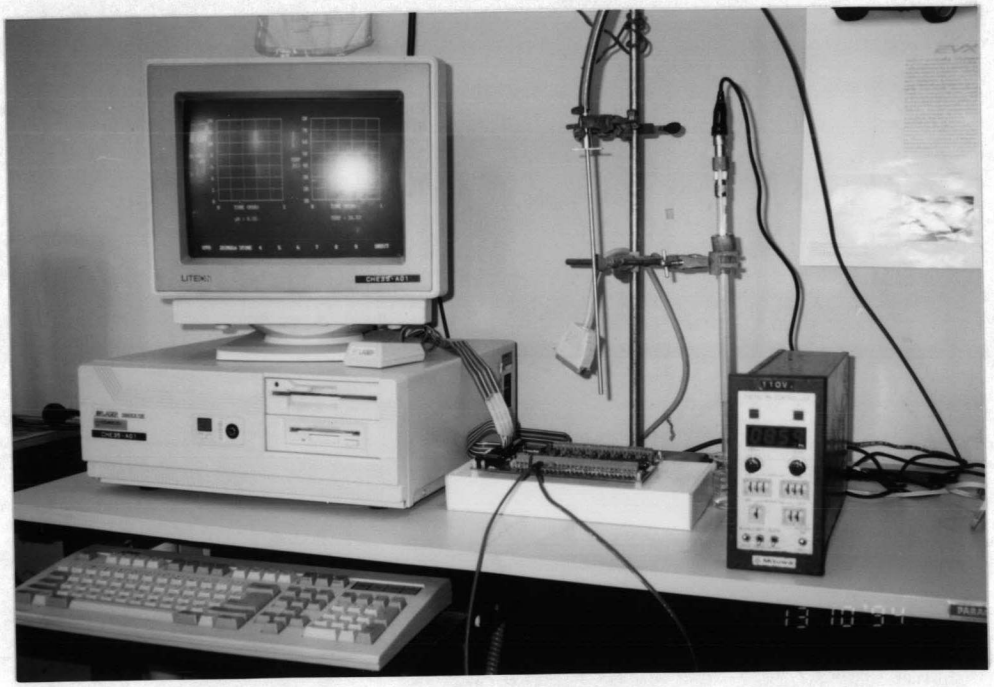
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

อุปกรณ์และโปรแกรม

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงไว้ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

อุปกรณ์ในรูปที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าตัวแปรสถานะของระบบ 2) อุปกรณ์ทางด้านอินเทอร์เฟซ สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

1. อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าตัวแปรสถานะของระบบ ตัวแปรสถานะของระบบที่ทำการติดตามค่าในงานวิจัย ประกอบด้วย อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ได้จากกระบวนการหมัก ได้แก่ อะซีโตน เอทานอล บิวทานอล กรดอะซีติก กรดบิวไทริก และอะซีโตอิน ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย เทอร์มอคัปเปิล เครื่องควบคุมความเป็นกรด-ด่าง (pH Controller) และเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ ซึ่งแสดงรายละเอียดโดยสังเขปของอุปกรณ์แต่ละตัวได้ดังนี้

1.1 เทอร์มอคัปเปิล งานวิจัยนี้ใช้เทอร์มอคัปเปิลชนิดเค ปลอกเป็นสแตนเลส มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 มิลลิเมตร ยาว 300 มิลลิเมตร และสายสัญญาณยาว 3 เมตร สายสัญญาณของเทอร์มอคัปเปิลจะต่อเข้ากับอุปกรณ์อินเทอร์เฟซ เพื่อส่งสัญญาณค่าความต่างศักย์ต่อไปยังคอมพิวเตอร์ ค่าความต่างศักย์ที่ได้จะนำไปหาค่าอุณหภูมิ โดยอาศัยสมการสหสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

ค่าอุณหภูมิ = (23298 * ค่าความต่างศักย์) + 31.98

สำหรับที่มาของสมการสหสัมพันธ์ ดูได้ในภาคผนวก ค.

1.2 เครื่องควบคุมความเป็นกรด-ด่าง เครื่องที่ใช้เป็นของบริษท Mituwa ซึ่งเป็นเครื่องควบคุมแบบดิจิตอล โดยจะใช้ร่วมกับ กลาสอิเล็คโตด (Glass electrode) ในการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ลักษณะเครื่องแสดงได้ดังในรูปที่ 3

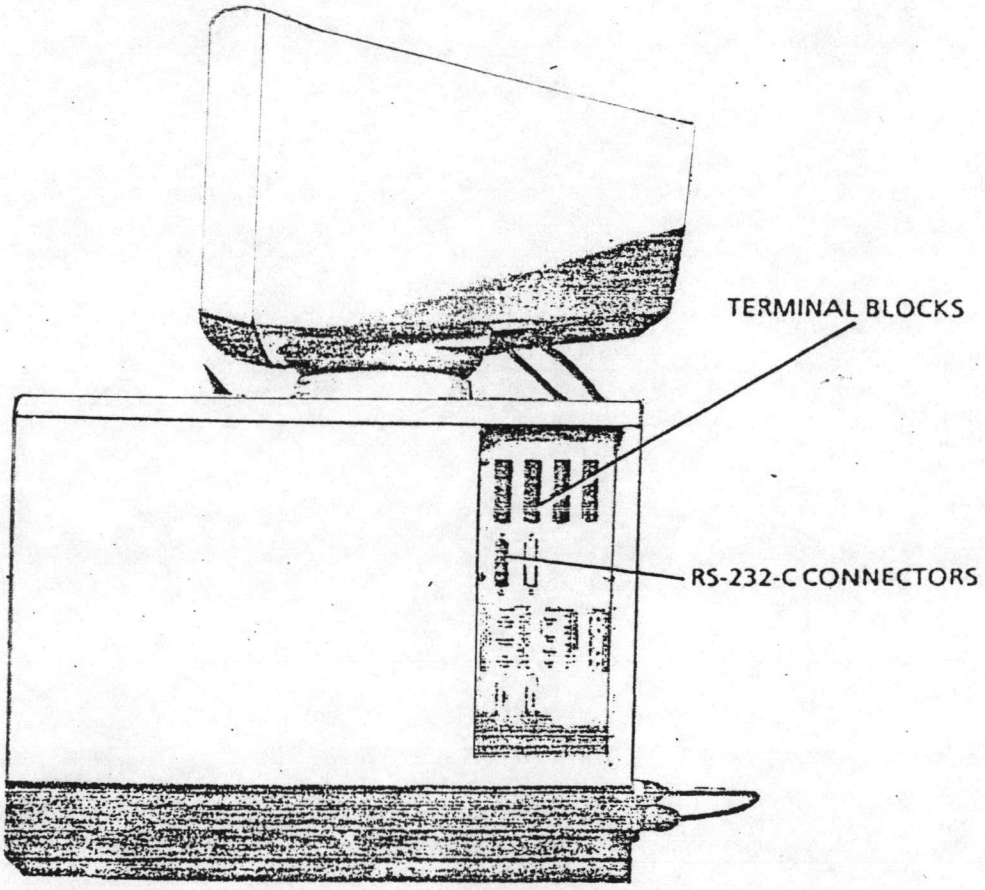
รูปที่ 3 ภาพของเครื่องควบคุมความเป็นกรด-ด่าง

เครื่องควบคุมความเป็นกรด-ด่างจะส่งสัญญาณค่าความเป็นกรด-ด่างที่ได้ผ่านอุปกรณ์อินเทอร์เฟซเพื่อส่งต่อไปยังคอมพิวเตอร์ เช่นเดียวกันกับเทอร์มอคัปเปิล ค่าความต่างศักย์ที่ได้จะนำไปหาค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยอาศัยสมการสหสัมพันธ์ดังนี้

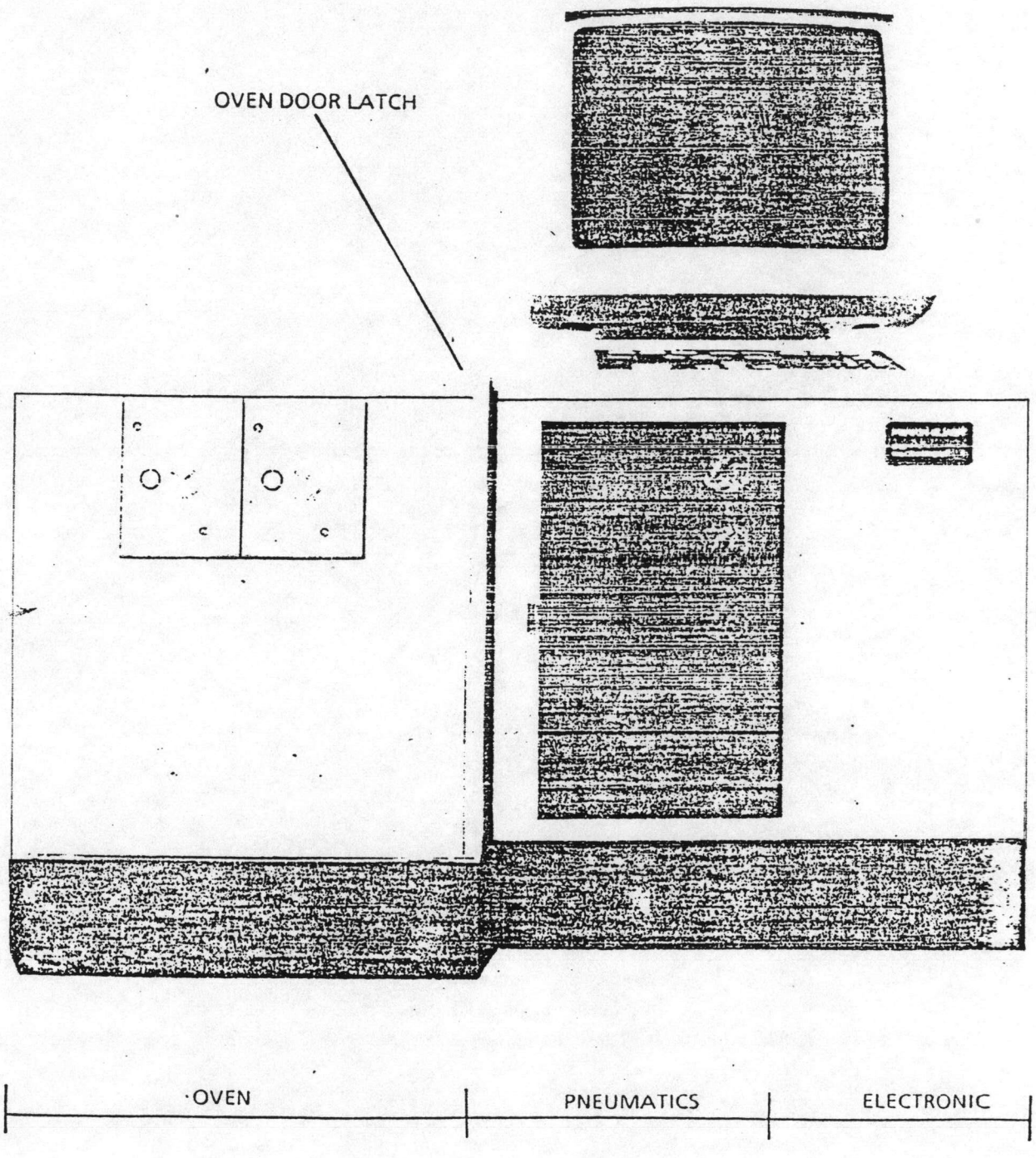
ค่าความเป็นกรด-ด่าง = (1436.09 * ค่าความต่างศักย์)

สำหรับที่มาของสหสัมพันธ์ดูได้ในภาคผนวก ค. เช่นเดียวกัน

1.3 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่ใช้ในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ได้จากกระบวนการหมัก เป็นของบริษัท Perkin-Elmer รุ่น 8700 โดยเครื่องรุ่นนี้จะมีพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232C ที่ใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ ลักษณะของเครื่องแสดงไว้ในรูปที่ 4 และ 5



รูปที่ 4 ภาพด้านข้างของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ



รูปที่ 5 ภาพด้านหน้าของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ

สำหรับคอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างเป็นคอลัมน์แบบ ฟิวสซิลิกาแคปปิลลารี (Fused silica capillary) โดยมีเฟสเป็น CBP1 โดยมีความหนาของฟิลม์เท่ากับ 0.25 ไมครอน ความยาวของคอลัมน์เท่ากับ 25 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 0.22 มิลลิเมตร ดีเทคเตอร์ (Detector) เป็น FID ใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สนำพา สำหรับภาวะการปฏิบัติการของเครื่องแก๊สโครมาโท่กราฟ ใช้ภาวะดังต่อไปนี้

อุณหภูมิของคอลัมน์ เริ่มต้นที่อุณหภูมิ 70° C โดยคงที่เป็นเวลา 5 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 120° C โดยมีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 10° C ต่อ นาที แล้วคงที่ที่อุณหภูมิ 120° C เป็นเวลา 4 นาที

อุณหภูมิของจุดฉีดสารตัวอย่าง (Injector) เท่ากับ 170° C

อุณหภูมิของดีเทคเตอร์เท่ากับ 170° C

ความดันของแก๊สนำพาเท่ากับ 5.0 psig

ปริมาณสารตัวอย่างที่ฉีด 2 ไมโครลิตร

เมื่อเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟทำการแยกและวิเคราะห์สารตัวอย่างจนได้ค่าความเข้มข้นออกมาแล้ว เครื่องจะส่งสัญญาณของผลที่ได้ออกทางพอร์ตอนุกรมเข้าสู่คอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน ภาวะการปฏิบัติการต่างๆ รวมทั้งหลักเกณฑ์ในการส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม ที่กล่าวมาแล้วจะถูกเก็บไว้ในวิธีหมายเลขศูนย์ชื่อ JAMROEN ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ

2 อุปกรณ์อินเทอร์เฟซ อุปกรณ์อินเทอร์เฟซเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมโยงและแปลงสัญญาณแรงดันความต่างศักย์ที่ส่งออกมาจากเครื่องมือวัด ซึ่งเป็นสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลซึ่งเป็นสัญญาณภายในของคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อินเทอร์เฟซที่ใช้ประกอบด้วย การ์ดแปลงผันแอนะล็อกเป็นดิจิตอล (A/D Card) (ในการกล่าวถึงครั้งต่อๆไปจะใช้คำว่า " การ์ดแปลงสัญญาณ " แทน) และ บอร์ดขยายสัญญาณและเลือกช่องสัญญาณ (Amplifier/Multiplexer Board) (ในการกล่าวถึงครั้งต่อๆไป จะใช้คำว่า " บอร์ดขยายสัญญาณ " แทน) อุปกรณ์แต่ละชนิดมีคุณลักษณะโดยสังเขปดังนี้

2.1 การ์ดแปลงสัญญาณ การ์ดแปลงสัญญาณที่ใช้เป็นของบริษัท Adventech รุ่น PCL-711S ซึ่งมีคุณลักษณะ (Specification) (5) โดยสังเขปดังนี้

2.1.1 ด้านแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิตอล

- ช่องรับสัญญาณเข้า 8 ช่องสัญญาณ
- ช่วงความต่างศักย์ที่รับได้ -5 ถึง +5 โวลต์
- รีโซลูชัน (Resolution) 12 บิต รูปแบบการแปลงสัญญาณข้อมูลเป็นแบบซัคเซฟซีฟ (Successive approximation) โดยใช้ตัวแปลงสัญญาณ (Converter) แบบ AD 574
- ความเร็วในการแปลงสัญญาณ (Conversion speed) เท่ากับ 25 ไมโครวินาที

2.1.2 ด้านแปลงดิจิตอลเป็นแอนะล็อก

- ช่องส่งสัญญาณออก 1 ช่องสัญญาณ

- ช่วงความต่างศักย์ที่ส่งออก 0 ถึง +5 โวลต์ และ 0 ถึง +10 โวลต์

- รีโซลูชั่น 12 บิต รูปแบบการแปลงสัญญาณข้อมูลเป็นแบบ 12 บิต โมโนลิทิก (Monolithic multiplying) โดยใช้ตัวแปลงสัญญาณแบบ AD 7541AKN

จากคุณลักษณะที่แสดงไว้ จะพบว่า สัญญาณแอนะล็อกเข้า 0.0024 โวลต์ ทำให้สัญญาณดิจิตอลเปลี่ยนไป 1 บิต สำหรับคุณลักษณะโดยละเอียดและผังวงจรของการ์ดแปลงสัญญาณ ดูได้ในภาคผนวก ข.

2.2 บอร์ดขยายสัญญาณ บอร์ดนี้ทำหน้าที่ขยายสัญญาณแอนะล็อกที่ออกจากเครื่องมือวัดบางตัว ที่มีค่าความต่างศักย์ในการส่งออกในระดับมิลลิโวลต์ให้อยู่ในระดับโวลต์ ก่อนส่งเข้าการ์ดแปลงสัญญาณ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ในการสแกนเพื่อเลือกช่องสัญญาณ (Multiplexing) ที่จะส่งไปยังการ์ดแปลงสัญญาณ บอร์ดขยายสัญญาณที่ใช้เป็นของบริษัท Advantech รุ่น PCLD-789 ซึ่งมีคุณลักษณะ (6) โดยสังเขปดังนี้

- ช่องรับสัญญาณเข้า 16 ช่องสัญญาณ

- ช่วงความต่างศักย์ที่รับได้ -10 ถึง +10 โวลต์

- อัตราขยายสัญญาณ 0.5,1,2,10,50,100,200,1000 เท่า

คุณลักษณะโดยละเอียดและผังวงจรของบอร์ดขยายสัญญาณดูได้ในภาคผนวก ข. เช่นกัน

<u>โครงสร้างของโปรแกรมที่ใช้งาน</u>

1 ภาพรวมของโปรแกรม โปรแกรมที่ใช้งานเขียนขึ้นด้วยภาษาควิกเบสิก (Quickbasic) รุ่น 4.50 โดยโปรแกรมที่ได้จะมีลักษณะการทำงาน แบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน ดังนี้

1.1 การแสดงผังของระบบกระบวนการหมัก (PFD Display)

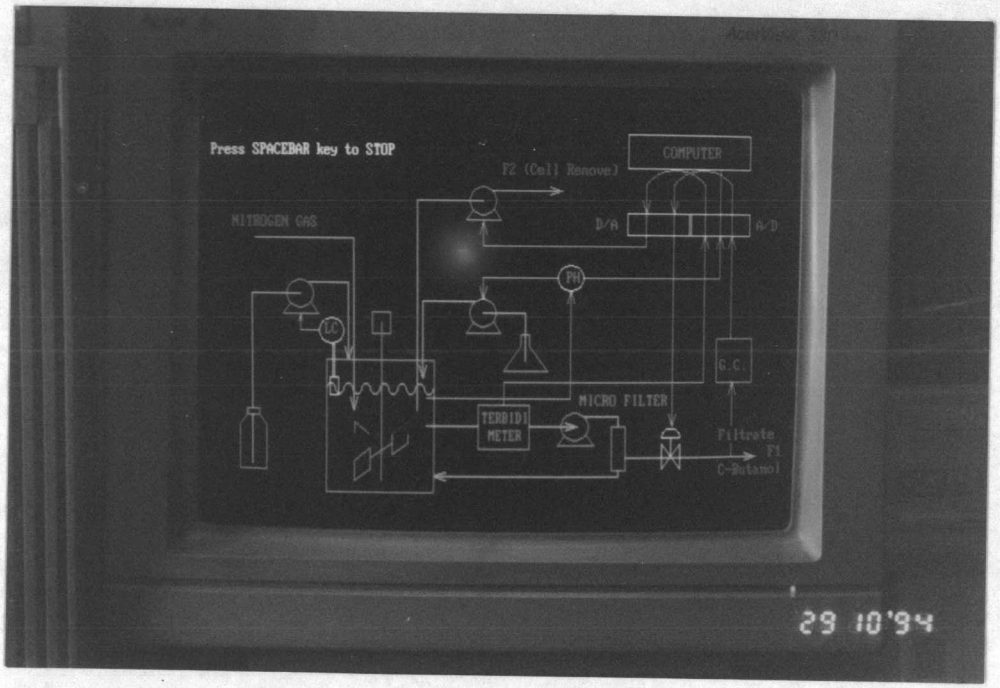
1.2 การติดตามตัวแปรสถานะแบบออนไลน์ (On-line Monitoring)

1.3 การทำนายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสถานะจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Simulation)

1.4 การเก็บค่าคงที่ที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ลงแฟ้มข้อมูล

โดยมีรายละเอียดคราวๆ ดังนี้

1.1 การแสดงผังของระบบกระบวนการหมัก เป็นการแสดงภาพรวมของระบบควบคุมกระบวนการหมักว่ามีอุปกรณ์และเครื่องมือวัดอะไรบ้างที่นำมาใช้งาน อีกทั้งในระบบมีการเชื่อมต่อกันของอุปกรณ์แต่ละชิ้นอย่างไร มีการเชื่อมสัญญาณระหว่างเครื่องมือวัดกับคอมพิวเตอร์ ณ จุดใดเป็นต้น โดยผังของระบบจะทำให้ผู้ใช้มีความเข้าใจในการทำงานของระบบควบคุมดีขึ้น ผังของระบบกระบวนการหมักแสดงไว้ในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ผังของระบบกระบวนการหมัก

ตามรูปที่ 6 เส้นลูกศรสีม่วงแสดงการเชื่อมสัญญาณระหว่างเครื่องมือวัดค่าของตัวแปรสถานะกับคอมพิวเตอร์ โดยเครื่องมือวัดจะส่งสัญญาณข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ผ่านทางการ์ดแปลงสัญญาณ

คอมพิวเตอร์จะนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล แล้วแสดงผลค่าของตัวแปรสถานะที่สนใจออกทางจอภาพ ในขณะเดียวกัน คอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณออกผ่านทางการ์ดแปลงสัญญาณ เพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มและวาล์วให้ทำการป้อนสารละลายต่างๆ เช่น สารตั้งต้น สารละลายด่าง เป็นต้น เข้าสู่ถังหมัก หรือทำการดึงสารละลายออกจากถังหมัก เพื่อควบคุมภาวะภายในถังหมักให้เป็นไปตามความต้องการ สำหรับการไหลเวียนของสารละลายต่างๆในกระบวนการหมัก แสดงแทนด้วยเส้นลูกศรสีฟ้า

สำหรับในงานวิจัยนี้ ระบบกระบวนการหมักมีการทำงานเฉพาะการติดต่อระหว่างเครื่องมือวัดกับคอมพิวเตอร์เท่านั้น

1.2 การติดตามตัวแปรสถานะแบบออนไลน์ ในส่วนนี้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนย่อยคือ 1) การเก็บข้อมูลของตัวแปรสถานะอันประกอบด้วย อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และ ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ของกระบวนการหมัก จากเครื่องมือวัดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มาแสดงผลออกทางจอคอมพิวเตอร์ โดยค่าอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่าง จะแสดงผลในรูปกราฟระหว่างค่าของตัวแปรนั้นๆกับเวลา ส่วนข้อมูลความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์จะแสดงในรูปตาราง โดยเป็นค่า ณ เวลาที่ทำการเก็บสารตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์ 2) การคำนวณหาค่าตัวแปรสถานะที่วัดไม่ได้ โดยจะนำค่าความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ของ

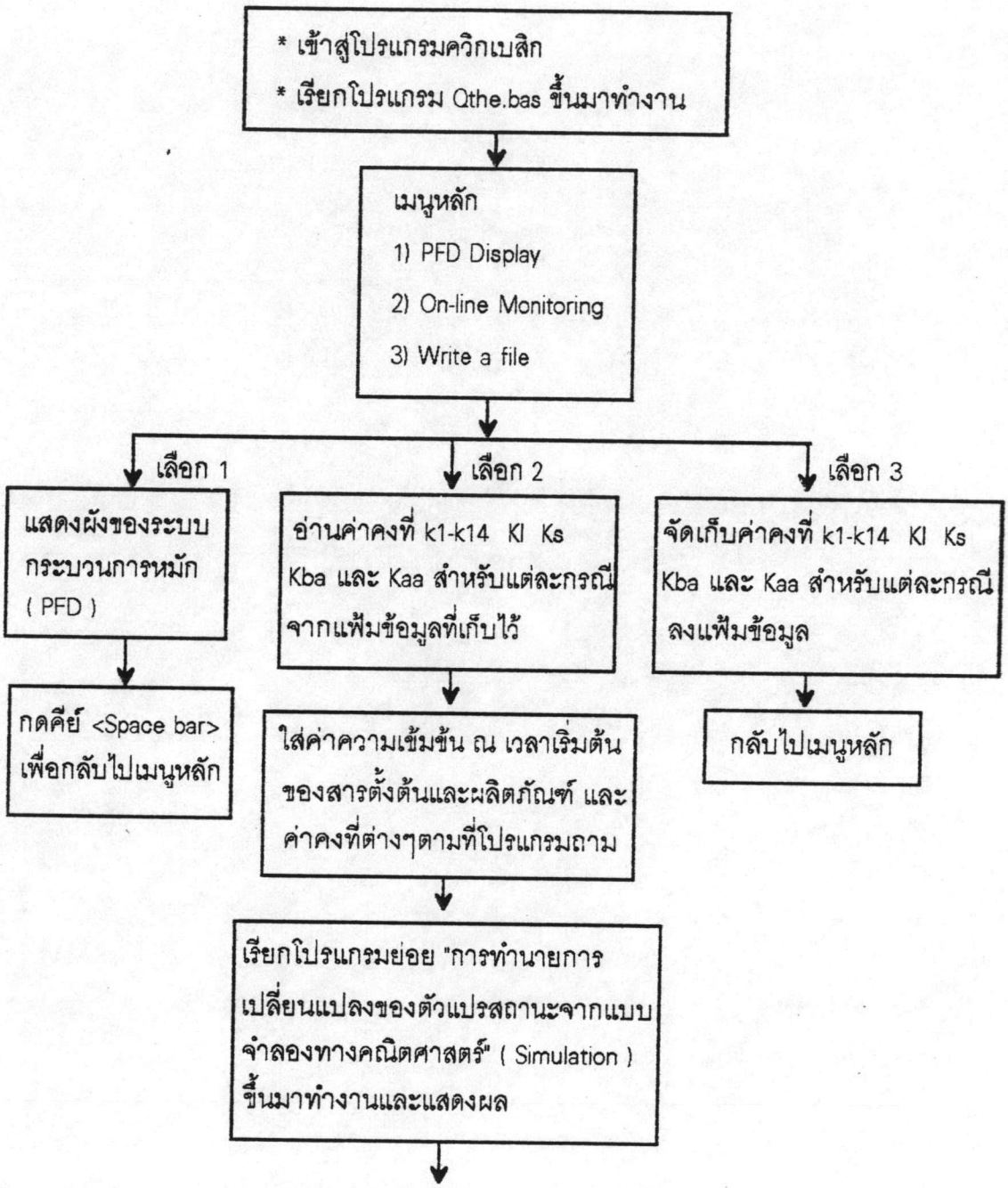
กระบวนการหมักที่วิเคราะห์ได้และความเข้มข้นของชีวมวล มาใช้คำนวณหาค่าของตัวแปรสถานะที่วัดไม่ได้และวัดได้ยาก โดยใช้สมการ (17) - (36) ดังที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 แล้วแสดงผลออกมาในตารางเดียวกันกับข้อมูลความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิเคราะห์

1.3 การทำนายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสถานะจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ส่วนนี้เป็นการทำนายค่าความเข้มข้นของสารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์ และชีวมวล ในถังหมัก ณ เวลาต่างๆ ว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงต่อไปอย่างไรจากค่า ณ ปัจจุบัน โดยใช้สมการ (44) - (53) ผลที่ได้แสดงออกทั้งในรูปตารางและกราฟ

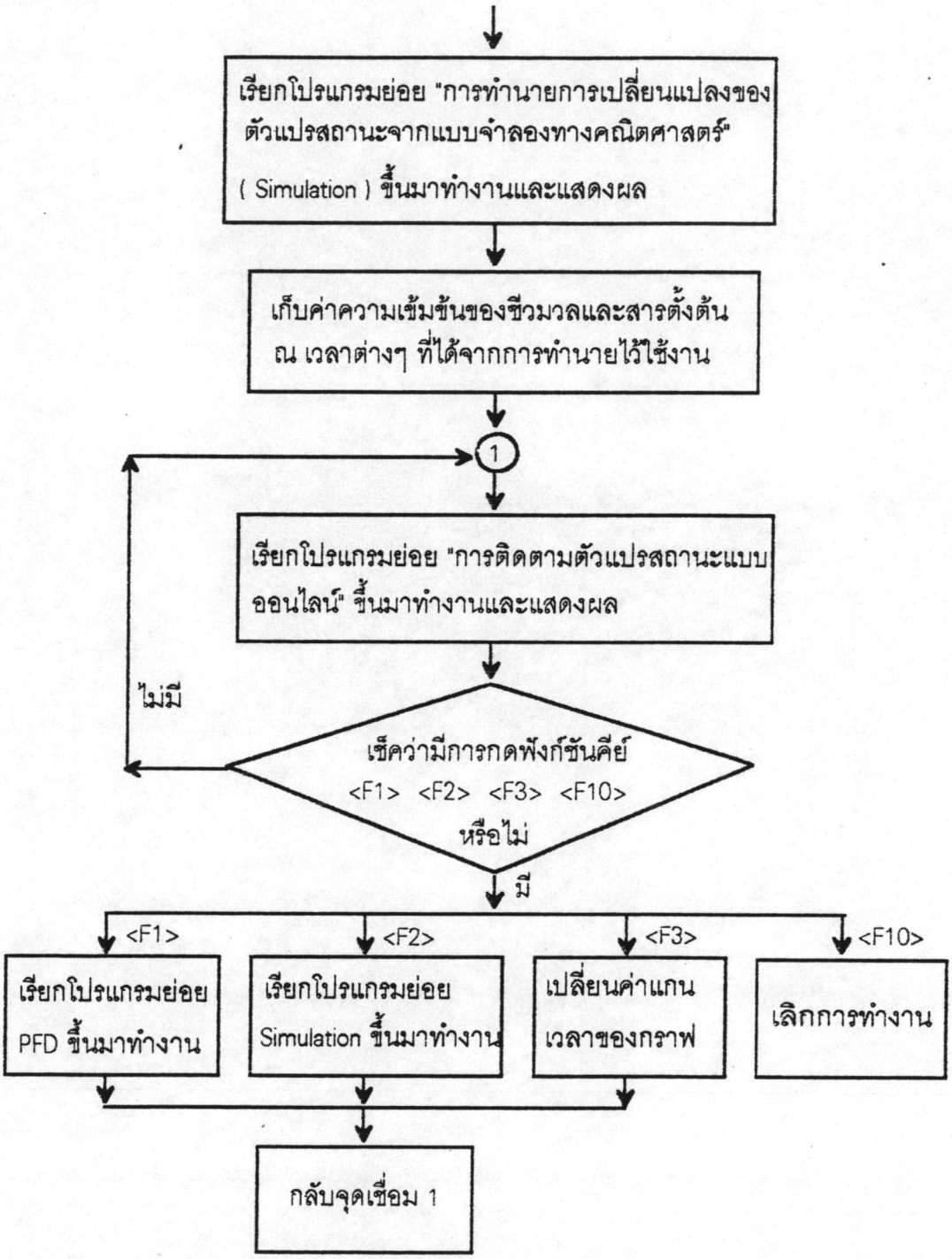
1.4 การเก็บค่าคงที่ที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตสาสตร์ลงแฟ้มข้อมูล เนื่องจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้นั้น ถ้าภาวะการปฏิบัติการต่างไปจะทำให้ค่าคงที่ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นถ้ามีกระบวนการหมักที่ใช้ภาวะการปฏิบัติการต่างๆกันออกไปหลายกรณี ก็สามารถเก็บค่าคงที่ที่เหมาะสมกับแต่ละกรณีไว้ได้ โดยการทำงานของโปรแกรมส่วนนี้

2 แผนภูมิสายงาน ลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรมหลักสามารถอธิบายและแสดงได้ดังรูปที่ 7

I16748761



รูปที่ 7 แผนภูมิสายงานของโปรแกรมหลัก

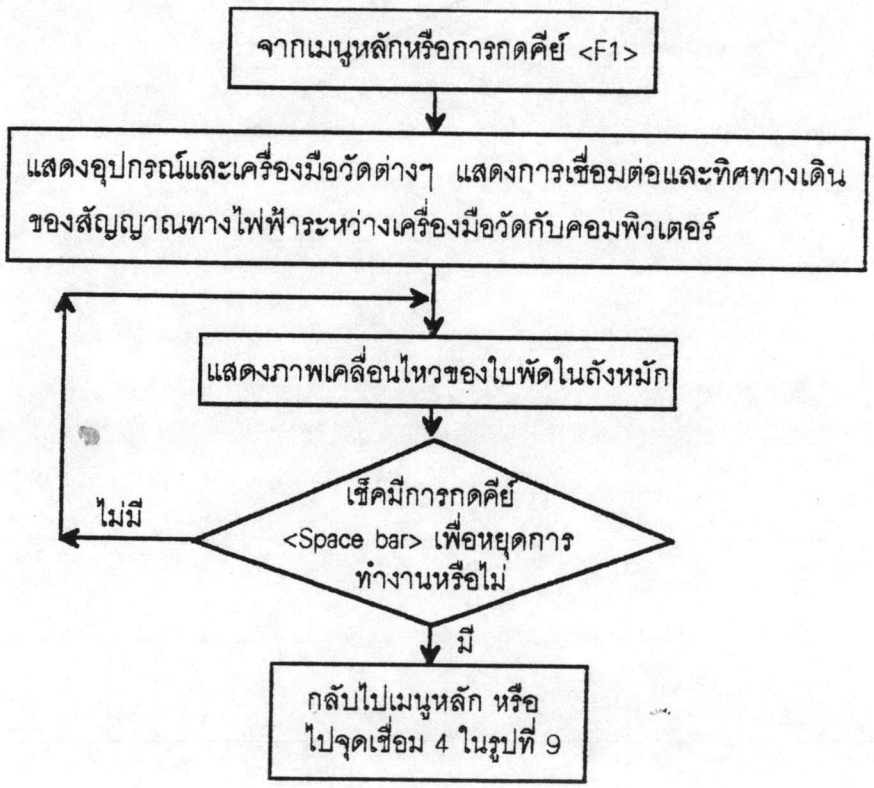


รูปที่ 7 (ต่อ) แผนภูมิสายงานของโปรแกรมหลัก

จากรูปที่ 7 เป็นการแสดงเพื่อให้เห็นว่าโปรแกรมหลักมีลักษณะการทำงานอย่างไร สำหรับรายละเอียดลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรมย่อยแต่ละส่วน จะอธิบายในหัวข้อถัดไป

3 ลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรมในแต่ละส่วน แสดงลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรมแต่ละส่วนโดยละเอียดดังนี้

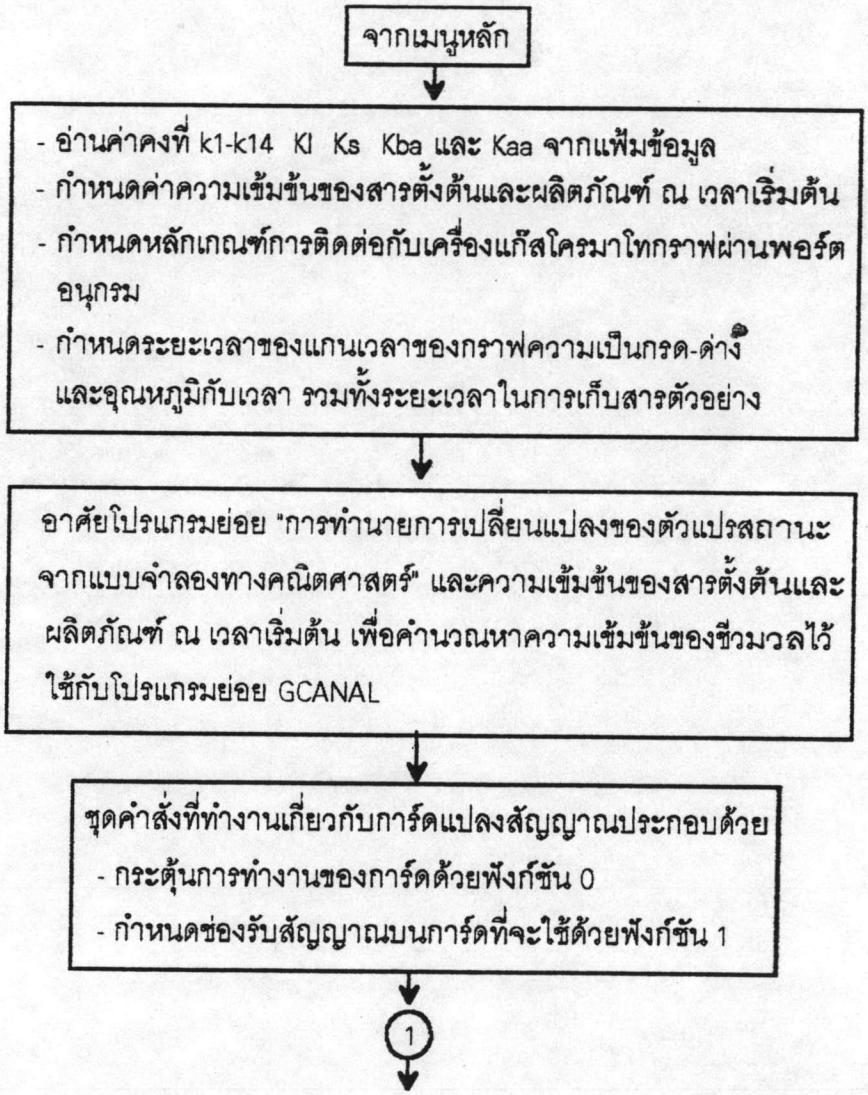
3.1 การแสดงผังของระบบกระบวนการหมัก ลำดับขั้นการทำงานในส่วนนี้แสดงได้ดังรูปที่ 8



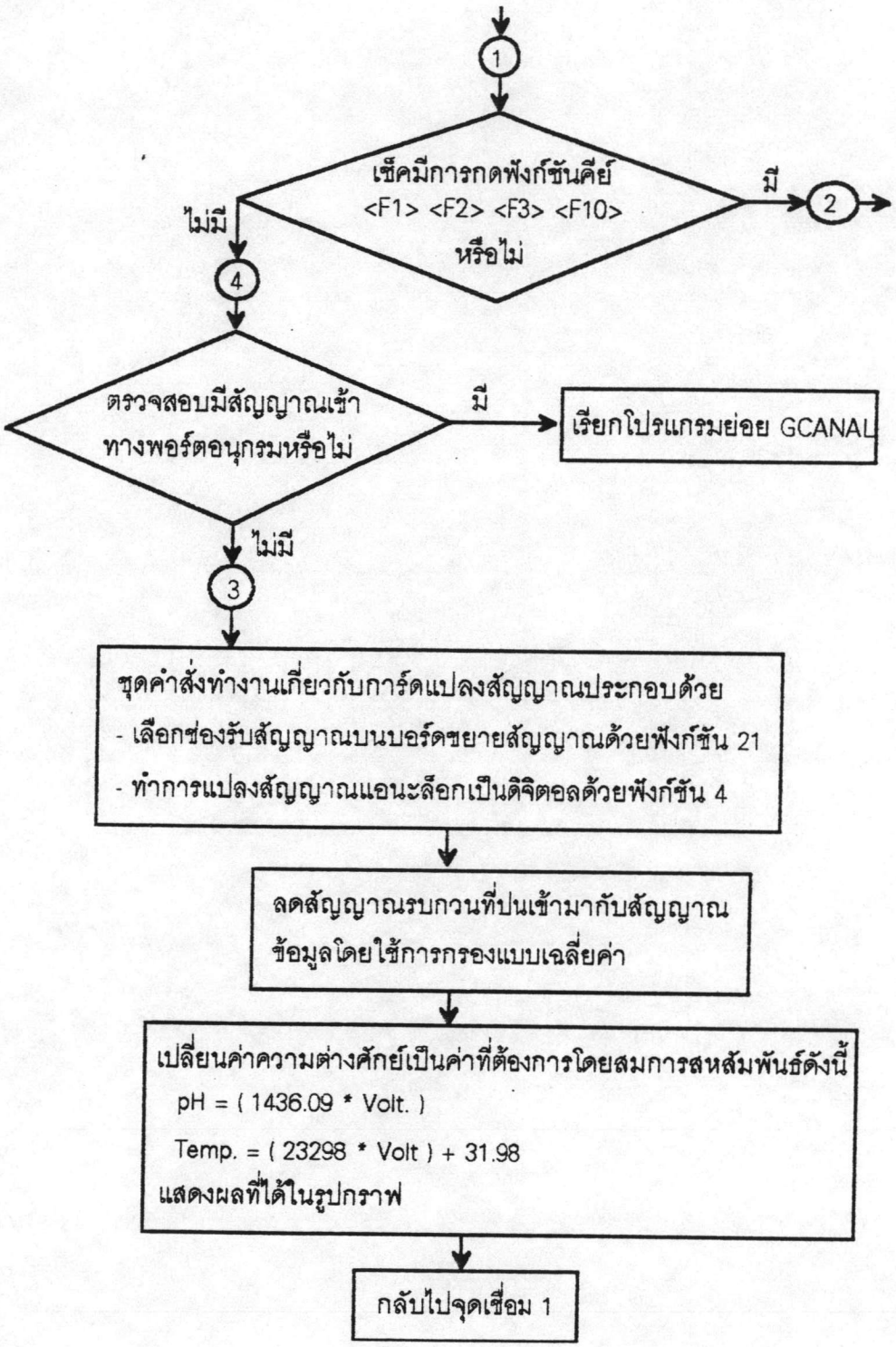
รูปที่ 8 แผนภูมิสายงานของโปรแกรมย่อยการแสดงผังของระบบกระบวนการหมัก

จากรูปที่ 8 คำสั่งส่วนใหญ่ที่ใช้ในโปรแกรมย่อยนี้จะเป็นคำสั่งเกี่ยวกับกราฟิก เช่น LINE DRAW CIRCLE GET PUT เป็นต้น

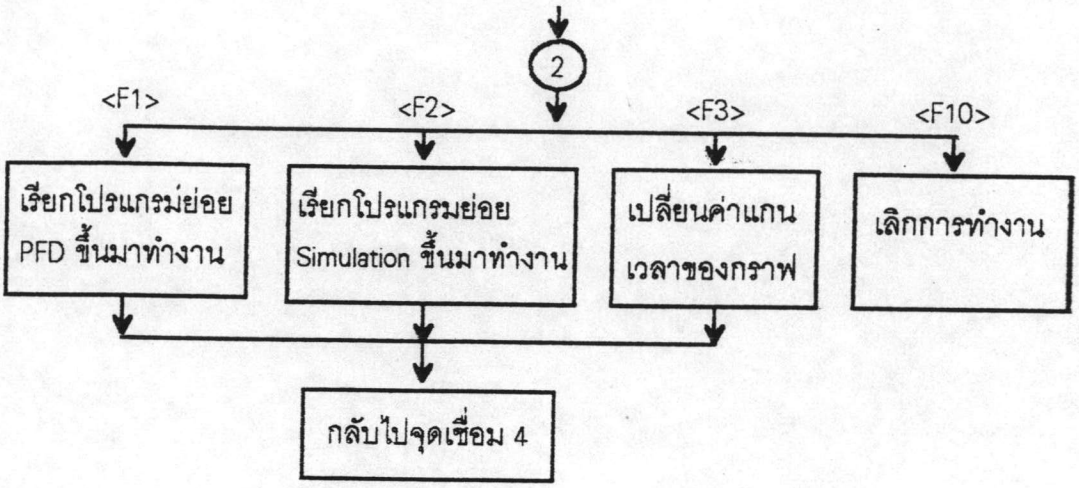
3.2 การติดตามตัวแปรสถานะแบบออนไลน์ ลำดับขั้นการทำงานแสดงได้ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แผนภูมิสายงานของโปรแกรมย่อยการติดตามตัวแปรสถานะแบบออนไลน์



รูปที่ 9 (ต่อ) แผนภูมิสายงานของโปรแกรมย่อยการติดตามตัวแปรสถานะแบบออนไลน์

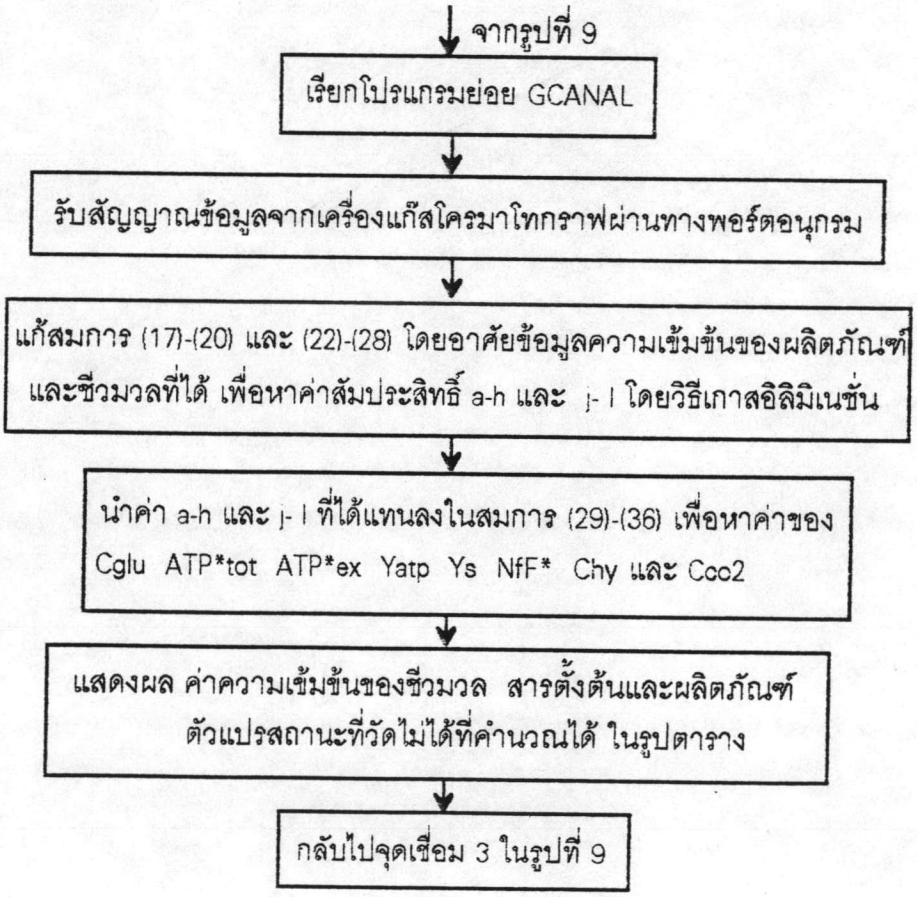


รูปที่ 9 (ต่อ) แผนภูมิสายงานของโปรแกรมย่อยการติดตามตัวแปรสถานะแบบออนไลน์

จากรูปที่ 9 เป็นลำดับขั้นการทำงาน สำหรับการติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ ภายในถังหมักตามเวลา โดยจะรับสัญญาณจากเครื่องมือวัดผ่านทางการ์ดแปลงสัญญาณ ข้อมูลที่ได้จะผ่านกระบวนการกรอง (Filtering) เพื่อลดสัญญาณรบกวน (Noise) ที่ปนเข้ามากับสัญญาณข้อมูล ข้อมูลที่ผ่านการกรองแล้วจะนำมาใช้คำนวณหาค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิเพื่อแสดงผลออกทางจอภาพโดยอาศัยสมการสหสัมพันธ์ ดังที่แสดงในแผนภูมิสายงาน

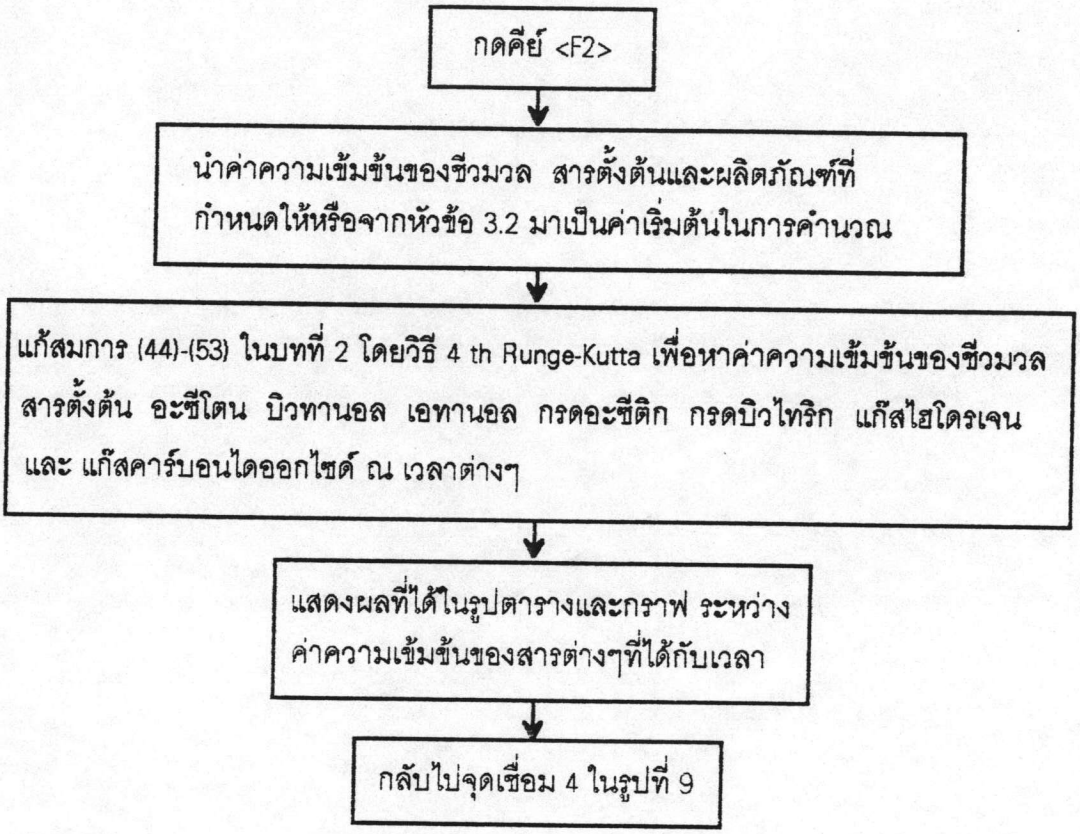
ส่วนการติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ในถังหมัก จะอยู่ในโปรแกรมย่อย GCANAL โปรแกรมย่อย GCANAL จะเริ่มทำงานเมื่อมีสัญญาณจากเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟส่งมาสู่คอมพิวเตอร์ที่ใช้งานผ่านทางพอร์ตอนุกรม เมื่อการรับสัญญาณเสร็จสิ้นสมบูรณ์แล้วโปรแกรมจะนำค่า

ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ซึ่งประกอบด้วย อะซีโตน บิวทานอล เอทานอล กรดอะซีติก กรดบิวไทริก และค่าความเข้มข้นของชีวมวลที่คำนวณได้จากโปรแกรมย่อยการทำนายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสถานะจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ณ เวลาเดียวกัน มาคำนวณหาค่าตัวแปรที่วัดไม่ได้ที่ต้องการ โดยอาศัยสมการ (17)-(20) และ (22)-(36) ในบทที่ 2 สำหรับลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรมย่อย GCANAL แสดงดังในรูปที่ 10



รูปที่ 10 แผนภูมิสายงานของโปรแกรมย่อย GCANAL

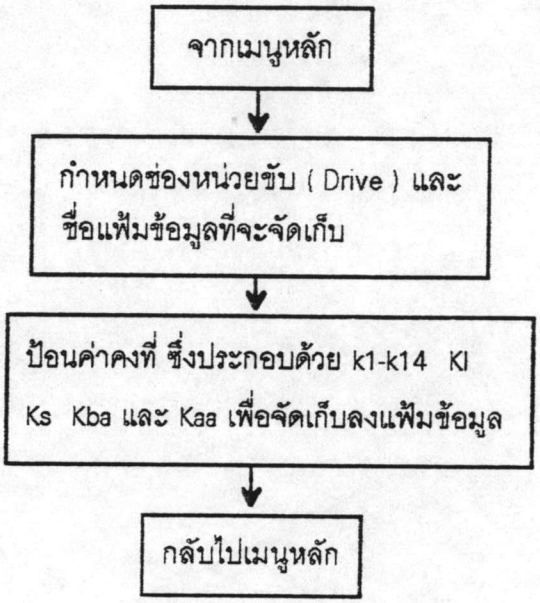
3.3 การทำนายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสถานะจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ รูปที่ 11 แสดงลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 11 แผนภูมิสายงานของโปรแกรมย่อยการทำนายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสถานะจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในการแก้สมการโดยวิธี Runge-Kutta ตามรูปที่ 11 นั้น แต่ละรอบการคำนวณจะใช้ผลต่างของเวลา (Step Size) เท่ากับ 0.1 ชั่วโมง และหยุดการคำนวณเมื่อเวลาเท่ากับ 70 ชั่วโมง

3.4 การเก็บค่าคงที่ที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ลงแฟ้มข้อมูล ลำดับขั้นการทำงานแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 แผนภูมิสายงานของโปรแกรมย่อยการเก็บค่าคงที่ที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ลงแฟ้มข้อมูล

จากโปรแกรมย่อยทั้ง 4 หัวข้อที่กล่าวมา โปรแกรมย่อยในหัวข้อ 3.2 และ 3.3 จะมีการใช้ข้อมูลบางส่วนร่วมกัน ซึ่งสรุปได้ดังนี้

ข้อมูลที่หัวข้อ 3.2 นำมาจาก หัวข้อ 3.3

- ความเข้มข้นของชีวมวล

ข้อมูลที่หัวข้อ 3.3 นำมาจาก หัวข้อ 3.2

- ความเข้มข้นของสารตั้งต้น

- ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในถังหมักที่ได้จากการวิเคราะห์

4 วิธีการใช้งานโปรแกรม เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นให้ดูรูปที่ 7 ซึ่งแสดงแผนภูมิสายงานของโปรแกรมหลัก ประกอบไปด้วยกัน สำหรับวิธีการใช้งานอธิบายได้ดังนี้

1) เข้าโปรแกรมควิกเบสิก ด้วยคำสั่ง " QB\L QB4.QLB "

2) เรียกโปรแกรมชื่อ " QTHE.BAS " ขึ้นมาทำงาน

3) กดตัวเลขเลือกหัวข้อที่ต้องการตามที่ปรากฏในเมนู แสดงได้ดังรูปที่ 13

4) กด " 1 " จะแสดงผังของระบบกระบวนการหมัก แสดงได้ดังรูปที่ 14

5) กด " 3 " จะเป็นการเก็บค่าคงที่ที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

6) กด " 2 " จะเป็นการเข้าสู่โปรแกรมการติดตามตัวแปรสถานะแบบออนไลน์

6.1) ใส่ " หน่วยขับ : ชื่อแฟ้มข้อมูล " ที่จะนำค่าคงที่ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาใช้

6.2) ใส่ค่าความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ ที่มีอยู่ในสารหมัก ณ เวลาก่อนเริ่มกระบวนการหมัก

6.3) ใส่ข้อกำหนดสำหรับการติดต่อกับเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟผ่านทางพอร์ตอนุกรม (ข้อกำหนดที่ใช้จะต้องสอดคล้องกับที่กำหนดไว้ในเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ) ถ้าไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงให้กด <Enter>

6.4) ใส่ค่าระยะเวลาที่ต้องการสำหรับแกนเวลาของ กราฟความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิกับ เวลา ที่จะแสดง ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1-15 นาที และใส่ระยะเวลา (ชั่วโมง)ในการเก็บสารตัวอย่างไปวิเคราะห์

6.5) เมื่อใส่ค่าต่างๆที่โปรแกรมถามเสร็จแล้ว โปรแกรมจะเริ่มทำงานติดตามตัวแปรสถานะแบบออนไลน์ โดยหน้าจอคอมพิวเตอร์จะปรากฏดังรูปที่ 15 และ เมื่อมีสัญญาณมาจากเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ ผลข้อมูลที่ได้ แสดงได้ดังรูปที่ 16 นอกจากนี้ในส่วนล่างของจอ (ในรูปที่ 15) จะมีฟังก์ชันคีย์ ให้กดสำหรับการทำงานดังต่อไปนี้

<F1> สำหรับดูผังของระบบกระบวนการหมัก

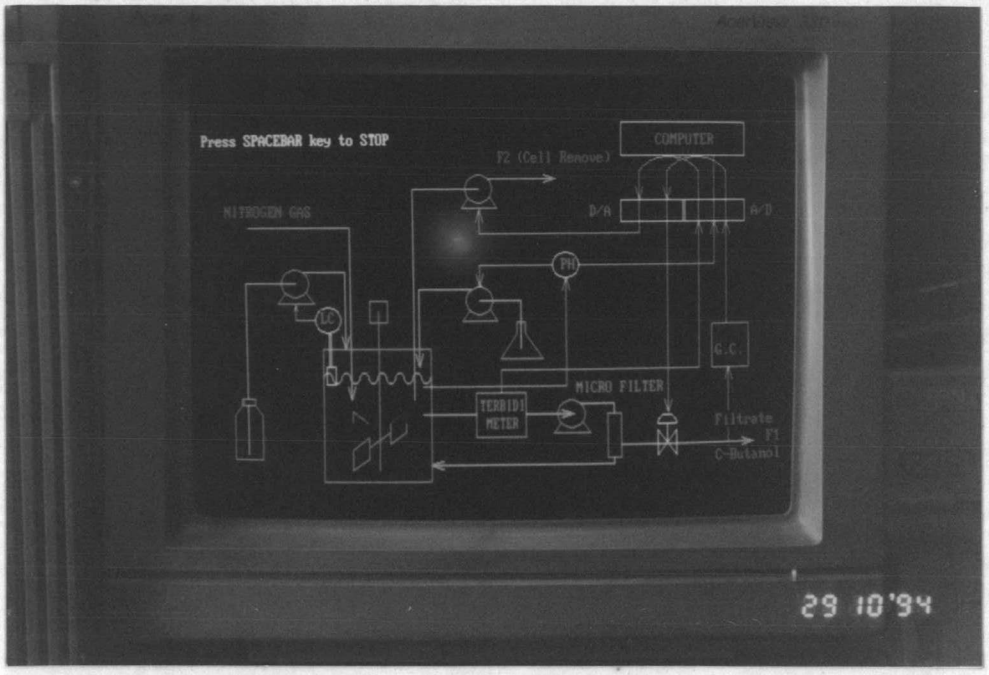
<F2> สำหรับดูผลการทำนายการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของชีวมวล สารตั้งต้น และผลิตภัณฑ์ต่างๆของกระบวนการหมักต่อเวลา ที่ได้มาจากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

โดยแสดงผลออกมาทั้งในรูปตารางและกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 17 และ 18 ตามลำดับ

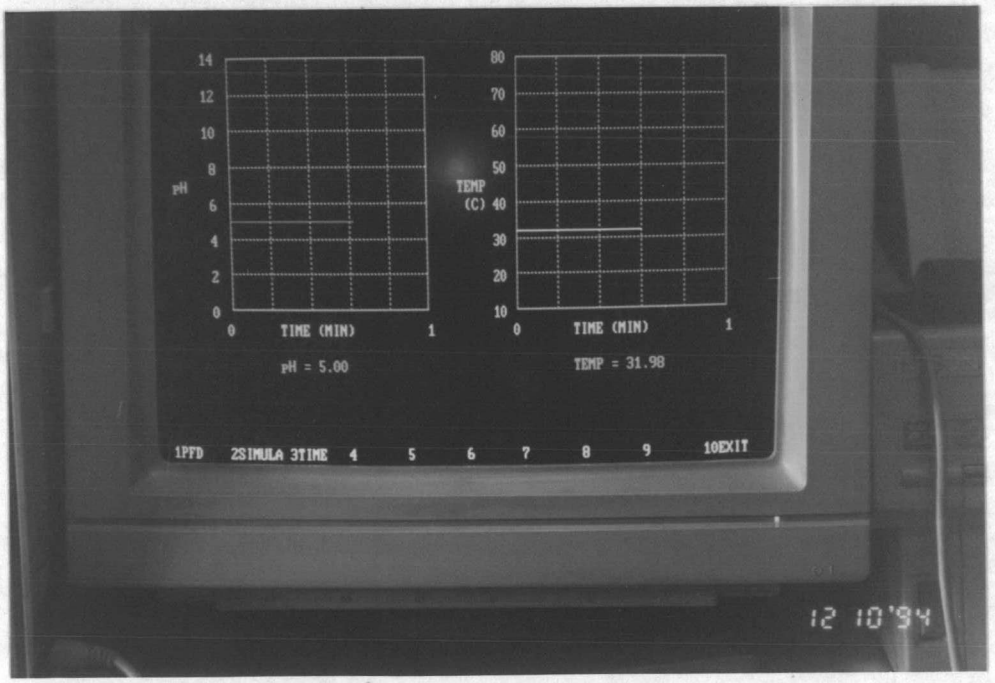
<F3> สำหรับเปลี่ยนค่าแกนเวลา

<F10> เลิกการทำงาน

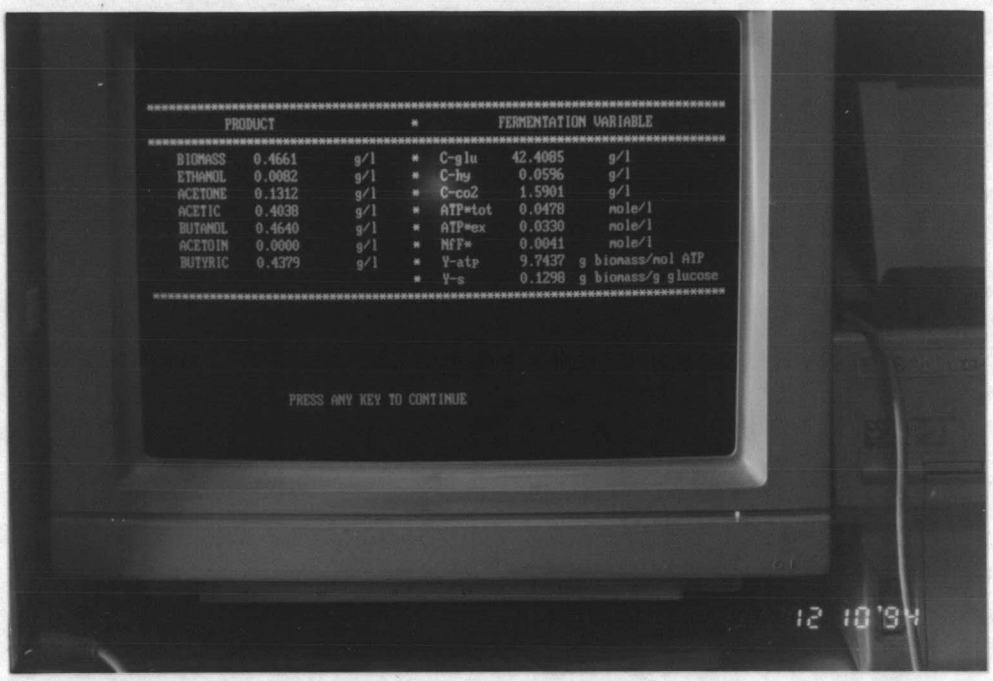
รูปที่ 13 เมนูหลัก



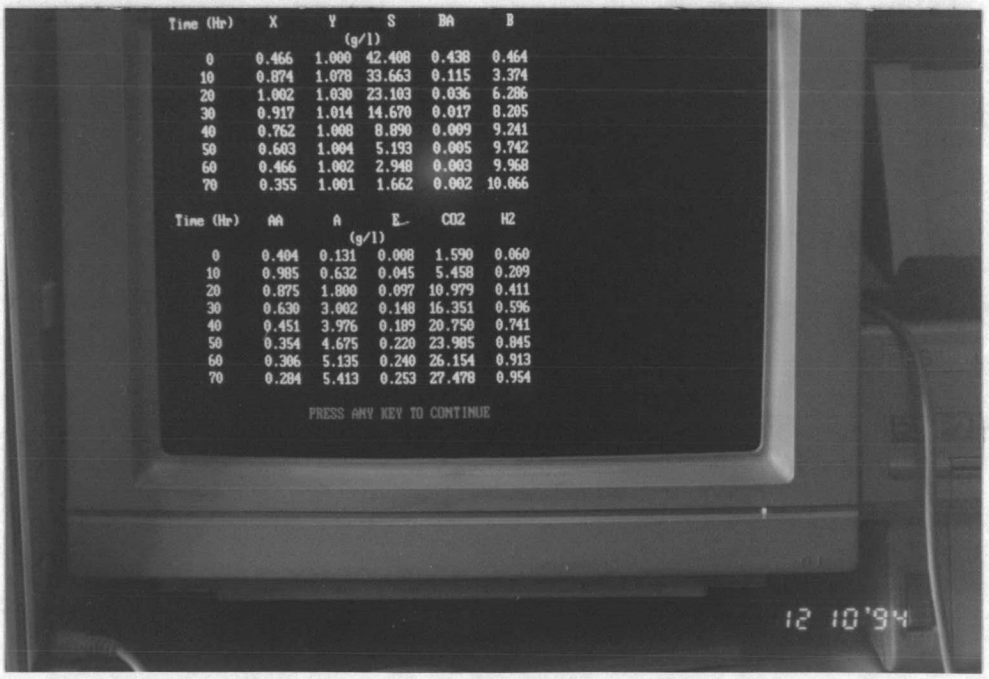
รูปที่ 14 ผังของระบบกระบวนการหมัก



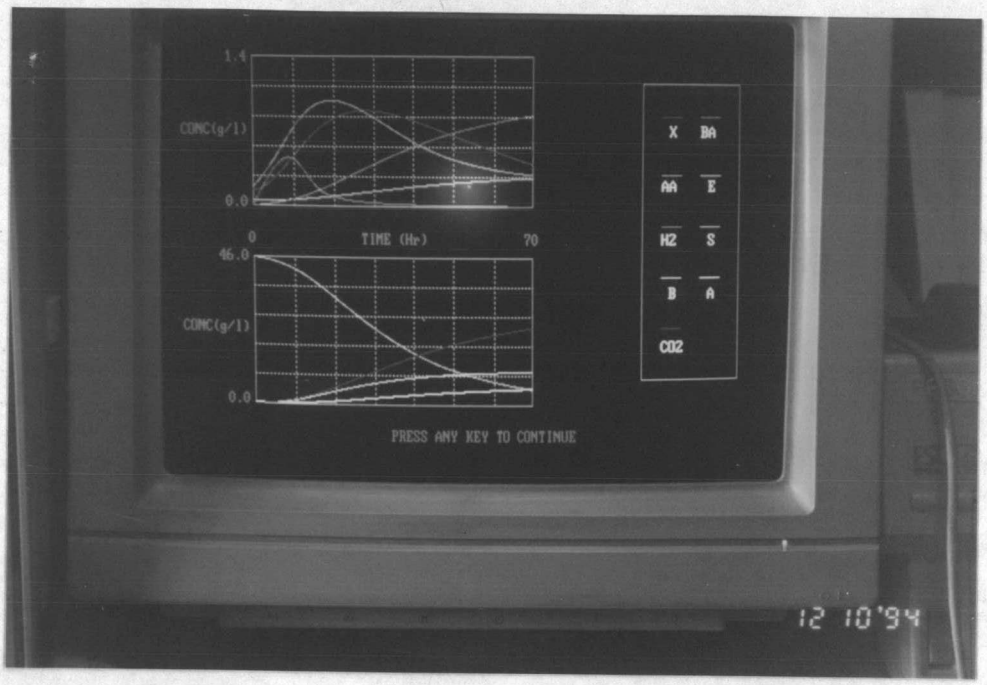
รูปที่ 15 การติดตามตัวแปรสถานะแบบออนไลน์



รูปที่ 16 ผลของข้อมูลที่ได้จากเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ



รูปที่ 17 ผลการทำนายการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ในรูปตาราง



รูปที่ 18 ผลการทำนายการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ในรูปกราฟ