได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.5 การเพิ่มจำนวนการทดสอบด้วย Inline ComSAT

18HD-Config	Input Inline ComSAT Test (HSA)	Output Test Failed (HSA)	Total (HSA)
จำนวน	35446	150	35596
ร้อยละ	99.58	0.42	100.00

จากตารางที่ 4.5 การเพิ่มจำนวนในการการทดสอบด้วย Inline ComSAT สามารถดักของเสียได้เพิ่มขึ้น 0.42% พลอตค่าการกระจายตัวของตัวงาน 35446 HSA และตัวงานที่ไม่ได้คุณภาพ

150 HSA จะเห็นว่าตัวงานที่มีปัญหากระจายตัวอย่างชัดเจนเทียบกับกลุ่มงานปรกติ ทำให้สามารถดักจับตัวงานได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการวัดแบบ Inline ComSAT

แสดงตัวอย่างข้อมูลดิบของการวัดค่าวัดแบบ Inline ComSAT โดยข้อมูลจาก 35446 HSA วัดค่าแสดงผลผ่านครื่องวัด แสดงผลตัวอย่างดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตัวอย่างข้อมูลดิบการวัดค่าความจุไฟฟ้าจาก Inline ComSAT ของ 1 HSA จากการวัดทั้งหมด 35446 HAS

ชิ้นงาน	การวัดผล	ลำดับของหัวอ่าน	ลำดับคู่ของหัวอ่าน	ค่าความจุไฟฟ้าของเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT)
DDFJC5YBV	ผ่าน	0	HD00-01	1233.917
DDFJC5YBV	ผ่าน	1	HD00-01	1233.917
DDFJC5YBV	ผ่าน	2	HD02-03	1190.684
DDFJC5YBV	ผ่าน	3	HD02-03	1190.684
DDFJC5YBV	ผ่าน	4	HD04-05	1222.856
DDFJC5YBV	ผ่าน	5	HD04-05	1222.856
DDFJC5YBV	ผ่าน	6	HD06-07	1357.507
DDFJC5YBV	ผ่าน	7	HD06-07	1357.507
DDFJC5YBV	ผ่าน	8	HD08-09	1226.597
DDFJC5YBV	ผ่าน	9	HD08-09	1226.597

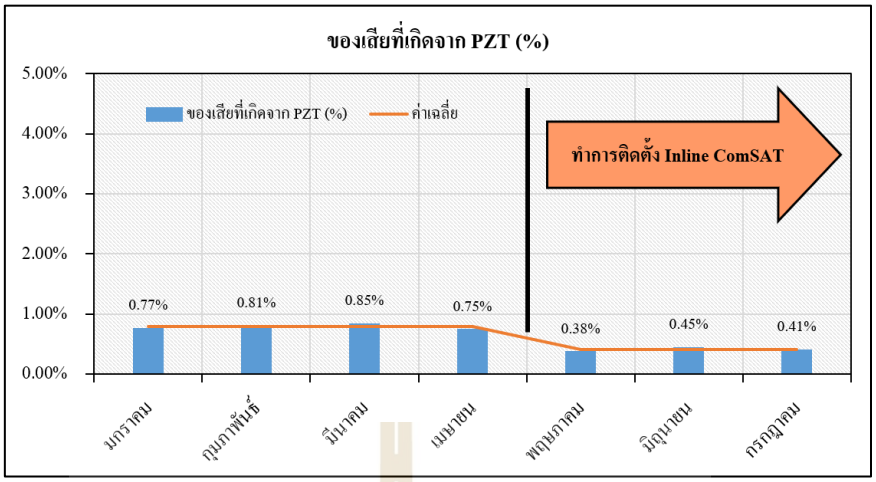
ตารางที่ 4.6 ตัวอย่างข้อมูลดิบการวัดค่าความจุไฟฟ้าจาก Inline ComSAT ของ 1 HSA จากการวัดทั้งหมด 35446 HAS (ต่อ)

ชิ้นงาน	การวัดผล	ลำดับของหัวอ่าน	ลำดับคู่ของหัวอ่าน	ค่าความจุไฟฟ้าของเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT)
DDFJC5YBV	ผ่าน	10	HD10-11	1282.092
DDFJC5YBV	ผ่าน	11	HD10-11	1282.092
DDFJC5YBV	ผ่าน	12	HD12-13	1295.741
DDFJC5YBV	ผ่าน	13	HD12-13	1295.741
DDFJC5YBV	ผ่าน	14	HD14-15	1263.053
DDFJC5YBV	ผ่าน	15	HD14-15	1263.053
DDFJC5YBV	ไม่ผ่าน	16	HD16-17	927.202
DDFJC5YBV	ไม่ผ่าน	17	HD16-17	927.202

4.5 การติดตั้งเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) และเก็บรวบรวมผลการทดลอง

การติดตั้งเครื่องมือวัดแบบใหม่(Inline ComSAT) ในกระบวนการผลิตส่งไปทดสอบที่กระบวนการถัดไปหรือกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟ (Drive Test) เพื่อเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการสรุปผลการทดลอง จากรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าตั้งแต่เดือนมกราคม-เมษายน ในกระบวนการผลิตชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีของเสียจากเครื่องมือวัดแบบเดิม (ComSAT) โดยวัดงานทั้งตัวดักของเสียที่เกิดจาก PZT คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.8% หลังจากทำการติดตั้งเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) ในกระบวนการผลิต สามารถดักของเสียที่เกิดจาก PZT คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.4% ในช่วงเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม

จากตารางที่ 4.7 สรุปผลการทดลองและเก็บข้อมูลหลังจากที่ได้ติดตั้ง Inline ComSAT ในกระบวนการผลิตซึ่งหลังจากติดตั้งแล้วของเสียที่กิดจาก PZT ลดลงในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกรกฎาคมคิดเป็น 0.4%



รูปที่ 4.8 การติดตั้งเครื่องมือวัดแบบใหม่และเก็บรวบรวมผลการทดลอง

ตารางที่ 4.7 ของเสียที่เกิดจาก PZT ที่กระบวนการทดสอบฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟ (Drive test)

	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม
ของเสียที่เกิดจาก PZT	0.77%	0.81%	0.85%	0.75%	0.38%	0.45%	0.41%
Drive Test Yield (%)	99.23%	99.19%	99.15%	99.25%	99.62%	99.45%	99.59%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การเปลี่ยนวิธีการทดสอบทางไฟฟ้าของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Head Stack Assembly, HSA) จากการที่เครื่องมือวัดอ่านค่าความจุไฟฟ้าเป็นวงจรแบบขนาน (Parallel Circuit) และทดสอบความจุไฟฟ้าหลังงจากที่ตัวงานชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟประกอบเสร็จแล้ว โดยใช้เครื่องมือทดสอบทางไฟฟ้า (ComSAT) ซึ่งไม่สามารถระบุตำแหน่งความผิดพลาดบนหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิส์กไดร์ฟได้ชัดเจน การคำนวณค่าของแต่ละหัวอ่านเมื่อต่อวงจรแบบขนาน ค่าความจุไฟฟ้าที่คำนวณได้จะนำมารวมกันแล้วเฉลี่ยออกเป็นค่าความจุไฟฟ้าในแต่ละหัวอ่าน ทำให้การวัดค่าความจุไฟฟ้าแสดงผลว่าตัวงานผ่านมาตรฐานไม่สามารถดักจับตัวงานที่มีปัญหาไว้ได้ ซึ่งปัจจุบันผลิตภัณฑ์ใหม่ในอุตสาหกรรมมีพื้นที่การเก็บข้อมูลมากขึ้นจึงใช้หัวหัวอ่านเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นประสิทธิภาพในการอ่านค่าของเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าจึงให้ความแม่นยำน้อยลง จึงปีนเหตุให้ต้องหาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องมือวัด

วิธีการวัดความจุไฟฟ้า (Capacitance) ที่ทำให้รู้ค่าความจุไฟฟ้าที่แท้จริง ในแต่ละหัวบันทึกการอ่านและเขียนข้อมูลมีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการระบุความผิดพลาดของหัวบันทึกการอ่านและเขียนข้อมูลให้ได้อย่างชัดเจน สามารถตรวจจับและระบุความผิดพลาดได้ในแต่ละหัวอ่านและเขียนข้อมูล เพื่อป้องกันของเสียหลุดไปยังกระบวนการผลิตฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟและเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอุตสาหกรรมดิจิทัล เนื่องจากเป็นงานวิจัยที่ได้รับทุนจากโครงการพัฒนานักวิจัยร่วมกับ บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ได้กำหนดเป้าหมายในการพัฒนาอุตสหกรรมเป็นหลักจึงต้องทำการเก็บข้อมูลให้งานวิจัยนี้ได้ผลลัพธ์ตรงตามเป้าหมาย ดังกล่าวเมื่องานวิจัยนี้สามารถออกแบบการทดสอบทางไฟฟ้าให้สามารถวัดค่าความต้านทานในแต่ละหัวอ่านและเขียนข้อมูล และระบุตำแหน่งของงานที่มีผลเสียได้

จากการศึกษางานวิจัยนี้เลือกวัดค่าความจุทางไฟฟ้าในกระบวนการผลิตของตัวชิ้นงานที่มีหน่วยความจุ 14 TB, 18 HD เนื่องจากเมื่อทำการวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) ติดตั้งในกระบวนการผลิตในระหว่าการเชื่อมวงจรไฟฟ้า (Reflow) และการเชื่อมวงจรไฟฟ้าในกระบวนการผลิตชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟออกแบบหัวบัดกรีให้บัดกรีได้ทีละ 2 หัวอ่าน ค่าความจุไฟฟ้ารวมที่ทำการวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) ค่าความจุไฟฟ้าที่ได้คือค่าความจุไฟฟ้ารวมของ 2 หัวอ่าน เมื่อหัวอ่านใดหัวอ่านหนึ่งพังเสียหาย เครื่องจะทำการปฏิเสธตัวงานไม่ให้ผ่านไปยังกระบวนการผลิต

ถัดไป ลองทำการประกอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจำนวน 128 HSA พบว่า เครื่อง Inline ComSAT ปฏิเสธงาน 2 ตัว เนื่องจากตัวงานมีปัญหา หลังจากนั้นนำงานกลุ่มเดิมเข้าเครื่องมือวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบเดิม (ComSAT) เพื่อเปรียบเทียบการวัดแบบเก่าและแบบใหม่ ผลโดยสรุปคือ เครื่องมือวัดแบบเดิมแสดงผลว่าตัวงานทุกตัวผ่านมาตรฐานของเครื่องมือวัด ไม่สามารถดักของเสียที่เกิดจาก PZT 2 ตัว ดังที่เครื่อง Inline ComSAT ดักได้ สามารถส่งต่อไปยังกระบวนการประกอบไดร์ฟได้

ดังนั้นงานวิจัยจึงติดตั้งเครื่องมือวัดแบบใหม่ (Inline ComSAT) และลองทดสอบโดยเพิ่มจำนวนของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปที่ 35k โดยผลการวิจัยพบว่ามีงานถูกปฏิเสธจากเครื่องมือวัดแบบใหม่ 150 ตัว หรือสามารถดักของเสียได้คิดเป็น 0.42%

จากนั้นนำงานติดตามผลในช่วงตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม ผลิตชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทดสอบด้วยกระบวนการวัดแบบ Inline ComSAT แล้วส่งไปทดสอบที่กระบวนการถัดไปหรือกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟ (Drive Test) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในช่วง 3 เดือน (พฤษภาคม-กรกฎาคม) สามารถเพิ่มผลผลิตในกระบวนการทดสอบทดสอบทางไฟฟ้าของฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟ (Hard Disk Drive, HDD) เพิ่มขึ้น 0.4% เปรียบเทียบกับช่วง 4 เดือนแรกของปี (มกราคม-เมษายน) ของเสียที่เกิดจาก PZT คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.8% จะเห็นได้ว่างานวิจัยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดได้จริง เป็นไปตามแผนที่วางไว้ และยังดักของเสียไว้ในกระบวนการผลิตได้ ไม่ต้องเสียเวลาส่งตัวงานไปทดสอบที่กระบวนการประกอบไดร์ฟ และต้องเสียเวลาในการทดสอบจึงเป็นประโยชน์กับผู้ประกอบการ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ผลการทดลองได้แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของค่าความจุไฟฟ้าของแต่ละชุดตำแหน่งของหัวอ่าน เพื่อนำไปวิเคราะห์สาเหตุและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีคุณภาพอย่างต่อเนื่องในด้านอื่น ๆ เพิ่มเติม

2) จากผลการศึกษาควรทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับความผิดพลาดของค่าความจุไฟฟ้าของชิ้นงานเพิ่มเติม

รายการอ้างอิง

จุฑามนี อุ๋ยสกุล. (2555). การควบคุมตำแหน่งหัวอ่านฮาร์ดดิกส์แบบสองขั้นตอนด้วยตัวควบคุมแบบฟัซซีพีไอดี. **วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต** สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Ahmad, W. S., Perinpanayagam, S., Jennions, I., & Khan, S. (2014). Study on Intermittent Faults and Electrical Continuity. **Procedia CIRP**, vol. 22, pp. 71-75.

Hirano, T., & Yang, H. (2005). A hard-disk drive tracking servo micro actuator driven by PZT with stroke amplification mechanism. **The 13th International Conference on Solid-state Sensors, Actuators and Microsystems**, Seoul, Korea.

Katragadda, V., Deshmukh, N., Gasasira, A., Lee, C., & Cusick, A. (2019). A Study of Test Throughput Analysis on Capacitance Measurement of Parallel Test Structures Using LCR and Direct Charge based Instruments. Paper presented at the **2019 IEEE 32nd International Conference on Microelectronic Test Structures (ICMTS).**

Kiattisak Sengchuai, Boworn Panyavoravaj and Nattha Jindapetch (2019). Temperature Effects on a Simplified Self-Sensing Actuation Circuit for PZT Micro-Actuator in HDDs. **IEEE Sensors Journal**, vol. 19(15), pp. 6205-6213.

Liao, M. C., Huang, P. S., Lin, Y. H., Huang, C. Y., Tsai, M. Y., & Huang, T. C. (2014). Warpage measurements of printed circuit board during reflow process using strain gauges. Paper presented at **the 2014 9th International Microsystems, Packaging, Assembly and Circuits Technology Conference (IMPACT)**.

Paikaw, E., Vichienchom, K., & Pojprapai, S. (2016). Piezoelectric micro actuator testing using heat-assisted capacitance measurement. Paper presented at the **2016 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)**.

Punsawat, W., Khaosa-ard, K., & Makcharoen, W. (2019). Development and fatigue testing of a PZT assembly with PE housing for harvesting mechanical energy. **Materials Today: Proceedings**, vol. 17, pp. 1607-1611.

.

Tyagi, T., & Sumathi, P. (2020). Frequency estimation techniques in capacitance-to-frequency conversion measurement. **Review of Scientific Instruments**, 91, 015005.

Yung-Ping Yeh, M. McCaslin and C. -. R. Ku. (2000). PZT crack detection in suspension-based dual stage actuator [for HDDs]. **IEEE Transactions on Magnetics**, vol. 36, no. 5, pp. 2244-2246.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวพิมพ์มาดา โสภณ เกิดเมื่อวันที่ 13 พฤษจิกายน พ.ศ. 2533 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนต้นและตอนปลายจากโรงเรียนสุรนารีวิทยา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ. 2556 และในปี พ.ศ. 2560 ได้ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมการจัดการพลังงาน สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปัจจุบันปฏิบัติงานเป็นพนักงานของ บริษัท ซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี