การจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายชนิดโดยใช้การจำลอง: กรณีศึกษาสายการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า

นายกรุงพล โชติสุวรรณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MULTI-MODEL ASSEMBLY LINE BALANCING USING SIMULATION: A CASE STUDY OF SWITCHING POWER SUPPLIES LINE PRODUCTION

Mr. Krungphon Chotsuwan

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายชนิดโดยใช้การจำลอง :กรณีศึกษาสายการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า
โดย	นายกรุงพล โชติสุวรรณ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีณา เชาวลิตวงศ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงพลโชติสุวรรณ : การจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายชนิดโดยใช้การจำลอง: กรณีศึกษาสายการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า (MULTI-MODEL ASSEMBLY LINE BALANCING USING SIMULATION: A CASE STUDY OF SWITCHING POWER SUPPLIES LINE PRODUCTION) อ. ที่ปรึกษา: ศ.ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 105 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดวิธีการจัดสมดุลสายการผลิตของผลิตหลายชนิดบนสายการผลิตเดียว โดยใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหาในสายการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและใช้วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL มาช่วยในการจัดสมดุลสายการผลิต

ในการศึกษาได้ทำการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี และรูปแบบต่างๆและทำการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์โดยทำการจัดสมดุลสายการผลิตของโรงงานใหม่ด้วยวิธี COMSOAL และทำการจัดสมดุลสายการผลิตแบบสายการผลิตเดียวและหลายผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นจะทำการวัดประสิทธิภาพของระบบในด้าน จำนวนสถานีงาน ประสิทธิภาพสายการผลิต จำนวนผลผลิต

ผลที่ได้พบว่าการจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL จะทำให้จำนวนของสถานีงานน้อยกว่าวิธีการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผลิตภัณฑ์เดียวของโรงงาน 1 สถานีงานซึ่งหมายความว่าจำนวนคนงานที่ใช้น้อยกว่า 1 คน

ผลจากการจำลองแบบปัญหาพบว่ารูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี COMSOAL นั้นมีผลต่อ ประสิทธิภาพสายการผลิตและ จำนวนผลผลิต โดยการจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์จะให้ประสิทธิภาพสายการผลิตและจำนวนผลผลิตที่ดีกว่า เพราะเนื่องจากการผลิตแบบผลิตภัณฑ์เดียวนั้นจะเสียเวลาในการปรับสายการผลิตในทุกๆรุ่นโดยจะใช้เวลาปรับสายการผลิต 600 วินาทีในแต่ละรุ่นซึ่งมีทั้งหมด 6 รุ่น ดังนั้นจะเสียเวลาในการปรับสายการผลิตทั้งหมด 3600 วินาที แต่การจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์นั้นจะเสียเวลาในการปรับสายการผลิตเพียงครั้งแรกครั้งเดียว คือเสียเวลาเพียง 600 วินาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2549 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4670203221 : MAJOR INDUSTRAIL ENGINEERING

KEY WORD: ASSEMLY LINE BALANCING / SIMULATION / MULTI MODEL

KRUNGPHON CHOTSUWAN: MULTI-MODEL ASSEMBLY LINE BALANCING USING SIMULATION: A CASE STUDY OF SWITCHING POWER SUPPLIES LINE PRODUCTION. THESIS ADVISOR: PROF. SIRICHAN THONGPRASERT, PH.D.,105 pp.

The aim of this case study is to balance assembly lines of several products on a single line production The simulation and COMSOAL methods were used to balance switching power supplies line production.

In this case study, the switching power supplies line production was simulated by a computer with COMSOAL method for a single line production and multi-model assembly line production. After simulating of the line production, the number of stations, the number of products, and the efficiency of line production were determined.

This study by COMSOAL method of multi-model assembly line production will decrease the number of stations by 1 unit and the number of workers by 1 person comparing to a single line production.

The result was that COMSOAL method had an affect on the efficiency of line production and the number of products. The balancing of multi-model assembly line production gave more products than a single line production. The multi-model assembly line production reduced the set up time of production about 600 seconds per 6 models. This means 3600 seconds total per line production. However, the balancing of multi-model assembly line production will cause the set up time in the beginning of product line for 600 seconds.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department INDUSTRIAL ENGINEERING Student's signature.....

Field of study INDUSTRIAL ENGINEERING Advisor's signature.....

Academic year 2006 Co-advisor's ignature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี อันเนื่องมาจาก คำแนะนำ แนวคิดที่ดีจาก ศ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดเวลาการทำวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร. ปารเมศ ชุติมา ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านโปรแกรมต่างๆเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ รศ. ดำรง ทวีแสงสกุลไทย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. ปารเมศ ชุติมา และ อ. ดร. ปวีณา เชาวลิตวงศ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ข้อคิดและของเสนอแนะสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้จัดการโรงงาน และพนักทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ ช่วยเหลือสนับสนุนข้อมูลที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ คุณจ่อย และคุณปอ และเพื่อนๆ ที่ช่วยเป็นกำลังใจให้กับข้าพเจ้าเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาของข้าพเจ้าแล้วครอบครัวที่เป็นกำลังใจ สนับสนุนให้ข้าพเจ้าสำเร็จการศึกษาและมีวันนี้ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญภาพ.....ญ

บทที่1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....3

1.3 ของเขตของการวิจัย.....3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....4

บทที่2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....5

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....12

บทที่3 การจัดสมดุลสายการประกอบ

3.1 การจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธีโรงงาน.....16

3.2 การจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL.....31

บทที่4 การจำลองแบบปัญหา

4.1 ระบบงาน.....43

4.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า.....44

4.3 การจัดเตรียมข้อมูล.....45

4.4 การพัฒนาโปรแกรม.....46

4.5 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง.....47

4.6. การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง.....47

4.7 การออกแบบการทดลองและการใช้งานแบบจำลองปัญหา.....49

4.8 การวิเคราะห์และประเมินผล.....50

หน้า

บทที่5 การวิเคราะห์ผล

5.1 การวิเคราะห์ผลการจัดสมดุลสายการประกอบ.....52

5.2 การวิเคราะห์ผลจากแบบจำลอง.....54

บทที่6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผล.....57

6.2 ข้อจำกัด.....58

6.3 ข้อเสนอแนะ.....59

รายการอ้างอิง.....60

ภาคผนวก.....52

ภาคผนวก ก. แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลัง.....63

ภาคผนวก ข. โปรแกรมการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี COMSOAL.....65

ภาคผนวก ค. การกระจายของเวลาการทำงาน.....95

ภาคผนวก ง. ตารางแสดงประสิทธิภาพสายการผลิตและจำนวนผลผลิต.....98

ภาคผนวก จ. โปรแกรมแบบจำลองปัญหา.....101

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....105

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 3.1 เวลาขั้นงานในการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า..... ..24
ตารางที่3.2 ปริมาณการผลิตและรอบเวลาการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าต่อเดือน…….. ….26
ตารางที่ 3.3 ตารางการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธีโรงงาน รุ่น1006, รุ่น0926, รุ่น0759 …..27
ตารางที่ 3.4 จำนวนสถานีงาน เปอร์เซ็นต์เวลาว่างงาน และประสิทธิภาพสายการผลิต
ของแต่ละรุ่นวิธีของโรงงาน…….…..….30
ตารางที่ 3.5 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธี COMSOAL
รุ่น1006, รุ่น0926, รุ่น0759……..33
ตารางที่ 3.6 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธี COMSOAL
รุ่น1008, รุ่น1899, รุ่น1674 …….35
ตารางที่ 3.7 จำนวนสถานีงาน เปอร์เซ็นต์เวลาว่างงาน และประสิทธิภาพสายการผลิตของ
แต่ละรุ่นแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธี COMSOAL……..……..36
ตารางที่ 3.8 ปริมาณการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าต่อวัน…….……38
ตารางที่ 3.9 การคำนวณเวลารวมของขั้นงาน…….…….39
ตารางที่ 3.10 จัดสมดุลสายการประกอบของอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าแบบหลายผลิตภัณฑ์
ด้วยวิธี COMSOAL…….……41
ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบการผลิตอุปกรณ์แปลง
กระแสไฟฟ้า……43
ตารางที่ 4.2 ปริมาณที่ต้องการผลิตต่อวัน……..……..48
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลจำนวนผลผลิตที่ได้จากแบบจำลอง.....48
ตารางที่5.1 ตารางเปรียบเทียบผลการจัดสมดุลด้วยวิธีของโรงงาน แบบผลิตภัณฑ์เดียว
และแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL.....52

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 3.1แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ารุ่น1006.....18
รูปที่ 3.2แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ารุ่น0926.....19
รูปที่ 3.3แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ารุ่น0759.....20
รูปที่ 3.4แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ารุ่น1008.....21
รูปที่ 3.5แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ารุ่น1899.....22
รูปที่ 3.6แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ารุ่น1674.....23
รูปที่ 3.7 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของผลิตภัณฑ์ A……..…37
รูปที่ 3.8 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของผลิตภัณฑ์ B……..……37
รูปที่ 3.9 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของผลิตภัณฑ์A และ B…….…….37
รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทำงานระบบการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า……...…....44
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างของโปรแกรม ARENA ของสายการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า.....46
รูปที่ 4.3 จะแสดงตัวอย่างการไหลของชิ้นงานที่สนใจ……..…..…..47
รูปที่ 4.4 กราฟ Moving Average แบบ Cumulative…….....…..……50
รูปที่4.5แสดง กราฟ Correlogram ของแบบจำลองอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า…….....…...….. 51

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องด้วยปัจจุบันนี้การพัฒนาด้านเทคโนโลยีเป็นไปอย่างกว้างขวาง ซึ่งทำให้อุตสาหกรรมทางด้านอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ขยายตัวไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตต่ำจึงทำให้ผู้บริโภคมีกำลังในการซื้อมากขึ้นจึงทำให้ความต้องการมีมากขึ้นตามไปด้วย แต่ด้วยความต้องการที่มากขึ้นนี่เอง ทำให้การแข่งขันทางด้านอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์รุนแรงขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ปัจจัยหลักของการแข่งขันก็คือความพึงพอใจของลูกค้าเป็นสำคัญ โดยลูกค้าจะมุ่งเน้นไปที่ ราคาที่ถูก คุณภาพที่ดี การส่งมอบที่รวดเร็ว และเทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้ผู้ผลิตต้องพัฒนาตัวเองในด้าน ฝีมือแรงงาน ระดับเทคโนโลยี และประสิทธิภาพการผลิต เพื่อที่จะสามารถแข่งขันและตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้

เนื่องจากความต้องการของลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การแข่งขันที่รุนแรง เทคโนโลยีที่ก้าวหน้าทำให้ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆเกิดขึ้นตลอดเวลาเช่นกัน ทำให้เกิดความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ด้วยเหตุผลนี้เองทำให้ในสายการผลิตหนึ่งจะต้องสามารถผลิตสิ้นค้าได้หลายๆรุ่นพร้อมๆกัน หรือเรียกสายการผลิตนี้ว่าสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์ (Multi-Model Line) ซึ่งสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์ จะมีความสามารถในการตอบสนองความต้องการต่างๆของลูกค้าได้เป็นอย่าง อีกทั้งในรูปแบบและปริมาณสินค้าในช่วงระยะเวลาการผลิตหนึ่งได้โดยไม่ต้องมีผลิตภัณฑ์เก็บไว้ในคลังมากเกินไป

การผลิตสิ้นค้าต่างชนิดพร้อมๆกันในสายการผลิตเดียว อาจทำให้เกิดปัญหาเวลาในแต่ละขั้นงาน (Work Element) ไม่เท่ากันเมื่อนำมารวมกลุ่มจัดเป็นสถานีงาน (Work Station) จะทำให้เวลาในแต่ละสถานีทำงานมีความแตกต่างมากเกินไป ส่งผลให้พนักงานเกิดความท้อใจในสถานีที่ทำอยู่เพราะต้องทำงานมากกว่าและส่งผลให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของสายการผลิต วิธีแก้ไขก็คือการจัดสมดุลสายการผลิต (Production Line Balancing) เป็นวิธีการที่ทำให้แต่ละสถานีงานมีเวลาใกล้เคียงกัน ซึ่งสถานีงานส่วนใหญ่จะมีคนงานทำงาน 1 คนและมีเครื่องมือ อุปกรณ์เท่าที่จำเป็น คนงานส่วนใหญ่มีความชำนาญในงานเฉพาะอย่าง ซึ่งทำให้การทำงานเร็วขึ้น

ในโรงงานนั้นสายการผลิตที่มีการผลิตแบบต่อเนื่องการจัดสมดุลสายการผลิตจะมีความสำคัญอย่างมาก เพราะหากการจัดสมดุลสายการผลิตมีความสมดุลแล้วเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานจะมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน แต่หากเวลาในแต่ละสถานีงานไม่เท่ากันหรือต่างกันมากๆ อัตราการผลิตสินค้าจะถูกกำหนดโดยสถานีงานที่ใช้เวลามากที่สุดหรือช้าที่สุด ซึ่งเวลาที่ใช้กำหนดอัตราการผลิตสินค้านี้ถูกเรียกว่า รอบเวลาการผลิต (Cycle) ซึ่งหมายถึงเวลาที่สิ้นค้าเสร็จสมบูรณ์ออกมาแต่ละชิ้นจะเท่ากับเวลาของสถานีงานที่ใช้เวลามากที่สุด ด้วยเหตุนี้เองสถานีงานที่ใช้เวลาน้อยกว่าจะเกิดการรอคอย ดังนั้นควรพยายามให้เวลารอคอยน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย

ผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษาคืออุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า (Switching Power Supplies) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีหลากหลายรุ่นและเกิดรุ่นใหม่ขึ้นตลอดเวลา โดยที่แต่ละรุ่นจะมีรอบเวลาในการผลิต (Cycle Time) และจำนวนคนในการทำงานที่แตกต่างกัน ทำให้เมื่อผลิตรุ่นหนึ่งเสร็จจะต้องปรับเปลี่ยนคนงานตามที่แต่ละรุ่นต้องการ และหากพนักงานไม่พอต้องดึงหัวหน้างานหรืออาจให้หน้าหน่วยมาทำงานแทน และในบางครั้งคนงานที่ดึงออกไปว่างงานทั้งยังต้องมีการย้ายเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆไปตามตำแหน่งของคนงาน ทำให้เสียเวลาในการเปลี่ยนรุ่นอย่างมาก

ในกรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ผู้ผลิตต้องจัดสมดุลสายการผลิตและนำไปใช้งานจริง ทำให้ไม่มีการประเมินผลของการจัดสมดุลสายการผลิตนั้นๆก่อน เมื่อทำการผลิตไปแล้วถึงจะทราบปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นทำให้การแก้ไขต้องทำในตอนผลิต ส่งผลให้การทำงานติดขัดและเกิดความไม่ราบลื่น และเมื่อมีการปรับเปลี่ยนสายการผลิตใหม่จะต้องเคลื่อนย้ายอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ และต้องฝึกฝนพนักงานให้มีความชำนาญในงานใหม่ๆนั้นอีก

จากปัญหาที่ผลิตภัณฑ์มีหลายรุ่นและเกิดรุ่นใหม่ตลอดเวลานี้เอง การศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อช่วยทำการปรับเปลี่ยนสายการผลิตจึงเกิดขึ้น โดยทำการจัดสมดุลสายการผลิตเดียวและแบบหลายผลิตภัณฑ์ แล้วทำการเปรียบเทียบผลที่ได้ของแต่ละแบบและประเมินผลโดยใช้การจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) ช่วยในการจำลองสถานการณ์ของระบบ เพราะเทคนิคการจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์ทำให้เข้าใจถึงการทำงานของระบบได้และไม่มีการรบกวนต่อการทำงานจริงของระบบ ทำให้สามารถทดลองปรับปรุงกระบวนการผลิตได้หลายรูปแบบและสะดวกรวดเร็ว อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบการจัดสมดุลสายการผลิตรุ่นใหม่ที่เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี

เนื่องจากรุ่นของผลิตภัณฑ์และขั้นตอนการทำงานของผลิตภัณฑ์มีมาก การจัดสมดุลสายการผลิตของโรงงานโดยดูจากจำนวนพนักงานที่มี และรอบเวลาการผลิตที่มีแล้วทำให้การจัดสมดุลสายการผลิตของโรงงานเป็นไปได้ยากและเสียเวลานานหากใช้วิธีคำนวณด้วยมือ

ดังนั้นหากใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดสายงานจะเพิ่มความสะดวก และประหยัดเวลาได้มาก วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ วิธี COMSOAL (Computer Method of Sequencing Operation for Assembly Line) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเพราะเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ใช้เวลาคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ไม่มากนักและง่ายต่อการจัดทำเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงเหมาะสมที่จะใช้ วิธี COMSOAL เพื่อช่วยในการจัดสมดุลสายการผลิตของโรงงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อกำหนดวิธีการจัดสมดุลสายการผลิตของผลิตหลายชนิดบนสายการผลิตเดียว โดยใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาเฉพาะการจัดสมดุลสายการผลิต สำหรับสายการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟ (Switching Power Supplies) ที่ผลิตในโรงงานกรณีศึกษา
2. กำหนดเวลาที่ใช้ในการทำงานของคนงานหนึ่งคน (Processing time) ใช้จากเวลาของโรงงานที่ทำการเก็บแล้ว
3. ในการศึกษาและวิจัยครั้งนี้จะวัดประสิทธิภาพของระบบในด้านต่างๆ
4. การจัดสมดุลสายการผลิตใช้วิธี COMSOAL
5. ในการเปรียบเทียบผลและวิเคราะห์ระบบจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการจำลองแบบปัญหาที่ได้พัฒนาขึ้น
6. ผลที่ได้ไม่ได้ให้คำตอบที่ดีที่สุดแต่เป็นที่ใช้งานได้ดีขึ้นและสะดวกขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นข้อเสนอแนะสำหรับการจัดสมดุลสายการผลิตแก่โรงงานกรณีศึกษา
2. เรียนรู้การใช้โปรแกรมในการจัดสมดุลสายการผลิต และการสร้างแบบจำลองปัญหาของระบบด้วยคอมพิวเตอร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหาในโรงงานกรณีศึกษาในส่วนที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิต
4. ศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหา
5. จัดทำโปรแกรมการจัดสมดุลสายการผลิตและสร้างแบบจำลองของระบบงานจำลอง
6. ทดสอบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง
7. สรุปผลการทดลองและของเสนอแนะ
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดสมดุลสายการผลิตและการจำลองแบบปัญหานั้นจะต้องมีความเข้าใจถึงชนิดของกระบวนการผลิต ประเภทของการจัดสมดุลสายการผลิต วิธีการในการจัดสมดุลสายการผลิต รวมไปถึงวิธีการในการปรับปรุงสมดุลสายการผลิต ตลอดจนเข้าใจถึงวิธีการและขั้นตอนในการจำลองแบบปัญหา ในบทนี้จึงจะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่เกี่ยวกับเรื่องเหล่านี้

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

การจัดสมดุลสายการผลิต

สายการผลิตแบบประกอบ (Assembly Line) คือลำดับของสถานีทำงานที่มีการเชื่อมต่อกันโดยระบบขนถ่ายวัสดุเพื่อใช้ในการประกอบชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ต่างๆให้ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ สายงานประกอบแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามจำนวนชนิดของสินค้าที่ทำการผลิตดังนี้คือ

1) สายการผลิตแบบสินค้าชนิดเดียว (Single Model Line)

   สายการผลิตแบบสินค้าชนิดเดียว เป็นสายการผลิตที่จัดขึ้นสำหรับการผลิตสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงชิ้นเดียวโดยเฉพาะ

2) สายการผลิตแบบสินค้าหลายชนิด (Multi Model Line)

   สายการผลิตแบบสินค้าหลายชนิด เป็นสายการผลิตที่มีการผลิตตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปสินค้าแต่ละชนิดจะมีกระบวนการผลิตที่ใกล้เคียงกัน ในการผลิตจะผลิตสินค้าทีละชนิด สินค้าจะมาเป็นชุด (Batch) และในช่วงที่จะทำการเปลี่ยนการผลิตชนิดของสินค้าอาจต้องมีการปรับสายการผลิตใหม่ (Setup Time)

3) สายการผลิตแบบสินค้าผสม (Mix Model Line)

   สายการผลิตแบบสินค้าผสม เป็นสายการผลิตที่การผลิตสิ้นค้าตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปเช่นเดียวกับสายการผลิตแบบสินค้าหลายชนิด แต่จะต่างกันตรงที่จะไม่ผลิตสินค้าแต่ละชนิดทีละชนิดเป็นชุด สินค้าต่างๆจะถูกผลิตขึ้นพร้อมกันในสายการผลิตโดยในระหว่างการผลิตจะไม่มีการปรับสายการผลิต

หลักการจัดสมดุลสายการผลิต (Production Line Balance) คือพยายามที่จะจัดให้สถานีงานต่างๆมีอัตราการทำงานหรือเวลาที่ใช้เท่าๆกัน แต่ถ้าหากเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานไม่เท่ากันแล้วอัตราการผลิตของสิ้นค้านั้นจะถูกกำหนดโดยเวลาการทำงานของสถานีงานที่ใช้เวลามากที่สุด ซึ่งเวลาที่ใช้ในสถานีงานที่เป็นตัวกำหนดอัตราการผลิตของสินค้านี้ เรียกว่ารอบเวลาการผลิต (Cycle

Time) ซึ่งหมายถึง เวลาระหว่างที่สิ้นค้าเสร็จออกมาแต่ละชิ้นจะเท่ากับเวลาของสถานีงานที่ช้าที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่า จะเกิดการรอคอยขึ้นในสถานีงานที่ใช้เวลาน้อยกว่า ซึ่งจะต้องพยายามทำให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด ในการจัดสมดุลสายการผลิต จะเริ่มโดยการกำหนดรอบเวลาการผลิต ลำดับขั้นงานต่างๆ แล้วเวลาเฉลี่ยหรือเวลามาตรฐานของการทำงานแต่ละชิ้น แล้วทำการรวมขั้นงานเข้าด้วยกันให้เป็นสถานีงาน โดยพยายามให้เกิดความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานน้อยที่สุด หากมีสถานีงานทำงานมากหรือน้อยเกินไปอาจจัดใหม่ โดยให้รอบเวลาผลิตมากขึ้นหรือน้อยลงตามลำดับ

เป้าหมายโดยสรุปของการจัดสมดุลของสายงานประกอบคือ

1) ต้องการหาจำนวนตำแหน่งงานที่น้อยที่สุด โดยจำนวนการผลิตคงที่ (Fixed Production for Optimum Operators)
2) ต้องการผลผลิตมากสุดโดยใช้คนงานเท่าเดิม (Fixed Operators for Maximum Production)

สิ่งที่จะพิจารณาถึงในการจัดสมดุลสายการผลิต ได้แก่

1) กำลังการผลิต (Capacity)
2) ลำดับขั้นตอนของงานก่อนหลัง (Precedence Relationship)
3) ประสิทธิภาพ (Efficiency)

ข้อมูลพื้นฐานที่ต้องรู้ในการจัดสมดุลสายการผลิตคือ

1) ข้อมูลแสดงขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ซึ่งจะบอกให้เราทราบถึงลำดับก่อนหลังของขั้นงานต่างๆโดยเราจะเขียนเป็นไดอะแกรมเพื่อแสดงลำดับขั้นก่อนหลังของการทำงาน
2) ข้อมูลที่ใช้แสดงเวลาที่ใช้ในการทำงานต่าง ๆ ซึ่งควรจะเป็นเวลามาตรฐาน (Standard Time) ของงานนั้นๆ
3) ข้อจำกัดในการปฏิบัติงานรวมกัน
4) อัตราการผลิตที่ต้องการ

ขั้นตอนในการจัดสมดุลสายการประกอบมีดังนี้

1) กำหนดขั้นตอนการทำงานต่างๆซึ่งจะบอกให้เราทราบถึงลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลังของขั้นตอนงานต่างๆ (Precedence Relationships) โดยอาจเขียนเป็นไดอะแกรม
2) กำหนดเวลาที่ใช้ในการทำงานของงานขั้นต่างๆซึ่งควรจะเป็นเวลามาตรฐาน (Standard Time) ของงานนั้นๆ
3) คำนวณรอบเวลาการผลิตจากอัตราการผลิตที่กำหนดให้
4) คำนวณสถานีงานน้อยที่สุดที่ต้องการจากรอบเวลาการผลิต

5) เลือกงานมาจัดลงในสถานีงานโดยต้องมีการพิจารณาถึงลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลังของงานต่างและเวลารวมของงานในแต่ละสถานีนั้นจะต้องไม่เกินรอบเวลาการผลิตที่กำหนด

6) วัดประสิทธิภาพของการจัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้ดัชนีวัดประสิทธิภาพต่างๆ เช่น ประสิทธิภาพของการผลิต เวลารอคอยรวม เป็นต้น

7) หาทางปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

การประเมินประสิทธิภาพสายงานการประกอบ

การประเมินประสิทธิภาพของสายงานการประกอบ จะสามารถวัดจากตัววัดประสิทธิภาพต่างๆ (Measure or Performance) ซึ่งตัววัดนี้เองจะเป็นวัตถุประสงค์ในการจัด (Objective Criteria) ของปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบ ในที่นี้จะเน้นทางด้านเทคนิคซึ่งจะมีการวัดประสิทธิภาพดังนี้

1) จำนวนสถานีงาน (เมื่อกำหนดรอบเวลาการผลิตมาให้)

2) รอบเวลาการผลิต (เมื่อกำหนดจำนวนสถานีงานมาให้)

3) เวลาว่างงานรวม

4) ความแปรปรวนของภาระงาน (Workload Variance)

5) ประสิทธิภาพสายงานรวม

$$Line_Eff` = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{n} Ti}{n \times ct} \right\} \times 100\%$$

เมื่อ Line_Eff คือ ประสิทธิภาพของสายงานประกอบ

T คือเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีที่ i (i = 1,2,3,…,n)

n คือจำนวนสถานีทำงานทั้งหมด

ct คือรอบเวลาการผลิต

6) Throughput Time คือช่วงเวลาตั้งแต่นำชิ้นงานเข้าสู่สายการประกอบจนกระทั่งนำงานสำเร็จรูปออกจากสายงานหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นตัววัดความยาวของสายงานประกอบในรูปของเวลา

7) Smoothness Index เป็นตัววัดความเท่าเทียบกันในการกระจายงานให้สถานีต่างๆ สามารถหาค่าได้ดังนี้

8) $$SX = \sqrt{\sum_{n=1}^{i} (ct - Ti)}$$

เมื่อ SX = Smoothness Index

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดสถานีงานก็คือการคำนวณที่ต้องใช้เวลามาก ยกตัวอย่างเช่นมีงานอยู่ N งานถ้าไม่มีการกำหนดลำดับงานก่อนหลังของงานจะสามารถจัดได้ N! แบบแต่ในความเป็นจริงแล้วจะต้องมีงานบางงานถูกกำหนดลำดับงานก่อนหลังไว้ ดังนั้นจำนวนการจัดจะลดลงเหลือ $N!/2^r$ โดย r คือจำนวนของการกำหนดลำดับก่อนหลังของงาน 2 ขั้น (Precedence Relationships) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าหาก N มีค่าสูงจะทำให้มีคำตอบมากมายที่เป็นไปได้ ดังนั้นเป็นการยากที่เราจะทดลองจัดแบ่งสถานีงานในทุกๆคำตอบเพราะใช้เวลามาก ในทางปฏิบัติจึงควรใช้วิธีการสุ่มอย่างมีหลักเกณฑ์ (Heuristic) ซึ่งต้องใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดสมดุลสายการผลิต (COMSOAL) เพราะเหมาะสมกับการจัดสมดุลให้กับสายการผลิตขนาดใหญ่มีขั้นตอนจำนวนมาก แต่วิธี Heuristic นี้ไม่รับประกันว่าจะให้คำตอบที่ดีที่สุด แต่จะสามารถหาคำตอบที่ใช้ได้อย่างรวดเร็วและเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

โดยปกติแล้วต้องการคำตอบที่ดีที่สุดแต่เหตุผลที่ต้องเลือกเอาวิธีการHeuristicมาใช้ในการแก้ปัญหานี้คือ

1) เกิดความยุ่งยากในการใช้ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ หรือใช้วิธีอื่นและไม่อาจหาคำตอบที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ
2) Heuristicให้คำตอบที่ดีพอสมควร สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้คำตอบ ที่ได้ไม่จำเป็นต้องดีที่สุด
3) ในบางกรณี การใช้วิธี Heuristic ก็เพียงเพื่อหาแนวทางเริ่มต้นที่จะแก้ปัญหานั้นๆ

การจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี COMSOAL

คำว่า COMSOAL ย่อมาจากคำว่า Computer Method of Sequencing Operation for Assembly Line ซึ่งเป็นวิธีทาง Heuristic ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดสายงาน เนื่องจากโรงงานที่ประกอบผลิตภัณฑ์ได้ขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีสายงานการผลิตที่ประกอบด้วยงานย่อยเป็นจำนวนมากและมีความสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้น จนกระทั่งการจัดสายงานด้วยวิธีธรรมดาโดยไม่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยไม่สามารถทำได้ ดังนั้นเมื่อวิวัฒนาการทางด้านคอมพิวเตอร์ได้เจริญก้าวหน้าขึ้นจึงได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการจัดสายการผลิตกันอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะสายงานการผลิตแบบประกอบ วิธีCOMSOAL เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากเพราะเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และใช้เวลาในการคำนวณไม่มากนัก

A.L. Arucus เป็นผู้คิดค้นวิธี COMSOAL นี้ขึ้นโดยอาศัยการสร้างแนวทางของคำตอบให้มากขึ้น จากการสุ่มเลือกงานที่จัดกลุ่มอย่างมีหลักเกณฑ์ จัดงานเข้าไปในสถานีงานแล้วนำผลที่ได้จากการจัดสมดุลแต่ละเกณฑ์มาเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้แนวทางในการจัดสมดุลที่มีประสิทธิภาพที่สุด

ขั้นตอนการทำงาน COMSOAL

วิธีการของ COMSOAL ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆดังนี้

ขั้นที่1 จำแนกชื่องานทุกงานที่อยู่ในสายการผลิต พร้อมทั้งรายชื่อของงานย่อยทุกงานที่ต้องตามหลังงานนั้นโดยทันที (Immediate Following Tasks)

ขั้นที่2 สร้าง LIST A ซึ่งประกอบด้วยงานย่อยทุกงานที่ยังไม่ได้จัดให้อยู่ในสถานีใด และจำนวนงานที่ต้องทำทันทีก่อนหน้างานนั้น (Immediate Preceding Tasks)

ขั้นที่3 สร้าง LIST B โดยเลือกงานที่ไม่มีงานทำก่อนหน้าจาก LIST A มาลงใน LIST B ดังนั้น LIST B จึงเปรียบเสมือนการรวบรวมงานที่พร้อมที่จะจัดสายงานได้เอาไว้

ขั้นที่4 เลือกงานจาก LIST B มาเพียงงานเดียวโดยวิธีสุ่ม (Random Selection) แบบมีกฎเกณฑ์ งานที่เลือกมานี้จะถือว่าเป็นงานที่จัดเข้าในสถานีทำงานอย่างถาวร และในการเลือกจะต้องตรวจดูเวลาที่เหลืออยู่ในสถานีงานกับงานที่เลือกนั้นด้วย ซึ่งงานที่เลือกนั้นจะต้องใช้เวลาไม่เกินเวลาที่เหลืออยู่ ถ้าหากงานที่เลือกมาในครั้งแรกใช้เวลามากกว่าเวลาที่เหลืออยู่ก็ให้เพิ่มสถานีงานใหม่ขึ้นอีกสถานีหนึ่งในลำดับต่อจากสถานีงานอันเดิม และมีเวลาที่เหลือสำหรับสถานีใหม่นี้เท่ากับรอบเวลาการผลิต หลังจากนั้นจึงกลับไปเริ่มต้นขั้นที่ 4 ใหม่ โดยเลือกงานลงในสถานีงานใหม่นี้ งานที่ได้รับเลือกในขั้นตอนนี้จะใส่ลงใน LIST C ซึ่งในแต่ละครั้งจะมีการเลือกเพียงงานเดียวเท่านั้น

ขั้นที่5 ลบงานที่เลือกไว้ใน LIST C ออกจาก LIST A เนื่องจากงานนั้นได้ถูกกำหนดให้อยู่ในสถานีงานอย่างถาวรแล้ว ย้อนหลังกลับไปขั้นตอนที่ 2

หลักเกณฑ์ในการเลือก

เนื่องจากขั้นตอนที่ 4 เป็นการเลือกแบบสุ่ม ดังนั้นประสิทธิภาพของสายงานนี้จึงไม่แน่นอนเพราะไม่มีหลักเกณฑ์ในการเลือก ดังนั้นจังได้มีการคิดค้นวิธีในการเลือกงานจาก LIST B เข้า LIST C ใหม่เรียกว่า การเลือกอย่างมีหลักเกณฑ์ (Bias Selection) ซึ่งมีอยู่หลายวิธี คือ

1) เลือกงานที่ใช้เวลาทำงานมากที่สุดก่อน เพื่อง่ายต่อการบรรจุงานย่อยขนาดเล็กที่เหลือเมื่อรอบเวลาการผลิตเหลือน้อย
2) เลือกงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน เพื่อให้สามารถบรรจุงานได้เป็นจำนวนมาก
3) เลือกงานที่ตามหลังโดยทันทีมากที่สุดก่อน เพื่อเปิดโอกาสให้มีงานเข้า LIST B ได้มากขึ้น
4) เลือกงานที่มีงานอยู่ก่อนหน้าโดยทันทีมากที่สุดก่อน
5) เลือกงานที่มีจำนวนงานที่ตามหลังต่อเป็นลูกโซ่ยาวที่สุดก่อน
6) เลือกงานที่มีผลรวมของเวลาตั้งแต่ขั้นงานที่พิจารณาจนถึงงานลำดับสุดท้ายที่มากที่สุด

นอกจาก 6 วิธีดังกล่าวแล้วยังมีวิธีอื่น ๆ อีก

การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์(Computer Simulation)

แบบจำลองหมายถึงตัวแทนของวัตถุระบบหรือแนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่งแบบจำลองอาจนำไปใช้งานในหลายลักษณะดังนี้

1) เป็นเครื่องมือช่วยคิด (An aid to thought) เช่น แบบจำลองโครงข่าย (Network Model) ช่วยทำให้ผู้สร้างแบบจำลองได้มองเห็นว่าจะมีกิจกรรมที่ต้องทำอะไรบ้างและทำอะไรก่อนหลัง
2) เป็นเครื่องสื่อความหมาย (An aid to communication) แบบจำลองจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงานและช่วยให้สามารถอธิบายพฤติกรรม ปัญหา และการแก้ปัญหาของระบบงาน
3) เป็นเครื่องช่วยสอนและฝึกอบรม (Purposes of training and instruction) เช่น แบบจำลองเครื่องควบคุมการบิน จะช่วยให้นักบินทำความเข้าใจละความคุ้นเคยกับระบบการควบคุมเครื่องบินจริงก่อนขึ้นฝึกบินจริง
4) เป็นเครื่องมือสำหรับการทำนาย (A tool of prediction) จากการที่แบบจำลองจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงาน ก็จะช่วยให้ผู้สร้างสามารถคาดคะเนหรือทำนายได้ว่าเมื่อมีเหตุการณ์ที่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของระบบเกิดขึ้น จะมีผลอะไรเกิดขึ้นกับระบบ
5) เป็นเครื่องมือสำหรับการทดลอง (An aid to experimentation) โดยแบบจำลองเป็นสิ่งซึ่งสร้างขึ้นแทนระบบงานจริง ในกรณีที่ต้องการทดลองเงื่อนไขต่างๆกับระบบงานจริงแต่ทำไม่ได้ ก็จะนำเอาเงื่อนไขนั้นๆมาทดลองกับแบบจำลองเพื่อดูว่าจะให้ผลอย่างไร เพื่อประโยชน์ในการตัดสินใจว่าควรจะนำเงื่อนไขนั้นๆไปใช้กับระบบงานจริงหรือไม่

ประเภทของแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา (Classification of Simulation Models)

ประเภทของแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา นอกจากสามารถจำแนกได้ตามประเภทของระบบงานที่มันเป็นตัวแทนอยู่แล้ว ยังมีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวของแบบจำลองซึ่งทำให้มันสามารถจำแนกประเภทออกไปตามคุณลักษณะพิเศษดังนี้

1) แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Models) เป็นแบบจำลองที่มีรูปร่างหน้าตาเหมือนระบบงานจริง อาจมีขนาดเท่าของจริงหรือมีขนาดเล็กกว่าหรือใหญ่กว่า (Scaled Models) เช่นแบบจำลองส่วนควบคุมการบินของเครื่องบิน เครื่องบินขนาดจำลองที่ใช้ทดสอบในอุโมงค์ลม เป็นต้น
2) แบบจำลองอะนาล็อก (Analog Models) เป็นแบบจำลองที่มีพฤติกรรมเหมือนระบบงานจริง เช่น อะนาล็อกคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น

3) เกมบริหาร (Management Games) เป็นแบบจำลองการตัดสินใจ(Decision Models) ในกิจกรรมต่างๆ เช่น ธุรกิจ สงคราม การลงทุน เป็นต้น เป็นแบบจำลองที่ใช้แสดงผลข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจ

4) แบบจำลอง คอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Models) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปคอมพิวเตอร์โปรแกรม ซึ่งก่อนที่จะเป็นคอมพิวเตอร์โปรแกรม แบบจำลองอาจอยู่ในรูปของแบบจำลองประเภทหนึ่งประเภทใดที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด

5) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) เป็นแบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์และฟังชั่นทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบงานจริงเช่น ใช้ X แทน ค่าใช้จ่ายในการผลิต Y แทนจำนวนสินค้าที่ผลิต

ในระบบงานจริงที่มีความยุ่งยากซับซ้อน แบบจำลองของระบบงานอาจใช้แบบจำลองหลายประเภทร่วมกัน

การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลองซึ่งอยู่ในรูปโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แบบจำลองก่อนที่จะมาอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้อาจอยู่ในรูปของแบบจำลองประเภทใดประเทหนึ่งดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยแบบจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์นี้เป็นที่นิยมใช้ที่สุดของการใช้การจำลองแบบปัญหา เพราะสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานได้มากมายหลายประเภท ปัจจุบันเป็นเทคนิคที่ได้รับการนำเอาไปใช้อย่างกว้างขวาง

การออกแบบและสร้างแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหาไม่มีทฤษฎี หรือสูตรที่แน่นอนตายตัว การออกแบบจำเป็นต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในโครงสร้างของระบบงานจริงและปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างถ่องแท้ นอกจากนั้นยังต้องอาศัยศิลปะในการแปลงลักษณะโครงสร้างของระบบงานให้ลักษณะแบบจำลองที่จะสามารถนำไปใช้ศึกษาถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบงานจริง แนวทางการสร้างแบบจำลองอย่างมีระบบขั้นตอนต่างๆนั้นประกอบด้วย

1) การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน
2) การสร้างแบบจำลอง
3) การจัดเตรียมข้อมูล
4) การแปรรูปแบบจำลอง
5) การทดสอบความถูกต้อง
6) การออกแบบการทดลอง
7) การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง
8) การดำเนินการทดลอง
9) การตีความผลมากทดลอง

10) การนำไปใช้งาน

11) การจัดทำเอกสารการใช้งาน

ขั้นตอนต่างๆนี้ไม่จำเป็นที่จะต้องทำตามลำดับ เพราะในระหว่างการดำเนินการสร้างแบบจำลองนั้นต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองบ่อยๆ จึงอาจมีการย้อนกลับไปทำขั้นตอนแรกๆใหม่ และส่วนใหญ่การตั้งปัญหาการให้คำจำกัดความของระบบงาน การสร้างแบบจำลอง และการจัดเตรียมข้อมูลมักจะกระทำไปพร้อมกัน ดังนั้นขั้นตอนต่างๆที่กล่าวมาถึงจะเป็นเสมือนแนวทางสำหรับตรวจสอบว่าได้มีการกระทำตามขั้นตอนที่จำเป็นหรือไม่ มากกว่าเป็นกฎข้อบังคับที่ต้องกระทำโดยลำดับ

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Arcus, 1966 ทำการวิจัยและคิดค้นอัลกอริทึมตัวใหม่ที่ใช้กับปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิต และนำเสนออัลกอริทึมดังกล่าวในรูปแบบซอฟแวร์ที่ชื่อว่า COMSOAL ผลการวิจัยพบว่า COMSOAL สามารถใช้ในการแก้ปัญหาที่มีลักษณะของปัญหาเพิ่มเติมจากปัญหาอย่างง่าย เช่น ปัญหาที่สถานีงานทำงานแบบขนาน หรือมีการกำหนดงานเฉพาะให้กับสถานีงานบางสถานีได้เป็นอย่างดี

Thomopoulos. 1967 เสนองานวิจัยที่นำวิธีการจัดสมดุลสายหารผลิตเดี่ยวมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม โดยพิจารณาถึงแผนกการผลิตทั้งหมดในแต่ละวัน หรือแต่ละช่วงกะ แทนที่จะพิจารณาถึงรอบเวลาการผลิต

Thomopoulos. 1972 เสนองานวิจัยปรับปรุงวิธีการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และแสดงให้เห็นว่าสามารถประยุกต์ใช้วิธีการดังกล่าวกับการผลิตแบบเป็นชุดและสายการผลิตอื่นๆ ได้

Ghosh และ Gagnon, 1989 ทำการสรุปและวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบ โดยสรุปเกี่ยวกับผลของงานวิจัย วิธีการ วัตถุประสงค์ในการจัดและองค์ประกอบ โดยสรุปเกี่ยวกับผลของงานวิจัยนี้แบ่งปัญหาการจัดสมดุลเป็น 4 ประเภทคือ Single Model Deterministic (SMD) , Single Model Stochastic (SMS), Multi/Mixed Model Deterministic(MMD), Multi/Mixed Model Stochastic (MMS) และแบ่งวัตถุประสงค์ในการจัดออกเป็น 2 ส่วนคือวัตถุประสงค์เชิงเทคนิคและวัตถุประสงค์เชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งแต่ละส่วนก็มีตัว

วัดประสิทธิภาพต่างกัน สำหรับวิธีการที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพคือวิธี COMSOAL, CALB, MALB, NULISP และ MUST และยังพบว่าการจัดสมดุลสายการประกอบในความเป็นจริงต้องคำนึงถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง แก่ ประเภทสายการประกอบ กระบวนการผลิตและอุปกรณ์การผลิต สิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิตตารางการผลิตเป็นต้น

Md.Alamgir Kabir, Mario T. Tabucanon, 1995 เสนองานวิจัยในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ (Batch-model assembly) โดยใช้เหตุผลพื้นฐานหลายๆเหตุผล (Multiattribute-based) ในการตัดสินจำนวนของสถานีงาน โดยเสนอเกณฑ์ในการทำดังนี้

ขั้น1. เตรียมจำนวนของสถานีงานที่เป็นไปได้ซึ่งถูกจัดสมดุลสำหรับทุกๆรุ่นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

ขั้น2. คำนวณเวลาที่เปลี่ยนไปของทุกๆสถานีงาน

ขั้น3. ประเมินรุ่นผลิตภัณฑ์โดยใช้เหตุผลพื้นฐานหลายๆเหตุผลที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเลือกจำนวนของสถานีงานโดยพิจารณาจาก อัตราการผลิต, ความหลากหลาย, ระยะทางในการเคลื่อนที่น้อยที่สุด, การจำแนกคนงานและคุณภาพ โดยใช้กระบวนการลำดับขั้นและแบบจำลองปัญหาในการวิเคราะห์

โดยวิธีการนี้ได้นำไปประยุกต์ใช้กับสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์สำหรับ Printing Calculators

Tadesusz Sawik, 2001 ได้เสนองานวิจัยเปรียบเทียบวิธี Monolithic กับ Hierarchical ในการจัดสมดุลและจัดตารางการผลิตของสายการประกอบแบบยืดหยุ่น (FAL) โดยพบว่า Monolithic มีวัตถุประสงค์ในการจัดสมดุลและตารางการผลิตไปพร้อมๆกันส่วน Hierarchical จะทำงานจัดสมดุลแล้วค่อยจัดตารางการผลิต ซึ่งทำให้สามารถจัดตารางสายงานประกอบและตัดสินใจในการกำหนดคุณสมบัติที่หลากหลายของ FALได้ โดยใช้Mixed Integer Programming กับสองวิธีดังกล่าว พบว่าเวลาที่ใช้ในการคำนวณ วิธี Hierarchical จะใช้เวลาน้อยกว่า วิธี Monolithic เสมอ วิธีMixed Integer Programming จะใช้ได้ดีเมื่อ มีปริมาณและการผลิตผสมที่น้อย และพบว่า Hierarchical มีความง่ายในการแก้ปัญหากว่า Monolithic อีกทั้ง Hierarchical ยังมีความสามารถหาการจัดตารางที่ดีที่สุดสำหรับ ปัญหาของสายการประกอบด้วย

Maria Teresa Costa, Jose Soeiro Ferreira, 1999 งานวิจัยนี้ได้ใช้การจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์ช่วยในการเปรียบเทียบผลการจัดลำดับงานแบบต่างๆในสายการผลิตแบบยืดหยุ่นในอุตสาหกรรมรองเท้า ซึ่งมีการผลิตผลิตสินค้าหลายชนิดในปริมาณต่ำ และเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ทุกวัน

G.W. DePuy, G.E. Whitehouse, 2000 งานวิจัยนี้ได้เสมอวิธีการ COMSOAL ในการแก้ปัญหาการจัดสรรทรัพยากร ซึ่งวิธีนี้จะทำให้การแก้ปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ไวขึ้นและผลที่ได้เป็นวิธีการที่พัฒนาต่อไปได้อีกในการแก้ปัญหาการจัดสรรทรัพยากรเมื่อเทียบกับผลของอัลกอริทึมที่เป็นที่รู้จักและยังนำไปสู่การแก้ปัญหาที่ดีที่สุดได้อีกด้วย

กรรณิกา ศิลานนท์, 2542 ทำการวิจัยเกี่ยวกับปัญหาจัดสมดุลของสายการประกอบ ซึ่งจะเป็นปัญหาที่สำคัญมากปัญหาหนึ่งในระบบการผลิต โดยจะเป็นการนำเอาเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms) มาหาคำตอบของปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์ ซึ่งจะหาแบบของการจัดงานให้กับแต่สถานีทำงานเพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์ 3 ประการพร้อมๆกัน คือ เพื่อให้สายงานประกอบมีจำนวนสถานีงานน้อยที่สุด มีรอบเวลาการผลิตน้อยที่สุด และความแปรปรวนของในแต่ละภาระงานน้อยที่สุดด้วย นอกจากนี้ยังศึกษาและทดสอบพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการหาคำตอบของเจนเนติกอัลกอริทึมซึ่งได้แก่ ประชากร ประเภทการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการมิวเทชัน ดังนั้นการนำเจนเนติกอัลกอริทึมไปใช้ควรมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ซึ่งผลที่ได้จะพบว่าเจนเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์ เป็นวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ที่มีประสิทธิภาพและสามรถให้คำตอบที่ดีในระยะเวลาที่กำหนดได้

วรพล วีระวงศ์, 2544 งานวิจัยฉบับนี้ได้มุ่งเน้นการนำเทคนิคการจำลองแบบปัญหามาประยุกต์ในการวิเคราะห์สายการประกอบของโรงงานอุตสาหกรรมในด้านการจัดสมดุลสายการผลิต การจัดสถานีงาน และการขนย้ายชิ้นงาน โดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพประกอบด้วยประสิทธิภาพสายการผลิต จำนวนสถานีงาน รอบเวลาการผลิต และจำนวนชิ้นงานระหว่างการผลิต ผลจากแบบจำลองสรุปว่า การจัดสมดุลทำให้ประสิทธิภาพสายการผลิตดีขึ้น จำนวนสถานีงานลดลง โดยไม่กระทบต่อจำนวนชิ้นงานระหว่างการผลิตและรอบเวลาการผลิต จากสถานีงานเป็นกลุ่มจะส่งผลกระทบกับประสิทธิภาพสายการผลิต ส่วนการขนย้ายชิ้นงานจะส่งผลกระทบกับจำนวนชิ้นงานระหว่างผลิตในบางกรณี แต่จะไม่ส่งผลกระทบกับดัชนีวัดประสิทธิภาพอื่นๆ

หฤทัย ศุภพฤกษพงศ์, 2546 งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบการจัดสมดุลสายการประกอบ 2 แบบ ได้แก่ การจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตเดียว และการใช้สมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ รวมทั้งวิธีการการจัดสมดุลสายการประกอบ 2 แบบ ได้แก่ วิธี COMSOAL และวิธีปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งผลิตจอภาพโดยการนำเทคนิคการจำลอง

แบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ผล ผลที่ได้จากการจัดสมดุลสายการประกอบพบว่า การจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ จะทำให้จำนวนสถานีงานในการผลิตจอแสดงภาพน้อยกว่าการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว 5 สถานี ซึ่งหมายความว่าจำนวนงานที่ใช้น้อยกว่า 5 คน ผลจากการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลพบว่าสำหรับทั้ง 3 สายการประกอบที่ทำการศึกษานั้น วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบและรูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบมีผลทั้งเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ จำนวนผลผลิต และประสิทธิภาพสายการผลิต โดยวิธี COMSOAL และการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ทำให้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบน้อยกว่าจำนวนผลผลิตมากกว่า และประสิทธิภาพสายการผลิตสูงกว่า สำหรับปัจจัยความเร็วสายพานจะมีผลต่อเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบเพียงอย่างเดียว โดยความเร็วสายพานที่เพิ่มขึ้นทำให้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบลดลง โดยไม่มีผลต่อประสิทธิภาพสายการผลิตและจำนวนการผลิต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
การจัดสมดุลสายการประกอบ

โรงงานกรณีศึกษาได้ทำการผลิต อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า ซึ่งสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นคือ มีการผลิตสินค้าหลายรุ่นในสายการผลิตเดียวกันและมีรุ่นใหม่เกิดขึ้นตลอดเวลา ทำให้เมื่อผลิตรุ่นหนึ่งเสร็จจะต้องปรับเปลี่ยนคนงานตามที่แต่ละรุ่นต้องการ และต้องจัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือใหม่ ทำให้เสียเวลาในการปรับเปลี่ยนเพื่อจะขึ้นรุ่นใหม่ และต้องจัดสมดุลสายการประกอบในการผลิตสินค้ารุ่นใหม่ๆด้วย ในบทนี้จึงได้เปรียบเทียบการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธีการของโรงงาน และ วิธี COMSOAL รวมทั้งทำการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบกับการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์

3.1 การจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธีการของโรงงาน

โรงงานกรณีศึกษาที่ทำการศึกษานี้จะแบ่งชนิดของอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าออกเป็น 3ชนิดด้วยกันคือ

1. อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า QK
2. อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า DPW
3. อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า CSGY

ซึ่งอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าตามที่กล่าวมานี้ แบ่งออกเป็นสามชนิดหลักโดยแบ่งจากยอดของกำลังการผลิตที่ลูกค้าสั่งซื้อ โดยโมเดลชนิดเดียวกันจะมีส่วนประกอบหรือขั้นตอนในการทำที่ใกล้เคียงกันทำให้ ในการขึ้นสายการประกอบใหม่ในสายการประกอบเดียวกันทางโรงงานจะพยายามให้สายการประกอบที่ผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าเป็นชนิดเดียวกันเสมอเพราะจะทำให้พนักงานมีความเคยชินกับอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าชนิดนั้น

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษาคืออุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าชนิดQK เพราะมีจำนวนยอดในการสั่งซื้อเป็นจำนวนมากคิดเป็นปริมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ และมีการเปลี่ยนรุ่นใหม่อยู่เสมอทำให้ เหมาะต่อการกำหนดวิธีการจัดสมดุลสายการผลิตของผลิตหลายชนิดบนสายการผลิตเดียวโดยรุ่นที่ทำการศึกษาคือรุ่น 1006 ,1008 ,0926 ,0759 ,1899 ,1674

โดยสายการผลิตที่ทำการศึกษานี้จะมีแนวคิดและวิธีในการจัดสมดุลสายการผลิตโดยหัวหน้าสายการผลิตจะกำหนดสถานีงานที่จำเป็นต้องมีขึ้นมาก่อนโดยดูจากจำนวนคนที่มีซึ่งมี

จำนวนคนอยู่ 24 คน ดังนั้นจะกำหนดสถานีงานได้ 24 สถานีงาน โดย ใน 1 สถานีงานจะใช้พนักงาน 1 คน หลังจากนั้นจะทำการกำหนดขั้นงานที่จะต้องมีในแต่ละสถานีงานโดยจะพิจารณาเรื่องลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานและจะต้องไม่เกินรอบเวลาการผลิตของผลิตภัณฑ์ในแต่ละรุ่นซึ่งรูปแบบการผลิตจะเป็นแบบสายการผลิตเดียวคือจะทำการผลิตที่ละรุ่นจนเสร็จแล้วทำการขึ้นงานในรุ่นต่อไป

3.1.1 การจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว

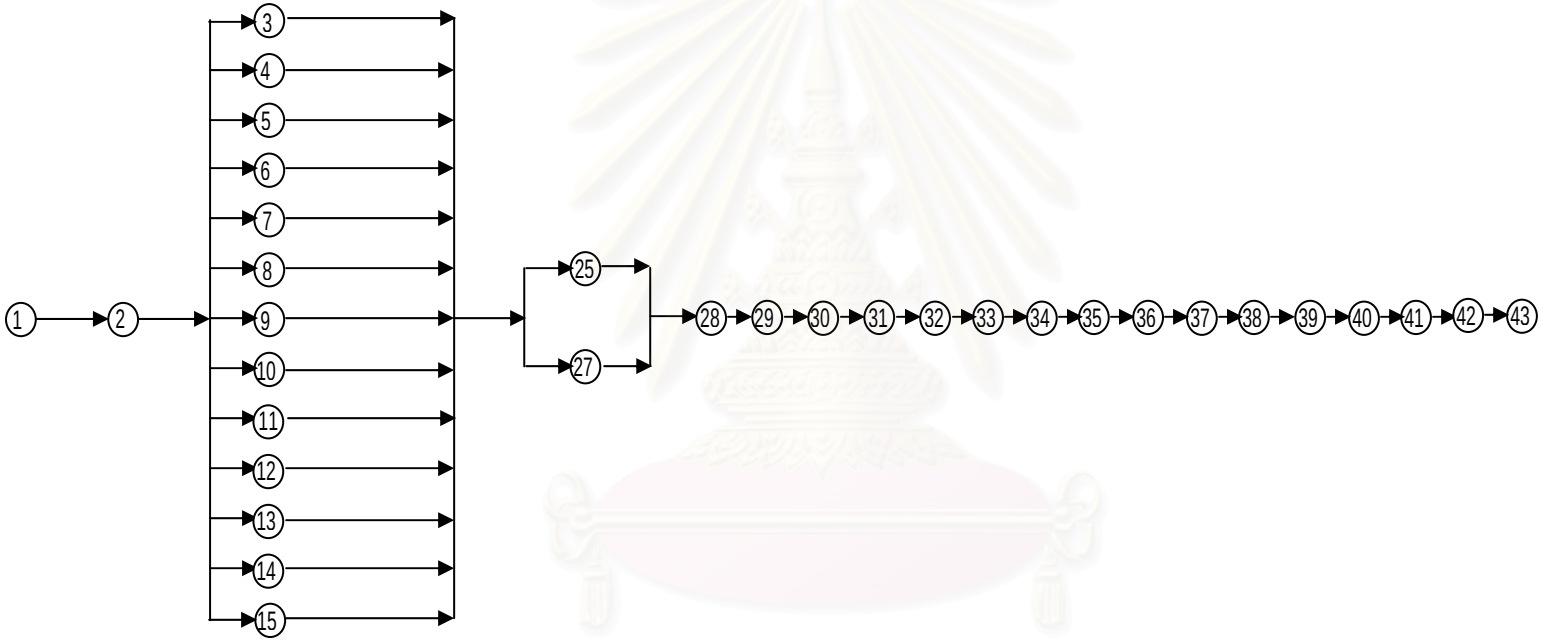
ข้อมูลที่ต้องทราบเพื่อใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิตมีดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลแสดงขั้นตอนการทำงานต่างๆ ซึ่งจะบอกให้ทราบถึงลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานต่างๆ
2. เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นงานซึ่งควรเป็นเวลามาตรฐาน
3. อัตราการผลิตที่ต้องการ เพื่อนำไปใช้คำนวณหารอบเวลาการผลิตที่เหมาะสม

3.1.1.1 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของผลิตภัณฑ์

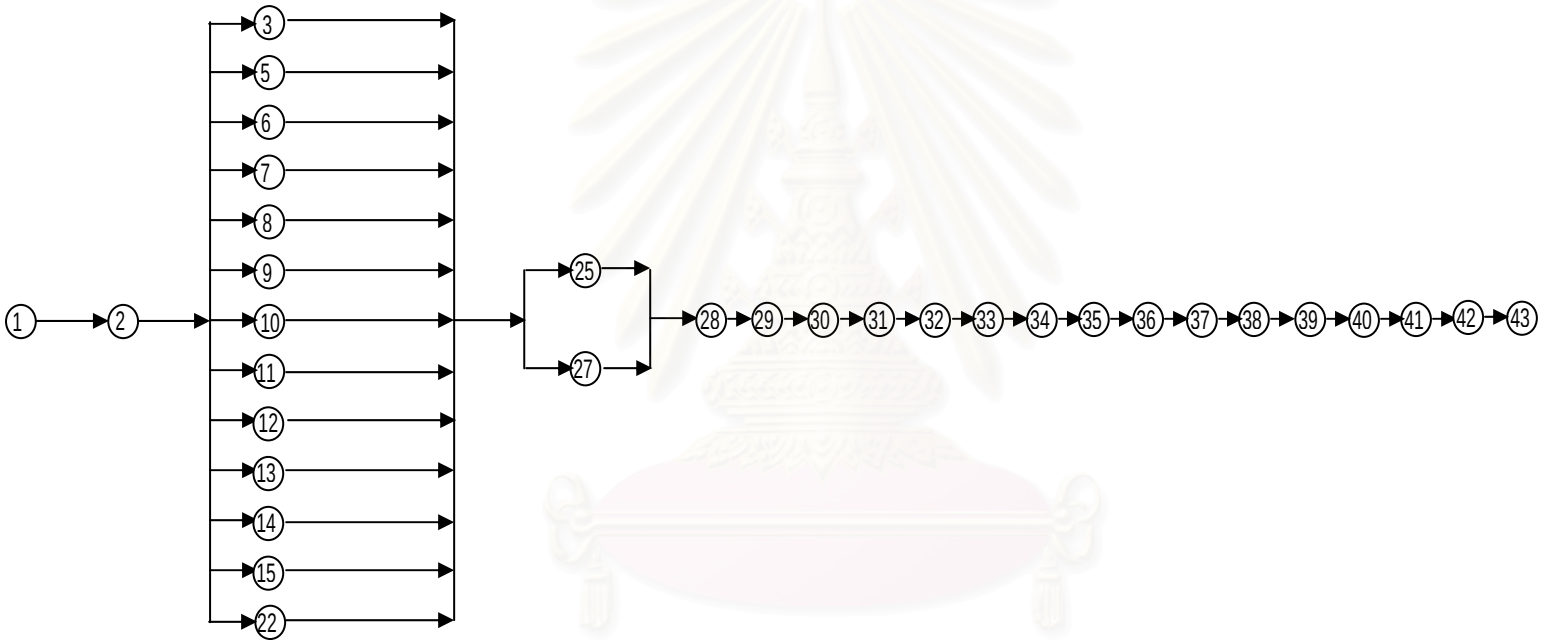
ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษาคืออุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าชนิดQK รุ่น 1006 ,1008 ,0926 ,0759 ,1899 ,และ 1674 ผลจากการรวมรวมข้อมูลทำให้ทราบถึงขั้นงานย่อยของแต่ละรุ่นและมีขั้นงานย่อยรวม 32, 32, 34, 33, 35 และ 38 ขั้นงาน ตามลำดับ และแผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานแสดงดังรูปที่ 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 และ 3.6 ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



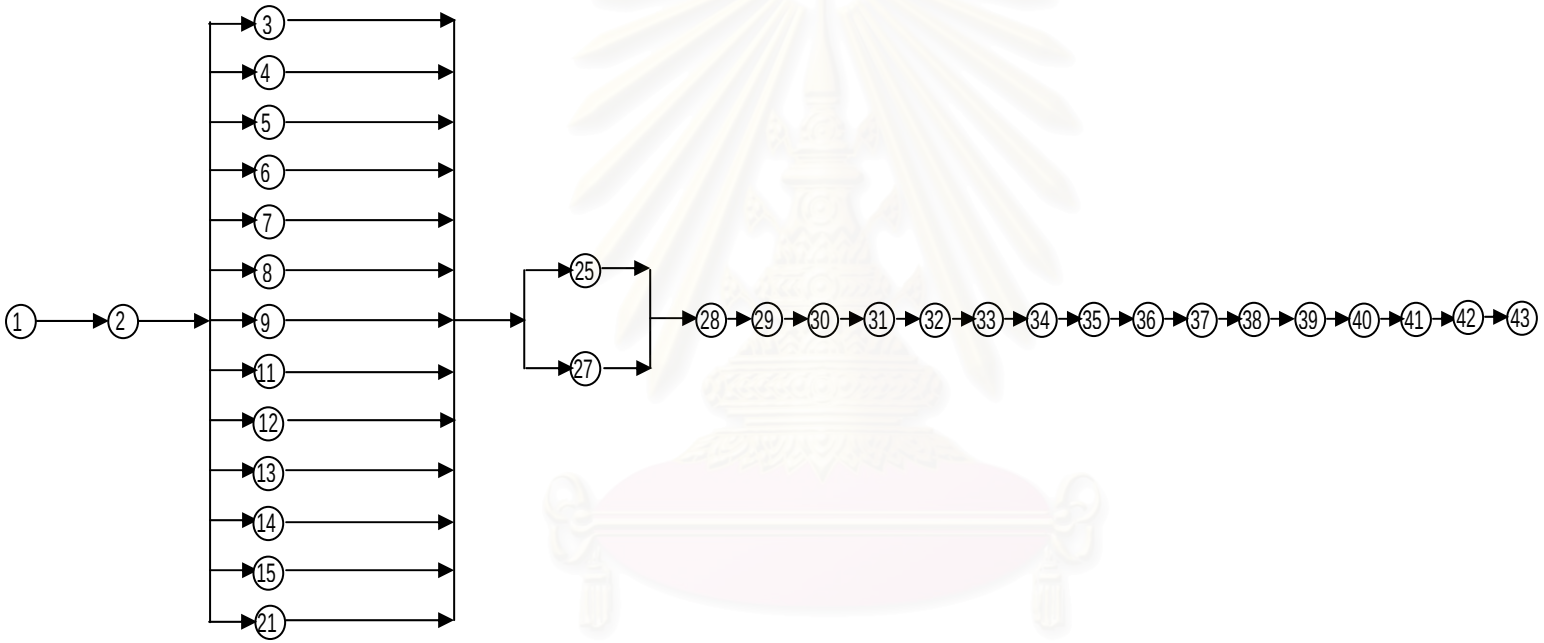
รูปที่3.1 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ารุ่น 1006

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



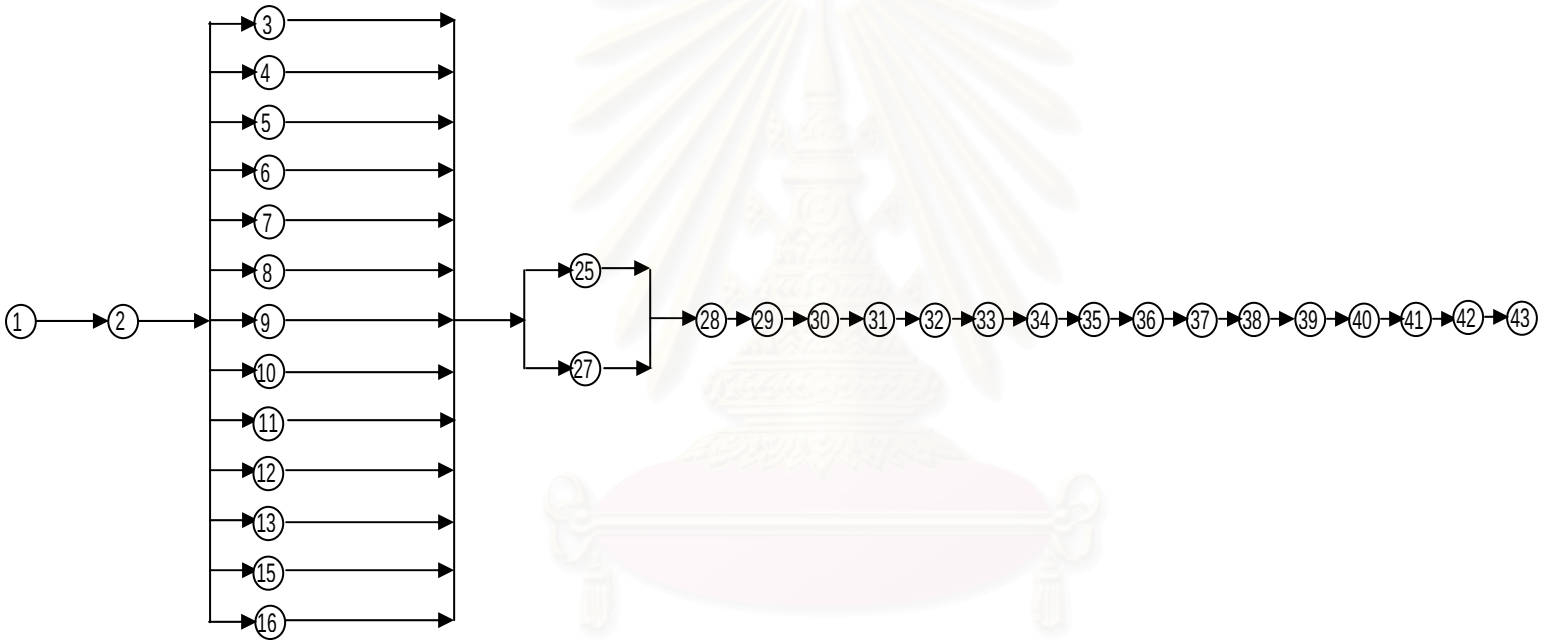
รูปที่3.2 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ารุ่น 0926

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



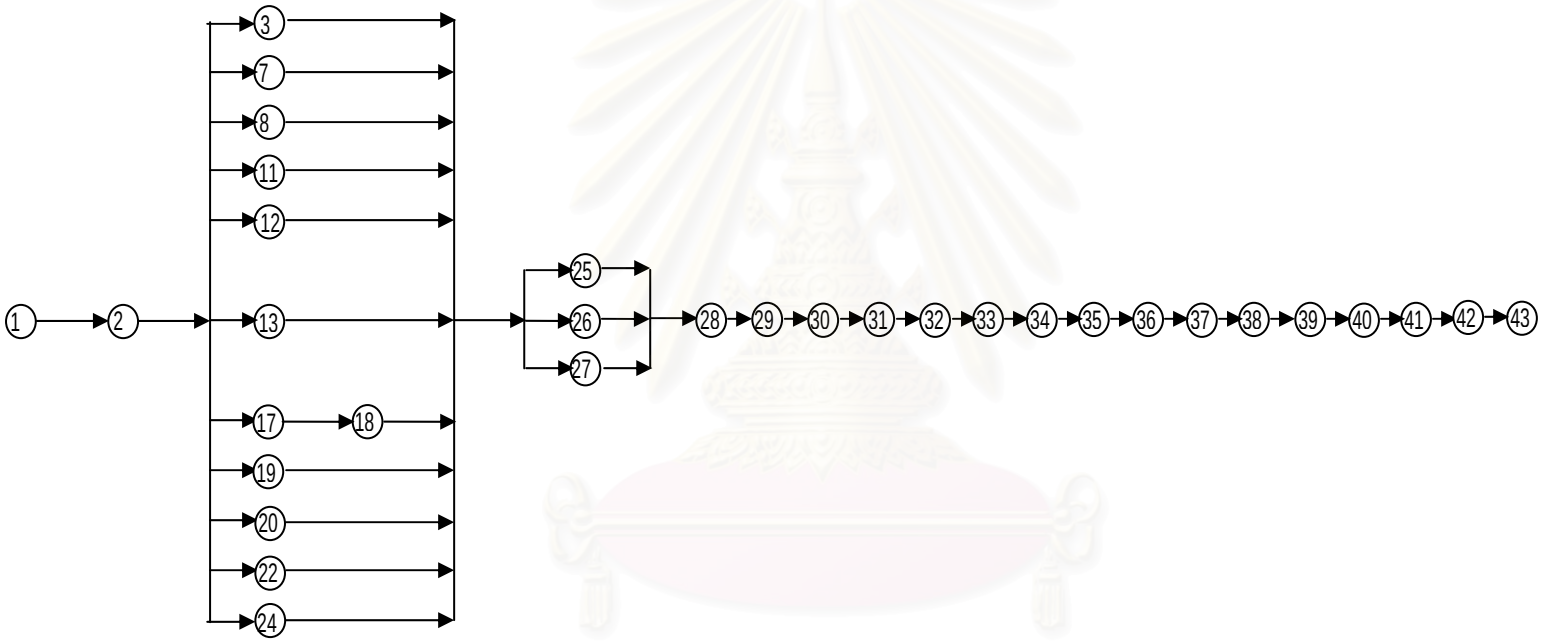
รูปที่3.3 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ารุ่น 0759

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



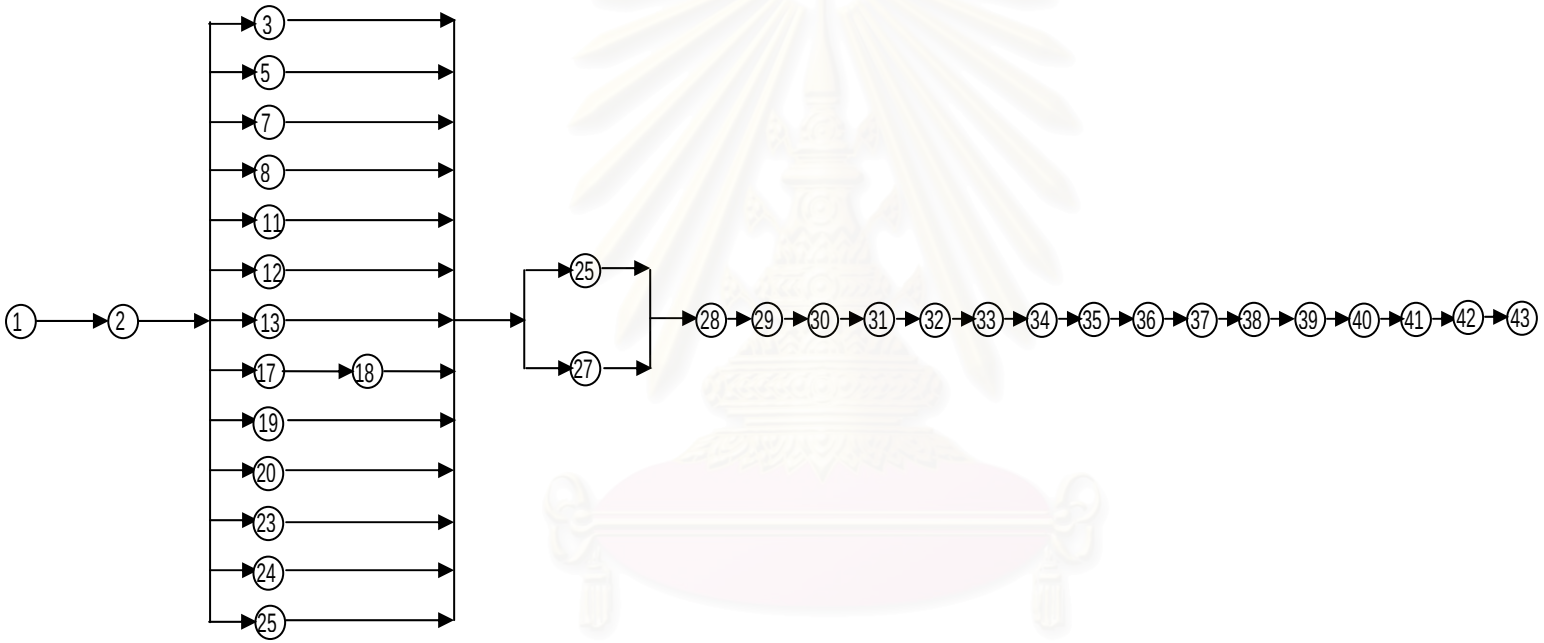
รูปที่3.4 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ารุ่น 1008

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่3.5 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ารุ่น 1899

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่3.6 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ารุ่น 1674

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.1.2 เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นงาน

เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นงานเป็นเวลามาตรฐานที่บริษัทจัดทำขึ้นสำหรับการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าแต่ละรุ่นดังตารางที่ 3.1

ตาราง 3.1 เวลาขั้นงานในการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า

ขั้นงาน	รายชื่อขั้นงาน	รุ่น1006	รุ่น0926	รุ่น0759	รุ่น1008	รุ่น1899	รุ่น1674
1	หยิบชีต	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
2	แสตม์ นัมเบอร์	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
3	ใส่ PC1	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52
4	ใส่ F1	4.20	-	4.20	4.20	-	-
5	ใส่ CN1	2.06	2.06	2.06	2.06	-	2.06
6	ใส่ IC1	2.47	2.47	2.47	2.47	-	-
7	ใส่ C8	2.89	2.89	2.89	2.89	2.89	2.89
8	ใส่ CN21	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54
9	ใส่ C21	3.16	3.16	3.16	3.16	-	-
10	ใส่ Q1	3.31	3.31	-	3.31	-	-
11	ใส่ C4	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76
12	ใส่ C1	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72
13	ใส่ T1	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
14	ใส่ L1	1.81	1.81	1.81	-	-	-
15	ใส่ C2แนวตั้ง	2.94	2.94	2.94	2.94	-	-
16	ใส่ L2	-	-	-	2.03	-	-
17	หยดซิลิโคลน	-	-	-	-	1.24	1.24
18	ใส่ C2แนวนอน	-	-	-	-	4.44	4.44
19	ใส่ D21	-	-	-	-	3.52	3.52
20	ใส่ C10	-	-	-	-	2.37	2.37
21	ใส่ D22	-		3.07	-	-	-
22	ใส่ L21	-	4.05	-	-	4.05	4.05
23	ใส่ FB1	-	-	-	-	-	2.75

ตาราง 3.1 เวลาขั้นงานในการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า (ต่อ)

ขั้นงาน	รายชื่อขั้นงาน	รุ่น1006	รุ่น0926	รุ่น0759	รุ่น1008	รุ่น1899	รุ่น1674
1	หยิบชีต	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
24	ใส่ ฮัตชิ่ง	-	-	-	-	2.37	2.37
25	ใส่ที่กั้นขอบ	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
26	ใส่ที่กั้นรู	-	-	-	-	1.96	-
27	ตรวจ	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71
28	เข้า leadfree	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	หักแผ่น	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92
30	touch up	5.28	5.28	5.28	5.28	5.28	5.28
31	ตรวจ touch up	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27
32	ICT TEST	5.28	5.28	5.28	5.28	5.28	5.28
33	ตรวจ inprocess	5.37	5.37	5.37	5.37	5.37	5.37
34	first inspect	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36
35	ตรวจ last process	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
36	stap lot no.	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
37	ประกอบใส่สกรู	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14
38	HI POT TEST (1)	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58
39	HI POT TEST (2)	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61
40	AGING TEST	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45
41	FINAL TEST	3.88	3.88	4.63	4.63	4.63	4.63
42	ตรวจหลัง final	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17
43	บรรจุใส่กล่อง	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85

3.1.3 **รอบเวลาการผลิต** (Cycle Time)

รอบเวลาการผลิต เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างเวลาที่ใช้ทำการผลิตและปริมาณการผลิต โดยปริมาณการผลิตหาได้จากความต้องการของลูกค้าในแต่ละเดือน และเวลาที่ใช้ในการผลิตของโรงงานนี้ทำงานวันละ 8 ชั่วโมงหรือ 28,800 วินาที และใน 1 เดือนทำงาน 25 วัน ในสายการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าสายหนึ่งจะผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าจำนวน 6 รุ่น ดังนั้นใน 1 รุ่นจะใช้เวลาการผลิตต่อเดือนคือ 120,000 วินาที (25 วัน * 28,800 วินาที / 6รุ่น)โดยปริมาณการผลิตต่อเดือน และรอบเวลาการผลิตของแต่ละรุ่นแสดงดังตาราง 3.2

ตารางที่3.2 ปริมาณการผลิตและรอบเวลาการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าต่อเดือน

รุ่น	ปริมาณการผลิตต่อเดือน (a)	เวลาที่ใช้ทำการผลิตต่อเดือน (b)	รอบเวลาการผลิต (a) / (b)
KQ1006	20,050	120,000	5.99
KQ0926	20,100	120,000	5.97
KQ0759	18,900	120,000	6.35
KQ1008	19,500	120,000	6.15
KQ1899	20,000	120,000	6.00
KQ1674	17,600	120,000	6.82

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.4 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบของโรงงาน

จากข้อมูลข้างต้นทางโรงงานได้ทำการจัดสมดุลสายการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า โดยผลที่ได้เป็นดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตารางการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธีโรงงาน รุ่น1006, รุ่น0926, รุ่น0759

	รุ่น1006		รุ่น0926		รุ่น0759	
สถานีงานที่	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน
1	1,2,3	5.02	1,2,14	3.31	1,2,3	5.02
2	4	4.20	3,5	5.57	4,12	5.92
3	5,6	6.24	6,7	5.36	5	2.06
4	7,8	5.43	8,9	5.70	6,22	5.54
5	9,11	4.92	10,13	5.46	7,13	5.04
6	10,13	5.46	11,21	1.76	8,9	5.70
7	12,14	3.53	22	4.05	11,14	3.57
8	15,25	5.38	12,15,25	5.28	15,25	3.57
9	27	5.71	27	5.71	27	5.71
10	29	4.92	29	4.92	29	4.92
11	30	5.28	30	5.28	30	5.28
12	31	5.27	31	5.27	31	5.27
13	32	5.28	32	5.28	32	5.28
14	33	5.37	33	5.37	33	5.37
15	34	5.36	34	5.36	34	5.36
16	35	5.21	35	5.21	35	5.21
17	36	4.50	36	4.50	36	4.50

ตารางที่ 3.3 ตารางการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธีโรงงาน รุ่น1006, รุ่น0926, รุ่น0759 (ต่อ)

	รุ่น1006		รุ่น0926		รุ่น0759	
สถานีงานที่	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน
18	37	5.14	37	5.14	37	5.14
19	38	4.58	38	4.58	38	4.58
20	39	5.61	39	5.61	39	5.61
21	40	3.45	40	3.45	40	3.45
22	41	3.88	41	3.88	41	4.63
23	42	5.17	42	5.17	42	5.17
24	43	2.85	43	2.85	43	2.85
เวลาว่างงาน		18.03		20.39		24.71
ประสิทธิภาพสายการผลิต		81.97		79.61		75.29

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 ตารางการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธีโรงงาน รุ่น1008, รุ่น1889, รุ่น1674

	รุ่น1008		รุ่น1899		รุ่น1674	
สถานีงานที่	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน
1	1,2,3	5.02	1,2,23	5.55	1,2,3	5.01
2	4	4.20	3	3.52	5,11,12	5.53
3	5,6	4.53	7,8	5.43	7,8	5.43
4	7,8	5.43	11,21	4.13	13,19	5.67
5	9,11	4.92	17,18	5.68	19,23	6.27
6	10,13	5.46	12,13,14	3.87	22,24	6.42
7	12,15	4.65	19,21	3.52	17,18,23	6.31
8	16,27	5.60	26,27,28	4.96	25	0.63
9	27	5.71	27	5.71	27	5.71
10	29	4.92	29	4.92	29	4.92
11	30	5.28	30	5.28	30	5.28
12	31	5.27	31	5.27	31	5.27
13	32	5.28	32	5.28	32	5.28
14	33	5.37	33	5.37	33	5.37
15	34	5.36	34	5.36	34	5.36
16	35	5.21	35	5.21	35	5.21
17	36	4.50	36	4.50	36	4.50
18	37	5.14	37	5.14	37	5.14
19	38	4.58	38	4.58	38	4.58
20	39	5.61	39	5.61	39	5.61

ตารางที่ 3.3 ตารางการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธีโรงงาน รุ่น1008, รุ่น1889, รุ่น1674 (ต่อ)

	รุ่น1008		รุ่น1899		รุ่น1674	
สถานีงานที่	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน
21	40	3.45	40	3.45	40	3.45
22	41	4.63	41	4.63	41	4.63
23	42	5.17	42	5.17	42	5.17
24	43	2.85	43	2.85	43	2.85
เวลาว่างงาน		20.02		20.96		26.92
ประสิทธิภาพสายการผลิต		79.98		79.04		73.08

โดยเปอร์เซ็นต์เวลาว่างงานของสายการผลิตหาได้จาก { [ผลรวมของ (รอบเวลาการผลิตของสายการผลิต – เวลาของแต่ละสถานีงาน)] / (จำนานสถานีงาน) * 100}

และ ประสิทธิภาพของสายการผลิตหาได้จาก { ผลรวมของ เวลาแต่ละสถานีงาน / (จำนวนสถานีงาน * รอบเวลาการผลิตของสายการผลิต) * 100 }

ตารางที่ 3.4 จำนวนสถานีงาน เปอร์เซ็นต์เวลาว่างงาน และประสิทธิภาพสายการผลิตของแต่ละรุ่นวิธีของโรงงาน

รุ่นผลิตภัณฑ์	จำนวนสถานีงาน	ประสิทธิภาพสายการผลิต	เวลาว่างงาน
รุ่น1006	24	81.97	18.03
รุ่น0926	24	79.61	20.39
รุ่น0759	24	75.29	24.71
รุ่น1008	24	79.98	20.02
รุ่น1899	24	79.04	20.96
รุ่น1674	24	73.08	26.92

3.2 การจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL

จากแนวคิดและวิธีในการจัดสมดุลสายการผลิตของโรงงาน ในสายการผลิตที่ทำการศึกษานั้นพบว่าการจัดสมดุลสายการผลิตของโรงงานจะทำการกำหนดจำนวนสถานีงานก่อนแล้วจึงทำการกำหนดขั้นตอนการทำงานในแต่ละสถานีงาน ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของสถานีงานทำให้ประสิทธิภาพของสถานีงานนั้นมีประสิทธิภาพต่ำ เพื่อแก้ปัญหาให้ประสิทธิภาพของสถานีงานสูงขึ้นจึงควรพิจารณาการจัดสมดุลสายการผลิตโดยดูจากรอบเวลาการผลิตเพราะจะทำให้รอบเวลาการผลิตมีค่าใกล้เคียงกับเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงาน ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้น จากการศึกษาพบว่าวิธีการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี COMSOAL นั้นมีแนวคิดที่จะพยายามหาแนวทางที่เป็นไปได้เพื่อที่จะทำให้การจัดสมดุลมีประสิทธิภาพมากที่สุด กล่าวคือวิธี COMSOAL จะพยายามหาเวลาในแต่ละสถานีงานให้ใกล้เคียงรอบเวลาการผลิต ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางที่จะทำการจัดสมดุลสายการผลิตดังที่ได้กล่าวมาแล้ว และวิธีการนี้ยังเป็นที่แพร่หลายและเป็นทียอมรับ ดังนั้นจึงทำการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่ด้วยวิธี COMSOAL

วิธีการจัดสมดุลด้วยวิธี COMSOAL ใช้หลักการทางฮิลลิสติกกล่าวคือพยายามหาหนทางที่เป็นไปได้ในการจัดสมดุลสายการประกอบอย่างมีหลักเกณฑ์ เพื่อให้ได้แนวทางในการจัดสมดุลให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่ผลที่ได้อาจจะไม่ให้คำตอบที่ดีที่สุด แต่เป็นคำตอบที่ใช้งานได้ดีในทางปฏิบัติ

เนื่องจากขั้นงานที่ใช้ในการประกอบมีจำนวนมาก จึงได้จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นเพื่อช่วยในการคำนวณเพื่อความสะดวกและรวดเร็ว โดยใช้ภาษา Delphy ซึ่งชุดคำสั่งของโปรแกรมนี้แสดงไว้ในภาคผนวก และมีขั้นต่อในการทำดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างรายการ A ซึ่งประกอบด้วยงานย่อยทุกงาน ที่ยังไม่ได้จัดให้อยู่ในสถานีใด และจำนวนงานที่ต้องทำทันทีก่อนหน้างานนั้น (Immediate Preceding Tasks) ถ้าในรายการ A ไม่มีงานอยู่เลย แสดงว่าการจัดสายการผลิตเสร็จเรียบร้อย

ขั้นที่ 2 สร้างรายการ B โดยเลือกงานที่ไม่มีงานทำก่อนหน้า จากรายการ A มาลงในรายการ B ดังนั้นรายการ B จึงเปรียบเสมือนการรวบรวมงานที่พร้อมที่จะจัดสายงานได้ไว้

ขั้นที่ 3 เลือกงานจากรายการ B มาเพียงงานเดียวโดยวิธีการสุ่มอย่างมีกฎเกณฑ์ (งานที่ใช้เวลามากสุดและน้อยสุดทำก่อน) งานที่เลือกมานี้ จะถือว่าเป็นงานที่จัดเข้าในสถานีทำงานอย่างถาวร และในการเลือกจะต้องตรวจดูเวลาที่เหลืออยู่ในสถานีทำงานกับงานที่เลือกนั้นด้วย ซึ่งงานที่เลือกเข้ามานั้นจะต้องใช้เวลาไม่เกินเวลาที่เหลืออยู่ ถ้าหากงานที่เลือกมาใจครั้งแรก ใช้เวลามากกว่าเวลาที่เหลืออยู่ก็ให้เลือกงานต่อไป ที่มีอยู่ในรายการ B ซึ่งถ้าหากไม่มีงานที่ใช้เวลาน้อยกว่า

หรือเท่ากับเวลาที่เหลืออยู่ ก็ได้เพิ่มสถานีทำงานใหม่ขึ้นอีกสถานีทำงานหนึ่ง ในลำดับต่อจากสถานีทำงานเดิม และมีเวลาเหลือสำหรับสถานีใหม่นี้เท่ากับรอบเวลาการผลิต หลังจากนั้นจึงกลับไปเริ่มต้นตอนที่ 4 ใหม่ โดยเลือกงานลงในสถานีทำงานใหม่นี้ งานที่ได้รับเลือกในขั้นตอนนี้จะใส่ลงในรายการ C ซึ่งในแต่ละครั้ง จะมีการเลือกเพียงงานเดียวเท่านั้น

ขั้นที่ 4 ลบงานที่เลือกไว้ในรายการ C ออกจากรายการ A เนื่องจากงานนั้นได้ถูกกำหนดให้อยู่ในสถานีทำงานอย่างถาวรแล้ว ย้อนกลับไปทำขั้นตอนที่ 2

การจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL จะมีวิธีการและหลักเกณฑ์ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยใช้ข้อมูลแผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลัง เวลาขั้นงานย่อย และรอบเวลาการผลิต จะเหมือนกับการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธีของโรงงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.1 **การจัดสมดุลการสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธี** COMSOAL

การจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธี COMSOAL เป็นการผลิตสินค้าที่ต้องการที่ละรุ่นโดยต้องทำการจัดสายการผลิตใหม่เมื่อเปลี่ยนรุ่นผลิตภัณฑ์ และการจัดจะมีวิธีการและหลักเกณฑ์ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยใช้ข้อมูลแผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลัง เวลาขั้นงานย่อย และรอบเวลาการผลิต จากที่ได้จัดทำแล้วในข้างต้น

3.2.1.1**ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธี** COMSOAL

หลังจากจัดเตรียมข้อมูลต่างๆแล้วจึงทำการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธี COMSOALโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จัดทำขึ้น ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 3.5 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธี COMSOAL รุ่น1006, รุ่น0926, รุ่น0759

	รุ่น1006		รุ่น0926		รุ่น0759	
สถานีงานที่	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน
1	1,2,3	5.02	1,2,22	5.55	1,2,4	5.70
2	4,11	5.96	3,13	5.67	3,8	6.06
3	10,8	5.84	10,8	5.85	9,21	6.23
4	9,6	5.63	9,6	5.63	15,7	5.83
5	15,7	5.83	15,7	5.83	6,13,12	6.34
6	13,5,12	5.93	5,14,11	5.63	11,5,14,25	6.26
7	14,25	2.44	12,25	2.33	27	5.71
8	27	5.71	27	5.71	29	4.92
9	29	4.92	29	4.92	30	5.28
10	30	5.28	30	5.28	31	5.27
11	31	5.27	31	5.27	32	5.28
12	32	5.28	32	5.28	33	5.37
13	33	5.37	33	5.37	34	5.36

ตารางที่ 3.5 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธี COMSOAL รุ่น1006, รุ่น0926, รุ่น0759(ต่อ)

	รุ่น1006		รุ่น0926		รุ่น0759	
สถานีงานที่	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน
14	34	5.36	34	5.36	35	5.21
15	35	5.21	35	5.21	36	4.50
16	36	4.50	36	4.50	37	5.14
17	37	5.14	37	5.14	38	4.58
18	38	4.58	38	4.58	39	5.61
19	39	5.61	39	5.61	40	3.45
20	40	3.45	40	3.45	41	4.63
21	41	3.88	41	3.88	42	5.17
22	42	5.17	42	5.17	43	2.85
23	43	2.85	43	2.85		
เวลาว่างงาน		17.03		16.93		17.86
ประสิทธิภาพสายการผลิต		82.97		83.07		82.14

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.6 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธี COMSOAL รุ่น1008, รุ่น1899, รุ่น1674

	รุ่น1008		รุ่น1899		รุ่น1674	
สถานีงานที่	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน
1	1,2,4	5.70	1,2,17,24	5.11	1,2,17,21	6.79
2	3,8	6.05	18	4.44	18,20	6.81
3	10,6	5.77	22,11	5.81	19,24	5.89
4	9,13	5.31	19,20	5.89	3,7	6.41
5	15,7	5.83	3,13	5.67	23,13,11	6.66
6	13,5,11	5.97	7,8	5.43	5,8,12	6.32
7	16,12,27	4.38	12,25,26	4.31	25,27	6.34
8	27	5.71	27	5.71	29	4.92
9	29	4.92	29	4.92	30	5.28
10	30	5.28	30	5.28	31	5.27
11	31	5.27	31	5.27	32	5.28
12	32	5.28	32	5.28	33	5.37
13	33	5.37	33	5.37	34	5.36
14	34	5.36	34	5.36	35	5.21
15	35	5.21	35	5.21	36	4.50
16	36	4.50	36	4.50	37	5.14
17	37	5.14	37	5.14	38	4.58
18	38	4.58	38	4.58	39	5.61
19	39	5.61	39	5.61	40	3.45

ตารางที่ 3.6 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธี COMSOAL รุ่น1008, รุ่น1899, รุ่น1674 (ต่อ)

	รุ่น1008		รุ่น1899		รุ่น1674	
สถานีงานที่	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน
20	40	3.45	40	3.45	41	4.63
21	41	4.63	41	4.63	42	5.17
22	42	5.17	42	5.17	43	2.85
23	43	2.85	43	2.85		
เวลาว่างงาน		17.10		20.95		24.87
ประสิทธิภาพสายการผลิต		82.90		79.05		75.13

ผลการจัดสมดุลสายการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธี COMSOALได้จำนวนสถานีงาน เปอร์เซ็นต์เวลาว่างงาน และประสิทธิภาพสายการผลิตของแต่ละรุ่นดังนี้

ตารางที่ 3.7 จำนวนสถานีงาน เปอร์เซ็นต์เวลาว่างงาน และประสิทธิภาพสายการผลิตของแต่ละรุ่นแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธี COMSOAL

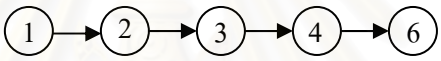
รุ่นผลิตภัณฑ์	จำนวนสถานีงาน	ประสิทธิภาพสายการผลิต	เวลาว่างงาน
รุ่น1006	23	82.97	17.03
รุ่น0926	23	83.07	16.93
รุ่น0759	22	82.14	17.86
รุ่น1008	23	82.90	17.10
รุ่น1899	23	79.05	20.95
รุ่น1674	22	75.13	24.87

3.2.1 **การจัดสมดุลการสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี** COMSOAL

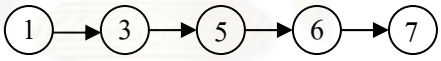
การจัดสมดุลการสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ เป็นการจัดสายการผลิตที่สามารถทำการผลิตสินค้าได้หลายชนิดพร้อมกันบนสายการผลิตเดียวโดยไม่ต้องมีการปรับเปลี่ยนจำนวนคนงานและไม่ต้องมีการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต โดยข้อมูลที่ต้องทราบคือ แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังรวมทุกรุ่น เวลาทำงานขั้นงานรวม และรอบเวลาการผลิต

3.2.1.1 **แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังรวมทุกรุ่น**

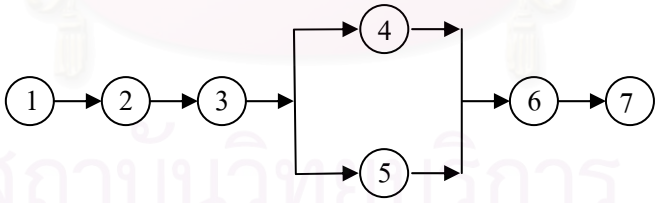
แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังรวมทุกรุ่นเป็นการรวมลำดับขั้นตอนการทำงานที่เหมือนกันในแต่ละรุ่นมารวมไว้เป็นขั้นงานเดียวกัน และขั้นตอนที่ไม่เหมือนกันจะนำมารวมแบบไม่ให้ขัดต่อลำดับการทำงานก่อนหลังของทุกผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างการรวมกันของลำดับการทำงานก่อนหลังรวมทุกรุ่น



รูปที่ 3.7 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของผลิตภัณฑ์ A



รูปที่ 3.8 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของผลิตภัณฑ์ B



รูปที่ 3.9 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของผลิตภัณฑ์A และ B

แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าแบบรวมทุกรุ่น แสดงดังรูปในภาคผนวก ก-1

3.2.1.2 **ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำงาน**

ในการจัดสมดุลการสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์นั้นเวลาย่อยในแต่ละขั้นงานจะถูกแทนด้วยเวลาย่อยรวมของทุกๆรุ่นในขั้นงานนั้นๆ โดยข้อมูลที่ต้องทราบคือ ปริมาณการผลิตต่อวันและเวลาทำงานของแต่ละขั้นงาน

ตารางที่ 3.8 ปริมาณการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าต่อวัน

รุ่น	ปริมาณการผลิตต่อวัน
KQ1006	802
KQ0926	804
KQ0759	756
KQ1008	780
KQ1899	792
KQ1674	704

แสดงตัวอย่างการคำนวณเวลารวมขั้นงานที่ใช้ในการจัดสมดุลการสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ของการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า

เวลาการทำงานรวมของขั้นงานที่ 1 = (802*0.35) + (804*0.35) + (756*0.35) + (780*0.75) + (792*0.38) + (704*0.38) = 2605.28

เวลาการทำงานรวมของขั้นงานที่ 2 = (802*1.12) + (804*1.12) + (756*1.12) + (780*1.12) + (792*1.12) + (704*1.12) = 5201.25

เวลาการทำงานรวมของขั้นงานที่ 3 = (802*3.52) + (804*3.52) + (756*3.52) + (780*3.52) + (792*3.52) + (704*3.52) = 16305.12

ตารางที่ 3.9 การคำนวณเวลารวมของขั้นงาน

ขั้นงาน	รายชื่อขั้นงาน	รุ่น1006	รุ่น0926	รุ่น0759	รุ่น1008	รุ่น1899	รุ่น1674	เวลาขั้นงานรวม
		802 ชิ้น/วัน	804 ชิ้น/วัน	756 ชิ้น/วัน	780 ชิ้น/วัน	792 ชิ้น/วัน	704 ชิ้น/วัน	
1	หยิบชีต	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	1755.15
2	แสตม์ นัมเบอร์	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	5201.25
3	ใส่ PC1	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	16305.12
4	ใส่ F1	4.20	0.00	4.20	4.20	0.00	0.00	9819.13
5	ใส่ CN1	2.06	2.06	2.06	2.06	0.00	2.06	7919.94
6	ใส่ IC1	2.47	2.47	2.47	2.47	0.00	0.00	7754.14
7	ใส่ C8	2.89	2.89	2.89	2.89	2.89	2.89	13403.59
8	ใส่ CN21	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	11766.14
9	ใส่ C21	3.16	3.16	3.16	3.16	0.00	0.00	9940.19
10	ใส่ Q1	3.31	3.31	0.00	3.31	0.00	0.00	7888.71
11	ใส่ C4	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	8157.89
12	ใส่ C1	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	7955.39
13	ใส่ T1	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	9974.02
14	ใส่ L1	1.81	1.81	1.81	0.00	0.00	0.00	4278.17
15	ใส่ C2แนวตั้ง	2.94	2.94	2.94	2.94	0.00	0.00	9231.98
16	ใส่ L2	0.00	0.00	0.00	2.03	0.00	0.00	1585.90
17	หยดซิลิโคลน	0.00	0.00	0.00	0.00	1.24	1.24	1851.15
18	ใส่ C2แนวนอน	0.00	0.00	0.00	0.00	4.44	4.44	6644.18
19	ใส่ D21	0.00	0.00	0.00	0.00	3.52	3.52	5266.14
20	ใส่ C10	0.00	0.00	0.00	0.00	2.37	2.37	3549.19
21	ใส่ D22	0.00	0.00	3.07	0.00	0.00	0.00	2321.30
22	ใส่ L21	0.00	4.05	0.00	0.00	4.05	4.05	9318.34

ตารางที่ 3.9 การคำนวณเวลารวมของขั้นงาน(ต่อ)

ขั้นงาน	รายชื่อขั้นงาน	รุ่น1006	รุ่น0926	รุ่น0759	รุ่น1008	รุ่น1899	รุ่น1674	เวลาขั้นงานรวม
		802 ชิ้น/วัน	804 ชิ้น/วัน	756 ชิ้น/วัน	780 ชิ้น/วัน	792 ชิ้น/วัน	704 ชิ้น/วัน	
23	ใส่ FB1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.75	1936.56
24	ใส่ ฮัตชิ่ง	0.00	0.00	0.00	0.00	2.37	2.37	3545.52
25	ใส่ที่กั้นขอบ	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	2920.46
26	ใส่ที่กั้นรู	0.00	0.00	0.00	0.00	1.96	0.00	1551.09
27	ตรวจ	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	26503.16
29	หักแผ่น	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	22796.23
30	touch up	5.28	5.28	5.28	5.28	5.28	5.28	24476.35
31	ตรวจ touch up	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	24428.35
32	ICT TEST	5.28	5.28	5.28	5.28	5.28	5.28	24481.68
33	ตรวจ inprocess	5.37	5.37	5.37	5.37	5.37	5.37	24903.05
34	first inspect	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	24841.71
35	ตรวจ last process	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	24161.66
36	stap lot no.	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	20886.77
37	ประกอบใส่สกรู	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	23822.97
38	HI POT TEST (1)	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	21260.13
39	HI POT TEST (2)	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	25996.45
40	AGING TEST	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45	16001.10
41	FINAL TEST	3.88	3.88	4.63	4.63	4.63	4.63	20267.66
42	ตรวจหลัง final	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17	23990.98
43	บรรจุใส่กล่อง	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	13216.91

3.2.1.3 **รอบเวลาการผลิต (Cycle Time)**

รอบเวลาการผลิตในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์หาได้จากการนำเวลาที่ใช้ในการผลิตทั้งหมดในแต่วันของแต่ละรุ่นที่จะทำการจัดสมดุลแบบหลายผลิตภัณฑ์มาคิด โดยเวลาที่ใช้ในการผลิตต่อเดือนในแต่ละรุ่นคือ 120,000 วินาที และใน1เดือนทำงาน25วันดังนั้น ใช้เวลาในการผลิตต่อวันในแต่ละรุ่นคือ 4,800 วินาที รุ่นผลิตภัณฑ์มี6รุ่นดังนั้น รอบเวลาการผลิตต่อวันของผลิตภัณฑ์ 6รุ่นคือ 28,800 วินาที

3.2.1.4 **ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี** COMSOAL

ผลการจัดสมดุลสายการประกอบของอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL

ตารางที่ 3.10 จัดสมดุลสายการประกอบของอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL

สถานีงานที่	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน
1	1,2,4,22	26093.87
2	3,13	26279.14
3	6,9,17,18	26189.67
4	7,8	25169.73
5	10,21,5,24	21675.47
6	16,15,14,19,20	23911.38
7	11,12,25,26,23	22521.40
8	27	26503.16
9	29	22796.23
10	30	24476.35
11	31	24428.35
12	32	24481.68
13	33	24903.05
14	34	24841.71

ตารางที่ 3.10 จัดสมดุลสายการประกอบของอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL (ต่อ)

สถานีงานที่	ขั้นงานในสถานีงาน	เวลาของสถานีงาน
15	35	24161.66
16	36	20886.77
17	37	23822.97
18	38	21260.13
19	39	25996.45
20	40	16001.10
21	41	20267.66
22	42	23990.98
23	43	13216.91
เวลาว่างงาน		19.40
ประสิทธิภาพสายการผลิต		80.60

ผลจัดสมดุลสายการประกอบของอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL จำนวนสถานีงานที่ใช้ในการประกอบคือ 23 สถานีงาน เวลาว่างงาน 19.40% ประสิทธิภาพสายการผลิต 80.60%

เนื่องจากในทางปฏิบัติแล้วนั้นในการเปลี่ยนรุ่นผลิตภัณฑ์ ต้องเสียเวลาในการเปลี่ยนรุ่นผลิตภัณฑ์ด้วยดังนั้นจำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรุ่นผลิตภัณฑ์ด้วย ทำให้ประสิทธิภาพที่ได้จากตารางข้างต้นนั้นยังไม่รวมเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรุ่นผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาในสายการผลิตพบว่าเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรุ่นผลิตภัณฑ์ในแต่ละรุ่นคือ 600 วินาทีเมื่อสายการผลิตเป็นแบบสายการผลิตเดียว แต่เมื่อทำการจัดแบบหลายผลิตภัณฑ์แล้วนั้นพบว่าจะเสียเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรุ่นผลิตภัณฑ์เพียง 600 วินาทีครั้งแรกครั้งเดียว ดังนั้นในบทต่อไปจะทำการสร้างแบบจำลองโดยพิจารณาถึงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรุ่นผลิตภัณฑ์ด้วย

บทที่ 4
การจำลองแบบปัญหา

จากบทที่ผ่านมาได้ทำการจัดสมดุลสายการประกอบใหม่โดยใช้วิธีการจัดสมดุลสายการผลิตแบบ COMSOAL ทั้งแบบสายการผลิตภัณฑ์เดียวและแบบแบบหลายผลิตภัณฑ์พบว่าให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าการจัดแบบเดิมของโรงงาน ดังนั้นในบทนี้จะใช้การจำลองแบบปัญหาในการจำลองรูปแบบที่ต้องการจัดใหม่ เนื่องจากการจำลองแบบปัญหาจะไม่ส่งผลกระทบต่อระบบการทำงานจริงเมื่อมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตใหม่ทั้งยังสามารถทดลองปรับปรุงกระบวนการผลิตได้หลายรูปแบบอีกด้วย

4.1 ระบบงาน

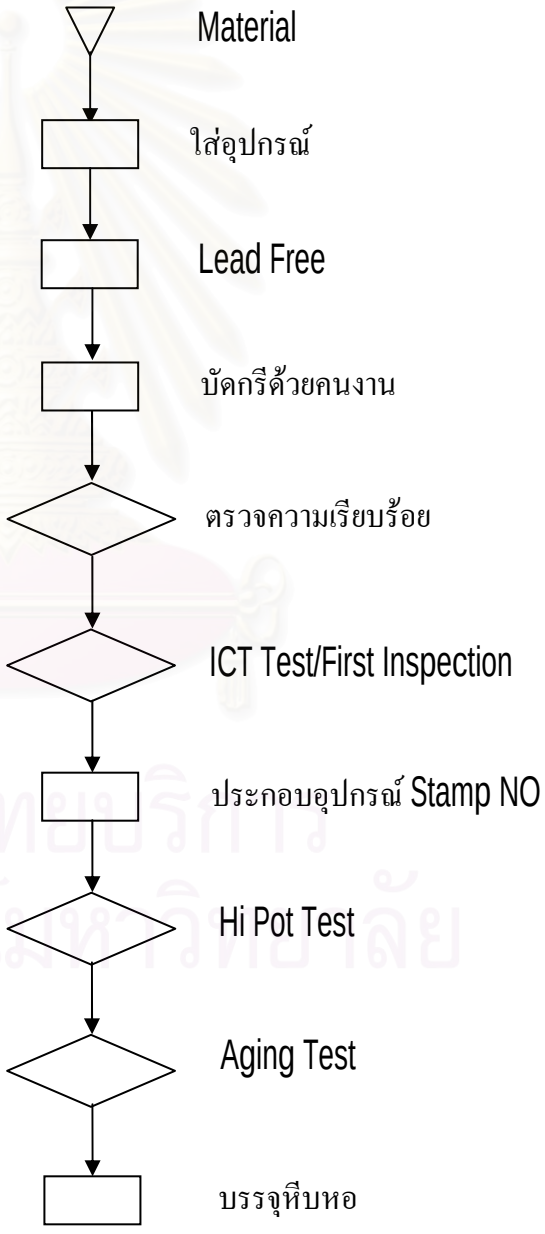
เนื่องจากการจำลองแบบปัญหานั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจระบบงานจริงเพื่อทีจะได้ทำการจำลองแบบปัญหาได้อย่างถูกต้อง จึงจำเป็นต้องกำหนดขอบเขตของระบบงานซึ่งก็คือ การกำหนดองค์ประกอบของระบบ การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ และการกำหนดสิ่งแวดล้อมของระบบงาน โดยองค์ประกอบเหล่านี้จะมีลักษณะเฉพาะตัว (Attributes) ที่ทำให้เกิดกิจกรรม (Activities) และกิจกรรมเหล่านั้นจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบงาน (System Status) โดยจะทำการกำหนดองค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า ดังนี้

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า

องค์ประกอบ	ลักษณะเฉพาะตัว	กิจกรรม
คนงาน	เวลาในการผลิต ประสิทธิภาพในการผลิต	ทำงาน ว่างงาน
เครื่องจักร	เวลาในการผลิต ประสิทธิภาพในการผลิต	ทำงาน ว่างงาน
ชิ้นงาน	รุ่นผลิตภัณฑ์ เวลาในการผลิต ของดี ของเสีย	รอผลิต ผลิตอยู่ ผลิตเสร็จ
แถวคอย	จำนวนชิ้นงานในแถวคอย	มีชิ้นงาน ไม่มีชิ้นงาน

4.2 ขั้นตอนการทำงานของของระบบการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า

ขั้นตอนการทำงานระบบการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 4.1 โดยขั้นตอนจะเริ่มจากการนำแผนวงจงมาวางไว้บนสายการผลิต ทำการใส่อุปกรณ์ต่างๆ ตรวจดูอุปกรณ์ที่ใส่ เข้าเครื่อง Lead Free บัดกรีด้วยคนงาน ตรวจความเรียบร้อย ทดสอบวงจร ประกอบอุปกรณ์และ Stamp NO เช็คคุณภาพ100% บรรจุหีบห่อ



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทำงานระบบการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การจัดเตรียมข้อมูล

ในการจำลองแบบปัญหาจำเป็นต้องมีข้อมูลต่างๆ หรืออีกในหนึ่งคือพฤติกรรมของระบบนั้นเองซึ่งพฤติกรรมของระบบนั้นยอมมีความผันแปรไม่คงที่ ดังนั้นจึงต้องทราบถึงความผันแปรของข้อมูลที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหาด้วย ซึ่งจะช่วยให้การจำลองแบบปัญหามีความเหมือนกับระบบงานจริงมากที่สุด

4.3.1 เวลาการทำงานในแต่ละขั้นงาน

ในการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้านั้น จะใช้คนงานในการทำงานเป็นส่วนใหญ่จึงทำให้เวลาการทำงานมีความผันแปรไม่คงที่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบถึงการกระจายของข้อมูลในการทำงานในแต่ละขั้นงาน เพื่อนำไปใช้ในการจำลองแบบปัญหาดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งการกระจายของข้อมูลเวลาการทำงานในแต่ละขั้นงานของสายการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าแสดงในภาคผนวกค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

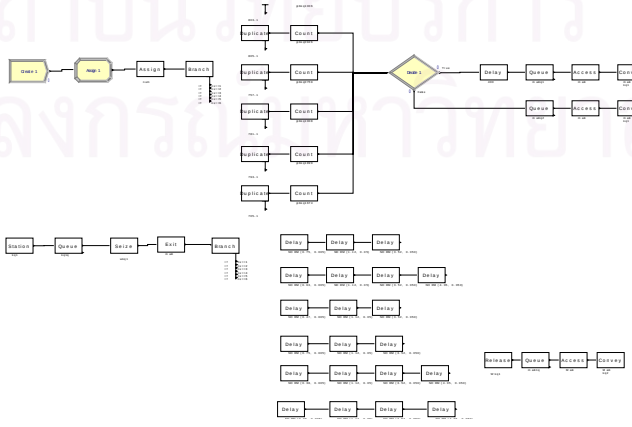
4.4 การพัฒนาโปรแกรม

หลังจากที่ได้ทำการเตรียมข้อมูลต่างๆ ในการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าเรียบร้อยแล้ว ซึ่งก็คือ ขั้นตอนการทำงาน เวลาที่ใช้ในการทำงาน รวมไปถึงการกระจายของเวลาที่ใช้ในการทำงาน จะทำการจำลองแบบปัญหาโดยใช้ โปรแกรม ARENA ในการจำลองแบบปัญหาเพราะเป็นโปรมแกรมที่เป็นที่รู้จัก และใช้การอย่างแพร่หลายในการจำลองแบบปัญหาทั้งยังสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานมากมายอีกด้วย

โดยการศึกษาระบบงานการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้านี้ จะทำการศึกษาเฉพาะสายการผลิตที่ผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า รุ่น1006, 0926, 0759, 1008, 1899 และ 1674 เท่านั้นซึ่งมีอยู่สายการผลิตเดียวทั้งโรงงาน ในการเขียนโปรแกรมนี้จะพิจารณาถึงเรื่องของเวลาการปรับสายการผลิตเมื่อมีการเปลี่ยนรุ่นผลิตภัณฑ์ โดยการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผลิตภัณฑ์เดียวใช้เวลาในการปรับสายการผลิต 600 วินาทีเมื่อมีการเปลี่ยนรุ่นการผลิตในสายการผลิตทุกครั้ง ส่วนการจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์จะใช้เวลาในการปรับสายการผลิต 600 วินาทีและทำการปรับสายการผลิตในครั้งแรกเท่านั้น และเมื่อทำการเปลี่ยนรุ่นจะไม่ต้องเสียเวลาในการปรับสายการผลิตอีก รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างของโปรแกรม ARENA ส่วนหนึ่งของการสายการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า

เนื่องจากโปรแกรมแบบจำลองปัญหานี้ไม่สามารถที่จะแสดงเป็นไฟล์ตัวหนังสือได้เพราะมีขนาดใหญ่มาก ดังนั้นได้แสดงตัวอย่างโปรแกรมไว้ที่ภาคผนวก ง

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างของโปรแกรม ARENA ของการสายการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า



4.5 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

เมื่อทำการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม ARENA ต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องขอบแบบจำลองด้วย กล่าวคือต้องตรวจสอบเพื่อความมั่นใจว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีการทำงานเหมือนกับระบบงานจริงและถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

โดยโปรแกรม ARENA จะมีคำสั่งสร้างภาพเคลื่อนไหวทำให้เห็นการไหลของชิ้นงานได้ แต่ไม่สามารถทำการบันทึกผลของการเปลี่ยนแปลงของชิ้นงานในระบบได้จึง ดังนั้นจึงต้องใช้คำสั่ง TRACE เพื่อช่วยในการตรวจสอบแบบจำลองให้ถูกต้องยิ่งขึ้น

คำสั่ง TRACE จะทำให้เราทราบถึงการไหลของชิ้นงานว่า ณ ช่วงเวลานั้นๆ ชิ้นงานที่อยู่ในระบบอยู่ในสภาวะไรกำลังถูกทำอะไรอยู่ทำให้เราสามารถตรวจสอบถึงกระบวนการของแบบจำลองได้ว่ามีความถูกต้องตามระบบงานจริงได้

รูปที่ 4.3 จะแสดงตัวอย่างการไหลของชิ้นงานที่สนใจในโปรแกรมนี้คือ Entity นั้นเองว่ากำลังถูกกระทำอะไรอยู่ตามช่วงเวลาต่างๆ

Siman System Trace Beginning at Time : 0.0

Seq#	Label	Block	System Status Change
Time: 0	Entity: 2		
		CREATE	
			Entity Type set to Entity 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง

เมื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองตามหัวข้อที่กล่าวมาแล้ว ต้องทำการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง เพื่อที่จะได้ทราบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องและมีความใกล้เคียงกับระบบงานจริงมาน้อยเพียงใด

เนื่องจากอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าที่ได้ทำการศึกษานั้นยังอยู่ในช่วงที่ยังไม่ได้ผลิตจริงในโรงงานแต่ได้มีแผนการผลิตที่วางไว้ว่าจะผลิตจำนวนเท่าไหร่มาใช้เป็นปริมาณความต้องการผลิต เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลข้อมูลที่ได้จากการรันของแบบจำลอง ซึ่งต้องเป็นข้อมูลที่ผ่านช่วง Warm-up Period แล้ว

ตารางที่ 4.2 ปริมาณที่ต้องการผลิตต่อวัน

รุ่น	ปริมาณการผลิตต่อวัน
KQ1006	802
KQ0926	804
KQ0759	756
KQ1008	780
KQ1899	792
KQ1674	704
รวม	4,638

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลจำนวนผลผลิตที่ได้จากแบบจำลอง

Replicate	จำนวนผลผลิต
1	5069
2	4555
3	3775
4	4547
5	3678
6	3920
7	4642
8	4465
9	3817
10	4116

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากนั้นจึงทำการทดสอบสมมติฐาน โดยให้โปรแกรม Minitab ทำการวิเคราะห์ ANOVA เพื่อวิเคราะห์ว่าผลผลิตที่ได้ทั้ง 2 ระบบมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือไม่

One-way ANOVA: C1 versus C2

```
Source  DF       SS      MS     F      P
C2       1   132242  132242  0.62  0.450
Error    9  1904814  211646
Total   10  2037056

S = 460.1   R-Sq = 6.49%   R-Sq(adj) = 0.00%


                          Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Level   N    Mean  StDev     +---------+---------+---------+---------
1      10  4256.6  460.1          (-----*----)
2       1  4638.0      *     (----------------*----------------)
                             +---------+---------+---------+---------
                            3600      4200      4800      5400

Pooled StDev = 460.1


Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C2

Individual confidence level = 95.00%


C2 = 1 subtracted from:

C2   Lower  Center   Upper  --------+---------+---------+---------+-
2   -710.1   381.4  1472.9           (-------------*------------)
                            --------+---------+---------+---------+-
                                  -800         0       800      1600
```

จากผลที่ได้พบว่า ค่า P value =0.45 ซึ่งมากกว่า 0.05 และTukey's Pairwise Comparisons ให้ผลว่าทั้ง 2 ระบบไม่แต่ต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นแสดงว่าแบบจำลองที่ได้จัดทำขึ้น สามารถใช้แทนการผลิตจริงได้

4.7 การออกแบบการทดลองและการใช้งานแบบจำลองปัญหา

ในการจำลองนั้นต้องทราบว่าระบบที่จะทำการจำลองนั้นมีลักษณะแบบใดซึ่งแบ่งออกเป็น 2ระบบ

1. แบบ Terminating System เป็นระบบที่มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนด และเมื่อจบช่วงเวลานั้นแล้วผลของช่วงเวลานั้นจะไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาถัดไป

2. แบบ Non-Terminating System หรือ Steady State เป็นระบบที่ผลของช่วงเวลาก่อนหน้าที่จบไปมีส่วนเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาต่อมาซึ่งระบบแบบนี้จะต้องหาเวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว และขนาดของข้อมูลที่เหมาะสมต่อการจัดกลุ่ม 1ครั้งเพื่อให้ข้อมูลที่ได้เป็นอิสระต่อกัน

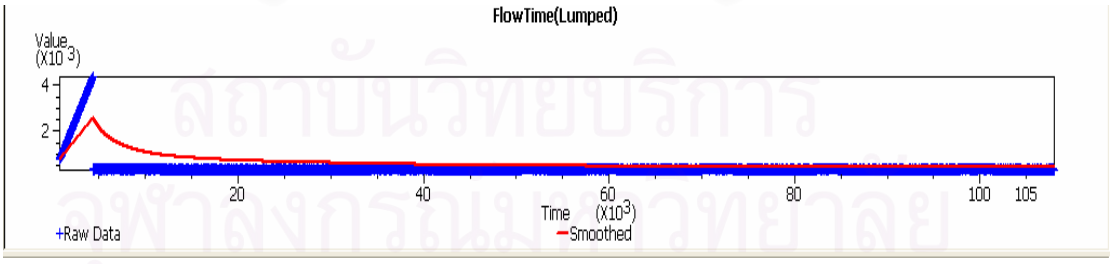
สำหรับแบบจำลองที่จะทำขึ้นนี้เป็นแบบ Non-Terminating System ซึ่งงานที่ทำจบในวันนี้แต่ยังไม่เสร็จจะต้องนำกลับไปทำต่อในวันต่อไป ดังนั้นจึงต้องทำการหาเวลาที่ระบบเข้าสู้สภาวะคงที่ และขนาดของข้อมูลที่เหมาะสมต่อการจัดกลุ่ม1ครั้งซึ่งมีวิธีดังนี้

4.7.1 การหาเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่

เนื่องจากในช่วงแรกของแบบจำลองนั้นข้อมูลที่ได้จะมีการแกว่งทำให้ยังไม่สามารถนำข้อมูลส่วนนั้นมาใช้ในการวิเคราะห์ได้จำเป็นต้องหาช่วงเวลาที่ทำให้ข้อมูลที่ได้ผ่านช่วงเวลาที่ข้อมูลแกว่งก่อน ซึ่งช่วงเวลาก่อนที่จะถึงจุดคงทีนี้เรียกว่า Warm up Period ซึ่งข้อมูลในส่วนนั้นจะต้องถูกตัดทิ้งไป

ในการหาช่วง Warm up Period นั้นจะทำการรันแบบจำลองที่สร้างขึ้น 1 เรพพิลเคต แต่เวลาจะเท่ากับการผลิต10 วันโดยเวลาที่ใช้รันคือ 288000 วินาที โดยใช้โปแกรม ARENA มาช่วยในการหาซึ่งจะทำให้ได้กราฟ Moving Average แบบ Cumulative แล้วจะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 กราฟ Moving Average แบบ Cumulative

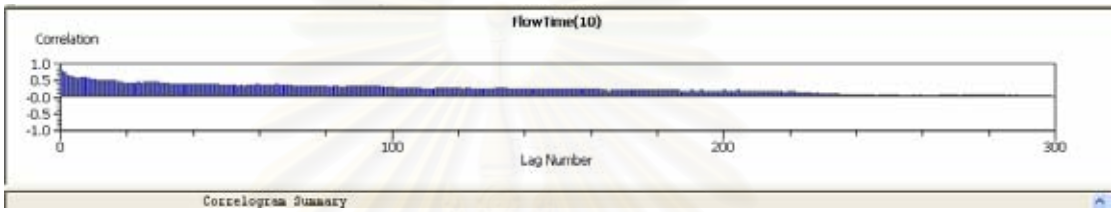


จากรูปที่ 4.3 พบว่าที่เวลา 40,000 วินาทีระบบจึงเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ซึ่งคือช่วง Warm up Period ของแบบจำลอง

4.7.2 การหาขนาดของข้อมูลที่เหมาะสมต่อการจัดกลุ่มข้อมูล

การหาขนาดของข้อมูลที่เหมาะสมต่อการจัดกลุ่มนั้น เพื่อให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นอิสระต่อกัน โดยใช้วิธีการ พล็อตกราฟโดยคำสั่ง Correlogram ซึ่งจำนวนข้อมูลอย่างต่ำ 10 เท่าของจำนวน Lag ทำให้ข้อมูลสองชุดเป็นอิสระต่อกัน โดยพิจารณาจุดความสัมพันธ์ที่กราฟตัดกับแกน X

รูปที่4.4แสดง กราฟ Correlogram ของแบบจำลองอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 4.4 แสดง กราฟ Correlogram ของแบบจำลองอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าซึ่งทำให้ทราบว่า ข้อมูลที่จะทำการจัดกลุ่มของแบบจำลองคือประมาณ 3,000ข้อมูล

4.8 การวิเคราะห์และประเมินผล

หลังจากทำการจำลองแบบปัญหา และทำการทดลองเพื่อให้ได้แบบจำลองที่เชื่อถือได้แล้ว จากนั้นจะทำการวิเคราะห์และประเมินผลต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
การวิเคราะห์ผล

จากการจัดสมดุลสายการประกอบและจัดทำแบบจำลองปัญหาแล้วในบทนี้จะทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการจัดทำแบบจำลองว่าผลที่ได้เป็นอย่างไร

5.1 การวิเคราะห์ผลการจัดสมดุลสายการประกอบ

จากการจัดสมดุลสายการประกอบ ทั้งจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวและการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธี COMSOAL และวิธีของโรงงาน โดยยังไม่พิจารณาเวลาในการปรับสายการผลิตเมื่อขึ้นรุ่นผลิตภัณฑ์ใหม่

ตารางที่5.1 ตารางเปรียบเทียบผลการจัดสมดุลด้วยวิธีของโรงงาน แบบผลิตภัณฑ์เดียว และแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL

	วิธี	รุ่น1006	รุ่น0926	รุ่น0759	รุ่น1008	รุ่น1899	รุ่น1674
จำนวนสถานีงาน	โรงงาน	24	24	24	24	24	24
	COMSOALแบบผลิตภัณฑ์เดียว	23	23	22	23	23	22
	COMSOALแบบหลายผลิตภัณฑ์	23	23	23	23	23	23
ประสิทธิภาพสายการผลิต	วิธีโรงงาน	81.97	79.16	75.29	79.98	79.04	73.08
	COMSOALแบบผลิตภัณฑ์เดียว	82.97	83.07	82.14	82.90	79.05	75.13
	COMSOALแบบหลายผลิตภัณฑ์	80.60	80.60	80.60	80.60	80.60	80.60
การสูญเสียความสมดุล	วิธีโรงงาน	18.03	20.84	24.71	20.02	20.96	26.92
	COMSOALแบบผลิตภัณฑ์เดียว	17.03	16.93	17.86	17.10	20.95	24.87
	COMSOALแบบหลายผลิตภัณฑ์	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40

5.1.1 จำนวนสถานีงานและประสิทธิภาพสายการผลิต

จากตารางที่ 5.1 พบว่า วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL จะมีจำนวนสถานีงานน้อยกว่าวิธีการของโรงงานโดยแต่ละสถานีงานจะใช้คนงาน 1 คน ทำให้สามารถลดคนงานในการทำงานลงได้จากปกติ 24 คนเหลือเพียง 23 คน

และจากตารางที่ 5.1 ยังพบว่าวิธีการจัดสมดุลใหม่หรือวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL นั้นจะให้ประสิทธิภาพสายการผลิตที่ดีกว่าวิธีการของโรงงาน

5.1.2 การสูญเสียความสมดุล

ตัววัดประสิทธิภาพการจัดสมดุลสายการผลิตอีกตัวหนึ่งคือการสูญเสียความสมดุล เป็นตัวชี้วัดถึงงานผลิตที่มีความไม่สมบูรณ์ โดยพิจารณาจากเวลาที่สูญเปล่า โดยค่า Balance Delay (D) คำนวณได้จาก

$$\mathbf{D = (nTc - Twc) / nTc}$$

หรือ $D = 100$-ประสิทธิภาพสายงาน

โดยที่ n = จำนวนสถานีงาน

Tc= รอบเวลาการผลิต

Twc= เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตในทุกสถานีงาน

จากตารางที่ 5.1 พบว่าค่า การสูญเสียความสมดุล ของการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวและของการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ให้ผลใกล้เคียงกัน โดยในรุ่น 1006, 0926, 0759, 1008 นั้นการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ให้ค่าการสูญเสียความสมดุลมากกว่าด้วย

ทั้งนี้สาเหตุที่ทำให้ค่าการสูญเสียความสมดุล ของการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวน้อยกว่า การจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ในบ้างรุ่นนั้นเนื่องมาจากการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวเป็นการจัดสมดุลที่ละรุ่น ซึ่งจะจัดให้ผลของแต่รุ่นดีที่สุดโดยไม่คำนึงถึงรุ่นอื่น แต่ในการจัดสมดุลสายการประแบบหลายผลิตภัณฑ์เป็นการจัดพร้อมกันทุกรุ่น ดังนั้นจึงต้องพิจารณาให้การจัดสมดุลสายการประกอบได้ผลดีสำหรับทุกรุ่นไม่ใช่เพียงรุ่นใดรุ่นหนึ่งเหมือนการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว

5.2 การวิเคราะห์ผลจากแบบจำลอง

จากตารางที่ 5.1 พบว่าวิธีการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี COMSOAL นั้นจะให้ประสิทธิภาพสายการผลิตที่ดีกว่าและจำนวนสถานีงานที่น้อยกว่าวิธีการจัดสมดุลสายการผลิตของโรงงานในกรณีไม่พิจารณาเวลาปรับสายการผลิตเมื่อขึ้นรุ่นผลิตภัณฑ์ใหม่ ดังนั้นแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้จึงทำการพิจารณาถึงเวลาปรับสายการผลิตเมื่อขึ้นรุ่นผลิตภัณฑ์ใหม่

ในการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผลิตภัณฑ์เดียวนั้น ทุกๆครั้งที่ทำการเปลี่ยนรุ่นผลิตภัณฑ์จะเสียเวลาปรับสายการผลิตเมื่อขึ้นรุ่นผลิตภัณฑ์ใหม่ 600 วินาทีในทุกๆรุ่นซึ่งมี 6 รุ่นทำให้ต้องเสียเวลา 3600 วินาที แต่การจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์นั้นจะเสียเวลาปรับสายการผลิตเพียงครั้งแรกครั้งเดียว 600 วินาที เมื่อทำการขึ้นรุ่นใหม่จะไม่เสียเวลาปรับสายการผลิตเมื่อขึ้นรุ่นผลิตภัณฑ์ใหม่อีก

5.2.1 แนวทางการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์ผลของแบบจำลองนี้ จะทำการศึกษาปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพสายการประกอบ โดยดูจากรูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิต คือแบบสายการผลิตผลิตภัณฑ์เดียวกับแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการจัดสมดุล COMSOAL เมื่อพิจารณาเวลาปรับสายการผลิตเมื่อขึ้นรุ่นผลิตภัณฑ์ใหม่

ในการวิเคราะห์ผลจากการจำลองแบบปัญหานี้ จะวัดประสิทธิภาพของระบบในด้านประสิทธิภาพสายการผลิต และจำนวนผลผลิต

5.2.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพสายการผลิต

การวิเคราะห์สายการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า โดยจะทำการเปรียบเทียบว่ารูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิต คือแบบผลิตภัณฑ์เดียวกับแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL ว่ามีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือไม่ โดยตารางในภาคผนวก ง. แสดงข้อมูลประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลอง 10 เรพพลิเคต เนื่องจาก Pegden (1995) กล่าวว่าจำนวนของเรพพลิเคตที่นิยมใช้มากที่สุดได้แก่ 10 เรพพิเคต

จากนั้นทำการทดสอบสมมุติฐาน โดยใช้โปรแกรม MINITAB ทำการวิเคราะห์ ANOVA เพื่อวิเคราะห์ว่ารูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิต ทั้ง 2 แบบแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05หรือไม่

One-way ANOVA: C1 versus C2

```
Source  DF       SS       MS        F      P
C2       1  606.541  606.541  3661.41  0.000
Error   18    2.982    0.166
Total   19  609.523

S = 0.4070   R-Sq = 99.51%   R-Sq(adj) = 99.48%


                          Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Level   N    Mean  StDev    -+---------+---------+---------+--------
1      10  98.050  0.119                                        (*)
2      10  87.036  0.563    (*)
                            -+---------+---------+---------+--------
                          87.0      90.0      93.0      96.0

Pooled StDev = 0.407


Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C2

Individual confidence level = 95.00%
```

ผลจากการโปรแกรม พบว่าค่า P มีค่าน้อยกว่า 0.05 คือ 0.000 ดังนั้นแสดงว่า รูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี COMSOAL มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ทำให้สรุปได้ว่ารูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL ให้ประสิทธิภาพสูงกว่ารูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธี COMSOAL เมื่อพิจารณาเวลาปรับสายการผลิตเมื่อขึ้นรุ่นผลิตภัณฑ์ใหม่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.1 การเปรียบเทียบจำนวนผลผลิต

การวิเคราะห์สายการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า โดยจะทำการเปรียบเทียบว่ารูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิต คือแบบผลิตภัณฑ์เดียวกับแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL ว่ามีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือไม่ โดยตารางในภาคผนวก ค. แสดงข้อมูลจำนวนผลผลิตที่ได้จากแบบจำลอง 10 เรพพลิเคต เนื่องจาก Pegden (1995) กล่าวว่าจำนวนของเรพพลิเคตที่นิยมใช้มากที่สุดได้แก่ 10 เรพพิเคต

จากนั้นทำการทดสอบสมมุติฐาน โดยใช้โปรแกรม MINITAB ทำการวิเคราะห์ ANOVA เพื่อวิเคราะห์ว่ารูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิต ทั้ง 2 แบบแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือไม่

One-way ANOVA: C1 versus C2

```
Source  DF       SS       MS        F      P
C2       1  1074625  1074625  1376.06  0.000
Error   18    14057      781
Total   19  1088682

S = 27.95   R-Sq = 98.71%   R-Sq(adj) = 98.64%


                          Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Level   N    Mean  StDev    -+---------+---------+---------+--------
1      10  4523.7   33.8                                  (-*)
2      10  4060.1   20.5    (-*)
                            -+---------+---------+---------+--------
                          4050      4200      4350      4500

Pooled StDev = 27.9


Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C2

Individual confidence level = 95.00%
```

ผลจากการโปรแกรม พบว่าค่า P มีค่าน้อยกว่า 0.05 คือ 0.000 ดังนั้นแสดงว่า รูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี COMSOAL มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ทำให้สรุปได้ว่ารูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL ให้จำนวนผลผลิตที่สูงกว่ารูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธีCOMSOAL เมื่อพิจารณาเวลาปรับสายการผลิตเมื่อขึ้นรุ่นผลิตภัณฑ์ใหม่

บทที่ 6

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผล

จากการวิเคราะห์ผลการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธีการและรูปแบบต่างๆที่ผ่านมา สามารถสรุปผลของการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจัดสมดุลสายการประกอบทางด้านจำนวนสถานีงาน ประสิทธิภาพสายการผลิต และผลผลิต รวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆได้ดังนี้

6.1.1 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบ

เปรียบเทียบวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบระหว่าง วิธีโรงงาน และ วิธีCOMSOAL

จากการจัดสมดุลสายการประกอบรูปแบบสายการผลิตเดียวด้วยวิธี COMSOAL และวิธีโรงงานพบว่าการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL ให้ผลทั้งจำนวนสถานีงานและประสิทธิภาพสายการผลิตดีกว่าวิธีของโรงงานโดยจะใช้จำนวนคนหรือสถานีงานน้อยกว่าวิธีของโรงงาน 1 สถานีงานในรุ่น 1006 , 0926 , 1008 , 1899 และ 2 สถานีงานในรุ่น 0759, 0674

ในการจัดสมดุลสายการประกอบรูปแบบหลายผลิตภัณฑ์นั้น จะไม่สามารถทำการเปรียบเทียบระหว่างวิธีCOMSOAL และวิธีของโรงงานได้เนื่องจากโรงงานไม่ได้จัดทำรูปแบบหลายผลิตภัณฑ์

6.1.2 ผลจากแบบจำลองปัญหา

เปรียบเทียบรูปการจัดสมดุลสายการประกอบระหว่าง แบบสายการผลิตเดียว และ แบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL

ในกรณีที่จัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOALรูปแบบ การจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์จะใช้จำนวนสถานีงาน 23 สถานีงานในทุกๆรุ่น ซึ่งการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวจะใช้จำนวนสถานีงานที่น้อยกว่า 1 สถานีงานในรุ่น 0759และรุ่น 1674 ส่วนรุ่นอื่นๆนั้นใช้จำนวนสถานีงานเท่ากัน

สำหรับผลด้านการสูญเสียความสมดุล ในกรณีที่จัดด้วยวิธี COMSOAL เมื่อไม่พิจารณาเวลาปรับสายการผลิตเมื่อขึ้นรุ่นผลิตภัณฑ์ใหม่ การจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว จะให้ค่าที่น้อยว่าในรุ่น 1006, 0926, 0759, 1008 แต่ในรุ่นอื่นการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์จะให้ค่าที่น้อยกว่า เพราะการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวเป็นการจัดสมดุลที่ละรุ่นซึ่งจะจัดให้ผลของแต่รุ่นดีที่สุดโดยไม่คำนึงถึงรุ่นอื่น แต่ในการจัดสมดุลสายการประแบบหลายผลิตภัณฑ์เป็นการจัดพร้อมกันทุกรุ่น ดังนั้นจึงต้องพิจารณาให้การจัดสมดุลสายการประกอบได้ผลดีสำหรับทุกรุ่นไม่ใช่เพียงรุ่นใดรุ่นหนึ่งเหมือนการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว

จากการทดสอบปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพสายการประกอบ และจำนวนผลผลิตโดยดูจากรูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิต คือแบบสายการผลิตผลิตภัณฑ์เดียวกับแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL เมื่อพิจารณาเวลาปรับสายการผลิตเมื่อขึ้นรุ่นผลิตภัณฑ์ใหม่ พบว่าการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ให้ประสิทธิภาพสายการผลิตและผลผลิตที่สูงกว่าการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว แสดงให้เห็นว่าเวลาปรับสายการผลิตเมื่อขึ้นรุ่นผลิตภัณฑ์ใหม่มีผลต่อประสิทธิภาพสายการผลิตและผลผลิต ซึ่งการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว จะต้องใช้เวลาปรับสายการผลิตเมื่อขึ้นรุ่นผลิตภัณฑ์ใหม่ในทุกครั้งที่ทำการเปลี่ยนรุ่นรุ่นละ 600 วินาทีซึ่งมี6รุ่นรวมเป็น 3600 วินาทีแต่การจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์นั้น จะเสียเวลาปรับสายการผลิตเมื่อขึ้นรุ่นผลิตภัณฑ์ใหม่เพียงครั้งเดียวเท่านั้นคือ 600 วินาที ดังนั้นเวลาปรับสายการผลิตเมื่อขึ้นรุ่นผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นจะส่งผลต่อประสิทธิภาพสายการผลิตทำให้ประสิทธิภาพสายการผลิตและผลผลิตลดลงได้

จากการศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิตที่ผ่านมา สามารถสรุปได้ว่าการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ และวิธี COMSOAL จะทำให้ได้ประสิทธิภาพสายการผลิตสูงสุด และจำนวนผลผลิตสูงสุด

6.2 ข้อจำกัด

ในการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี COMSOAL มีข้อจำกัดในการใช้งานดังต่อไปนี้

1. การจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี COMSOAL ใช้หลักการทางฮิลลิสติกดังนั้นผลที่ได้จากวิธีนี้จะไม่ให้ผลที่ดีที่สุด แต่ให้ผลที่ดีในทางปฏิบัติ

2. วิธีการจัดสมดุลแบบ COMSOAL นั้นไม่เหมาะในการใช้งานเมื่อสายการผลิตที่ต้องการจัดสมดุลมีจำนวนขั้นงานไม่มาก เพราะหากมีขั้นตอนไม่มากอาจจะใช้วิธีการคำนวณด้วยมือได้ง่ายและสะดวกกว่า

6.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่จะกล่าวดังต่อไปนี้จะเป็นประโยชน์แก่โรงงานและผู้ที่สนใจจะทำการศึกษาต่อ

1. การจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี COMSOAL เป็นวิธีที่ช่วยทำให้การจัดสมดุลสายการผลิตของโงงงานดีขึ้น เพราะเนื่องจากโรงงานมีจำนวนรุ่นของผลิตภัณฑ์มาก และมีขั้นงานที่มากทำให้ช่วยลดเวลาในการจัดสมดุล

2. ถึงแม้ว่าผลที่ได้จากการจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์ จากแบบจำลองปัญหา จะแสดงว่าให้ประสิทธิภาพสูงกว่าการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว แต่การตัดสินใจจัดต้องดูปัจจัยด้านอื่นด้วย เช่น ความสามารถของพนักงาน จำนวนรุ่นที่ต้องผลิตในแต่ละวัน

3. รุ่นของผลิตภัณฑ์นั้นอาจจะมีผลต่อต่อประสิทธิภาพต่างๆ ของการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยเพราะในแต่ละรุ่นนั้น จะมีขั้นตอนในการผลิตที่ต่างกันซึ่งต่อไปอาจพิจารณาถึงปัจจัยเรื่องสัดส่วนของแต่ละรุ่น ที่จะเข้ามาทำการผลิตว่ามีผลต่อประสิทธิภาพของการจัดสมดุลการผลิตหรือไม่ เพื่อช่วยให้ทำการตัดสินใจได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

4. ในการจัดทำแบบจำลองปัญหาจะต้องมีการศึกษาระบบอย่างท่อแท้เพื่อจะทำให้สามารถทำการจำลองระบบได้เสมือนจริงมากที่สุด

5. การจำลองแบบปัญหานั้นสามารถใช้ช่วยในการวิเคราะห์สายการประกอบได้โดยที่ไม่ส่งผลต่อเสียต่อการปฏิบัติงานจริง ซึ่งเป็นประโยชน์มากในการทดสอบการปรับเปรียบวิธีการทำงานในแต่ละสถานีงาน

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรรณิกา ศิลานนท์. การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

ปาราเมศ ชุติมา. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

พิภพ ลลิตตาภรณ์. ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2538.

วรพล วีระวงศ์. การวิเคราะห์สายการผลิตชุดหัวอ่าน-เขียนสำเร็จด้วยวิธีจำลองการทำงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ,การจำลองแบบปัญหา.โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2542.

หฤทัย ศุภพฤกษพงศ์. การจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ โดยการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

Arcus, A.L., COMSOAL: A Computer Method of Sequencing Operation of Assembly Lines. International Journal of Production Research , 4, 4 (1996).

Ghosh S., and Gagnon R., A Comprehensive Literature Review and Analysis of The Design, Balancing and Scheduling of Assembly System. International Journal of Production Research,27,4 (1989).

Maria Teresa Costa., Jose Soeiro Ferreira., A Simulation Analysis of Sequencing Rules in A Flexible Flowline. European Jornal of Operational Research. 119, 440-450 (1999).

Md. Alamgir Kabir, Mario T. Tabucanon., Batch-Model Assembly Line Balancing: A Multiattribute Decision Making Approach. International Journal of Production Economics. 41, 193-201. (1995).

Tadesusz Sawik., Monolitic vs. Hierarchical Balancing and Scheduling of A Flexible Assembly Line. European Jornal of Operational Research. 143, 115-124 (2001).

Thomopoloulos, Nick T., Line Balancing-Sequencing for Mixed-Model Assembly. Management Science. 14, 59-75 (1967).

Thomopoloulos, Nick T., Mixed Model Line Balancing With Smooth Station Assignment. Management Science. 16, 593-603 (1972).

.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

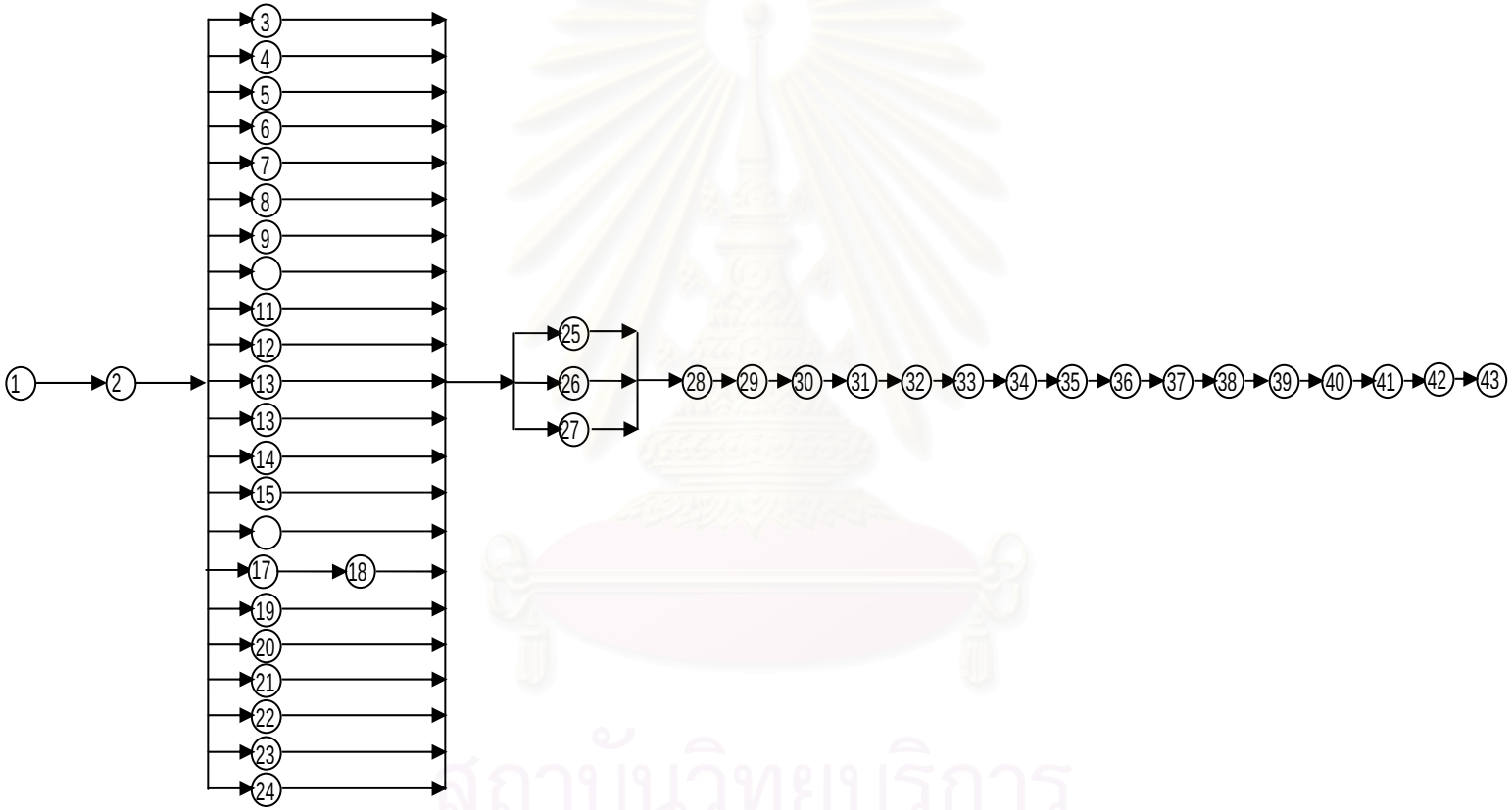
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลัง

รูปที่ ก-1 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าแบบรวมทุกรุ่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



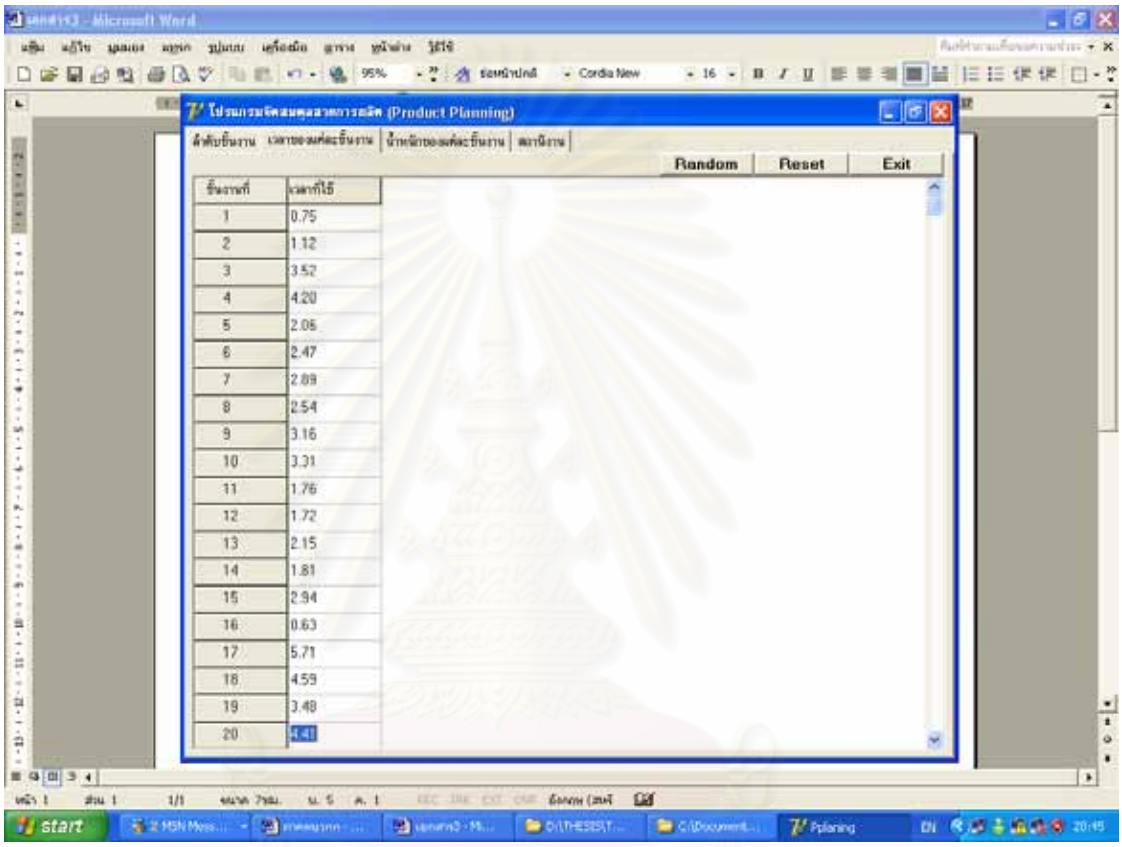
รูปที่ ก-1 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าแบบรวมทุกรุ่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

โปรแกรมการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี COMSOAL

การจัดสมดุลด้วยวิธีCOMSOAL ใช้โปรแกรม DELPHY โดยรูปที่ ข-1แสดงโปรแกรมการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี COMSOAL



รูปที่ ข-1แสดงโปรแกรมการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี COMSOAL

โปรแกรมการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี COMSOALโปรแกรมจัดทำขึ้นด้วยภาษาDELPHY ดังนี้

```
unit main;

interface

uses

  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
```

```
  Dialogs, StdCtrls, ComCtrls, Grids, ExtCtrls, Math;

type

  TForm1 = class(TForm)

    TabControl1: TTabControl;

    StringGrid1: TStringGrid;

    StringGrid3: TStringGrid;

    StringGrid4: TStringGrid;

    StringGrid5: TStringGrid;

    Panel1: TPanel;

    StringGrid6: TStringGrid;

    Edit1: TEdit;

    Panel2: TPanel;

    StringGrid7: TStringGrid;

    Panel3: TPanel;

    Button1: TButton;

    Button2: TButton;

    Button3: TButton;

    Edit2: TEdit;

    Button4: TButton;

    procedure FormCreate(Sender: TObject);

    procedure TabControl1Change(Sender: TObject);

    procedure Button1Click(Sender: TObject);
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form1: TForm1;
  TabCTabLast : Byte;
implementation
{$R *.dfm}
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
var i : integer;
begin
  StringGRid1.Cells[0,0] := '   ขั้นงานที่';
  StringGRid3.Cells[0,0] := 'ขั้นงาน';
  StringGRid4.Cells[0,0] := '   ขั้นงานที่';
  for i := 1 to 100 do
  begin
    StringGrid1.Cells[0,i] := '       ' + inttostr(i);
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
  StringGrid3.Cells[0,i] := '   ' + inttostr(i);
  StringGrid4.Cells[0,i] := '        ' + inttostr(i);
end;
StringGRid1.Cells[1,0] := 'เวลาที่ใช้';
StringGrid3.Cells[1,0] := 'น้ำหนัก';
for i := 1 to 100 do
StringGrid3.Cells[i + 1,0] := '   ' + inttostr(i);
for i := 1 to 99 do
  StringGrid4.Cells[i,0] := 'ขั้นงานก่อนหน้า(' + inttostr(i) + ')';
StringGrid7.Cells[0,0] := 'สถานีงานที่';
StringGrid4.Cells[1,1] := '0';
StringGrid4.Cells[1,2] := '1';
StringGrid4.Cells[1,3] := '2';
StringGrid4.Cells[1,4] := '2';
StringGrid4.Cells[1,5] := '2';
StringGrid4.Cells[1,6] := '2';
StringGrid4.Cells[1,7] := '2';
StringGrid4.Cells[1,8] := '2';
StringGrid4.Cells[1,9] := '2';
StringGrid4.Cells[1,10] := '2';
StringGrid4.Cells[1,11] := '2';
StringGrid4.Cells[1,12] := '2';
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
StringGrid4.Cells[1,13] := '2';

StringGrid4.Cells[1,14] := '2';

StringGrid4.Cells[1,15] := '2';

StringGrid4.Cells[1,16] := '3';

StringGrid4.Cells[2,16] := '4';

StringGrid4.Cells[3,16] := '5';

StringGrid4.Cells[4,16] := '6';

StringGrid4.Cells[5,16] := '7';

StringGrid4.Cells[6,16] := '8';

StringGrid4.Cells[7,16] := '9';

StringGrid4.Cells[8,16] := '10';

StringGrid4.Cells[9,16] := '11';

StringGrid4.Cells[10,16] := '12';

StringGrid4.Cells[11,16] := '13';

StringGrid4.Cells[12,16] := '14';

StringGrid4.Cells[13,16] := '15';

StringGrid4.Cells[1,17] := '3';

StringGrid4.Cells[2,17] := '4';

StringGrid4.Cells[3,17] := '5';

StringGrid4.Cells[4,17] := '6';

StringGrid4.Cells[5,17] := '7';

StringGrid4.Cells[6,17] := '8';
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
StringGrid4.Cells[7,17] := '9';

StringGrid4.Cells[8,17] := '10';

StringGrid4.Cells[9,17] := '11';

StringGrid4.Cells[10,17] := '12';

StringGrid4.Cells[11,17] := '13';

StringGrid4.Cells[12,17] := '14';

StringGrid4.Cells[13,17] := '15';

StringGrid1.Cells[1,1] := '0.75';

StringGrid1.Cells[1,2] := '1.12';

StringGrid1.Cells[1,3] := '3.52';

StringGrid1.Cells[1,4] := '4.20';

StringGrid1.Cells[1,5] := '2.06';

StringGrid1.Cells[1,6] := '2.47';

StringGrid1.Cells[1,7] := '2.89';

StringGrid1.Cells[1,8] := '2.54';

StringGrid1.Cells[1,9] := '3.16';

StringGrid1.Cells[1,10] := '3.31';

StringGrid1.Cells[1,11] := '1.76';

StringGrid1.Cells[1,12] := '1.72';

StringGrid1.Cells[1,13] := '2.15';

StringGrid1.Cells[1,14] := '1.81';

StringGrid1.Cells[1,15] := '2.94';
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
StringGrid1.Cells[1,16] := '0.63';

StringGrid1.Cells[1,17] := '5.71';

button1.Hide;

edit1.Hide;

Panel1.Hide;

Panel2.Show;

Panel3.Hide;

StringGrid4.show;

StringGrid1.Hide;

StringGrid3.Hide;

StringGrid7.Hide;

{  Button2.Top := 24;

Button2.Left := 524;

Button2.Height := 21;

Button2.Width := 86; }

Button2.Top := 33;

Button2.Left := 528;

Button2.Height := 24;

Button2.Width := 84;

Button3.Top := 33;

Button3.Left := 613;

Button3.Height := 24;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
  Button3.Width := 84;
  Button4.Top := 33;
  Button4.Left := 443;
  Button4.Height := 24;
  Button4.Width := 84;
 {
  Button3.Top := 24;
  Button3.Left := 611;
  Button3.Height := 21;
  Button3.Width := 86; }
end;
procedure TForm1.TabControl1Change(Sender: TObject);
var Wn,I,J,K,L,N,M,
    SCurrent,ways,Wway,Sway : Integer;
    R,Tmax : Real;
label WBreak,SubWay;
 begin
  if (TabCTabLast = 2) or (TabCTabLast = 3) then
  begin
    i := 1;
    repeat
      for j := 1 to 100 do StringGrid3.Cells[j,i] := '';
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
    inc(i);
  until StringGrid3.Cells[1,i] = '';
  i := 1;
  repeat
    for j := 0 to 100 do StringGrid5.Cells[j,i] := '';
    inc(i);
  until StringGrid5.Cells[1,i] = '';
end;
TabCTabLast := 0;
button1.Hide;
edit1.Hide;
edit2.Hide;
Panel1.Hide;
Panel2.Hide;
Panel3.Hide;
StringGrid1.Hide;
StringGrid3.Hide;
StringGrid4.Hide;
StringGrid7.Hide;
if TabControl1.TabIndex in [1..2] then
begin
  Button2.Top := 24;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
Button2.Left := 524;
Button2.Height := 21;
Button2.Width := 86;
Button3.Top := 24;
Button3.Left := 611;
Button3.Height := 21;
Button3.Width := 86;
Button4.Top := 24;
Button4.Left := 437;
Button4.Height := 21;
Button4.Width := 86;
if TabControl1.TabIndex <> 2 then
begin
  Button2.Show;
  Button4.Show;
end
else
begin
  Button2.Hide;
  Button4.Hide;
end;
end
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
else if TabControl1.TabIndex in [0,3] then
begin
 Button2.Hide;
 Button4.Hide;
 if TabControl1.TabIndex = 0 then
 begin
  Button2.show;
  Button4.show;
  Button2.Top := 33;
  Button2.Left := 528;
  Button2.Height := 24;
  Button2.Width := 84;
  Button4.Top := 33;
  Button4.Left := 443;
  Button4.Height := 24;
  Button4.Width := 84;
 end;
 Button3.Top := 33;
 Button3.Left := 613;
 Button3.Height := 24;
 Button3.Width := 84;
end;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
if TabControl1.TabIndex = 0 then
begin
  StringGrid4.Show;
  Panel2.Caption                    :=                    'จำนวนขั้นงานทั้งหมด
';
  Panel2.Show;
  Edit2.Show;
end
else if TabControl1.TabIndex = 1 then begin StringGrid1.Show; end
// WEIGHT
else if (TabControl1.TabIndex = 2) then
begin
  TabCTabLast := 2;
// Think all way of work flow
  Wn := -1;
  repeat
    inc(Wn);
  until StringGrid4.Cells[1,Wn + 1] = '';
  for i := 0 to Wn do
  begin
    ways := 0;
    for j := 1 to Wn do
      for k := 1 to Wn do
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
        if StringGrid4.Cells[k,j] = inttostr(i) then inc(ways);
      if ways > 1 then
      begin
        Wway := 0;
        repeat
          inc(Wway);
        until StringGrid5.Cells[0,Wway] = '';
        StringGrid5.Cells[0,Wway] := inttostr(i); // record nodes which have subway
      end;
    end;
    Scurrent := 0; Sway := 1;
    ways := 1; //row
    Wway := 1; //col

SubWay:
    StringGrid5.Cells[Wway,ways] := inttostr(Scurrent);
    repeat
      i := Sway - 1;
      repeat
        inc(i);
        j := 0;
        repeat
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      inc(j);
     until (StringGrid4.Cells[j,i] = inttostr(Scurrent)) or (j = Wn + 1);
    until (StringGrid4.Cells[j,i] = inttostr(Scurrent)) or (i = Wn + 1);
    if i = Wn + 1 then goto Wbreak;
    inc(Wway);
    Scurrent := i;
    StringGrid5.Cells[Wway,ways] := inttostr(i);
   until Scurrent = Wn;
Wbreak:
   for j := Wway - 1 downto 1 do
   begin
    k := 1;
    while StringGrid5.Cells[0,k] <> '' do
    begin
     if StringGrid5.Cells[j,ways] = StringGrid5.Cells[0,k] then
     begin
      Sway := strtoint(StringGrid5.Cells[j+1,ways]) + 1;
      Scurrent := strtoint(StringGrid5.Cells[0,k]);
      Wway := j; inc(ways);
      for l := 1 to j - 1 do
       StringGrid5.Cells[l,ways] := StringGrid5.Cells[l,ways - 1];
      Goto Subway;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      end;
      inc(k);
     end;
    end;
// finish to think all way of work flow
// write weight for each work in table3
    i := 1;
    while StringGrid5.Cells[1,i] <> '' do
    begin
     j := 1;
     while StringGrid5.Cells[j,i] <> '' do
     begin
      k := j;
      while StringGrid5.Cells[k,i] <> '' do
      begin
       L := strtoint(StringGrid5.Cells[k,i]);
       M := strtoint(StringGrid5.Cells[j,i]);
       if (L <> 0) and (M <> 0) then
        begin
         Tmax := 0;
         for N := 1 to 4 do
         begin
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                    if StringGrid1.Cells[N,L] <> '' then
                    if strtofloat(StringGrid1.Cells[N,L]) > Tmax then Tmax :=
strtofloat(StringGrid1.Cells[N,L]);
                    end;
                    StringGrid3.Cells[L + 1,M] := floattostr(Tmax);
                  end;
                  inc(k);
                end;
                inc(j);
              end;
              inc(i);
            end;
          // write summation weight in table3
            i := 1;
            while StringGrid4.Cells[1,i] <> '' do
            begin
              r := 0;
              for j := 2 to 101 do
              begin
                if StringGrid3.Cells[j,i] <> '' then r := r + strtofloat(StringGrid3.Cells[j,i]);
              end;
              StringGrid3.Cells[1,i] := floattostr(r);
              StringGrid6.Cells[1,i] := floattostr(r);
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      inc(i);
    end;
    if TabControl1.TabIndex = 2 then
    begin
      StringGrid3.Show;
      Panel1.Show;
    end;
  end
// END of WEIGHT
  else if TabControl1.TabIndex = 3 then
  begin
    button1.show;
    edit1.Show;
    Panel2.Caption := 'รอบเวลาการผลิต                    (วินาที/นาที/ชั่วโมง/...)
';
    Panel2.Show;
    Panel3.Show;
    StringGrid7.Show;
    TabCTabLast := 3;
  end;
end;
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
var I,J,K,L,O,P,Q,
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
    Wn,SCurrent,ways,Wway,Sway : Integer;
    M,N,R,S,CycleTime,Tmax : real;
    Prodtv,StationTime : array[1..99] of real;
label WBreak,SubWay,BtnBreak;
begin
    i := 1; s := 0;
    while StringGrid1.Cells[1,i] <> '' do
    begin
     j := 1; r := strtofloat(StringGrid1.Cells[1,i]);
     while StringGrid1.Cells[j,i] <> '' do
     begin
       if strtofloat(StringGrid1.Cells[j,i]) < r then
       r := strtofloat(StringGrid1.Cells[j,i]);
       inc(j);
     end;
     if r > s then s := r;
     inc(i);
    end;
    if strtofloat(edit1.Text) < s then
    begin
     showmessage('รอบเวลาการผลิตต่ำกว่าเวลาในขั้นงาน');
     goto BtnBreak;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
    end;
// clear StringGrid7
    for i := 1 to 100 do
      for j := 0 to 100 do StringGrid7.Cells[j,i] := '';
// Think all way of work flow
    Wn := -1;
    repeat
      inc(Wn);
    until StringGrid4.Cells[1,Wn + 1] = '';
    for i := 0 to Wn do
    begin
      ways := 0;
      for j := 1 to Wn do
        for k := 1 to Wn do
          if StringGrid4.Cells[k,j] = inttostr(i) then inc(ways);
      if ways > 1 then
      begin
        Wway := 0;
        repeat
          inc(Wway);
        until StringGrid5.Cells[0,Wway] = '';
        StringGrid5.Cells[0,Wway] := inttostr(i); // record nodes which have subway
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
    end;
  end;
  Scurrent := 0; Sway := 1;
  ways := 1; //row
  Wway := 1; //col
SubWay:
  StringGrid5.Cells[Wway,ways] := inttostr(Scurrent);
  repeat
    i := Sway - 1;
    repeat
      inc(i);
      j := 0;
      repeat
        inc(j);
      until (StringGrid4.Cells[j,i] = inttostr(Scurrent)) or (j = Wn + 1);
    until (StringGrid4.Cells[j,i] = inttostr(Scurrent)) or (i = Wn + 1);
    if i = Wn + 1 then goto Wbreak;
    inc(Wway);
    Scurrent := i;
    StringGrid5.Cells[Wway,ways] := inttostr(i);
  until Scurrent = Wn;
Wbreak:
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
for j := Wway - 1 downto 1 do
begin
 k := 1;
 while StringGrid5.Cells[0,k] <> '' do
 begin
  if StringGrid5.Cells[j,ways] = StringGrid5.Cells[0,k] then
  begin
   Sway := strtoint(StringGrid5.Cells[j+1,ways]) + 1;
   Scurrent := strtoint(StringGrid5.Cells[0,k]);
   Wway := j; inc(ways);
   for l := 1 to j - 1 do
    StringGrid5.Cells[l,ways] := StringGrid5.Cells[l,ways - 1];
   Goto Subway;
  end;
  inc(k);
 end;
end;
// finish to think all way of work flow
// write weight for each work in table3
 i := 1;
 while StringGrid5.Cells[1,i] <> '' do
 begin
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
j := 1;
while StringGrid5.Cells[j,i] <> '' do
begin
 k := j;
 while StringGrid5.Cells[k,i] <> '' do
 begin
  L := strtoint(StringGrid5.Cells[k,i]);
  Q := strtoint(StringGrid5.Cells[j,i]);
  if (L <> 0) and (Q <> 0) then
  begin
   Tmax := 0;
   for O := 1 to 4 do
   begin
    if StringGrid1.Cells[O,L] <> '' then
    if strtofloat(StringGrid1.Cells[O,L]) > Tmax then Tmax := strtofloat(StringGrid1.Cells[O,L]);
   end;
   StringGrid3.Cells[L + 1,Q] := floattostr(Tmax);
  end;
  inc(k);
 end;
 inc(j);
end;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
    inc(i);
  end;
// write summation weight in table3
  i := 1;
  while StringGrid4.Cells[1,i] <> '' do
  begin
   r := 0;
   for j := 2 to 101 do
   begin
    if StringGrid3.Cells[j,i] <> '' then r := r + strtofloat(StringGrid3.Cells[j,i]);
   end;
   StringGrid3.Cells[1,i] := floattostr(r);
   StringGrid6.Cells[1,i] := floattostr(r);
   inc(i);
  end;
// sort weight in table3 to table6
  i := 1;
  while StringGrid6.Cells[1,i] <> '' do
  begin
   StringGrid6.Cells[0,i] := inttostr(i);
   inc(i);
  end;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
for j := 1 to i - 1 do
 for k := 1 to j - 1 do
 if strtofloat(StringGrid6.Cells[1,j]) > strtofloat(StringGrid6.Cells[1,k]) then
  begin
   r := strtofloat(StringGrid6.Cells[1,j]);
   StringGrid6.Cells[1,j] := StringGrid6.Cells[1,k];
   StringGrid6.Cells[1,k] := floattostr(r);
   q := strtoint(StringGrid6.Cells[0,j]);
   StringGrid6.Cells[0,j] := StringGrid6.Cells[0,k];
   StringGrid6.Cells[0,k] := inttostr(q);
  end;
if edit1.Text = '' then
if stringgrid6.Cells[0,1] <> '' then edit1.Text :=
StringGrid3.Cells[strtoint(StringGrid6.Cells[0,1]) + 1,strtoint(StringGrid6.Cells[0,1])];
//clear StringGrid1 and 2
i := 1;
repeat
 StringGrid1.Cells[5,i] := '';
 inc(i);
until stringgrid1.Cells[5,i] = '';
// workstation
 //table1 = work time
 //table2 = work cost
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
//table3 = work weight

//talbe4 = flow work

//table6 = weight table which sort from max to min

//table7 = station table

q := 0; r := 0; s:= 0;

l := 1; //station line

CycleTime := strtofloat(edit1.Text); //cycle time

repeat

 i := 1; //work number in table6

 n := 0;

 StringGrid7.Cells[0,l] := '     ' + inttostr(l);

 repeat

  if StringGrid6.Cells[0,i] <> 'done' then

  begin

    p := strtoint(StringGrid6.Cells[0,i]);

    m := strtofloat(StringGrid3.Cells[p + 1,p]); //time of work number i

    n := n + m;

    o := 0; //station column

    if (n < CycleTime) and (n <> 0) then

    begin

     repeat

       inc(o);
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
        if o > q then q := o; //station max column
      until StringGrid7.Cells[o,l] = '';
      StringGrid7.Cells[o,l] := StringGrid6.Cells[0,i];
      StringGrid6.Cells[0,i] := 'done';
    end else n := n - m;
  end;
  inc(i);
 until StringGrid6.Cells[0,i] = '';
 StationTime[l] := n;
 r := r + n; //sum of station time
 Prodtv[l] := 100 * n / CycleTime;
 s := s + Prodtv[l]; //productivity
 inc(l);
until n = 0;
q := q + 1;
StringGrid7.Cells[0,l-1] := '';
for i := 1 to q - 1 do
 StringGrid7.Cells[i,0] := 'ขั้นงาน';
StringGrid7.Cells[q,0] := 'เวลาที่ใช้';
StringGrid7.Cells[q + 1,0] := 'ประสิทธิภาพ';
for i := 1 to l - 2 do
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
    begin
      StringGrid7.Cells[q,i] := FloatToStr(RoundTo(StationTime[i],-2));
      StringGrid7.Cells[q + 1,i] := FloatToStr(RoundTo(Prodtv[i],-2)) + '%';
    end;
    StringGrid7.Cells[q-1,i] := 'รวม';
    StringGrid7.Cells[q,i] := FloatToStr(RoundTo(R,-2));
    StringGrid7.Cells[q + 1,i] := FloatToStr(RoundTo(S/(i-1),-2)) + '%';
BtnBreak:
end;
procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
begin
  Self.Close;
end;
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
var i,j : integer;
begin
  for i := 1 to 100 do
    for j := 1 to 100 do
  begin
    if TabControl1.TabIndex = 0 then StringGrid4.Cells[i,j] := ''
    else if TabControl1.TabIndex = 1 then StringGrid1.Cells[i,j] := ''
  end;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
end;

procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);

var i,j,works,r1,r2 : integer;

  label randomfinish;

begin

 works := StrToInt(Edit2.Text);

 if (works < 1) or (works > 100) then

 begin

  showmessage('จำนวนขั้นงานไม่ถูกต้อง');

  goto randomfinish;

 end;

 for i := 1 to 100 do

  for j := 1 to 100 do

 begin

  if TabControl1.TabIndex = 0 then StringGrid4.Cells[i,j] := ''

  else if TabControl1.TabIndex = 1 then StringGrid1.Cells[i,j] := '';

 end;

 if TabControl1.TabIndex = 0 then

 begin

  for i := 1 to works do

  begin

   j := 0;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
    r1 := 0;
    repeat
     r2 := r1;
     repeat
      r1 := random(works + 1);
     until r1 < i;
     if (r1 > r2) or (r2 = 0) then
     begin
      inc(j);
      StringGrid4.Cells[j,i] := floattostr(r1);
     end;
    until r1 <= r2;
  end;
end
else if TabControl1.TabIndex = 1 then
begin
  i := 1;
  while StringGrid4.Cells[1,i] <> '' do
  begin
    repeat
     r1 := random(31);
    until r1 > 5;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      StringGrid1.Cells[1,i] := floattostr(r1);
      inc(i);
    end;
  end;
randomfinish :
end;
 end.
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

การกระจายของข้อมูลเวลาการทำงาน

ตารางที่ ค-1 ข้อมูลการกระจายของเวลาการทำงานของอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-1 ข้อมูลการกระจายของเวลาการทำงานของอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า

ขั้นงาน	รายชื่อขั้นงาน	การกระจาย
1	หยิบชีต	NORM(0.38, 0.09)
2	แสตม์ นัมเบอร์	NORM(1.12, 0.0065)
3	ใส่ PC1	3.15 + 0.79 * BETA(1.72, 1.87)
4	ใส่ F1	TRIA(4.04, 4.27, 4.37)
5	ใส่ CN1	1.93 + 0.28 * BETA(1.22, 1.15)
6	ใส่ IC1	2.37 + 0.21 * BETA(1.41, 1.59)
7	ใส่ C8	2.83 + WEIB(0.0709, 2.02)
8	ใส่ CN21	NORM(2.5, 0.0751)
9	ใส่ C21	2.95 + GAMM(0.0361, 4.91)
10	ใส่ Q1	3.14 + GAMM(0.045, 3.67)
11	ใส่ C4	1.38 + 0.75 * BETA(4.92, 5.29)
12	ใส่ C1	TRIA(1.35, 1.77, 2)
13	ใส่ T1	2.03 + 0.2 * BETA(1.39, 0.95)
14	ใส่ L1	1.65 + 0.32 * BETA(1.47, 1.66)
15	ใส่ C2แนวตั้ง	NORM(2.95, 0.376)
16	ใส่ L2	1.94 + 0.16 * BETA(6.4, 6.71)
17	หยดซิลิโคลน	TRIA(1.2, 1.25, 1.3)
18	ใส่ C2แนวนอน	TRIA(4.11, 4.42, 4.75)
19	ใส่ D21	NORM(3.53, 0.0411)
20	ใส่ C10	2.08 + 0.45 * BETA(3.23, 2.47)
21	ใส่ D22	3 + WEIB(0.0534, 3.86)
22	ใส่ L21	TRIA(3.5, 4.2, 4.5)
23	ใส่ FB1	2.59 + 0.23 * BETA(2.6, 2.5)
24	ใส่ ฮัตชิ่ง	NORM(2.3, 0.07)
25	ใส่ที่กั้นขอบ	NORM(0.63, 0.005)
26	ใส่ที่กั้นรู	NORM(1.9, 0.0751)
27	ตรวจ	5.09 + 0.83 * BETA(1.41, 1.63)
28	หักแผ่น	TRIA(4.49, 4.75, 5)
29	ใส่ CN0	NORM(1.12, 0.051)

ตารางที่ ค-1 ข้อมูลการกระจายของเวลาการทำงานของอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า (ต่อ)

ขั้นงาน	รายชื่อขั้นงาน	การกระจาย
30	ตรวจ touch up	5 + WEIB(0.242, 2.78)
31	ICT TEST	NORM(5.26, 0.0148)
32	ตรวจ inprocess	5.16 + 0.25 * BETA(2.17, 1.67)
33	first inspect	NORM(5.3, 0.052)
34	ตรวจ last process	NORM(5.16, 0.0774)
35	stap lot no.	NORM(4.05, 0.12)
36	ประกอบใส่สกรู	NORM(5.14, 0.11)
37	HI POT TEST (1)	NORM(4.50, 0.08)
38	HI POT TEST (2)	NORM(5.51, 0.10)
39	AGING TEST	NORM(3.4, 0.05)
40	FINAL TEST	NORM(3.80, 0.08)
41	ตรวจหลัง final	NORM(5.10, 0.07)
42	บรรจุใส่กล่อง	NORM(2.80, 0.05)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ตารางที่ ง-1 ตารางแสดงประสิทธิภาพสายการผลิตและจำนวนผลผลิตของสายการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ารูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์

ตารางที่ ง-2 ตารางแสดงประสิทธิภาพสายการผลิตและจำนวนผลผลิตของสายการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ารูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผลิตภัณฑ์เดียว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-1 ตารางแสดงประสิทธิภาพสายการผลิตและจำนวนผลผลิตของสายการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ารูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์

	ผลผลิต	ประสิทธิภาพ
1	4538	98.02
2	4542	98.03
3	4530	97.98
4	4541	98.02
5	4450	98.15
6	4478	98.25
7	4562	98.2
8	4521	97.84
9	4536	97.99
10	4539	98.02
เฉลี่ย	4523.7	98.05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-2 ตารางแสดงประสิทธิภาพสายการผลิตและจำนวนผลผลิตของสายการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ารูปแบบการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผลิตภัณฑ์เดียว

	ผลผลิต	ประสิทธิภาพ
1	4057	87.01
2	4059	87.05
3	4061	87.09
4	4041	86.41
5	4062	87.09
6	4102	88.05
7	4035	86.39
8	4044	86.49
9	4053	86.91
10	4087	87.87
เฉลี่ย	4060.1	87.036

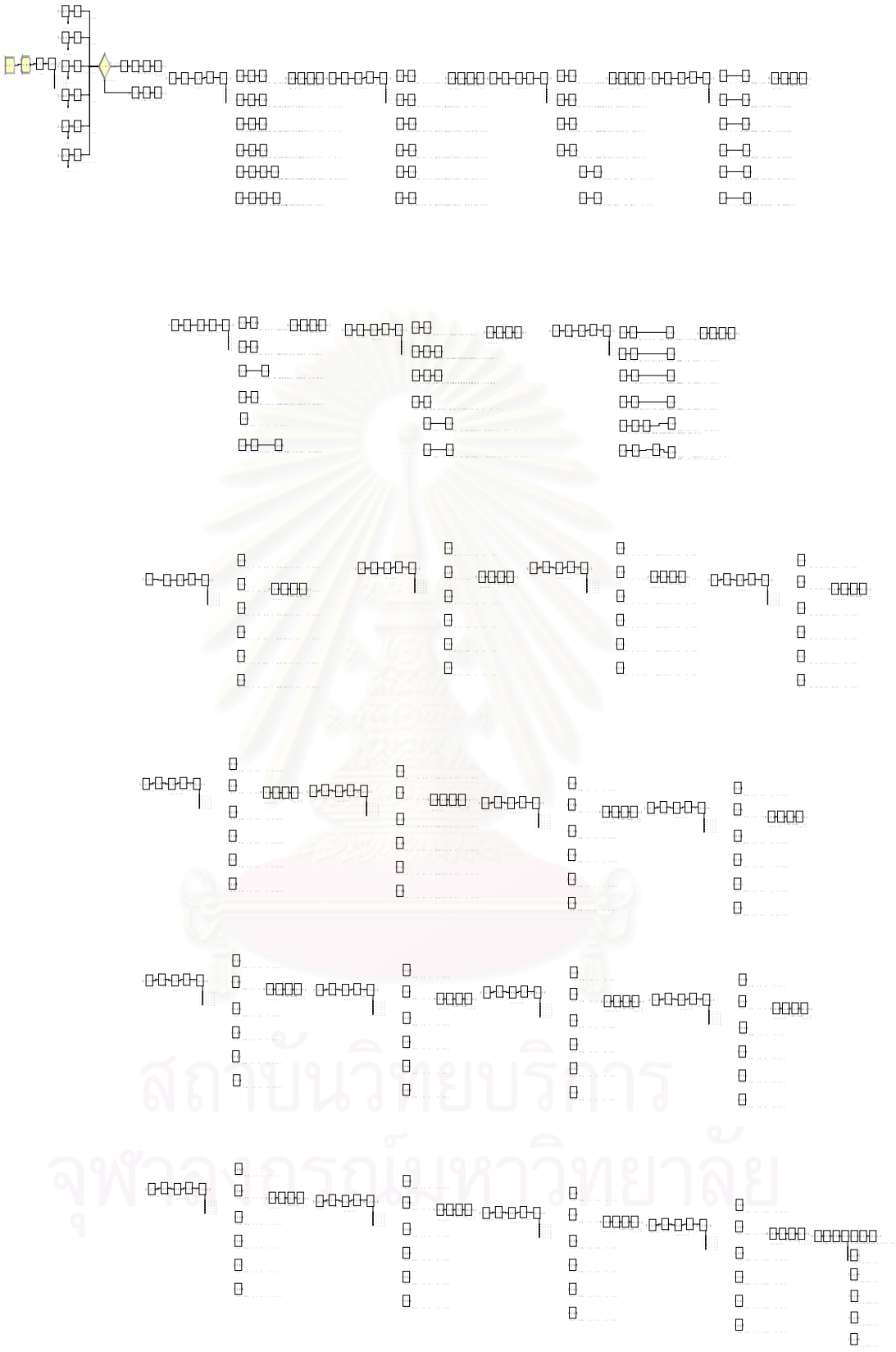
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

โปรแกรมแบบจำลองปัญหา

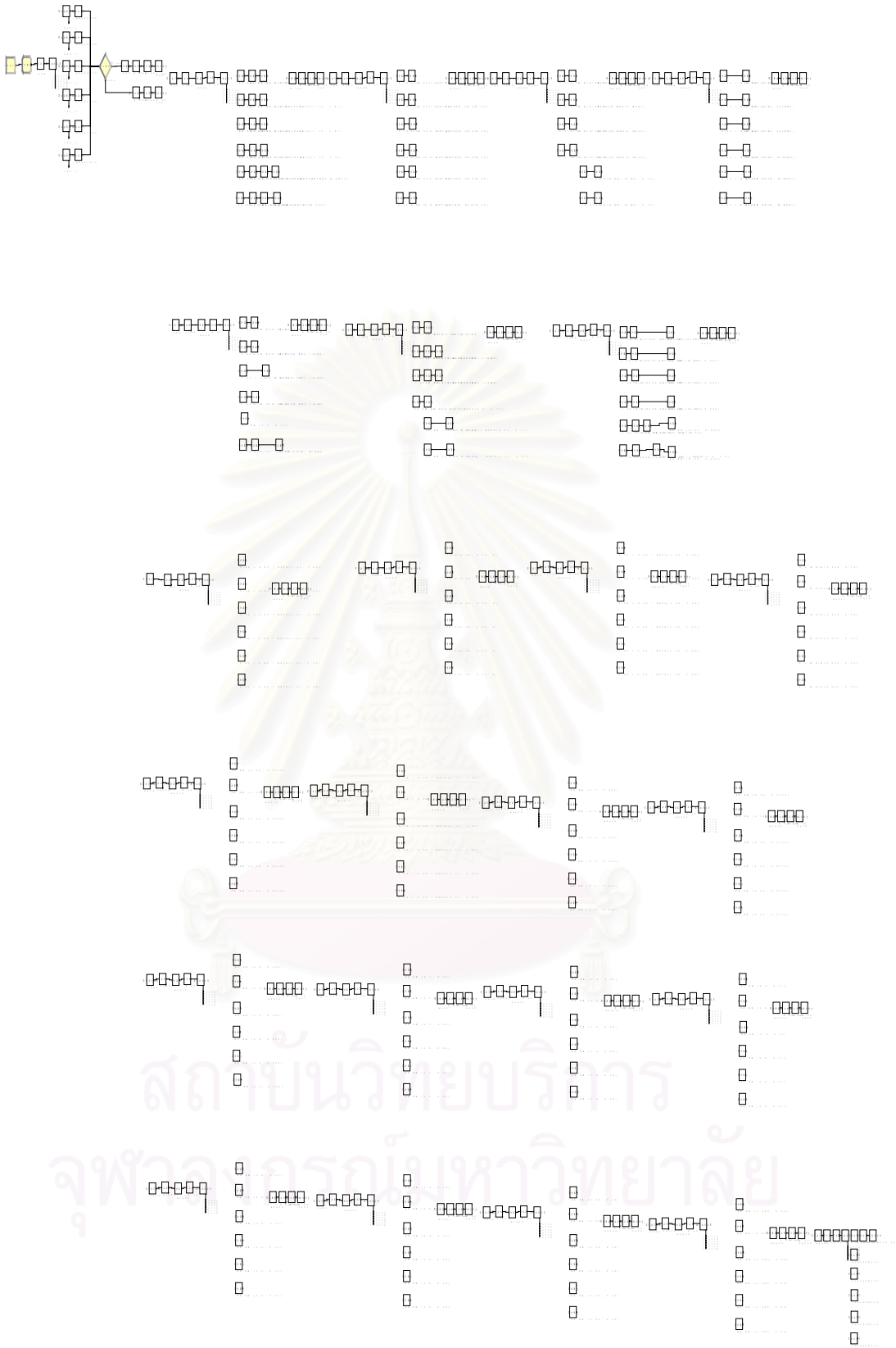
ภาคผนวกนี้แสดงแบบจำลองสายการประกอบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า ที่จัดทำโดยใช้โปรแกรม ARENA เนื่องจากแบบจำลองปัญหาที่ได้จัดทำขึ้นมีความยาวมากจึงได้แสดงแบบจำลองปัญหาดังรูป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



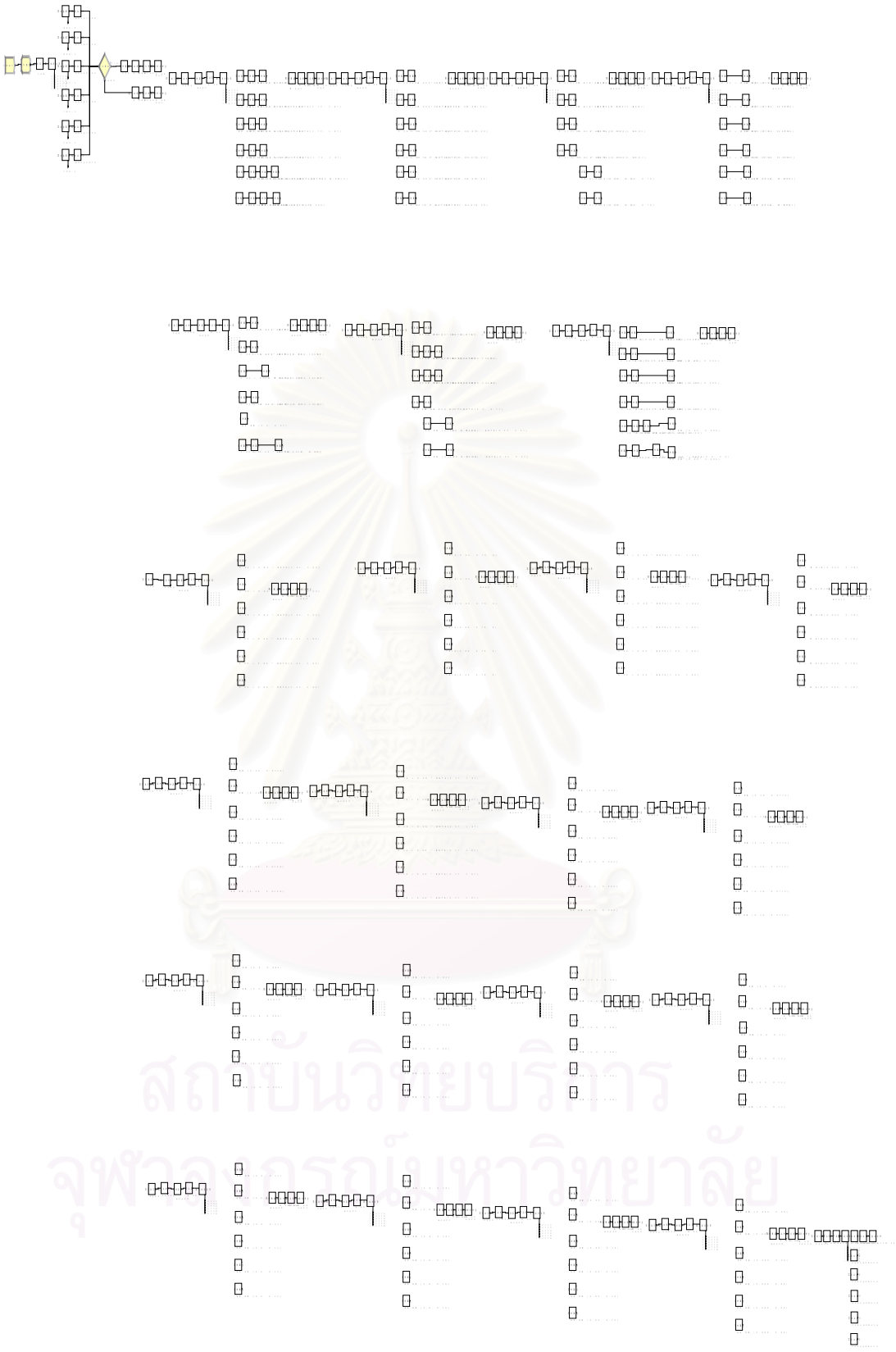
รูปที่ จ-1 แบบจำลองปัญหาอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ จ-1 แบบจำลองปัญหาอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ จ-1 แบบจำลองปัญหาอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย กรุงพล โชติสุวรรณ เกิดเมื่อวันที่ 28 เมษายน พ.ศ. 2524 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ. 2545 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต ที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2546

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย