

บทที่ 7

การออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์จัดการสำหรับระบบควบคุมแบบเบตซ์

ความนำ

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการควบคุมแบบเบตซ์ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานสำหรับกระบวนการแบบเบตซ์ ISA-S88.01 ที่ได้มีการนำทฤษฎีเพทรีเน็ตมาประยุกต์ใช้ในการจัดแบ่งการทำงานของกระบวนการ ซอฟต์แวร์ที่ได้จัดทำขึ้นแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนแรกคือการพัฒนาซอฟต์แวร์บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ในส่วนแรกนี้ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้, จัดเก็บข้อมูลการผลิตบนฐานข้อมูล, คำนวณเวลาที่ใช้ในการผลิต, จัดแบ่งการทำงานของส่วนต่างๆ และสุดท้ายเป็นการควบคุมการทำงานของเฟส ในส่วนที่สองคือการพัฒนาซอฟต์แวร์บนเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานในระดับเฟส ในส่วนนี้เป็นการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ของกระบวนการโดยตรง ซึ่งเป็นการออกแบบการทำงานให้มีลักษณะการทำงานแบบเฟสลอจิกซึ่งได้กล่าวในบทที่ผ่านมาแล้ว

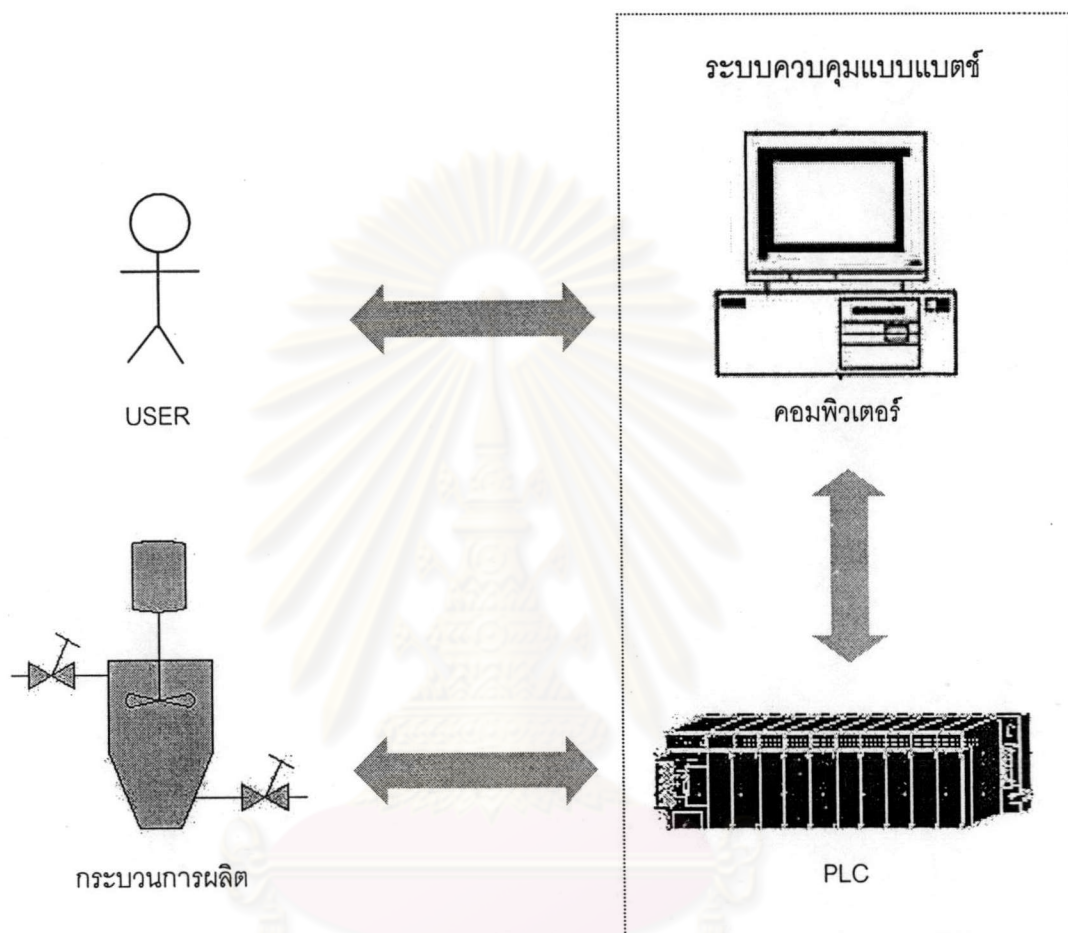
ความต้องการของผู้ใช้

ในส่วนของการพัฒนาซอฟต์แวร์ได้ตั้งเป้าหมายของซอฟต์แวร์ โดยกำหนดความต้องการของผู้ใช้ไว้ดังนี้

- การติดต่อรหว่างซอฟต์แวร์และผู้ใช้ต้องทำได้สะดวก เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน
- การเชื่อมต่องานระหว่างซอฟต์แวร์กับฐานข้อมูลทำได้ง่าย โดยสามารถเก็บข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการและสูตรการผลิตได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ด้านระบบฐานข้อมูล
- สามารถจัดแบ่งเวลาการทำงานสำหรับการผลิตหลายสูตรการผลิตได้ และสามารถสรุปเวลาที่ต้องใช้ในการผลิตทั้งหมดได้
- สามารถติดต่อกับระบบควบคุมการผลิตที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันได้ โดยการให้ซอฟต์แวร์สามารถติดต่อและควบคุมการทำงานผ่านเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ได้
- การทำงานของซอฟต์แวร์ไม่ขึ้นอยู่กับยี่ห้อของเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้กล่าวคือสามารถใช้กับเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้รุ่นอื่นๆ ได้โดยไม่จำเป็นต้องแก้ไขซอฟต์แวร์ทั้งหมด ซึ่งในส่วนนี้ได้ใช้โครงสร้างการทำงานแบบเฟสลอจิก ทำให้สามารถนำเป็นรูปแบบในการพัฒนาโครงสร้างแลตเตอร์สำหรับเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้รุ่นอื่นๆ

การออกแบบระบบ

ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในระบบควบคุมกระบวนการแบบแบตช์ประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนของคอมพิวเตอร์ และส่วนของเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้โดยที่ลักษณะการควบคุมดังรูป



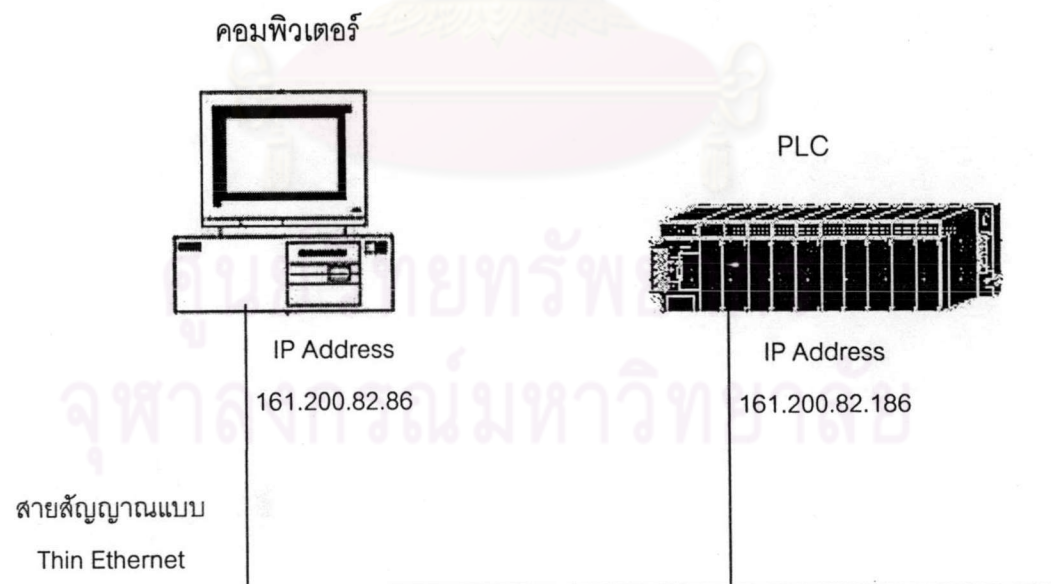
รูปที่ 7.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุม

ฮาร์ดแวร์ในส่วนของคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน จัดการข้อมูลของกระบวนการ จัดการข้อมูลของสูตรการผลิต ติดต่อกับฐานข้อมูล จัดแบ่งการทำงานของส่วนต่างๆ ควบคุมการทำงานของเฟส ซึ่งได้ใช้ IBM-PC Compatible ซึ่งทำงานโดยใช้ Windows 2000 Professional เป็นระบบปฏิบัติการ และได้ใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 เป็นเครื่องมือในการเขียนโปรแกรม และการติดต่อกับฐานข้อมูล ได้ใช้ ODBC ของ Microsoft JET Engine 4.0 ซึ่งจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลแบบ Microsoft Access 2000 โดยในการควบคุมทำงานนั้นผู้ควบคุมการผลิตจะทำการติดต่อกับคอมพิวเตอร์เพียงอย่างเดียว หลังจากนั้นระหว่างการผลิต

คอมพิวเตอร์จะควบคุมการทำงานผ่านเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้โดยอัตโนมัติ โดยผู้ควบคุมไม่จำเป็นต้องแก้ไขโปรแกรมภายใน

ฮาร์ดแวร์ในส่วนของเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้หน้าที่ควบคุมการทำงานของกระบวนการ โดยเป็นส่วนเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมกระบวนการโดยตรง ซึ่งในการทดลองได้ใช้ GE-Fanuc series 90-30 ซึ่งเป็นเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ขนาดกลาง ที่มีจำนวน Digital Output และ Digital Input อย่างละ 512 จุด

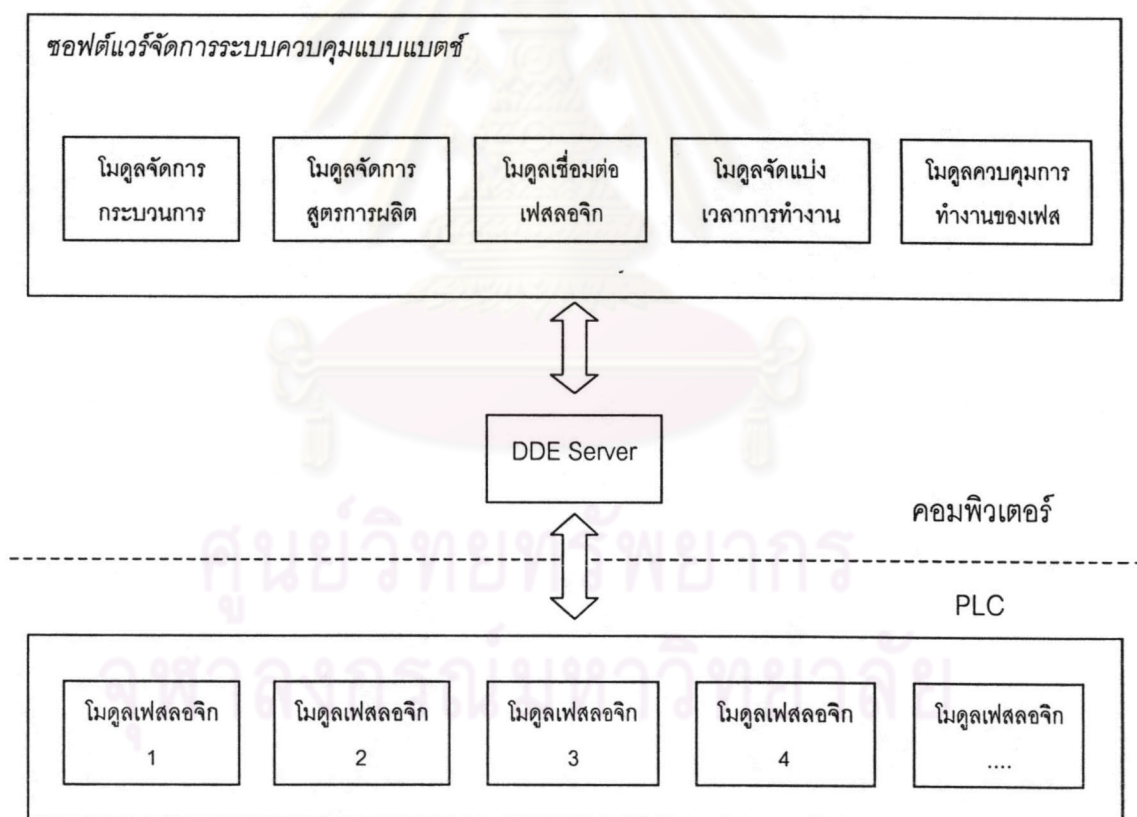
การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้เป็นการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน IEEE- 802.3 แบบ 10Base2 ซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมแบบบัส สายสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อเป็นสายโคแอกเชียลแบบบาง โดยรูปแบบของการติดต่อเป็นโพรโทคอลแบบ TCP/IP การเชื่อมต่อสายสัญญาณการต่อระหว่างการ์ดแลนบนคอมพิวเตอร์กับโมดูลสำหรับอีเธอร์เน็ตของเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้โดยตรง ซึ่งก่อนที่จะติดต่อกันจะต้องมีการกำหนด IP Address ให้กับเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ก่อน โดยการกำหนดต้องมีการหาค่าของ IP Address ที่ไม่ซ้ำกับค่าที่ใช้อยู่ก่อนแล้ว การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้และค่าของ IP Address แสดงดังรูป



รูปที่ 7.2 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้

โครงสร้างการติดต่อทางซอฟต์แวร์กับเฟสลोजิก

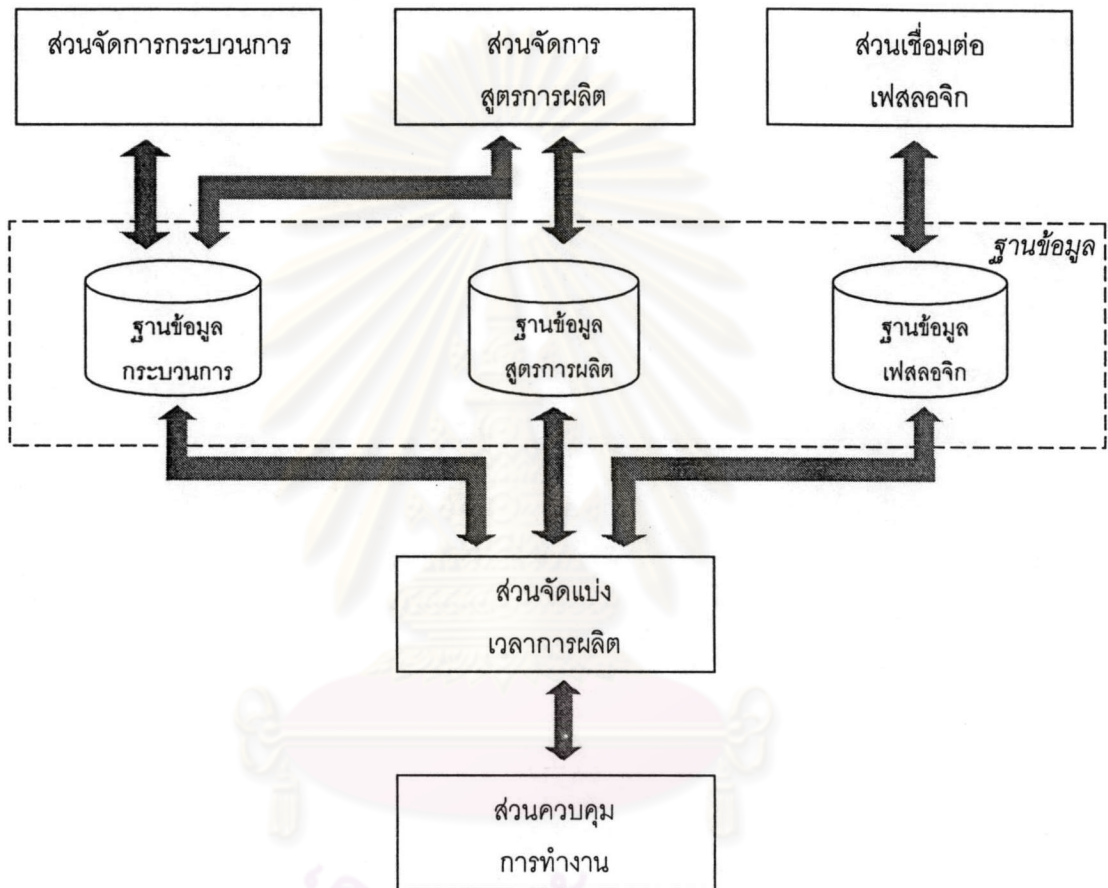
จากโครงสร้างการควบคุมโดยใช้หลักการแบบเฟสลोजิกซึ่งเป็นการควบคุมการทำงานของเฟสลोजิกแต่ละเฟสโดยตรง โดยเฟสลोजิกจะถูกควบคุมการทำงานโดยซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์ ซึ่งคอมพิวเตอร์จะมีหน้าที่ในการสั่งให้เฟสลोजิกภายในเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ทำงาน เมื่อเฟสลोजิกได้รับคำสั่งให้ทำงานแล้ว เฟสลोजิกจะทำงานจนกระทั่งเสร็จสิ้น ขณะที่เฟสลोजิกทำงานเสร็จจะส่งค่าเพื่อบอกให้คอมพิวเตอร์ทราบว่าทำงานเสร็จแล้ว จากนั้นคอมพิวเตอร์จึงจะสั่งให้เฟสลोजิกต่อไปทำงาน ดังนั้นในระหว่างการทำผลิตจึงต้องมีการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ โปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารได้แต่ละรุ่นจะมีรูปแบบต่างกันขึ้นกับผู้ผลิต โดยในวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้โมดูล DDE Server สำหรับ GE-Fanuc Host Communication ของบริษัท Wonderware เป็นโมดูลสำหรับการติดต่อสื่อสาร โครงสร้างการเชื่อมต่อระหว่างซอฟต์แวร์แสดงดังรูป



รูปที่ 7.3 การติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้

โครงสร้างของซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ที่ได้จัดทำขึ้นมีหน้าที่ในการติดต่อกับผู้ใช้ แก้ไข จัดเก็บข้อมูลต่างๆ ในการผลิตตลอดจนการควบคุมการผลิต จึงได้แยกซอฟต์แวร์เป็นโมดูลย่อย 5 ส่วนคือ ส่วนจัดการกระบวนการ ส่วนจัดการสูตรการผลิต ส่วนเชื่อมต่อเฟสลोजิก ส่วนจัดการการผลิต ส่วนควบคุมการจัดลำดับของเฟส โดยในแต่ละส่วนเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลดังรูป



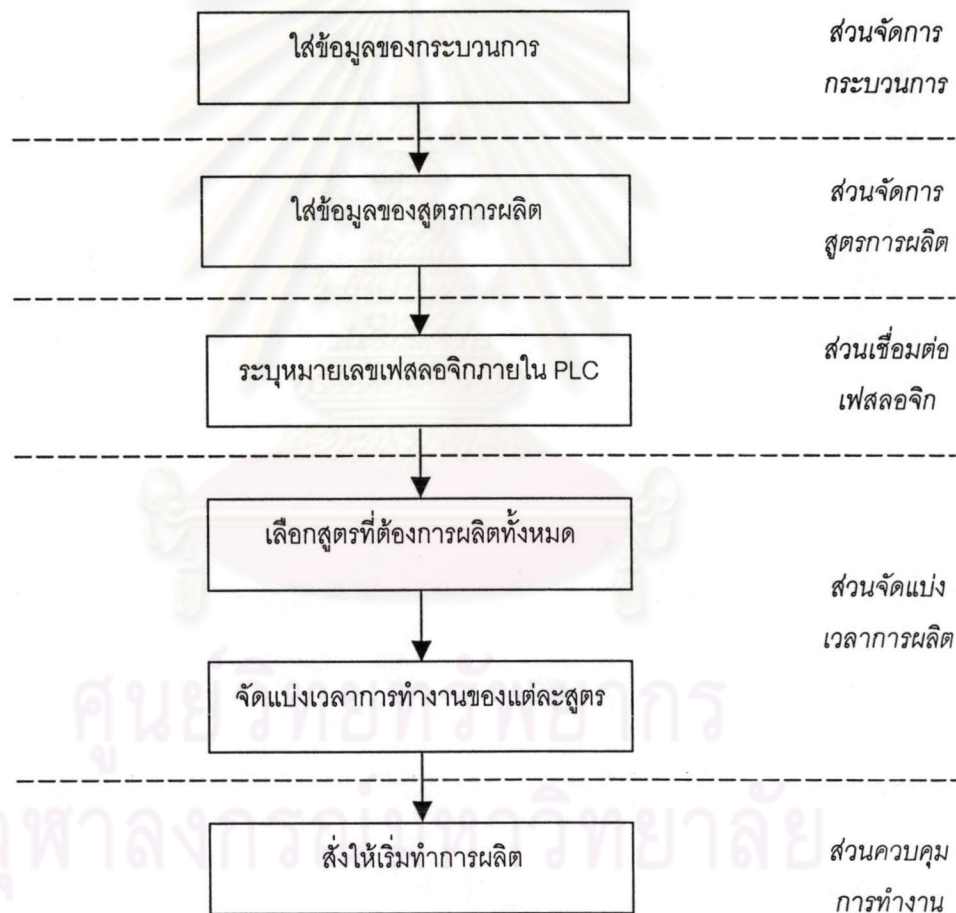
รูปที่ 7.4 โครงสร้างของซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ในแต่ละส่วนมีหน้าที่การทำงานดังนี้

1. ส่วนจัดการกระบวนการ ทำหน้าที่เพิ่มเติม แก้ไข รูปแบบของกระบวนการที่ใช้ในการผลิต
2. ส่วนจัดการสูตรการผลิต ทำหน้าที่เพิ่มเติม แก้ไข สูตรการผลิตต่างๆ ในฐานข้อมูล
3. ส่วนเชื่อมต่อเฟสลोजิก ทำหน้าที่จัดความสัมพันธ์ระหว่างเฟสต่างๆ ในยูนิิตให้ควบคุมเฟส - ลोजิกในเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ได้
4. ส่วนจัดแบ่งเวลาการผลิต ทำหน้าที่จัดแบ่งเวลาที่ใช้ในการผลิต
5. ส่วนควบคุมการทำงาน ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเฟสลोजิก

ลำดับขั้นของการทำงานซอฟต์แวร์

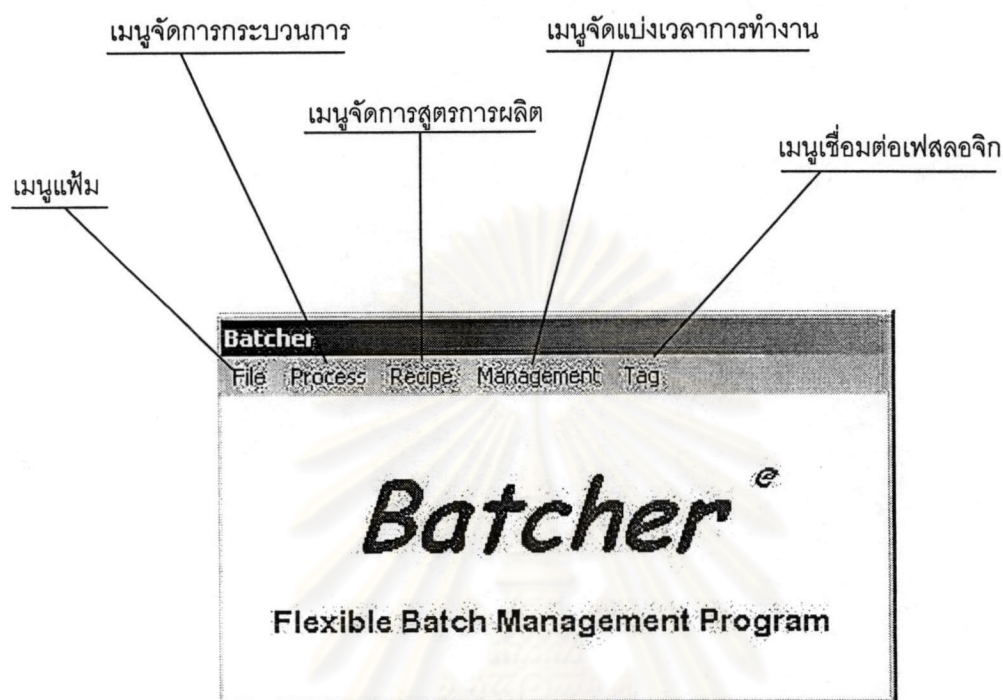
การเริ่มใช้ซอฟต์แวร์เพื่อควบคุมการผลิตเริ่มจากการใส่ข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการผลิต ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของกระบวนการ ข้อมูลสูตรการผลิต หมายเลขเฟสลोजิกที่ใช้ โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกเก็บลงบนฐานข้อมูลที่ได้สร้างไว้ หลังจากทำการใส่ข้อมูลทั้งหมดแล้ว เมื่อต้องการเริ่มทำการผลิตจึงเลือกสูตรที่ต้องการผลิตทั้งหมด แล้วคอมพิวเตอร์จะนำข้อมูลต่างๆ ที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลมาเป็นข้อมูลการสร้างแบบจำลองของเพทรีเน็ต จากนั้นจึงทำการจัดแบ่งเวลาการทำงาน และขั้นตอนสุดท้ายจึงเป็นการสั่งให้คอมพิวเตอร์ควบคุมกระบวนการให้เริ่มทำการผลิต ลำดับขั้นการใช้ซอฟต์แวร์ แสดงดังรูป



รูปที่ 7.5 ลำดับการทำงานของซอฟต์แวร์

การทำงานของส่วนต่างๆ ภายในซอฟต์แวร์

เมื่อเริ่มการทำงานของซอฟต์แวร์จะแสดงอยู่ในรูปของเมนูหลักดังรูป



รูปที่ 7.6 หน้าต่างเมนูหลัก

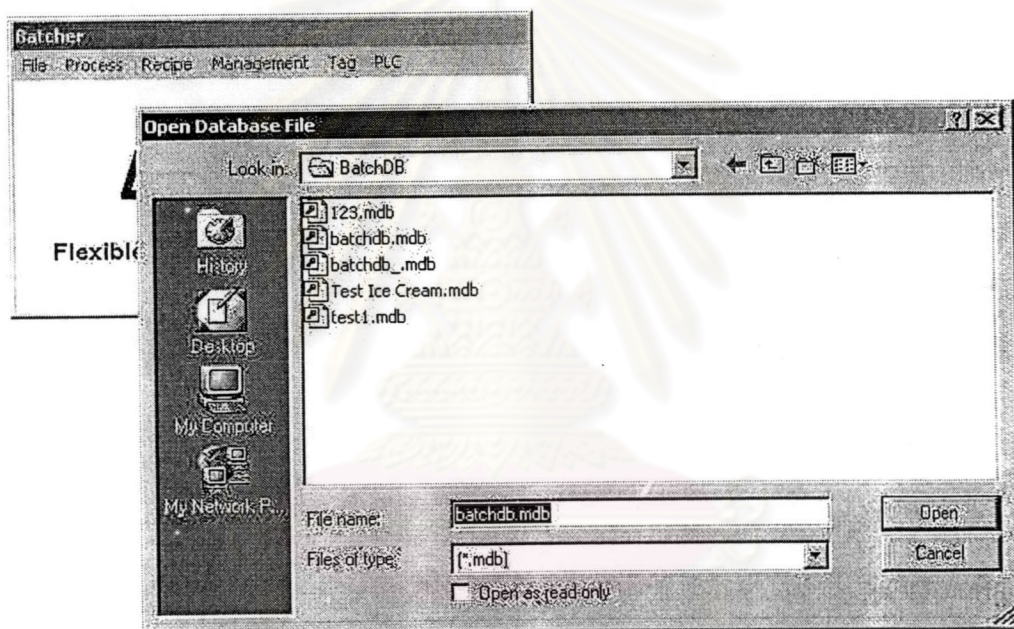
ในเมนูหลักประกอบด้วยเมนูย่อยจำนวน 4 เมนูคือ เมนูเพิ่ม เมนูจัดการกระบวนการ เมนูจัดการสูตรการผลิต เมนูจัดแบ่งเวลาการผลิต เมนูเชื่อมต่อเฟสลोजิก

หน้าที่ของเมนูย่อยอธิบายได้ดังนี้

- เมนูเพิ่ม ทำหน้าที่กำหนดเพิ่มของฐานข้อมูลที่ต้องการติดต่อ
- เมนูจัดการกระบวนการ ทำหน้าที่ออกแบบลักษณะของกระบวนการที่ต้องการทำงานผลิต
- เมนูจัดการสูตรการผลิต ทำหน้าที่สร้าง ลบ แก้ไขสูตรการผลิต
- เมนูจัดแบ่งเวลาการผลิตและควบคุมการทำงาน ทำหน้าที่จัดแบ่งเวลาการผลิตและควบคุมการทำงานของกระบวนการผ่านเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้
- เมนูเชื่อมต่อเฟสลोजิก ทำหน้าที่เชื่อมต่อซอฟต์แวร์กับเฟสลोजิก

เมนูแฟ้ม

ในส่วนนี้ทำหน้าที่กำหนดค่าเริ่มต้นเกี่ยวกับแฟ้มข้อมูลและกำหนดตำแหน่งของแฟ้มข้อมูล ซึ่งข้อมูลของกระบวนการและสูตรการผลิตต่างๆ ตลอดจนการใช้งานของซอฟต์แวร์ โดยการเชื่อมต่อระหว่างซอฟต์แวร์กับฐานข้อมูลนั้น ซอฟต์แวร์จะทำการเชื่อมต่อให้ทั้งหมดโดยอัตโนมัติทำให้ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้ในเรื่องการจัดการฐานข้อมูล การจัดเก็บข้อมูลจัดเก็บในรูปแบบของแฟ้ม Microsoft Access (.mdb) ทำให้การถ่ายโอนข้อมูลของรูปแบบกระบวนการ สูตรการผลิต ข้อมูลการเชื่อมต่อเฟสลอจิก สามารถทำได้โดยง่าย

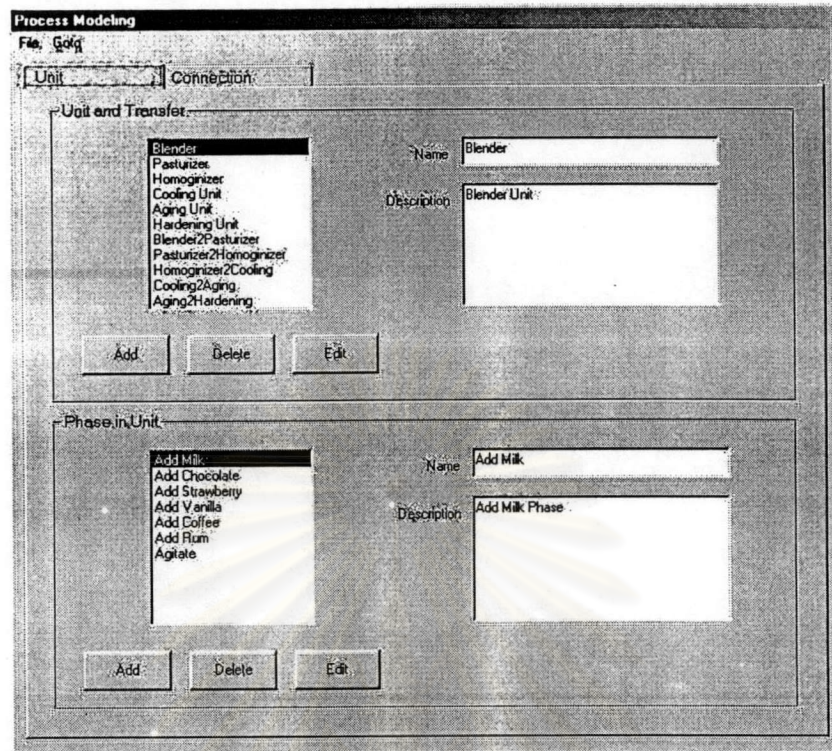


รูปที่ 7.7 หน้าต่าง Open Database File

เมนูจัดการกระบวนการ

ส่วนนี้เป็นส่วนทำหน้าที่สร้าง ลบ แก้ไขข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่ทำการผลิต โดยข้อมูลที่จัดเก็บประกอบด้วย กระบวนการประกอบด้วยยูนิตอะไร ยูนิตแต่ละยูนิตประกอบด้วย เฟสการทำงานอะไร กระบวนการมีลำดับการเชื่อมต่อยูนิตต่างๆ อย่างไร ซึ่งส่วนติดต่อกับผู้ใช้ แสดงดังหน้าต่าง Process Modelling

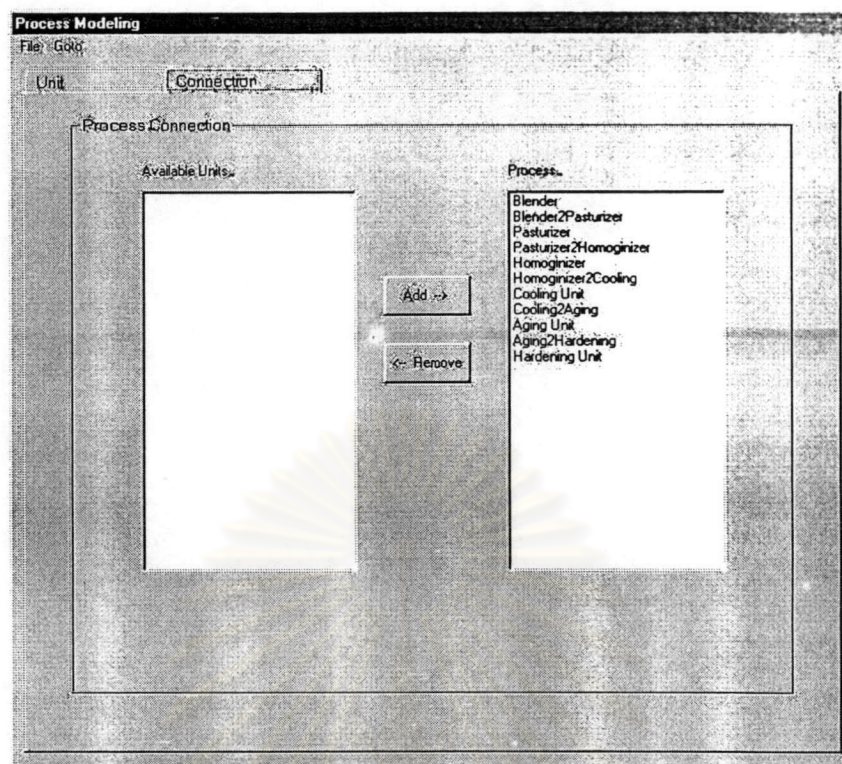
เมื่อเลือกเมนู Process จะปรากฏหน้าต่างของ Process Modelling ดังรูป



รูปที่ 7.8 หน้าต่าง Process Modelling

หน้าต่างของ Process Modelling จะปรากฏแท็บย่อยภายใน 2 แท็บคือแท็บ Unit และแท็บ Connection

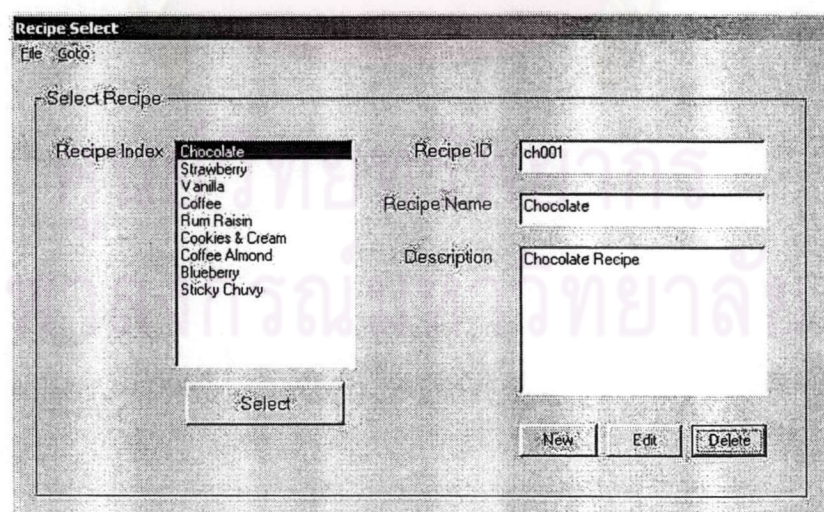
- แท็บ Unit จะแสดงยูนิตต่างๆ ที่ผู้สร้างได้สร้างขึ้น เมื่อคลิกที่ชื่อยูนิตใดๆ จะแสดงชื่อเฟสที่อยู่ภายในยูนิตดังกล่าว ในส่วนนี้ผู้ใช้อาจเพิ่ม ลบ แก้ไข ส่วนประกอบต่างๆ ที่แสดงอยู่ในยูนิตได้
- แท็บ Connection เป็นการกำหนดส่วนต่างๆ ของกระบวนการ โดยเป็นการเชื่อมต่อระหว่างยูนิตที่ได้สร้างไว้แล้วที่แท็บ Unit ซึ่งเป็นการกำหนดหลังจากได้สร้างยูนิตและเฟสที่อยู่ภายในยูนิตแล้ว แท็บ Connection แสดงดังรูป



รูปที่ 7.9 หน้าต่าง Process Modelling แท็บ Connection

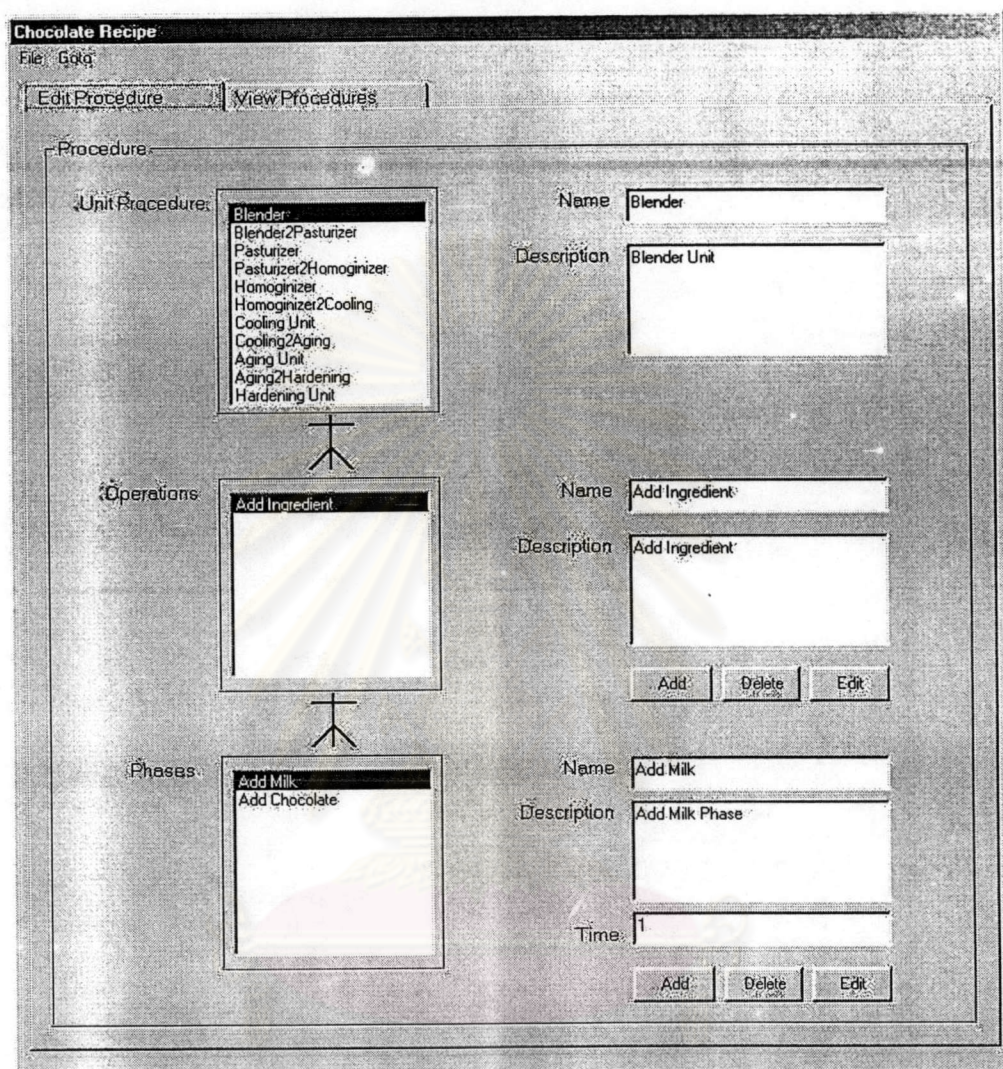
เมนูจัดการสูตรการผลิต

ส่วนนี้เป็นส่วนทำหน้าที่ติดต่อกับฐานข้อมูล โดยสามารถสร้าง ลบ แก้ไขข้อมูลเกี่ยวกับสูตรการผลิต เมื่อเลือกเมนู Recipe จะปรากฏหน้าต่างของ Recipe Editor ดังรูป



รูปที่ 7.10 หน้าต่าง Recipe Select

หน้าต่างของ Recipe Editor เป็นหน้าต่างที่ให้ผู้เลือกสูตรการผลิตเพื่อทำการแก้ไขได้ นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มสูตรใหม่ๆ ได้ เมื่อได้สูตรที่ต้องการแล้วจะแสดงหน้าต่างของสูตรที่เลือกดังรูป



รูปที่ 7.11 หน้าต่าง Recipe Editor

หน้าต่างในส่วนนี้เป็นการกำหนดการดำเนินการและเฟสต่างๆ ที่ต้องทำงานรวมทั้งเวลาการทำงานในแต่ละเฟส หน้าต่างของ Recipe Editor จะปรากฏแทบย่อยภายใน 2 แท็บ คือ แท็บ Edit Procedure และ แท็บ View Procedure

- แท็บ Edit Procedure เป็นการกำหนดการดำเนินการและเฟสในแต่ละยูนิต
- แท็บ View Procedure เป็นแท็บแสดงลำดับการทำงานของสูตรที่ได้ออกแบบไว้ แสดงดังรูป

Chocolate Recipe

File: Goto

Edit Procedure View Procedures

View All Procedures

Refresh Print Preview

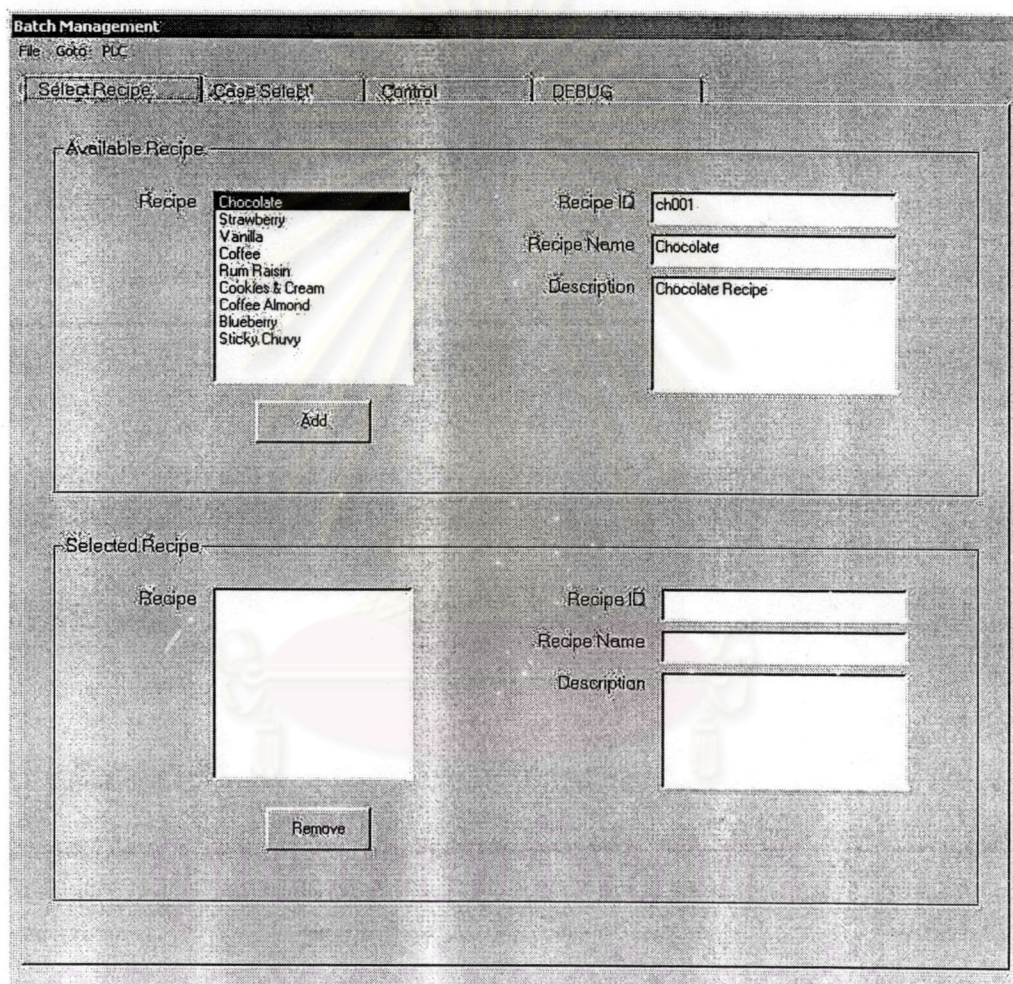
sequence	unit	operation	phase	parameter	tag
1	Blender	Add Ingredient	Add Milk	1	1
2		Add Ingredient	Add Chocolate	1	2
3	Blender2Pasturizer	Mat out	Material out	1	8
4	Pasturizer	Pasturize	Heat	1	10
5		Agitate	Agitate	1	9
6	Pasturizer2Homog...	Mat out	Material out	2	11
7	Homoginizer	Homoginize	Heat	2	12
8		Homoginize	Pressurize	2	13
9	Homoginizer2Cool...	Mat out	Material out	3	14
10	Cooling Unit	Cooling	Cooling	3	16
11		Agitate	Agitate	1	15
12	Cooling2Aging	Mat out	Material out	3	17
13	Aging Unit	Aging	Soak	1	19
14		Agitate	Agitate	1	18
15	Aging2Hardening	Mat out	Material out	2	20
16	Hardening Unit	Add Topping	Add Fudge	1	25
17		Mat out	Material out	2	27

รูปที่ 7.12 หน้าต่าง Recipe Editor แบบ View Recipe Procedure

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมนูจัดแบ่งเวลาการผลิตและควบคุมการทำงาน

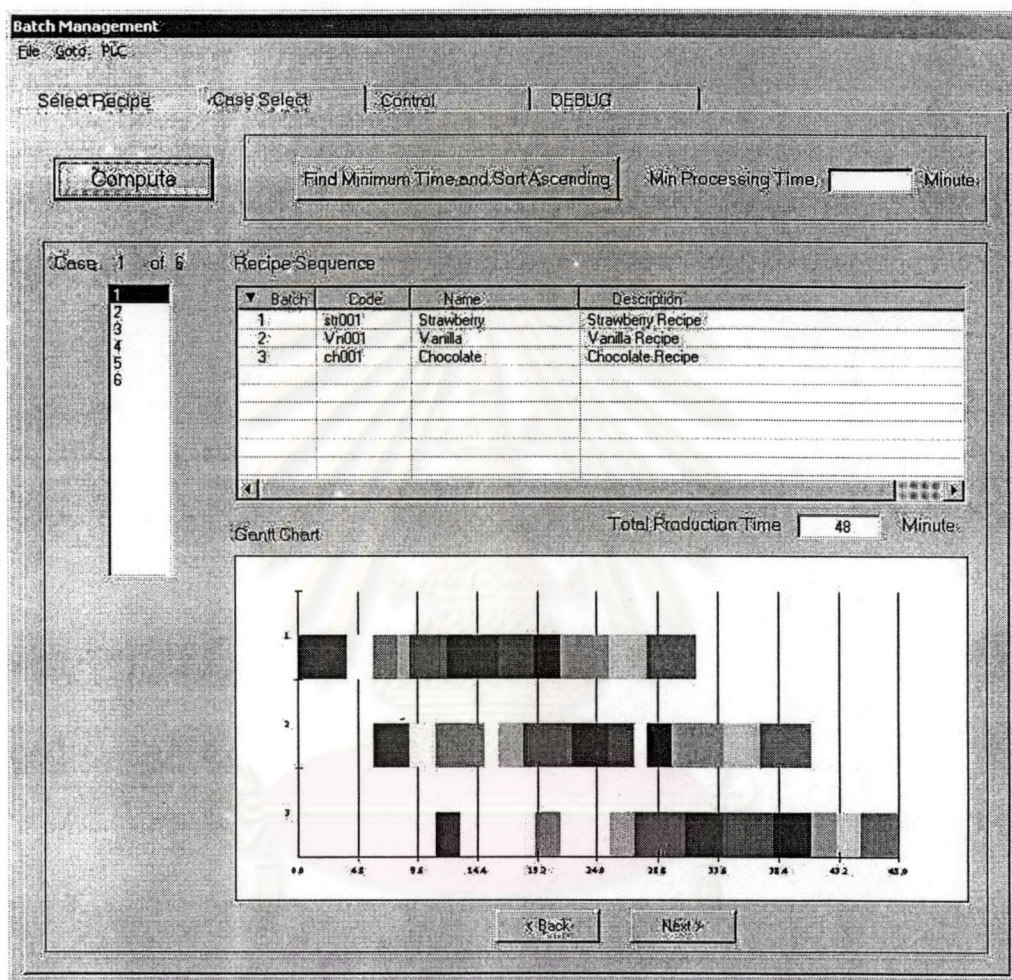
การทำงานใช้งานในส่วนนี้ทำหน้าที่เลือกสูตรที่ต้องการผลิตจากฐานข้อมูล เมื่อเลือกสูตรที่ต้องการผลิตแล้วซอฟต์แวร์จะทำการจัดแบ่งเวลาการผลิตพร้อมทั้งแสดงแผนภาพเกณฑ์ของการจัดแบ่งเวลาในยูนิตต่างๆ และสุดท้ายจะเป็นการควบคุมการผลิตผ่านเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ ตามลำดับ เมื่อเลือกเมนู Mangement จะปรากฏหน้าต่างของ Batch Mangement ดังรูป



รูปที่ 7.13 หน้าต่างของ Batch Mangement

แท็บ Select Recipe เป็นการเลือกสูตรที่ต้องการผลิตจากฐานข้อมูลของสูตรที่ได้สร้างไว้ หน้าต่างของ Batch Mangement จะปรากฏแท็บย่อยใช้งาน 3 แท็บคือ แท็บ Select Recipe แท็บ Case Select และแท็บ Control ส่วนแท็บสุดท้ายเป็นแท็บ Debug ใช้ตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม

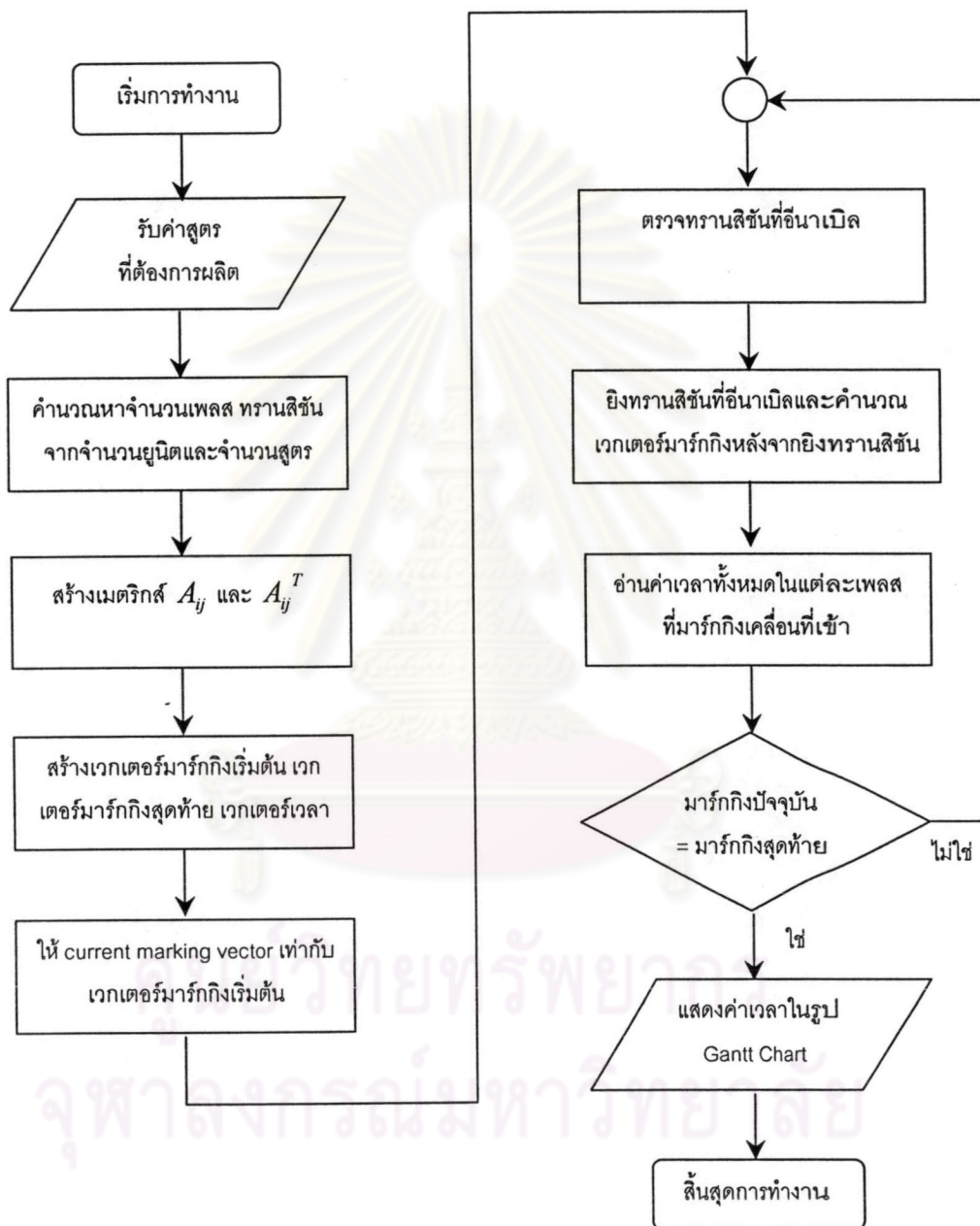
แท็บ Case Select เป็นการเลือกลำดับของสูตรการผลิตที่ได้เลือกไว้ และจัดแบ่งการทำงานโดยการวิเคราะห์เวลาทำงานของยูนิตต่างๆ เพื่อให้กระบวนการสามารถทำการผลิตได้มากกว่าหนึ่งสูตรได้ โดยเมื่อเลือกแล้วซอฟต์แวร์จะจัดแบ่งเวลาการทำงานของกระบวนการและหาเวลาที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด แสดงดังรูป



รูปที่ 7.14 หน้าต่างของ Batch Mangement แท็บ Select Recipe

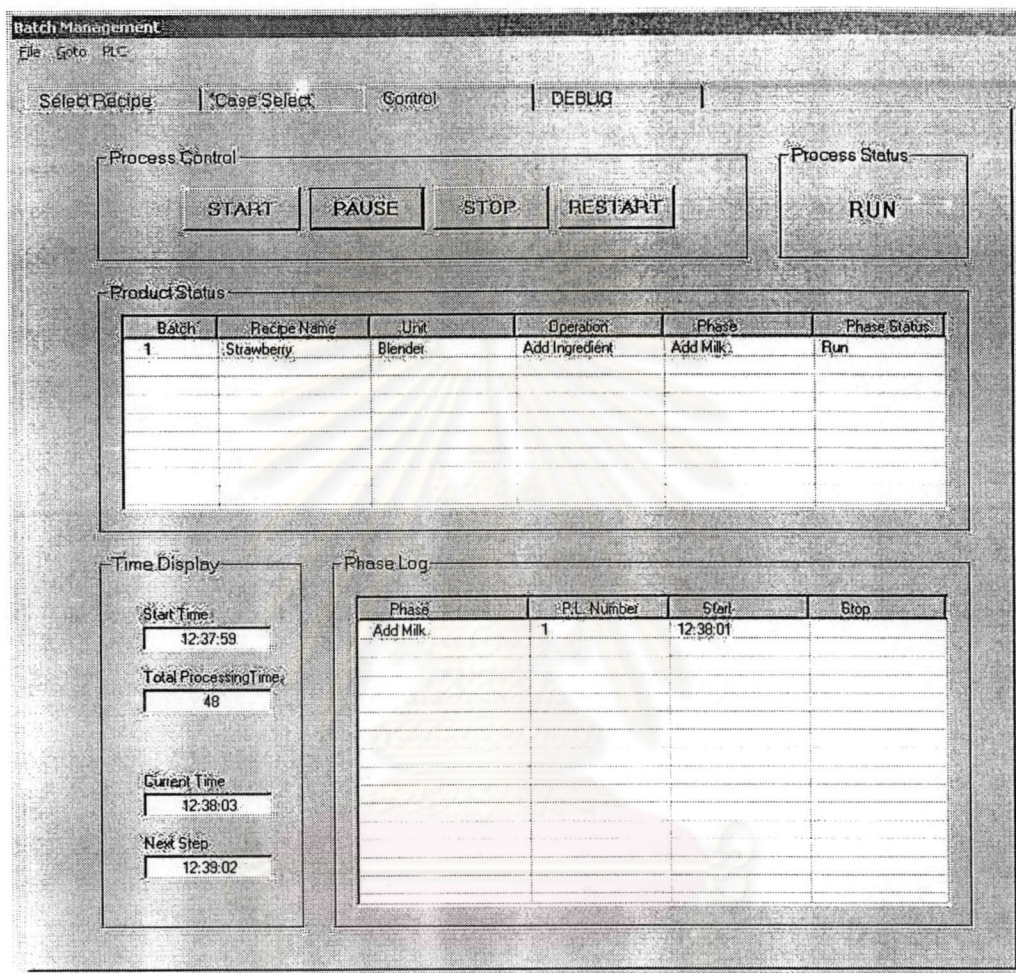
การทำงานในส่วนนี้เริ่มจากการรับค่าของสูตรที่ต้องการผลิต เมื่อได้จำนวนสูตรที่ต้องการผลิตแล้วจะทำการอ่านค่าจากฐานข้อมูลเพื่อหาจำนวนยูนิตทั้งหมดภายในกระบวนการ ซึ่งจากค่าตัวแปรสองค่านี้เราสามารถนำมาคำนวณหาจำนวนเพลสและจำนวนทรานสิชันของแบบจำลองเพทรีเน็ตได้ (รายละเอียดแสดงในบทที่ 5) จากนั้นจะทำการสร้างแบบเมตริกส์เพื่อแสดงแบบจำลองเพทรีเน็ตด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ รวมทั้ง เวกเตอร์มาร์กิงเริ่มต้น เวกเตอร์มาร์กิงสุดท้าย และเวกเตอร์เวลาซึ่งแสดงเวลาการทำงานในแต่ละเพลส หลังจากทำการสร้างค่าต่างๆ แล้ว จะทำการตรวจทรานสิชันว่าอยู่ในสภาวะอินวาเบิล แล้วทำการยิงทรานสิชัน เมื่อทำการยิง

ทรานสิชันแล้วจะทำการหามาร์กিংต่อไปของเพทรีเน็ต แล้วเก็บเวลาในแต่ละเพลสเพื่อรอการแสดงผล การยิงทรานสิชันจะทำการผลยิงจนกระทั่งมาร์กিংของเพทรีเน็ตเท่ากับมาร์กিংสุดท้ายและสุดท้ายเป็นการแสดงให้อยู่ในแผนภาพแกนต์



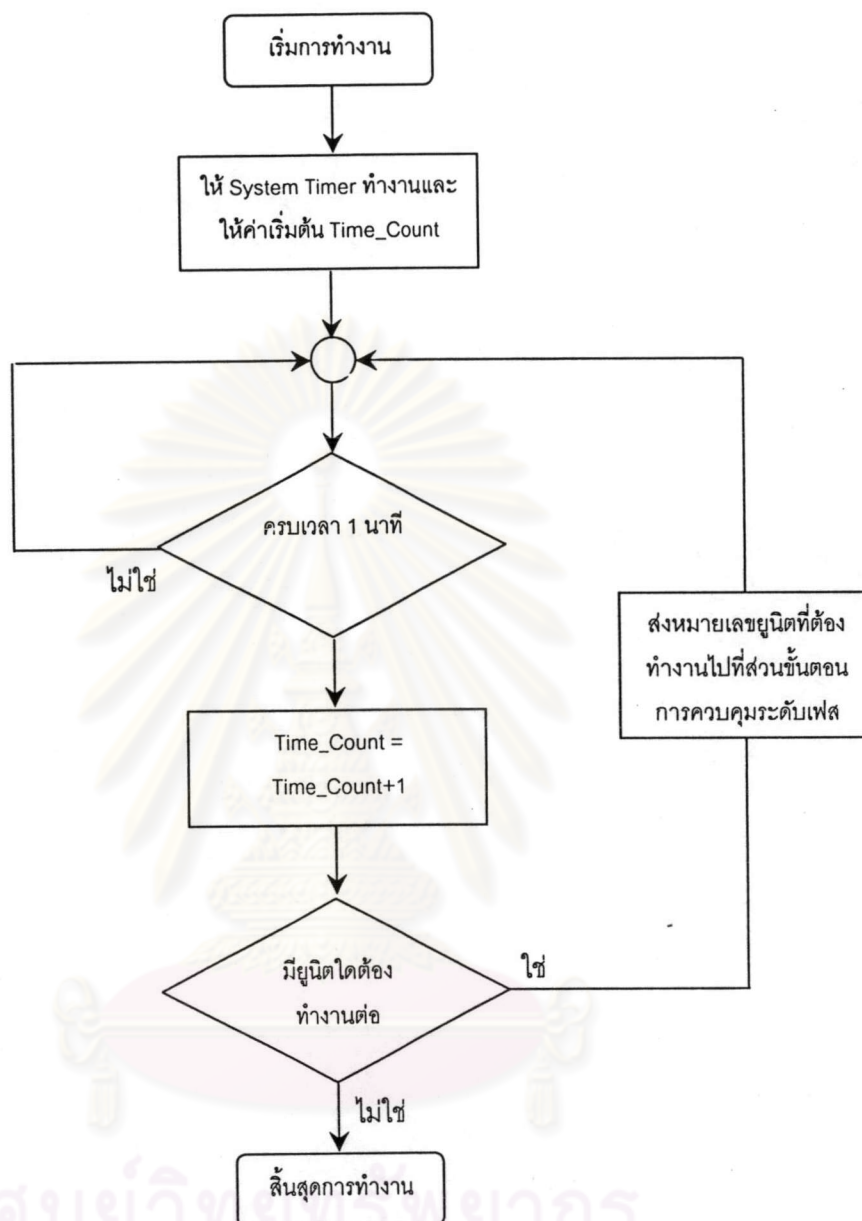
รูปที่ 7.15 ขั้นตอนการจัดแบ่งเวลาการผลิต

แท็บ Control เป็นหน้าต่างของส่วนควบคุมการผลิตทำหน้าที่สั่งให้กระบวนการเริ่มการควบคุมการผลิตผ่านเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ โดยในส่วนนี้จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อได้รับจัดแบ่งเวลาการทำงานจากส่วนจัดแบ่งกสนทำงานแล้ว แสดงดังรูป



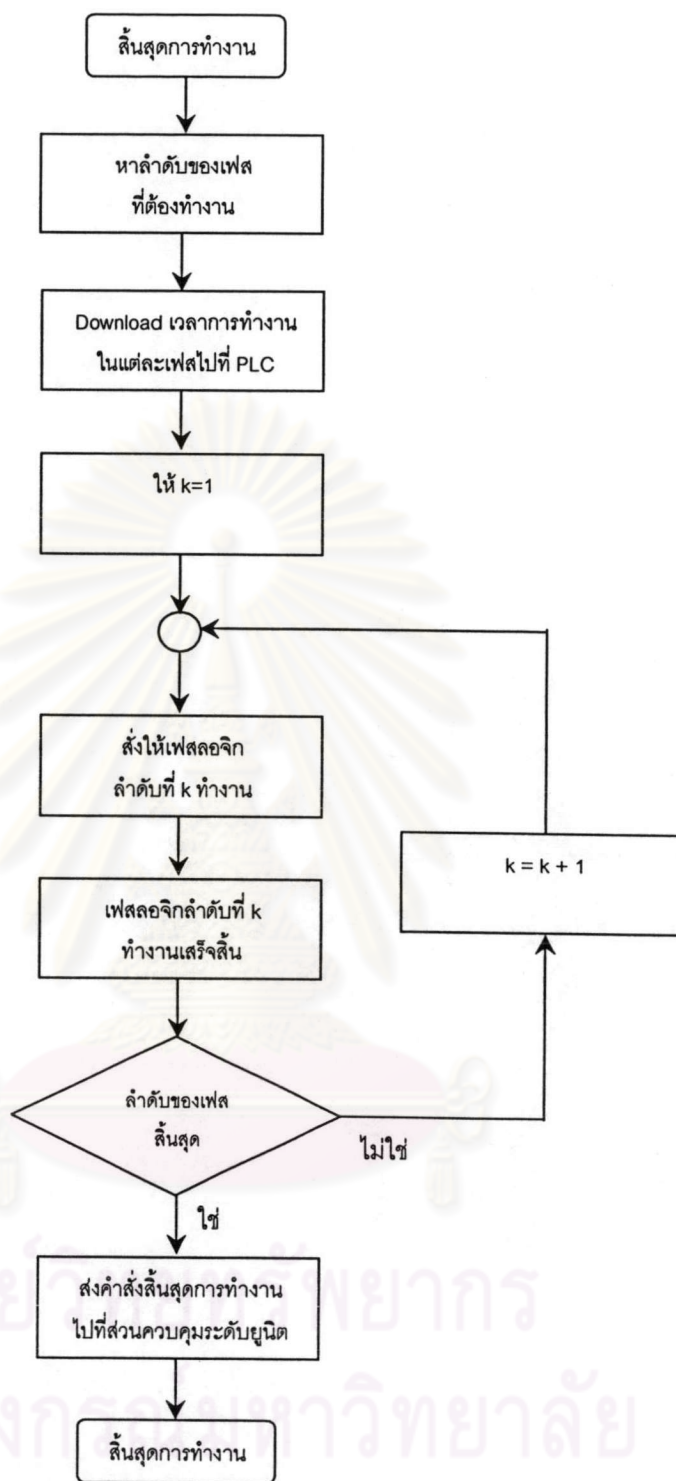
รูปที่ 7.16 หน้าต่างของ Batch Mangement แท็บ Control

การทำงานในส่วนนี้เริ่มจากการเริ่มทำงานของเริ่มต้นทำงานของ System Timer เป็นการกำหนดเวลาเริ่มต้นทำงานของระบบและกำหนดให้ตัวแปร Time_Count เท่ากับ 0 โดย System Timer เป็นการอ่านค่าเวลาของระบบเมื่อเวลาผ่านไปหนึ่งนาทิจะทำให้ค่า Time_Count เพิ่มขึ้น 1 ค่า เมื่อทำการเพิ่มค่าแล้วจะตรวจว่ามียูนิตใดถึงเวลาที่ต้องทำงาน ถ้ามีก็จะส่งค่าไปให้ PLC แต่ถ้าไม่มีก็จะทำการรอค่าการทำงานที่นาที่ต่อไป แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 7.17 ขั้นตอนการควบคุมการทำงานระดับยูนิต

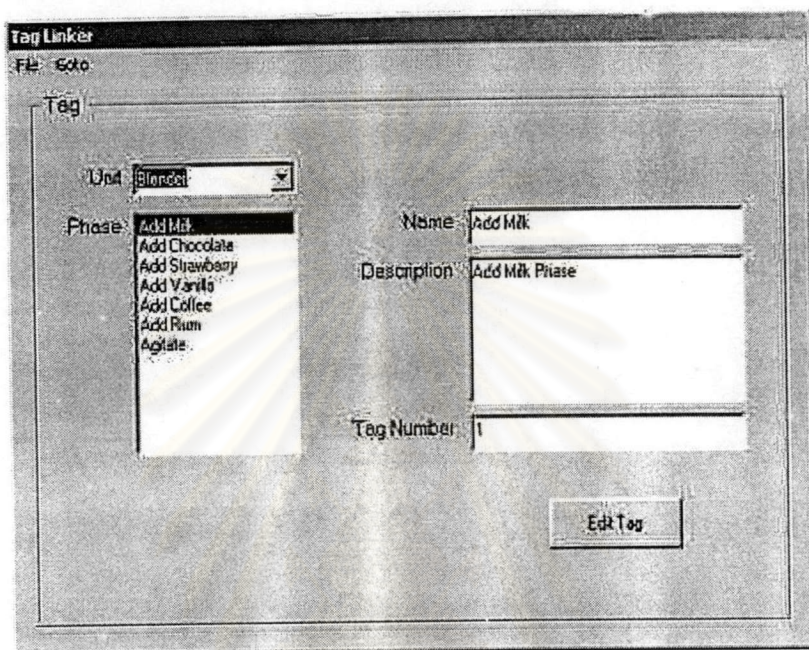
หลังจากมีการตรวจสอบว่ามียูนิตที่ต้องทำงานแล้วจะมีการหาเฟสที่ต้องทำงาน โดยจะมีการเข้าไปหาค่าหมายเลขของเฟสลोजิกภายในฐานข้อมูลเพื่อทำการส่งค่าไปให้เฟสลोजิกภายในเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ เมื่อส่งค่าให้แล้วเฟสลोजิกจะทำงานจนกระทั่งเสร็จสิ้น เมื่อเฟสลोजิกทำงานเสร็จแล้วจะส่งค่ากลับมาที่คอมพิวเตอร์เพื่อหาเฟสลोजิกที่ต้องทำงานในลำดับต่อไป แสดงดังรูป



รูปที่ 7.18 ขั้นตอนการควบคุมการทำงานระดับเฟส

เมนูเชื่อมต่อเฟสลोजิก

ในส่วนนี้จะทำหน้าที่เชื่อมต่อเฟสต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ในแต่ละยูนิตจากฐานข้อมูลในคอมพิวเตอร์และเฟสลोजิกต่างๆ ของ PLC แสดงดังรูป



รูปที่ 7.19 หน้าต่าง Tag Linker

การเชื่อมโยงเฟสต่างๆ ที่ได้สร้างไว้ในหน้าต่าง Process Modeling โดยเป็นการกำหนดหมายเลขของเฟสลोजิกที่ได้ออกแบบไว้ภายในเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ให้ตรงกับหน้าที่การทำงานที่ได้กำหนดไว้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

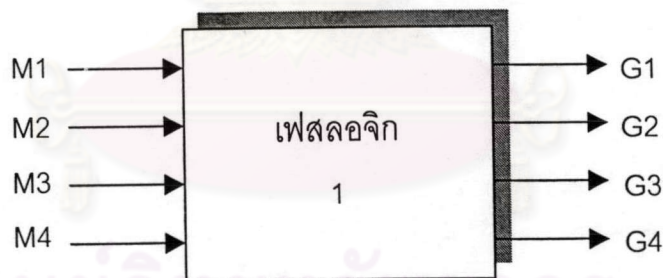
การทำงานของส่วนเฟสลอจิก

การควบคุมการทำงานของเฟสลอจิกแต่ละชุดจะถูกควบคุมจากคอมพิวเตอร์ โดยส่วนควบคุมการผลิตจะทำการส่งข้อมูลการควบคุมไปยังเฟสลอจิก จากรูปแบบของเฟสลอจิกที่ได้กล่าวมาแล้วในบทก่อนนี้ แสดงดังรูป



รูปที่ 7.20 เฟสลอจิก

เมื่อได้จำนวนเฟสลอจิกที่จำเป็นต้องใช้ในการควบคุมทั้งหมดแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการพิจารณา รีเลย์ภายใน และรีจิสเตอร์ที่ใช้ในแต่ละเฟส ตัวอย่าง เฟสลอจิก 1 ได้ถูกกำหนดช่วงรีเลย์ที่ใช้งาน ดังรูป



รูปที่ 7.21 เฟสลอจิกที่ 1

เพื่อแสดงการทำงานของโปรแกรมแบบเฟสลอจิกบน PLC ได้จัดทำเฟสลอจิก จำนวน 27 ชุด โดย PLC ที่ใช้ในการทดลองนี้คือ PLC ของ GE-FANUC รุ่น 90 มีรายละเอียดของ คุณสมบัติเฉพาะของระบบดังนี้ รีเลย์ภายใน 1024 จุด (%M00001 - %M01024) รีเลย์แบบไกลบอล 1280 จุด (%G00001 - %G01080) รีจิสเตอร์ภายใน 2048 จุดคือ (%R00001 - %R02048) จากคุณสมบัติเฉพาะของ PLC และจำนวนเฟสลอจิกที่ใช้ เพื่อสร้างรูปแบบเฟสลอจิกให้เป็นมาตรฐาน สามารถกำหนดค่าของรีจิสเตอร์รีเลย์ภายในที่เข้าใช้ได้ในแต่ละเฟสดังแสดงในตาราง

หมายเลข เฟสลจก	M	G	R
Phase1	M1-M20	G1-G4	R11-R20
Phase2	M21-M40	G5-G8	R21-R30
Phase3	M41-M60	G9-G12	R31-R40
Phase4	M61-M80	G13-G16	R41-R50
Phase5	M81-M100	G17-G20	R51-R60
Phase6	M101-M120	G21-G24	R61-R70
Phase7	M121-M140	G25-G28	R71-R80
Phase8	M141-M160	G29-G32	R81-R90
Phase9	M161-M180	G33-G36	R91-R100
Phase10	M181-M200	G37-G40	R101-R110
Phase11	M201-M220	G41-G44	R111-R120
Phase12	M221-M240	G45-G48	R121-R130
Phase13	M241-M260	G49-G52	R131-R140
Phase14	M261-M280	G53-G56	R141-R150
Phase15	M281-M300	G57-G60	R151-R160
Phase16	M301-M320	G61-G64	R161-R170
Phase17	M321-M340	G65-G68	R171-R180
Phase18	M341-M360	G69-G72	R181-R190
Phase19	M361-M380	G73-G76	R191-R200
Phase20	M381-M400	G77-G80	R201-R210
Phase21	M401-M420	G81-G84	R211-R220
Phase22	M421-M440	G85-G88	R221-R230
Phase23	M441-M460	G89-G92	R231-R240
Phase24	M461-M480	G93-G96	R241-R250
Phase25	M481-M500	G97-100	R251-R260
Phase26	M501-M520	G101-G104	R261-R270
Phase27	M521-M540	G105-G108	R271-R280

ตารางที่ 7.1 ตำแหน่งรีเลย์ที่สามารถใช้ได้ในแต่ละเฟสลจก

หมายเลข เฟสลोजิก	start	reset	hold	restart	ready	run	done	held
Phase1	M1	M2	M3	M4	G1	G2	G3	G4
Phase2	M21	M22	M23	M24	G5	G6	G7	G8
Phase3	M41	M42	M43	M44	G9	G10	G11	G12
Phase4	M61	M62	M63	M64	G13	G14	G15	G16
Phase5	M81	M82	M83	M84	G17	G18	G19	G20
Phase6	M101	M102	M103	M104	G21	G22	G23	G24
Phase7	M121	M122	M123	M124	G25	G26	G27	G28
Phase8	M141	M142	M143	M144	G29	G30	G31	G32
Phase9	M161	M162	M163	M164	G33	G34	G35	G36
Phase10	M181	M182	M183	M184	G37	G38	G39	G40
Phase11	M201	M202	M203	M204	G41	G42	G43	G44
Phase12	M221	M222	M223	M224	G45	G46	G47	G48
Phase13	M241	M242	M243	M244	G49	G50	G51	G52
Phase14	M261	M262	M263	M264	G53	G54	G55	G56
Phase15	M281	M282	M283	M284	G57	G58	G59	G60
Phase16	M301	M302	M303	M304	G61	G62	G63	G64
Phase17	M321	M322	M323	M324	G65	G66	G67	G68
Phase18	M341	M342	M343	M344	G69	G70	G71	G72
Phase19	M361	M362	M363	M364	G73	G74	G75	G76
Phase20	M381	M382	M383	M384	G77	G78	G79	G80
Phase21	M401	M402	M403	M404	G81	G82	G83	G84
Phase22	M421	M422	M423	M424	G85	G86	G87	G88
Phase23	M441	M442	M443	M444	G89	G90	G91	G92
Phase24	M461	M462	M463	M464	G93	G94	G95	G96
Phase25	M481	M482	M483	M484	G97	G98	G99	G100
Phase26	M501	M502	M503	M504	G101	G102	G103	G104
Phase27	M521	M522	M523	M524	G105	G106	G107	G108

ตารางที่ 7.2 รีเลย์ประจำตำแหน่งต่างๆ ในเฟสลोजิก

การออกแบบฐานข้อมูล

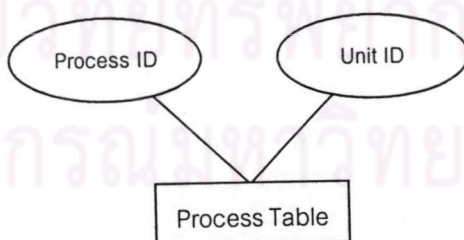
ในหัวข้อนี้เป็นการแสดงรายละเอียดการออกแบบฐานข้อมูลซึ่งอธิบายได้ดังนี้ จากโครงสร้างของซอฟต์แวร์ได้แบ่งระบบฐานข้อมูลเป็น 3 ส่วนคือ ฐานข้อมูลกระบวนการ ฐานข้อมูลสูตรการผลิต ฐานข้อมูลเฟสลोजิก โดยในแต่ละส่วนมีหน้าที่ในการจัดเก็บข้อมูลดังนี้

1. ฐานข้อมูลกระบวนการ เป็นฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลของกระบวนการที่ใช้ทำการผลิต
2. ฐานข้อมูลสูตรการผลิต เป็นฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลของสูตรการผลิต
3. ฐานข้อมูลเฟสลोजิก เป็นฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลการเชื่อมต่อระหว่างเฟสลोजิกกับซอฟต์แวร์

และเอนทิตีภายในฐานข้อมูล ได้แบ่งเป็นตารางย่อยทั้งหมด 8 เอนทิตีดังนี้

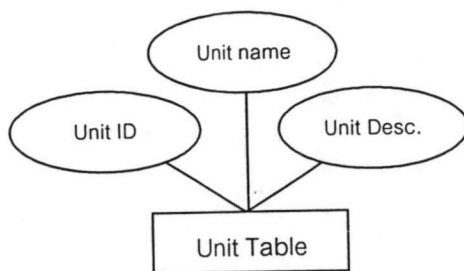
1. เอนทิตี process table
2. เอนทิตี unit table
3. เอนทิตี phase in unit table
4. เอนทิตี phase table
5. เอนทิตี recipe table
6. เอนทิตี operation table
7. เอนทิตี operation sequence table
8. เอนทิตี phase sequence table

เอนทิตี process table ประกอบด้วยแอทริบิวต์ที่แสดงรายละเอียดของข้อมูลดังนี้



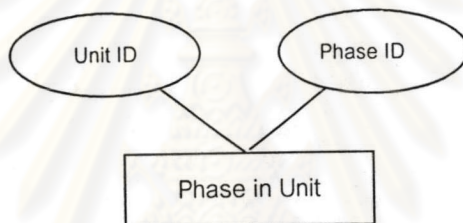
รูปที่ 7.22 รูปแสดงรายละเอียดของเอนทิตี process table

เอนทิตี unit table ประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูลดังนี้



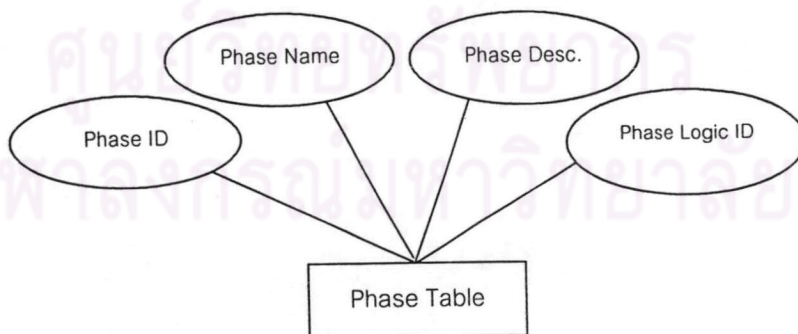
รูปที่ 7.23 รูปแสดงรายละเอียดของเอนทิตี unit table

เอนทิตี phase in unit table ประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูลดังนี้



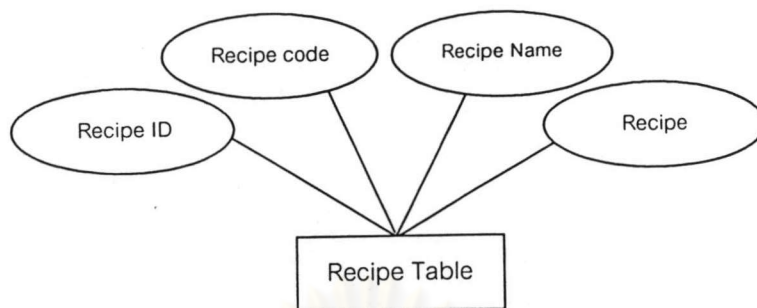
รูปที่ 7.24 รูปแสดงรายละเอียดของเอนทิตี phase in unit table

เอนทิตี phase table ประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูลดังนี้



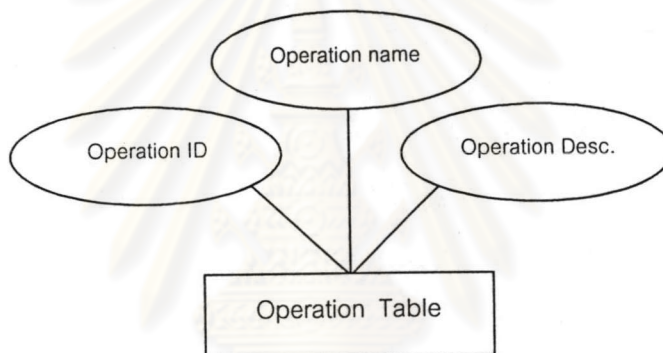
รูปที่ 7.25 รูปแสดงรายละเอียดของเอนทิตี phase table

เอนทิตี recipe table ประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูลดังนี้



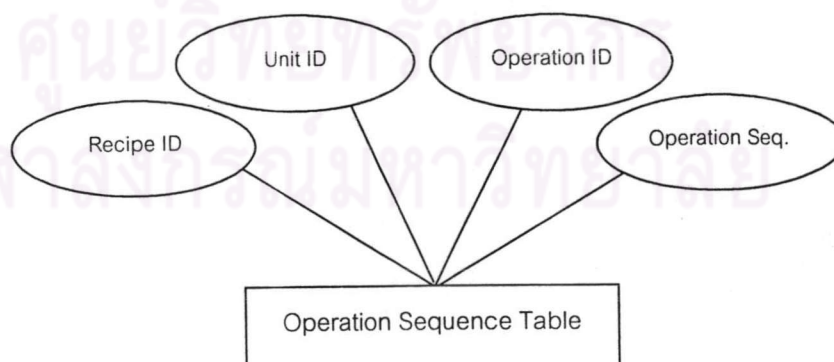
รูปที่ 7.26 รูปแสดงรายละเอียดของเอนทิตี recipe table

เอนทิตี operation table ประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูลดังนี้



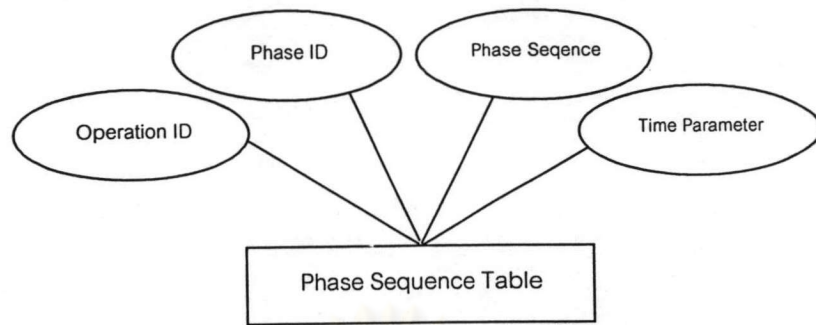
รูปที่ 7.27 รูปแสดงรายละเอียดของเอนทิตี operation table

เอนทิตี operation sequence table ประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูลดังนี้



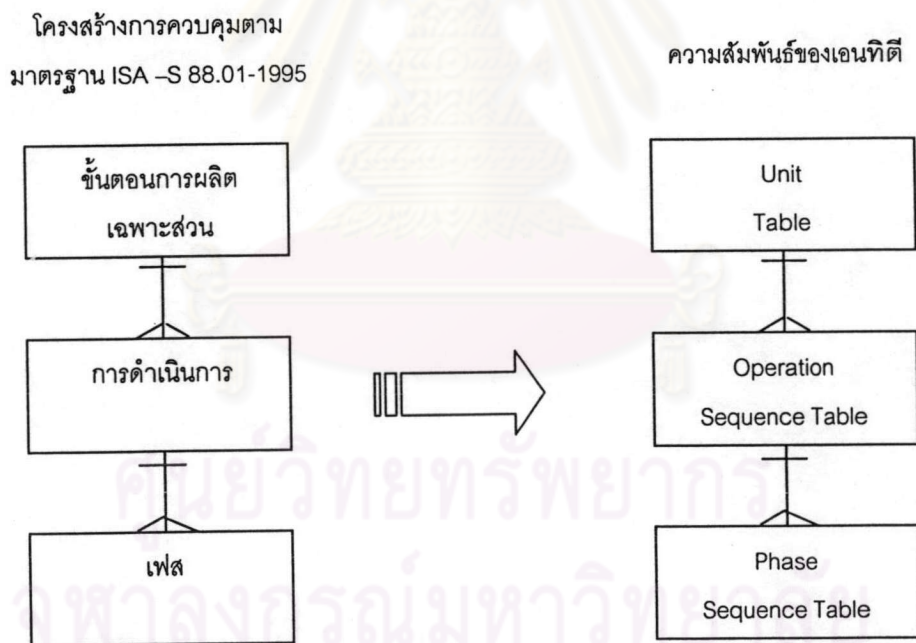
รูปที่ 7.28 รูปแสดงรายละเอียดของเอนทิตี operation sequence table

เอนทิตี phase sequence table ประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูลดังนี้



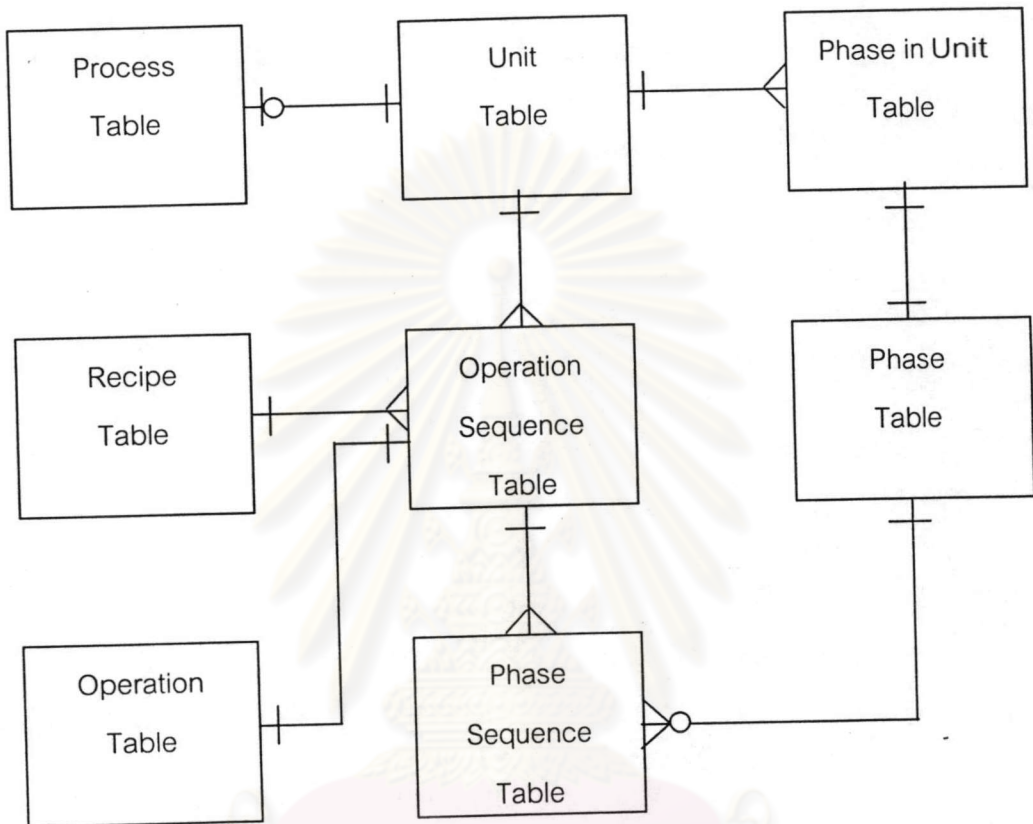
รูปที่ 7.29 รูปแสดงรายละเอียดของเอนทิตี phase sequence table

เมื่อพิจารณาในระดับยูนิตของโครงสร้างการควบคุมแบบเบ็ดเสร็จตามมาตรฐาน ISA – S 88.01-1995 ที่ได้กล่าวถึงการจัดแบ่งการทำงานของยูนิตเป็นการดำเนินการ และแบ่งการดำเนินการเป็นเฟส จึงได้มีการกำหนดความสัมพันธ์ของเอนทิตีให้สอดคล้องกับมาตรฐานได้ดังนี้



รูปที่ 7.30 โครงสร้างการควบคุมตามมาตรฐานกับความสัมพันธ์ของเอนทิตี

ดังนั้นจากการกำหนดความสัมพันธ์ของเอนทิตีให้สอดคล้องกับมาตรฐาน ความสัมพันธ์ในแต่ละตาราง และข้อมูลในแต่ละตารางสามารถเขียนแผนภาพความสัมพันธ์ของแต่ละเอนทิตี (Entity - Relationship Diagram หรือ E-R Diagram) ได้ดังรูป



รูปที่ 7.31 แผนภาพ E-R

จากแผนภาพ E-R การกำหนดความสัมพันธ์

- ความสัมพันธ์ของเอนทิตี Process table และเอนทิตี Unit table เป็นแบบ 1:1 คือเอนทิตี Process table ต้องสัมพันธ์เอนทิตีของ unit table เพียงหนึ่งความสัมพันธ์เท่านั้น แต่เอนทิตีของ unit table สามารถสัมพันธ์หรือไม่สัมพันธ์กับเอนทิตี Process table ก็ได้ ถ้าเอนทิตีจะสามารถมีได้เพียง 1 ความสัมพันธ์เท่านั้น
- ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี unit table และเอนทิตี phase in unit table เป็นแบบ 1:N คือเอนทิตีของ unit table ต้องมีความสัมพันธ์กับเอนทิตี Phase in unit table อย่างน้อยหนึ่ง

ความสัมพันธ์ แต่เอนทิตี Phase in unit table ต้องสัมพันธ์เอนทิตีของ unit table เพียงหนึ่ง ความสัมพันธ์เท่านั้น

- ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี phase in unit table และเอนทิตี phase table เป็นแบบ 1:1 คือ ความสัมพันธ์ของเอนทิตี Phase in unit table และเอนทิตีของ phase table เป็นความสัมพันธ์ 1 ความสัมพันธ์เท่านั้น
- ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี recipe table และเอนทิตี operation sequence table เป็นแบบ 1:N คือเอนทิตีของ recipe table ต้องมีสัมพันธ์กับเอนทิตี operation sequence table อย่างน้อยหนึ่งความสัมพันธ์ แต่เอนทิตี operation sequence table ต้องสัมพันธ์เอนทิตีของ recipe table เพียงหนึ่งความสัมพันธ์เท่านั้น
- ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี unit table และเอนทิตี operation sequence table เป็นแบบ 1:N คือเอนทิตีของ unit table ต้องมีสัมพันธ์กับเอนทิตี operation sequence table อย่างน้อยหนึ่งความสัมพันธ์ แต่เอนทิตี operation sequence table ต้องสัมพันธ์เอนทิตีของ unit table เพียงหนึ่งความสัมพันธ์เท่านั้น
- ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี operation sequence table และเอนทิตี operation table เป็นแบบ 1:1 คือความสัมพันธ์ของเอนทิตี operation sequence table และเอนทิตีของ operation table เป็นความสัมพันธ์ 1 ความสัมพันธ์เท่านั้น
- ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี operation sequence table และเอนทิตี phase sequence table เป็นแบบ 1:N คือเอนทิตีของ operation sequence table ต้องมีความสัมพันธ์กับเอนทิตี phase sequence table อย่างน้อยหนึ่งความสัมพันธ์ แต่เอนทิตี phase sequence table ต้องสัมพันธ์เอนทิตีของ operation sequence table เพียงหนึ่งความสัมพันธ์เท่านั้น
- ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี phase table และเอนทิตี phase sequence table เป็นแบบ 1:N คือเอนทิตีของ phase table สามารถสัมพันธ์หรือไม่สัมพันธ์กับเอนทิตี phase sequence table ก็ได้ แต่เอนทิตี phase sequence table ต้องสัมพันธ์เอนทิตีของ phase table เพียงหนึ่งความสัมพันธ์เท่านั้น