การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิต ในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้ระเบียบวิธีซิกซ์ซิกม่า

นางสาว นวลพรรณ ใจงาม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ *ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ*

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-333-996-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19205664 12 ก.พ. 2546

REDUCTION OF DEFECTS FROM ELECTROSTATIC DISCHARGE IN THE HEAD GIMBAL STACK ASSEMBLY LINE BY APPLYING THE SIX SIGMA METHOD

Miss Nualpun Jai-ngam

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 1999
ISBN 974-333-996-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้ระเบียบวิธีซิกซ์ซิกม่า
โดย	นางสาวนวลพรรณ ใจงาม
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ จรูญ มหิทธาฟองกุล)

....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา)

....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นวลพรรณ ใจงาม : การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้ระเบียบวิธีซิกซ์ซิกม่า (REDUCTION OF DEFECTS FROM ELECTROSTATIC DISCHARGE IN THE HEAD GIMBAL STACK ASSEMBLY LINE BY APPLYING THE SIX SIGMA METHOD) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. ปารเมศ ชุติมา ; 199 หน้า. ISBN 974-333-996-5.

การวิจัยนี้เสนอแนวทางการควบคุมคุณภาพโดยใช้แนวทางของซิกซ์ซิกม่าเพื่อปรับปรุงข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Discharge) ของกระบวนการประกอบหัวอ่านและบันทึก ระบบการดำเนินการคุณภาพตามแนวทางของซิกซ์ซิกม่าจะใช้หลักการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติเป็นสำคัญ ขั้นตอนจะประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนที่ใช้เป็นหลักในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา คือ การวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา (Measure) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze) การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve) การควบคุมตัวแปรต่าง ๆ (Control)

ในแต่ละขั้นของการสำรวจผลวิจัยสามารถระบุสาเหตุของปัญหาและทำการแก้ไขโดยใช้หลักการทางสถิติวิศวกรรมที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งขั้นตอนเริ่มต้นของการศึกษาได้ทำการศึกษาความแม่นยำและความถูกต้องของระบบการวัด การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาทำโดยแผนภาพแสดงเหตุและผล และเชื่อมโยงเพื่อหาความรุนแรงของปัญหาด้วยวิธีการ FMEA หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์สาเหตุต่าง ๆ เหล่านั้นว่ามีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อกระบวนการประกอบหัวอ่านและบันทึก เมื่อสามารถระบุถึงสาเหตุของปัญหาขั้นตอนต่อไปคือการปรับปรุงเพื่อลดอัตราข้อบกพร่องโดยใช้หลักการทางสถิติวิศวกรรมเพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลองเช่นเดียวกัน สุดท้ายคือการจัดทำมาตรการควบคุมและป้องกันปัญหา

จากการดำเนินการคุณภาพตามแนวทางของซิกซ์ซิกม่า พบว่าอัตราส่วนข้อบกพร่องจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตสามารถลดลงจาก 3,1600 DPPM เป็น 7,890 DPPM หรือเมื่อเปรียบเทียบในระดับ σ สามารถปรับปรุงจากระดับ 3.36 เป็นที่ระดับ 3.91 และสามารถลดค่าความเสียหายและได้รับผลประโยชน์ตอบแทนจากการปรับปรุงคุณภาพได้ถึง 163,999 ดอลล่าร์สหรัฐภายในระยะเวลาสองไตรมาส

ภาควิชา...วิศวกรรมอุตสาหการ........................ลายมือชื่อนิสิต..............................
สาขาวิชา...วิศวกรรมอุตสาหการ........................ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..............................
ปีการศึกษา..............2542........................ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..............................

4171442621 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD : Electrostatic Discharge Defect in Head Gimbal Stack Assembly / Six Sigma Method / FMEA / GR&R / Test of Hypothesis on a Proportion / Anova / T & F Test.

NUALPUN JAI-NGAM : REDUCTION OF DEFECTS FROM ELECTROSTATIC DISCHARGE IN THE HEAD GIMBAL STACK ASSEMBLY LINE BY APPLYING SIX SIGMA METHOD. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. DR. PARAMES CHUTIMA, Ph.D. 199 pp.

ISBN 974-333-996-5.

This research has been performed on the head gimbal stack assembly in the disc drive manufacturing. The research aims to reduce the defects of Electrostatic Discharge which causes high fallout in the head gimbal stack assembly. Six Sigma Method is used as a process tools in this research. It consists 4 phases which are measurement phase, analyze phase, improvement phase and control phase.

In each phase of Six Sigma method mainly applies the statistical techniques to make decisions for any key input process variables by using $\alpha = 0.05$. The first phase is to determine the repeatability and reproducibility of electrical measurement tester. Key process input variables are listed by cause and effect diagram and FMEA (Failure Mode Effect Analysis). The second phase is to use statistic to analyze the actual root causes. The third part is to improve all the key process input to reduce ESD defect and control in the acceptance level by control phase.

After an experiment are concluded, DPPM has showed significantly improvement. The fallout has been reduced from 3,1600 DPPM in September'1999 to be 7,890 DPPM in March'2000. The σ level improves from 3.36 to be 3.91. The overall cost reduction is reported to be 163,999 $ in two quarters during research timeframe.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา...วิศวกรรมอุตสาหการ..........................ลายมือชื่อนิสิต..

สาขาวิชา...วิศวกรรมอุตสาหการ..........................ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..........................

ปีการศึกษา.............2542..............................ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..........................

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้ที่คณาจารย์ประสิทธิประสาทวิชา และด้วยความอนุเคราะห์ของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำแก้ไขและชี้แนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดี ตลอดจนคณาจารย์ที่ร่วมเป็น ประธานและคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ จรูญ มหิทธาฟองกุล รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ ที่ได้ช่วยเหลือให้คำแนะนำต่าง ๆ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ประโยชน์และความดีอันพึงเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ บิดา มารดา พี่น้อง เพื่อนนิสิต และเพื่อนร่วมงาน นอกจากนั้นขอขอบคุณทุกท่านที่มิได้กล่าวไว้ในที่นี้ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ญ

สารบัญรูป.....ฎ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา.....1

1.2 วัตถุดิบและประเภทของผลิตภัณฑ์.....2

1.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตย์.....3

1.4 แนวความคิดเพื่อการวิจัย.....4

1.5 ขอบเขตปัญหา.....10

1.6 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....11

1.7 ขอบเขตของการวิจัย.....11

1.8 แนวทางเพื่อการวิจัย.....11

1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....12

1.10 สรุปเนื้อหาโดยสังเขป.....12

บทที่ 2

2.1 ความรู้เกี่ยวกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....14

2.2 เทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึก.....25

2.3 การเกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์.....31

2.4 แนวคิดของการดำเนินวิธีการควบคุมคุณภาพแบบซิกซ์ซิกมา.....33

2.5 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....78

บทที่ 3 กระบวนการผลิตหัวอ่านและบันทึกข้อมูล.....83

3.1 กระบวนการผลิตหัวอ่านและบันทึก.....83

3.2 กระบวนการผลิต HGSA.....84

หน้า

3.3 ลักษณะสายการผลิต..88
3.4 เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ผลิต..88

บทที่ 4 การวัดเพื่อการกำหนดสาเหตุของปัญหา...90
4.1 การกำหนดปัญหา..90
4.2 วัตถุประสงค์...90
4.3 การวิเคราะห์ทางด้านการเงิน...91
4.4 การวิเคราะห์กระบวนการผลิต..92
4.5 การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังแสดงเหตุและผล......................................101
4.6 การวิเคราะห์ด้วยวิธี FMEA...123
4.7 การศึกษาความสามารถของกระบวนการผลิต...128
4.8 บทสรุป...129

บทที่ 5 การออกแบบวิเคราะห์ปัญหา...130
5.1 บทนำ...130
5.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากปัจจัยแวดล้อม...130
5.3 การวิเคราะห์ในกระบวนการผลิต..135
5.4 บทสรุป...158

บทที่ 6 การปรับปรุง..160
6.1 บทนำ...160
6.2 การปรับปรุงกระบวนการผลิต...160
6.3 บทสรุปผลการทดลอง...182

บทที่ 7 การควบคุมกระบวนการผลิต...183
7.1 บทนำ...183
7.2 การตรวจสอบ...183
7.3 กราฟสัดส่วนของเสีย...183
7.4 การควบคุมกระบวนการผลิต..187
7.5 การจัดทำมาตรการป้องกัน...190

หน้า

บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ......191
8.1 บทนำ...... 191
8.2 บทสรุปการวัดเพื่อกำหนดปัญหา......191
8.3 บทสรุปการวิเคราะห์สาเหตุปัญหา...... 192
8.4 บทสรุปการปรับปรุงกระบวนการผลิต...... 194
8.5 บทสรุปการควบคุมกระบวนการผลิต......194
8.6 บทสรุปการเลือกใช้เครื่องมือในการควบคุมคุณภาพ......195
8.7 ข้อจำกัดในการวิจัย...... 196
8.8 ข้อเสนอแนะ......196
รายการอ้างอิง......197
ประวัติผู้เขียน......199

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงการวิเคราะห์ทางการเงินที่คาดว่าจะได้รับจากการปรับปรุงคุณภาพ	11
2.1	แสดงตารางการเปรียบเทียบเทคโนโลยีของ GMR และ MR	28
2.2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแม่นยำในการวัด	46
2.3	แสดงสัญลักษณ์ค่าสถิติและพารามิเตอร์	49
2.4	แสดงการเปรียบเทียบตัววัดแนวโน้มสู่ศูนย์กลาง	51
2.5	แสดงขอบเขตของพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งปกติ	54
2.6	แสดงค่าคาดหมายของรูปแบบอิทธิพลแบบสุ่ม	72
2.7	แสดงชนิดของแผนภูมิ	75
3.1	แสดงชั้นตอนกระบวนการผลิต HGA	85
3.2	แสดงชั้นตอนกระบวนการผลิต HSA	87
4.1	แสดงการวิเคราะห์ทางด้านการเงิน	92
4.2	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสัมพันธ์เชิงเส้น	105
4.3	แสดงการกำหนดเกณฑ์การยอมรับค่า GR&R	110
4.4	แสดงผลลัพธ์การวิเคราะห์ของข้อมูลลักษณะ	112
4.5	แสดงผลลัพธ์การวิเคราะห์ทางสถิติของความแม่นยำข้อมูลลักษณะ	113
4.6	แสดงความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์และการเกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์	116
4.7	แสดงค่ากระแสไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอของเครื่องเชื่อมตะกั่ว	122
4.8	แสดงการวิเคราะห์ถึงระดับความรุนแรงของปัญหาด้วยวิธี FMEA	124
5.1	แสดงลักษณะข้อบกพร่องเมื่อทำการวัดด้วยกราฟความสัมพันธ์	134
5.2	แสดงผลการทดลองของการใช้มือและเครื่องมือในการช่วยจับ	143
5.3	แสดงค่ากระแสไฟฟ้าสถิตย์สะสมของเครื่องมือจับประเภทโลหะและเซรามิค	153
5.4	แสดงประจุไฟฟ้าสะสมของสแกนเนอร์ขณะปฏิบัติงานและไม่ได้ปฏิบัติงาน	157
5.5	แสดงตารางสรุปการเลือกปัจจัยและผลกระทบจากปัจจัยนั้น ๆ	158
6.1	แสดงสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนการผลิต	160
6.2	แสดงค่ากระแสไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอของเครื่องเชื่อมตะกั่ว	161
6.3	แสดงการสรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการผลิต	182
7.1	แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับ σ เปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง	184

หน้า

7.2 แสดงค่าเปรียบเทียบระดับของ σ และค่า DPPM...186
7.1 แสดงการวิเคราะห์ทางการเงินหลังจากการดำเนินการควบคุมคุณภาพ.................186

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงถึงการเกิดกระแสไฟฟ้าสถิตย์	3
1.2	แสดงความแตกต่างระหว่างแนวความคิดของซิกซ์ซิกมากับ Continuous Improvement	5
1.3	แสดงขั้นตอนแนวความคิดของซิกซ์ซิกมา	7
1.4	แสดงปริมาณข้อบกพร่องจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์	10
2.1	แสดงกราฟความแตกต่างระหว่างแนวความคิดของซิกซ์ซิกมากับ Continuous Improvement	34
2.2	แสดงแนวคิดพื้นฐานของกระบวนการผลิต	36
2.3	แสดงการกระจายของข้อมูลทั่วไป	36
2.4	แสดงแนวความคิดการควบคุมคุณภาพแบบ 3σ	37
2.5	แสดงแนวความคิดการควบคุมคุณภาพแบบ 6σ	37
2.6	แสดงขั้นตอนการควบคุมคุณภาพตามแนวคิดซิกซ์ซิกมา	39
2.7	แสดงการแจกแจงแบบปกติ	53
2.8	แสดงเส้นโค้งปกติ	58
2.9	แสดงปัจจัยและพารามิเตอร์ของกระบวนการ	63
2.10	แสดงอิทธิพลของปัจจัยเดี่ยว	63
2.11	แสดงกราฟที่ไม่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วม (ขวา) แสดงกราฟที่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วม (ซ้าย)	70
4.1	แสดงจำนวนข้อบกพร่องที่ตรวจวัดในกระบวนการผลิตและเป้าหมายการลดของเสีย	91
4.2	แสดงการวิเคราะห์กระบวนการไหลของการวางผังงานโดยรวม	95
4.3	แสดงการวิเคราะห์กระบวนการไหลของการวางผังงานโดยละเอียด ณ สถานีการการตรวจวัดค่าความต้านทานส่วนต้น	96
4.4	แสดงการวิเคราะห์กระบวนการไหลของการวางผังงานโดยละเอียดก่อนการเปลี่ยนแปลง	98
4.5	แสดงการวิเคราะห์กระบวนการไหลของการวางผังงานโดยละเอียดภายหลังการเปลี่ยนแปลง	99

หน้า

4.6 แสดงการวิเคราะห์การวิเคราะห์กระบวนการไหลอย่างละเอียด..........................100
4.7 แสดงการวิเคราะห์ผังแสดงเหตุและผลของข้อบกพร่องจากการถ่ายเท.................103
กระแสไฟฟ้าสถิตย์
4.8 แสดงกราฟเส้นถดถอยของคุณสมบัติเชิงเส้นของพารามิเตอร์ MR_x......................106
4.9 แสดงกราฟเส้นถดถอยของคุณสมบัติเชิงเส้นของพารามิเตอร์ MR_y......................107
4.10 แสดงกราฟผลลัพธ์ของ GR&R...110
4.11 แสดงการต่อกราวด์ของตัวนำ...117
4.12 แสดงการต่อกราวด์ของฉนวน... 117
4.13 แสดงวิธีการทำงานของสถานีการดึงส่วนเชื่อมตะกั่ว..119
4.14 แสดงวิธีการทำงานของสถานีการเชื่อมตะกั่วระหว่าง HGA และ PCC 119
4.15 แสดงลำดับขั้นของการเชื่อมตะกั่วระหว่าง HGA และ FOS............................... 120
4.16 แสดงการวิธีการวิเคราะห์ความร้ายแรงของสาเหตุด้วยผังพาเรโต........................ 128
5.1 กราฟแสดงปัจจัยข้อบกพร่อง...131
5.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานเปรียบเทียบก่อนและหลัง............132
กระบวนการผลิต
5.3 แสดงลักษณะสาเหตุของข้อบกพร่องจากการวิเคราะห์ด้วยกราฟความสัมพันธ์.......133
5.4 แสดงลักษณะการวิเคราะห์ค่าความต้านทานของหัวอ่านและบันทึก...................133
5.5 แสดงกราฟแท่งบอกสัดส่วนข้อบกพร่องของแต่ละสาเหตุและลักษณะปัญหา..........135
5.6 แสดงสัดส่วนข้อบกพร่องประเภท UP และ DN...139
5.7 แสดงภาพของกระแสไฟฟ้าสถิตย์ทำลายหัวอ่าน...142
5.8 แสดง Box Plot ของประจุไฟฟ้าของแต่ละวิธีการจับ FOS..................................144
5.9 แสดงกราฟ Normal Probability Plot ของแต่ละวิธีการจับ.................................133
5.10 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของวิธีการจับงานแต่ละประเภท......................145
5.11 แสดงวิธีการดึง Shunting เปรียบเทียบเก่าและใหม่..145
5.12 แสดงการวิเคราะห์ค่าความต้านทานจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม........................ 150
5.13 แสดงการวิเคราะห์ Normal Probability Plot ของอุปกรณ์ช่วยจับแบบโลหะและ.....154
เซรามิค
5.14 แสดงประจุไฟฟ้าสะสมของอุปกรณ์ช่วยจับแบบโลหะและเซรามิค....................... 155
5.15 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบสแกนเนอร์เก่าและใหม่.........................158
6.1 แสดงระบบการต่อกราวด์เชื่อมตะกั่วก่อนการเปลี่ยนแปลง.............................. 162

หน้า

6.2 แสดงระบบการต่อกราวด์เชื่อมตะกั่วหลังการเปลี่ยนแปลง.............................. 162
6.3 แสดง Box Plot ของค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบวิธีการเชื่อมแบบสัมผัส........................166
และไม่สัมผัสเส้นไฟ
6.4 แสดงวิธีการเชื่อมตะกั่วแบบสัมผัสเส้นไฟ... 166
6.5 การวางผังการผลิตก่อนทำการเปลี่ยนแปลง... 167
6.6 การวางผังการผลิตหลังทำการเปลี่ยนแปลง..169
6.7 การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน..170
6.8 แสดงกราฟข้อมูลของงานไม่ผ่านข้อกำหนดปะปนภายหลังการเปลี่ยนแปลง......... 172
6.9 แสดง Box Plot ของการใช้มือและอุปกรณ์ช่วยจับ.. 175
6.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่านศูนย์กลางภายหลังการแก้ไขฟิ๊กเจอร์.....................176
6.11 แสดง IAT Pin ก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่านศูนย์กลาง........................177
6.12 แสดงการวิเคราะห์เวลาในการสลายประจุบวกของพัดลมสลายประจุไฟฟ้า............180
แบบเพดานและตั้งโต๊ะ
6.13 แสดงการวิเคราะห์เวลาในการสลายประจุลบของพัดลมสลายประจุไฟฟ้า............180
แบบเพดานและตั้งโต๊ะ
7.1 แสดงสัดส่วนของเสียก่อนและหลังทำการปรับปรุง... 184
7.2 แสดงระดับของ σ ก่อนและหลังการทดลอง...185
7.3 แสดงกราฟผลกำไรที่ได้รับหลังจากการดำเนินคุณภาพแบบซิกซ์ซิกมา................. 187
7.4 แสดงภาพการควบคุมกระบวนการของ HGA Real Time Triggering..................188
7.5 แสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลที่มีปัญหาทางด้านคุณภาพ.............................. 188
7.6 แสดงแผนภาพ HSA Realtime Triggering Process.................................... 189