บทที่3

การทดลอง

<u>อุปกรณ์</u>

<u>อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และความเร็วลม</u>

เครื่องวัดความเร็วลม (DIGICON, DA43) (หน่วย m/scc หรือ ft/scc)

เทอร์โมมิเตอร์ 0 – 200 องศาเซลเซียส จำนวน 4 อัน สำหรับใช้วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และกระเปาะเปียกของทั้งอากาศขาเข้า (ambient air) และ อากาศขาออกจากเครื่องทำแห้ง (exhaust air)

เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิอากาศ (DIGITAL RH/TEMPERATURE METER, DIGICON, DM-750)(ช่วงการวัด 40 – 100 celcius , 5 – 95 % RH)

เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศ(กระเปาะแห้ง) (DIGITAL THERMOMETER, UNOIN, MODEL 305) (ช่วงการวัด - 50 – 1300 celcius, resolution 0.1 celcius) โดยใช้เทอร์โมคัพเพิลชนิด medel ST-23S element CA(K) ที่วัดอุณหภูมิได้สูงสุด 300 celcius

<u>อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาความชื้นของน้ำตาลทรายเปียกก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง</u>

ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นของน้ำตาลทรายในห้องปฏิบัติการของฝ่ายควบคุมคุณภาพในโรงงานที่มีรายละเอียดของเครื่องมือดังต่อไปนี้ เพื่อตรวจหาความชื้นในทันทีที่เก็บตัวอย่างได้

<u>เครื่องมือ</u> ประกอบด้วย

<u>ส่วนที่1</u> หน่วยให้ความร้อน SARTORIUS THERMO CONTROL
(ยี่ห้อ SARTORIUS) รุ่น YTC01L

<u>ส่วนที่2</u> เครื่องชั่งน้ำหนัก SARTORIUS BASIC (ยี่ห้อ SARTORIUS)
รุ่น B310P พิกัด 310 กรัม

<u>อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาค่า PARTICLE SIZE DISTRIBUTION</u>

<u>สำหรับตะแกรงร่อนที่ใช้นั้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้</u>

ตะแกรงร่อน ใช้ Laboratory Test Sieve ASTM E:11 ที่ผลิตโดยบริษัท
ENDECOTTS,LTD. LONDON ENGLAND
(หมายเลขทะเบียนสิทธิบัตร,PAT. NO. 667924)

ตารางแสดงรายละเอียดของตะแกรงร่อน

อันที่	Aperture(ขนาดรู)	Mesh no.	Frame material	Mesh material	Serial no.
1	1.70 mm.	12	brass	brass	26115
2	1.40 mm.	11	brass	brass	35435
3	1.00 mm.	18	brass	brass	247266
4	850 nm.	20	brass	brass	228184
5	710 nm.	25	brass	brass	240843
6	600 nm.	30	brass	brass	241882
7	500 nm.	35	brass	brass	247049
8	300 nm.	50	brass	P/BRONZE	241426
9	150 nm.	100	brass	P/BRONZE	232982
10	75 nm.	200	brass	P/BRONZE	237695

อุปกรณ์ที่ใช้วัดขนาดเครื่องทำแห้ง

สายวัดแบบตลับเมตร ยาว 20 เมตร

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมและจำลองการทำแห้ง

Hardware

คอมพิวเตอร์ เพนเทียม 120 MHz RAM 16 MB. HDD 2.1 GB.

Software

โปรแกรมระบบปฏิบัติการวินโดส์ 95

โปรแกรมคอมไพเลอร์ภาษา C++ บอรร์แลนด์ C++ เวอร์ชัน 5.0

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการทำแห้งจากเครื่องทำแห้งชนิด shelf dryer

3.1.1.ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการทำแห้งจากเครื่องทำแห้งชนิด shelf dryer

เก็บข้อมูลสภาวะการทำแห้งน้ำตาลทรายขาวธรรมดาของเครื่องทำแห้งแบบshelf dryer ณ โรงงานผลิตน้ำตาลทราย บริษัท น้ำตาลท่ามะกา จำกัด อ.ท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี เป็นจำนวนสองครั้งเพื่อความสมบูรณ์และถูกต้องของข้อมูล เก็บข้อมูลทุกๆครึ่งชั่วโมงอย่างต่อเนื่องโดยเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องให้นานที่สุดในทางปฏิบัติคือ 24 ชั่วโมง เพื่อนำเซตของข้อมูลสภาวะการทำแห้งเหล่านั้น(ทั้ง input และ output)มาสร้างแบบจำลองของระบบการทำแห้ง ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่ใช้ในส่วนฐานความรู้(knowledge base) ของตัวโปรแกรมการควบคุม_โดยเก็บค่าของตัวแปรต่างๆที่จะส่งผลกระทบต่อระดับความชื้นของน้ำตาลทรายขาออกซึ่งเป็นตัวแปรที่ต้องการควบคุม

ข้อมูลต่างๆที่เก็บบันทึก

1.ความชื้นของน้ำตาลเปียกก่อนเข้าเครื่องทำแห้ง

2.ความชื้นของน้ำตาลแห้งที่ออกมาจากเครื่องทำแห้ง

3.ความชื้นและอุณหภูมิของอากาศเข้าและออก (ใช้การวัด dry bulb. และ wet bulb. temperature) และการวัด %RH ด้วยเครื่องมือวัดความชื้นอุณหภูมิและความดันของไอน้ำที่ใช้

4.อุณหภูมิภายในเครื่องที่ความสูงระดับต่างๆจากพื้นโรงงาน

5.particle size distribution และความแปรปรวนของขนาดเม็ดน้ำตาลทราย

6.รวมทั้งข้อมูลต่างๆของตัวเครื่องที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณเช่น พื้นที่หน้าตัดและอัตราความเร็วในการดูดอากาศของท่อนำอากาศเข้า รวมทั้งมิติ(dimension)ของเครื่อง

7.สอบถามสมการทางคณิตศาสตร์ของระบบเครื่องควบคุมแบบ PI ที่โรงงานใช้อยู่เดิม

3.1.1.1การทดลองวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และความเร็วลม

กระทำการวัดค่าทั้งสามค่าดังกล่าว ของทั้งอากาศขาเข้า (ambient air) และ อากาศขาออกจากเครื่องทำแห้ง (exhaust air)

3.1.1.1.1 การวัดความเร็วลม

กระทำโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม (DIGICON, DA43) วัดโดยให้อยู่ในตำแหน่งขวางทางลมไว้จนค่าที่อ่านได้มีค่าคงที่

3.1.1.1.2 การวัดอุณหภูมิอากาศ

ใช้สองวิธี ทั้งเทอร์โมมิเตอร์และเครื่องมือวัดแบบดิจิตอลที่ต่อกับเทอร์โมคัพเพิลเพื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากอุปกรณ์ทั้งสองชนิด

I17986576

3.1.1.1.3 การวัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศ

ใช้สองวิธีคือ เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิอากาศแบบดิจิตอลเพื่อวัดค่า เปรียบเทียบกับผลที่อ่านได้จาก psychrometric chart เมื่อใช้วิธีวัดค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งกระเปาะเปียก จากเทอร์โมมิเตอร์

3.1.1.2 การทดลองหาความชื้นของน้ำตาลทรายเปียกก่อนเข้าเครื่องอบแห้งและน้ำตาลทรายแห้งขาออก

3.1.1.2.1เก็บตัวอย่างน้ำตาลทรายเปียกจากรางขนส่งก่อนถูกกะพ้อตักขึ้นไปป้อนเข้าเครื่องทำแห้ง

3.1.1.2.2 เก็บตัวอย่างน้ำตาลแห้งก่อนไหลลงบัฟเฟอร์ฮอพเปอร์บรรจุน้ำตาลแห้งหลังจากผ่านออกมาจากเครื่องทำแห้ง

3.1.1.2.3 นำไปวิเคราะห์หาค่าความชื้นในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีที่พัฒนามาจากวิธีการหาค่าความชื้นของ AOAC ดังแสดงไว้ในภาคผนวก โดยใช้เครื่องหาความชื้น ที่ประกอบด้วยหน่วยให้ความร้อน SARTORIUS THERMO CONTROL (ยี่ห้อ SARTORIUS) รุ่น YTC01L และหน่วยชั่งน้ำหนัก SARTORIUS BASIC (ยี่ห้อ SARTORIUS) รุ่น B310P พิกัด 310 กรัม เครื่องหาความชื้นที่ calibrate เครื่องไว้แล้วโดยฝ่ายควบคุมคุณภาพของโรงงานจะอบตัวอย่างน้ำตาลหาน้ำหนักของน้ำที่มีอยู่ในตัวอย่างและจะคำนวณแสดงค่าความชื้นออกมาบนจอแสดงผลโดยอัตโนมัติ

3.1.1.3 การหาค่า PARTICLE SIZE DISTRIBUTION และความแปรปรวนของขนาดเม็ด

ตัวอย่างน้ำตาลที่เก็บมาทุกตัวอย่าง นอกจากจะนำมาหาค่าความชื้นแล้วจะแบ่งตัวอย่างส่วนหนึ่งไว้เพื่อใช้หาค่า particle size distribution เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาค(ขนาดเม็ดของน้ำตาล)และความแปรปรวนของขนาดเม็ดน้ำตาลที่จะมีผลต่อสภาวะการทำแห้งน้ำตาลทรายในภายหลัง โดยใช้ Laboratory Test Sieve ASTM E:11 ในการร่อนเพื่อแยกขนาด

แต่เนื่องจากการทดลองหาขนาด particle size distribution ต้องใช้เวลามากและการเก็บตัวอย่างน้ำตาลต้องกระทำทุก 30 นาที ทำให้ไม่สามารถกระทำการหาค่าparticle size distribution ได้ทันกับตัวอย่างที่นำมา ดังนั้นช่วงหลังจึงใช้วิธีชั่งเก็บตัวอย่างใส่ถุงพลาสติกไว้ก่อนแล้วจึงค่อยนำมาหาค่าการกระจายของขนาดอนุภาคในโอกาสต่อไป

ขั้นตอนการหาค่าการกระจายของขนาดอนุภาคและค่าความแปรปรวนของขนาดเม็ดน้ำตาลแสดงไว้ในภาคผนวก

3.1.1.4 อุณหภูมิที่ระดับต่างๆของเครื่องทำแห้ง

ใช้การอ่านอุณหภูมิในหน่วยของศาเซลเซียสจากมาตรวัดอุณหภูมิแบบที่อาศัยหลักการขยายตัวของโลหะสองชนิด ที่ติดตั้งอยู่ที่ตัวถังของเครื่องทำแห้ง

3.2.การนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาโปรแกรมสำหรับควบคุมกระบวนการทำแห้งด้วยภาษา C / C++

3.2.1 นำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยวิธีอนุกรมเวลา (time series analysis) โดยการวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (cross correlation coefficient)

ข้อมูลที่เก็บมาเหล่านี้เป็นข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาโดยข้อมูลทุกๆจุดเก็บมาด้วยระยะเวลาเท่าๆกันทุกๆครึ่งชั่วโมงซึ่งมีลักษณะของข้อมูลเป็นอนุกรมเวลา (Time Series)ซึ่งสามารถวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลา การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยอนุกรมเวลา นั้นมีหลายวิธีตามแต่กรณีในที่นี้ใช้ Cross Correlation Function (CCF)(Box and Jenkins,1976)ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ time series 2 ชุด โดยจะหาความเกี่ยวข้องกันระหว่างข้อมูลแต่ละชุดหรือแต่ละตัวแปร เพื่อหาขนาดความสัมพันธ์ และค่า lag time

นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความชื้นในน้ำตาลขาออกกับตัวแปรอื่นๆที่เหลือทั้งหมด และความสัมพันธ์ระหว่างกันของตัวแปรต่างๆด้วย โดยมีหลักการคำนวณ(Box and Jenkins,1976) หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง ข้อมูลแบบ time series คู่หนึ่งๆดังแสดงไว้ในภาคผนวก

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะพิจารณาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาของตัวแปรที่เป็นตัวแปรขาเข้าต่างๆ ถึงผลที่จะมีต่อตัวแปรขาออกต่างๆโดยวิเคราะห์จากตัวแปรต่างๆดังนี้

3.2.1.1ตัวแปรขาเข้าที่ปรับค่าได้(ถ้าต้องการ)

3.2.1.1.1 พลังงานความร้อนที่ให้แก่เครื่องทำแห้ง ได้แก่ อุณหภูมิและความดันของไอน้ำ

3.2.1.2 ตัวแปรขาเข้าที่ถือเป็นสิ่งรบกวนหรือภาระให้กับระบบ

3.2.1.2.1 อุณหภูมิอากาศภายนอกที่ไหลเข้าเครื่องทำแห้ง

3.2.1.2.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกที่ไหลเข้าเครื่องทำแห้ง

3.2.1.2.3 ความชื้นของน้ำตาลเปียกขาเข้า

3.2.1.2.4 ค่าความแปรปรวนของขนาดเม็ดน้ำตาลทราย (C.V.)

3.2.1.2.5 ขนาดเฉลี่ยที่ 50% สะสมของเม็ดน้ำตาลทราย

3.2.1.3 ตัวแปรขาออก และตัวแปรที่ต้องการจะควบคุม

3.2.1.3.1 อุณหภูมิของอากาศที่ไหลออกจากเครื่องทำแห้ง

3.2.1.3.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ไหลออกจากเครื่องทำแห้ง

3.2.1.3.3 ความชื้นของน้ำตาลทรายแห้งขาออก

3.2.1.3 ตัวแปรที่แสดงสภาวะภายในเครื่องทำแห้ง

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันระหว่างตัวแปรเหล่านี้(ตำแหน่งของจุดที่ใช้ในการเก็บข้อมูลจากเครื่องอยู่ในภาคผนวก)

3.2.1.3.1 อุณหภูมิที่ระดับล่างของเครื่องทำแห้ง

3.2.1.3.2 อุณหภูมิที่ระดับกลางของเครื่องทำแห้ง

3.2.1.3.3 อุณหภูมิที่ระดับบนของเครื่องทำแห้ง

3.2.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องทำแห้ง

สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องทำแห้งขึ้น เพื่อใช้ทดสอบผลการควบคุมโดย fuzzy logic model ที่สร้างขึ้นโดยจะสร้างขึ้นจากสมดุลมวลและพลังงาน ตามทฤษฎีในเบื้องต้นดังแสดงรายละเอียดในบทที่ 6

3.2.3 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก

ในขั้นนี้มีเป้าหมายเพื่อ สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากเครื่องทำแห้ง โดยอาจกำหนดชุดของกฎควบคุมระหว่างตัวแปรขาเข้า ที่เป็นตัวแปรวัดได้ค่าหนึ่งๆ(เช่น %RH อากาศขาเข้า) กับตัวแปรควบคุมขาออก (คือปริมาณไอน้ำซึ่งกำหนดปริมาณค่าความร้อน Q ที่จะป้อนเข้าไปในระบบ) ทำการสร้างชุดของกฎควบคุมหลายๆชุดโดยแต่ละชุดแทนการคำนวณผลตัวแปรควบคุมขาออกที่ได้จากผลกระทบของตัวแปรต่างๆ

จากนั้นเมื่อได้ผลการควบคุมจากการคำนวณของกฎแต่ละชุดแล้วนำมาหา center of mass อีกครั้งเพื่อสรุปค่าตัวแปรควบคุมขาออกสุดท้ายโดยดูจากน้ำหนัก(weighing)ของตัวแปรขาเข้าแต่ละตัวที่จะมีผลกับระดับอุณหภูมิของเครื่องทำแห้ง ทั้งนี้การให้ความสำคัญของตัวแปรขาเข้าแต่ละตัวดูจาก amplitude ของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากตัวแปรนั้นๆต่อระดับความชื้นของน้ำตาลทรายขาออกซึ่งทราบได้จากการวิเคราะห์หา cross correlation coefficient ในข้อ 2.2 (ซึ่งจะบอกค่า lag of time ที่ผลกระทบจากตัวแปรขาเข้าจะเกิดขึ้นในระบบด้วย)

3.2.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการควบคุมแบบ PI

เพื่อเปรียบเทียบผลการควบคุมกับการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก จึงตรวจสอบกับทางโรงงานที่ใช้เป็นสถานที่เก็บข้อมูลพบว่า สมการการควบคุมแบบ PI ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันสำหรับควบคุมเครื่องทำแห้งที่ใช้ศึกษา มีลักษณะสมการดังนี้

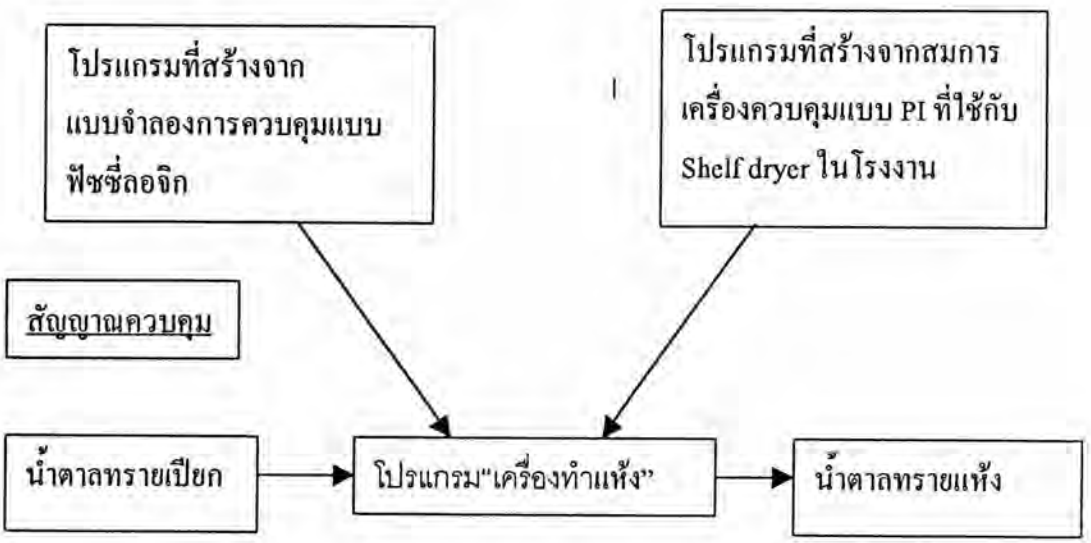
$$MV = KP \cdot DV. + \frac{1}{\tau_I}\int_0^T DV\,\frac{dv}{dt} + \tau_d \frac{dDV}{dt}$$

โดยทางโรงงานได้เซ็ตค่าต่างๆไว้ได้แก่ KP = 1.5, τ_I = 1500, และ τ_d = 0 ตามลำดับ

3.3 <u>แนวการทำงานเบื้องต้นของโปรแกรมเครื่องทำแห้ง</u>

3.3.1 <u>วางผังงานเบื้องต้น (flow chart) ของโปรแกรมระบบควบคุมเครื่องทำแห้ง</u>

โปรแกรมระบบควบคุมเครื่องทำแห้งประกอบด้วยส่วนของโปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องทำแห้งจากข้อ 3.2.2 และ โปรแกรมเครื่องควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกจากข้อ 3.2.3 ซึ่งโปรแกรมที่เขียนขึ้นจะมีลักษณะการทำงานดังรูป



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของโปรแกรมจำลองการทำงานของระบบควบคุมเครื่องทำแห้ง

<u>สิ่งที่ต้องการควบคุม</u> : Dryer Temperatvre

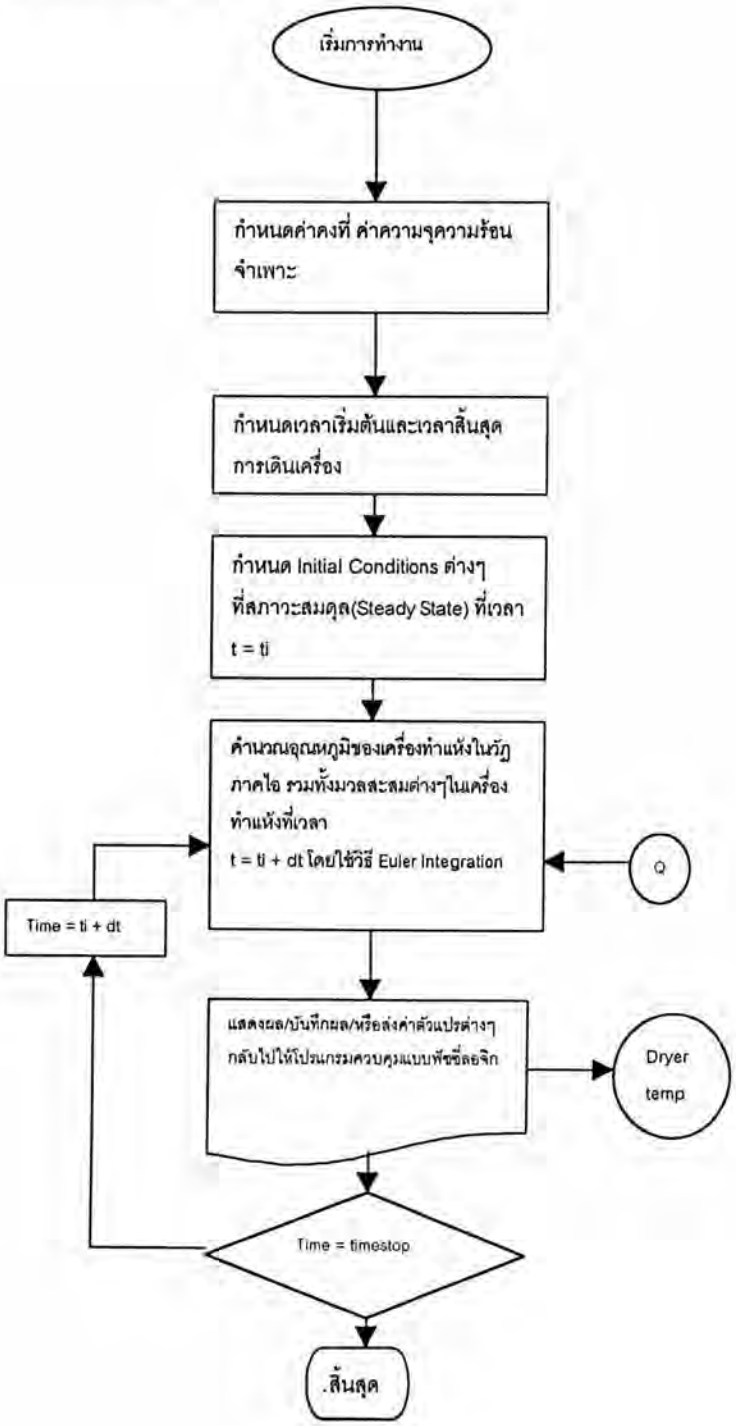
<u>สิ่งที่ควบคุมได้</u>: ความร้อนที่ให้กับระบบ (Q)

<u>ผลที่ต้องการ</u> : Dryer Temperatvre = Temperatvre at set point

ดังนั้นระดับความชื้นในน้ำตาลทรายขาออกมีค่าตามต้องการ

<u>เหตุผล</u> การที่ต้องการควบคุมระดับอุณหภูมิของเครื่องทำแห้ง เพราะค่าความชื้นที่เหลือในน้ำตาลทรายขาออก จะได้รับผลกระทบจากระดับอุณหภูมิของเครื่องทำแห้ง จากความคิดรวบยอดในการออกแบบลักษณะการทำงานข้างต้น จึงแบ่งการทำงานทั้งหมดในทางทฤษฎีออกเป็นส่วนย่อยได้แก่ โปรแกรมเครื่องทำแห้ง โปรแกรมเครื่องควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก และโปรแกรมเครื่องควบคุมแบบ PI ซึ่งในส่วนของสองโปรแกรมแรก มีผังงาน รวมทั้งขั้นตอนการทำงานดังนี้

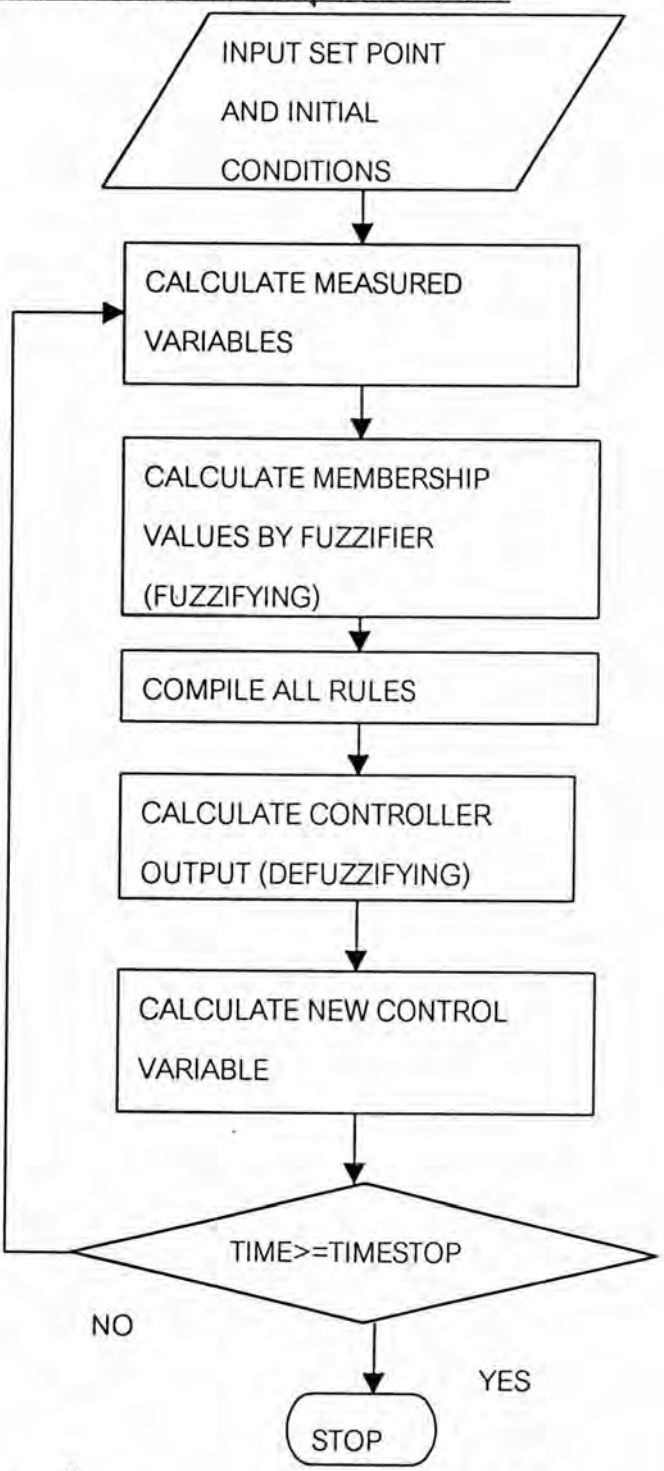
3.3.1.1 <u>ผังงานของโปรแกรมตัวแทนเครื่องทำแห้ง</u>



รูปที่ 3.2 ผังงานของโปรแกรมตัวแทนเครื่องทำแห้ง

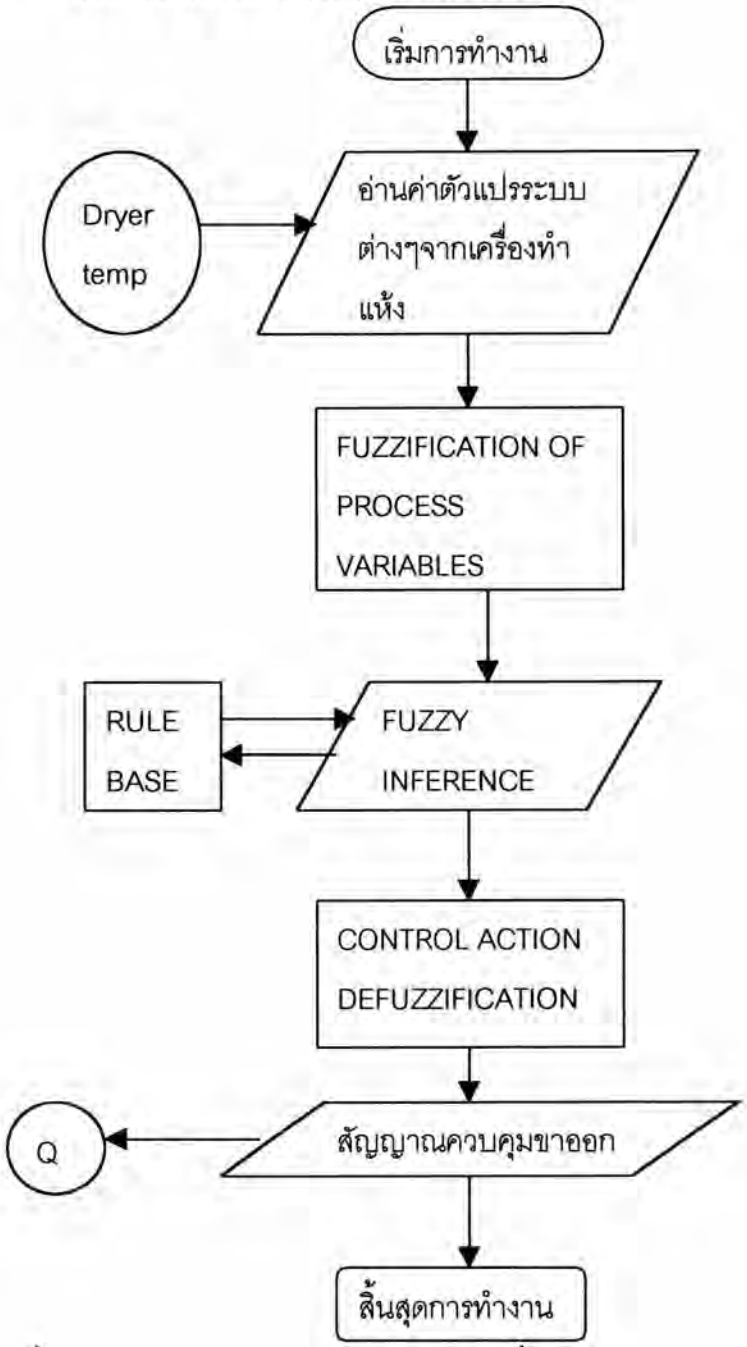
3.3.1.2 ลำดับขั้นการทำงานของเครื่องควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกและ Flow chart ของเครื่องควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก

3.3.1.2.1 ลำดับขั้นการทำงานของเครื่องควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก



รูปที่ 3.3 ลำดับขั้นการทำงานของเครื่องควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก

3.3.1.2.2 ผังงานของโปรแกรมควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก



รูปที่ 3.4 ผังงานของโปรแกรมควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก

3.3.2. เขียนซอร์สโค้ดโดยใช้โปรแกรมคอมไพเลอร์ Borland C++ 5.0 แล้วทดสอบการทำงานของโปรแกรมที่เขียนขึ้น เพื่อดีบัก และจำลองผล (simulate) การควบคุมเครื่องทำแห้งด้วยระบบควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก เทียบกับระบบการควบคุมแบบ PI โดยพิจารณาเปรียบเทียบค่า rise time และ overshoot จากกราฟผลการควบคุมที่ได้จากเครื่องควบคุมแต่ละแบบ