

**การจัดตาราง/การเปลี่ยนตารางการผลิตสำหรับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น
ในกรณีของเครื่องจักรเสีย**



นางสาวปิยมาภรณ์ ชมสุวรรณ

สถาบันวิทยบริการ
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-435-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17873381

**PRODUCTION SCHEDULING/RESCHEDULING FOR FLEXIBLE
MANUFACTURING SYSTEMS IN THE CASE OF MACHINE BREAKDOWN**



MISS PIYAMAPORN CHOMSUWAN

สถาบันวิทยบริการ
A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

GRADUATE SCHOOL

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 1997

ISBN 974-637-435-4

ปิยมภรณ์ ชมสุวรรณ : การจัดการ / การเปลี่ยนตารางการผลิตสำหรับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นในกรณีของเครื่องจักรเสีย (PRODUCTION SCHEDULING / RESCHEDULING FOR FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS IN THE CASE OF MACHINE BREAKDOWN) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร. ปารเมศ ชูติมา ; 422 หน้า. ISBN : 974-637-435-4.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของความไม่แน่นอนที่มีต่อการจัดการตารางการผลิต โดยพิจารณาในกรณีของเครื่องจักรเสีย ซึ่งพิจารณาถึงสาเหตุของการเกิดเครื่องจักรเสียในด้านเวลา คือ ความถี่ (Frequency) เวลา (Time) และช่วงเวลาที่เกิด (Duration) เพื่อที่จะบรรลุมุ่งวัตถุประสงค์ดังกล่าว ได้จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้น ซึ่งมีโครงสร้างประกอบไปด้วย 1) ส่วนของข้อมูลที่ต้องการสำหรับการจัดการตาราง 2) ส่วนของการจัดการตาราง 3) ส่วนของการเปลี่ยนตาราง และ 4) ส่วนของการแสดงผล อีกทั้งสามารถทำการจัดการตารางแบบโต้ตอบและวิเคราะห์การเกิดเครื่องจักรเสียที่มีผลต่อการจัดการตาราง โดยให้ผู้จัดการตารางพิจารณาจากประสิทธิภาพของการจัดการตารางแต่ละครั้ง ในส่วนของการแสดงผลการจัดการตารางแสดงเป็น Gantt Chart และวัดประสิทธิภาพของการจัดการตารางเป็นการไหลของงานโดยเฉลี่ย (Flowtime) การสายของงานโดยเฉลี่ย (Lateness) งานล่าช้าโดยเฉลี่ย (Tardiness) จำนวนงานล่าช้าโดยเฉลี่ย (Number of Tardy Jobs) และอัตราการใช้เครื่องจักรโดยเฉลี่ย (Machine Utilization)

จากผลของการทดสอบโปรแกรมนี้กับกรณีศึกษา พบว่ากฎเกณฑ์ที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการจัดการตารางและการเปลี่ยนตาราง คือ SMT (Smallest Ratio by Multiplying Total Processing Time) , SPT (Shortage Processing Time) , EDD (Earliest Due Date) และ SLACK (Slack Time) อีกทั้งสามารถพัฒนาโปรแกรมนี้เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการตาราง / เปลี่ยนตารางการผลิตในระบบการผลิตจริงได้ต่อไป

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิสิต ปิยมภรณ์ ชมสุวรรณ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

0816834 MAJOR
KEY WORD:

INDUSTRIAL ENGINEERING

PIYAMAPORN CHOMSUWAN : PRODUCTION SCHEDULING / RESCHEDULING
FOR FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS IN THE CASE OF MACHINE
BREAKDOWN. THESIS ADVISOR : PARAMES CHUTIMA, Ph.D. 422 pp. ISBN :
974-637-435-4.

The main objective of this thesis is to study the impacts of the uncertainty to Production Schedules in the case of machine breakdowns. Frequency , time and duration of machine breakdowns are used to classify the intensity levels of uncertainty. In order to study such problem , a computer program is developed. The structure of the program consists of : 1) Input data for scheduling 2) Scheduling algorithms 3) Rescheduling algorithms and 4) Analysis and Display. In addition , the program can also conduct such a complex feature as interactive scheduling. The output of the program can be displayed on Gantt Charts. Several measures , i.e., Flowtime , Lateness , Tardiness , Number of Tardy Jobs and Machine Utilization can be employed to compare the performance of alternate schedules.

From the results of the study. , the algorithms that show good performances consistently , both in scheuling and rescheduling , are SMT (Smallest Ratio by Multiplying Total Processing Time) , SPT (Shortage Processing Time) , EDD (Earliest Due Date) และ SLACK (Slack Time).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม
สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา..... 2540

ลายมือชื่อนิสิต..... ปิยมาพร ชุ่มสุวรรณ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีของ อาจารย์ ดร. ปารเมศ ชูติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และคณะกรรมการทุกท่าน รวมทั้งข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุพการี รวมทั้งผู้ใกล้ชิดทุกท่าน ซึ่งได้ให้การสนับสนุนตลอดมา และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย จนกระทั่งงานวิจัย สำเร็จลงได้ด้วยดี



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.2 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	3
1.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น.....	5
2.2 รูปแบบการไหลของงาน.....	9
2.3 การจัดตาราง.....	11
2.4 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	26
2.5 สรุป.....	43
3 โครงสร้างของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต.....	45
3.1 กระบวนการจัดตาราง.....	45
3.2 องค์ประกอบของการจัดตาราง / การเปลี่ยนตาราง.....	47
3.3 โครงสร้างของโปรแกรมการจัดตาราง / การเปลี่ยนตารางการผลิต.....	52
3.4 ตัวอย่างการจัดตารางการผลิต.....	77
3.5 การทดสอบการทำงานของโปรแกรมกับกรณีศึกษา.....	84
3.6 วิเคราะห์ผลการจัดตารางการผลิตที่ได้จากกรณีศึกษา.....	85
3.7 สรุป.....	93
4 การจัดตารางแบบโต้ตอบ.....	95
4.1 การจัดตารางแบบโต้ตอบ.....	95
4.2 การทดสอบการทำงานของโปรแกรมกับกรณีศึกษา.....	107
4.3 วิเคราะห์การจัดตารางแบบโต้ตอบที่ได้จากกรณีศึกษา.....	108

บทที่

4.4 สรุป.....	113
5 การเปลี่ยนตารางการผลิต.....	115
5.1 ความไม่แน่นอนของระบบการผลิต.....	115
5.2 การทำงานที่มีผลกระทบและการทำงานที่ถูกกระทบ.....	120
5.3 กระบวนการเปลี่ยนตาราง.....	122
5.4 ตัวอย่างการเปลี่ยนตารางการผลิต.....	125
5.5 การทดสอบการทำงานของโปรแกรมและ การวิเคราะห์การเปลี่ยนตารางการผลิตที่ได้จากกรณีศึกษา.....	129
5.6 การนำการจัดตารางแบบได้ตอบใช้ในการเปลี่ยนตารางการผลิต.....	134
5.7 สรุป.....	137
6 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	139
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	139
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	142
6.3 ข้อจำกัดของโปรแกรม.....	142
รายการอ้างอิง.....	143
ภาคผนวก ก.....	144
ภาคผนวก ข.....	155
ภาคผนวก ค.....	166
ภาคผนวก ง.....	177
ประวัติผู้วิจัย.....	423

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญญภาพ

หน้า

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
รูปที่ 2.1 การไหลของงานแบบ Flow Shop.....	9
รูปที่ 2.2 การไหลของงานแบบ Job Shop.....	10
รูปที่ 2.3 แสดง Gantt Chart.....	12
รูปที่ 2.4 ลักษณะของ Gantt Chart.....	12
(ก) แสดงการทำงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง	
(ข) แสดงการทำงานของงานแต่ละงาน	
รูปที่ 2.5 กระบวนการจัดตาราง.....	13
รูปที่ 2.6 รูปแบบของการจัดตาราง.....	15
รูปที่ 2.7 ประเภทของตาราง.....	17
(ก) Semiactive (ข) Active (ค) Active (ง) Non delay	
รูปที่ 2.8 แผนภาพเวรน์ของ Semiactive (S - A).....	18
และ Active schedules	
รูปที่ 2.9 แผนภาพเวรน์แสดงความสัมพันธ์ของ Nondelay Schedules.....	18
(ก) ให้คำตอบที่เหมาะสม (ข) ไม่ให้คำตอบที่เหมาะสม	
รูปที่ 2.10 วิธีการจัดตารางแบบต่าง ๆ.....	21
รูปที่ 2.11 วิธี Branch and Bound.....	22
รูปที่ 2.12 Modular FMS Simulator.....	32
รูปที่ 2.13 การทำงานที่เป็นผลจากการถูกกระทบแบบอิสระและไม่อิสระ.....	37
รูปที่ 2.14 Time Effect : เวลาสิ้นสุดช้าหรือเร็ว.....	38
รูปที่ 2.15 Time Effect : เวลาเริ่มต้นช้าหรือเร็ว.....	39
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างของ Scheduling Binary Tree.....	40
รูปที่ 2.17 องค์ประกอบโครงสร้างของ S - Control.....	43
บทที่ 3 โครงสร้างของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต	
รูปที่ 3.1 กระบวนการจัดตารางการผลิต.....	46
รูปที่ 3.2 รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนเมนู File.....	53
รูปที่ 3.3 รายละเอียดที่ต้องการสำหรับการจัดตาราง.....	54
รูปที่ 3.4 รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนเมนู Schedule.....	55
รูปที่ 3.5 รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนเมนู Schedule [SPT].....	56

รูปที่ 3.6	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู Reschedule.....	57
รูปที่ 3.7	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู Reschedule..... [Generate Machine]	58
รูปที่ 3.8	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู Reschedule..... [Breakdown Table]	59
รูปที่ 3.9	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู Reschedule..... [Input Alternative Machine]	60
รูปที่ 3.10	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู Reschedule..... [Option]	61
รูปที่ 3.11	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู Reschedule..... [Option] [SPT]	62
รูปที่ 3.12	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู Reschedule..... [Option] [SPT] [Resume]	63
รูปที่ 3.13	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู View.....	64
รูปที่ 3.14	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู View..... [Job Description] [Job Table]	64
รูปที่ 3.15	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู View..... [Schedule] [Table] [Job]	65
รูปที่ 3.16	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู View..... [Schedule] [Table] [Machine]	66
รูปที่ 3.17	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู View..... [Schedule] [Gantt Chart] [Job]	67
รูปที่ 3.18	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู View..... [Schedule] [Gantt Chart] [Machine]	68
รูปที่ 3.19	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู View..... [Schedule] [Performance] [Job]	69
รูปที่ 3.20	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู View..... [Schedule] [Performance] [Machine]	70
รูปที่ 3.21	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู View..... [Reschedule] [Performance] [Utilization]	70

รูปที่ 3.22	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู View.....	72
	[Reschedule] [Table] [Job]	
รูปที่ 3.23	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู View.....	72
	[Reschedule] [Table] [Machine]	
รูปที่ 3.24	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู View.....	73
	[Reschedule] [Gantt Chart] [Job]	
รูปที่ 3.25	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู View.....	74
	[Reschedule] [Gantt Chart] [Machine]	
รูปที่ 3.26	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู View.....	76
	[Reschedule] [Performance] [Job]	
รูปที่ 3.27	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู View.....	76
	[Reschedule] [Performance] [Machine]	
รูปที่ 3.28	รายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของเมนู View.....	77
	[Reschedule] [Performance] [Utilization]	
รูปที่ 3.29	รายละเอียดที่ต้องการสำหรับการจัดตาราง.....	78
รูปที่ 3.30	(ก) เลือกเมนู Schedule [SPT].....	79
	(ข) เลือกเมนู Schedule [SPT] [Active]	
รูปที่ 3.31	ตารางรายละเอียดของงาน (Job Table).....	80
รูปที่ 3.32	ตารางรายละเอียดเครื่องจักร (Machine Table).....	81
รูปที่ 3.33	แสดง Gantt Chart : Job.....	82
รูปที่ 3.34	แสดง Gantt Chart : Machine.....	82
รูปที่ 3.35	แสดงประสิทธิภาพของการจัดตารางโดยพิจารณาจากงาน.....	83
รูปที่ 3.36	แสดงประสิทธิภาพของการจัดตารางโดยพิจารณาเครื่องจักร.....	84
รูปที่ 3.37	การไหลของงานในระบบโดยเฉลี่ย.....	85
รูปที่ 3.38	การสายของงานโดยเฉลี่ย.....	86
รูปที่ 3.39	งานล่าช้าโดยเฉลี่ย.....	86
รูปที่ 3.40	จำนวนงานล่าช้าโดยเฉลี่ย.....	87
รูปที่ 3.41	อัตราการใช้เครื่องจักรโดยเฉลี่ย.....	88
รูปที่ 3.42	การไหลของงานในระบบโดยเฉลี่ยระหว่าง.....	89
	Active กับ Non delay	
รูปที่ 3.43	การสายของงานโดยเฉลี่ยระหว่าง Active กับ Non delay.....	89

รูปที่ 3.44	งานล่าช้าโดยเฉลี่ยระหว่าง Active กับ Non delay.....	90
รูปที่ 3.45	จำนวนงานล่าช้าโดยเฉลี่ย Active กับ Non delay.....	91
รูปที่ 3.46	อัตราการใช้เครื่องจักรโดยเฉลี่ย Active กับ Non delay.....	92

บทที่ 4 การจัดตารางแบบโต้ตอบ

รูปที่ 4.1	รายละเอียดของงานแต่ละงานที่ต้องการจัดตาราง.....	96
รูปที่ 4.2	แสดงเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของการทำงานแต่ละการทำงาน.....	97
รูปที่ 4.3	แสดงเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง.....	97
รูปที่ 4.4	แสดง Gantt Chart ของงาน.....	98
รูปที่ 4.5	แสดง Gantt Chart ของเครื่องจักร.....	98
รูปที่ 4.6	ประสิทธิภาพของงานแต่ละงานและประสิทธิภาพของงานโดยเฉลี่ย.....	99
รูปที่ 4.7	ประสิทธิภาพของเครื่องจักรแต่ละเครื่องและ..... ประสิทธิภาพของเครื่องจักรโดยเฉลี่ย	100
รูปที่ 4.8	แสดง Gantt Chart ของเครื่องจักรเมื่อมีการเคลื่อนย้ายงาน 4-1.....	101
รูปที่ 4.9	แสดง Gantt Chart ของเครื่องจักรเมื่อมีการเคลื่อนย้ายงาน 2-2.....	101
รูปที่ 4.10	แสดงประสิทธิภาพของงานเมื่อมีการเคลื่อนย้ายงาน 4-1 และ 2-2....	102
รูปที่ 4.11	แสดงประสิทธิภาพของเครื่องจักรเมื่อมีการเคลื่อนย้าย..... งาน 4-1 และ 2-2	102
รูปที่ 4.12	แสดง Gantt Chart ของเครื่องจักรเมื่อมีการเคลื่อนย้ายงาน 1-2...	101
รูปที่ 4.13	แสดง Gantt Chart ของเครื่องจักรเมื่อมีการเคลื่อนย้ายงาน 4-3...	104
รูปที่ 4.14	แสดงประสิทธิภาพของงานเมื่อมีการเคลื่อนย้ายงาน 1-2 และ 4-3....	104
รูปที่ 4.15	แสดงประสิทธิภาพของเครื่องจักรเมื่อมีการเคลื่อนย้าย..... งาน 1-2 และ 4-3	105
รูปที่ 4.16	แสดง Gantt Chart ของเครื่องจักรเมื่อมีการเคลื่อนย้ายงาน 2-1...	106
รูปที่ 4.17	แสดงประสิทธิภาพของงานเมื่อมีการเคลื่อนย้ายงาน 2-1.....	106
รูปที่ 4.18	แสดงประสิทธิภาพของเครื่องจักรเมื่อมีการเคลื่อนย้ายงาน 2-1.....	107
รูปที่ 4.19	การไหลของงานในระบบโดยเฉลี่ยระหว่างการจัดตาราง..... และการจัดตารางแบบโต้ตอบ	108
รูปที่ 4.20	การสายของงานระหว่างการจัดตารางและการจัดตารางแบบโต้ตอบ.....	109
รูปที่ 4.21	งานล่าช้าโดยเฉลี่ยระหว่างการจัดตารางและการจัดตารางแบบโต้ตอบ....	109
รูปที่ 4.22	จำนวนงานล่าช้าโดยเฉลี่ยระหว่างการจัดตารางและ..... การจัดตารางแบบโต้ตอบ	110

รูปที่ 4.23	อัตราการใช้เครื่องจักรโดยเฉลี่ยระหว่างการจัดตาราง และการจัดตารางแบบโต้ตอบ	111
-------------	--	-----

บทที่ 5 การเปลี่ยนตารางการผลิต

รูปที่ 5.1	การไหลของงานในกรณีเครื่องจักรเสียแต่ละแบบ	116
รูปที่ 5.2	การสายของงานในกรณีเครื่องจักรเสียแต่ละแบบ	117
รูปที่ 5.3	งานล่าช้าในกรณีเครื่องจักรเสียแต่ละแบบ	118
รูปที่ 5.4	จำนวนงานล่าช้าในกรณีเครื่องจักรเสียแต่ละแบบ	119
รูปที่ 5.5	อัตราการใช้เครื่องจักรในกรณีเครื่องจักรเสียแต่ละแบบ	120
รูปที่ 5.6	การทำงานที่มีผลกระทบและการทำงานที่ถูกกระทบ	121
รูปที่ 5.7	ขั้นตอนการจัด/เปลี่ยนตารางการผลิต กรณีเครื่องจักรเสีย โดยลำดับเหมือนเดิม	123
รูปที่ 5.8	ขั้นตอนการจัด/เปลี่ยนตารางการผลิต กรณีเครื่องจักรเสีย โดยใช้ Rescheduling Heristic ในการเปลี่ยนลำดับของงาน	124
รูปที่ 5.9	แสดง Gantt Chart ของเครื่องจักรเมื่อจัดตาราง โดยใช้ SPT แบบ Active	126
รูปที่ 5.10	แสดงตารางเวลาของเครื่องจักรเสีย	126
รูปที่ 5.11	กฎเกณฑ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนตารางใหม่คือ EDD	127
รูปที่ 5.12	งานสามารถทำต่อไปได้ด้วยเวลาปฏิบัติงานที่ยังเหลืออยู่	128
รูปที่ 5.13	งานนั้นสามารถที่จะย้ายไปทำบนเครื่องจักรเครื่องอื่นได้	128
รูปที่ 5.14	แสดง Gantt Chart ของเครื่องจักรเมื่อเปลี่ยนตาราง	129
รูปที่ 5.15	การไหลของงานในระบบโดยเฉลี่ยเมื่อทำการเปลี่ยนตารางการผลิต	130
รูปที่ 5.16	การสายของงานโดยเฉลี่ยเมื่อทำการเปลี่ยนตารางการผลิต	131
รูปที่ 5.17	งานล่าช้าโดยเฉลี่ยเมื่อทำการเปลี่ยนตารางการผลิต	131
รูปที่ 5.18	จำนวนงานล่าช้าโดยเฉลี่ยเมื่อทำการเปลี่ยนตารางการผลิต	132
รูปที่ 5.19	อัตราการใช้เครื่องจักรโดยเฉลี่ยเมื่อทำการเปลี่ยนตารางการผลิต	133
รูปที่ 5.20	การไหลของงานในระบบโดยเฉลี่ยเมื่อทำการจัดตารางแบบโต้ตอบ	135
รูปที่ 5.21	การสายของงานโดยเฉลี่ยเมื่อทำการจัดตารางแบบโต้ตอบ	136
รูปที่ 5.22	งานล่าช้าโดยเฉลี่ยเมื่อทำการจัดตารางแบบโต้ตอบ	136
รูปที่ 5.23	จำนวนงานล่าช้าโดยเฉลี่ยเมื่อทำการจัดตารางแบบโต้ตอบ	136
รูปที่ 5.24	อัตราการใช้เครื่องจักรโดยเฉลี่ยเมื่อทำการจัดตารางแบบโต้ตอบ	137