ระบบควบคุมและตรวจสอบขบวนการผลิต

Process Data Monitoring and Control System

วุฒิชัย สิทธิอัฐกร *
เอก ไชยสวัสดิ์ *
ฉัตรชัย เจริญพร **
ยุทธนา ลีลาศวัฒนกุล **
สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์ **

บทคัดย่อ

ระบบควบคุมและตรวจสอบขบวนการผลิตเป็นระบบพัฒนาโดยการเขียนโปรแกรมภาษาซีแล้วแปลงให้เป็นภาษาเครื่องใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ประเภท IBM PC Comatible เพื่อให้ไมโครคอมพิวเตอร์ทำงานเป็นตัวควบคุมและคิดตามตรวจสอบตัวแปรในขบวนการผลิต โดยสามารถรับสัญญาณแบบอนาลอกได้ 16 ช่องสัญญาณ ส่งสัญญาณแบบอนาลอก ได้ 4 ช่อง สัญญาณและแบบดิจิตอล ได้ 8 ช่องทาง การแสดงผลสามารถแสดงผลได้ในแบบตัวเลขและสามารถเลือกตัวแปรมาแสดงผลในแบบกราฟเส้นได้ ซึ่งการพัฒนาระบบนี้ ทำให้สามารถนำไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้งานในระบบควบคุมได้อย่างกว้างขวาง และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

Abstract

The Process Data Monitoring and Control System is developed by using C Language on IBM PC compatible microcomputer. The program is compiled to machine code. The system is designed to function as a process controller and can monitor variables in the process as well. In this system, There are 16 analog inputs, 4 analog outputs and 8 digital outputs. The system variables can be displayed in numerical form or line graph form. The development can assist theapplication of microcomputer in control system wider and more efficient way.

---

*อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุมและเครื่องมือวัด
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
**นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

1. บทนำ

ปัจจุบันได้มีการประยุกต์นำไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้งาน ในหลายรูปแบบ โดยการเขียนโปรแกรม เพื่อจัดระบบให้ไมโครคอมพิวเตอร์ทำงานตามที่กำหนด ซึ่งการนำไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้งานในระบบควบคุมขบวนการผลิต ก็สามารถทำได้เช่นเดียวกัน โดยจะเขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์ มีหน้าที่เป็นตัวควบคุม (Controller) และเนื่องจากในขบวนการผลิตมีตัวแปรอยู่มากมาย ซึ่งตัวแปรบางตัวอาจจะต้องมีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังนั้นนอกจาก จะใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม แล้วยังต้องให้ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจสอบและเก็บข้อมูลของตัวแปรในขบวนการผลิตอีกด้วย ประกอบกับการพัฒนาของระบบไมโครคอมพิวเตอร์มีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก แต่ในด้านราคากลับมีราคาถูกลง ทำให้สามารถนำเอาไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้งานในระบบควบคุมได้ อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มกับการลงทุน เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรม ในประเทศที่มีการนำเอาระบบควบคุมอัตโนมัติมาใช้ ให้มีความก้าวหน้า และประหยัดเงินตราที่สูญเสียในการซื้อเทคโนโลยีจากต่างประเทศมาใช้

2. ทฤษฎี

2.1 การควบคุมแบบ PID

Digital PID เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งมีคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม วิธีนี้ได้ดัดแปลงสมการมาจากวิธีการที่เรียกว่า Analog PID Control อีกทีหนึ่ง ซึ่งสมการของ Analog PID Control คือ

$$m(t) = \frac{100}{PB}\left[\frac{1}{T_i}\int e(t)\,d(t) + e(t) + T_D\frac{de(t)}{dt}\right]$$

โดยที่ PB = Proportional Band

T_I = Integral Time

T_D = Derivative Time

m(t) = Output

e(t) = Diviation

และสามารถทำให้อยู่ในรูปของ Laplace transform ได้คือ

$$M(s) = \frac{100}{PB}\left(\frac{1}{T_I s} + 1 + T_D s\right) E(s)$$

s = Laplacian Operator

M(s) = Laplace transform of m(t)

E(s) = Laplace transform of e(t)

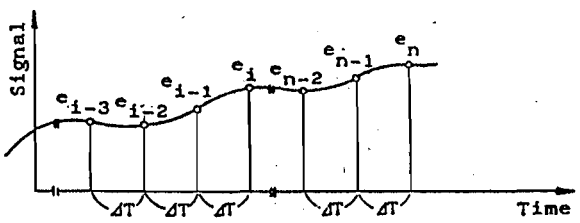
โดยสามารถเขียนสมการของ Analog PID ให้อยู่ในรูป Digital PID คือ

$$m_n = \frac{100}{PB}\{(e_n - e_{n-1}) + \frac{\Delta T}{T_I} e_n + \frac{T_D}{\Delta T}(e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2})\}$$

โดย ΔT = Sampling period

e_n = deviation อันดับที่ n

m_n = Digital Output



รูปที่ 1 แสดงการสุ่มข้อมูล

การเลือก Sampling Period

คาบเวลาในการสุ่มข้อมูล (Sampling Period) ของ e_n ในอันดับต่าง ๆ นั้นจำเป็นที่จะกำหนดให้เหมาะสมกับชนิดของขบวนการ แต่ละชนิดว่าต้องการความไวในการควบคุมมากน้อยเพียงไร Sampling period (ΔT) จากทฤษฎีของการสุ่มข้อมูล นั้นกำหนดไว้ว่า

$$\Delta T < \frac{T_m}{2}$$

เมื่อ T_m คือคาบที่สั้นที่สุดของสัญญาณข้อมูลต่อเนื่อง แต่ในทางปฏิบัติจะกำหนดให้ค่า Sampling Period นั้นต่ำกว่านี้คือ

$$\Delta T \approx \frac{T_m}{5} \text{ หรือ } \frac{T_m}{6}$$

หรือ

$$\Delta T < \frac{T_p}{10}$$

T_p คือ Time Constant ของ Process

2.2 การควบคุมแบบ On-off Control

สัญญาณขาออกของสัญญาณควบคุม มีเพียงสองสถานะ คือ เปิด (on) กับ ปิด (off) สัญญาณนี้ จะทำให้ตัวปรับโปรเซสทำงานเต็มที่ (on) หรือหยุดทำงาน (off) อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น

ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณเอ้าท์พุท (MV) กับสัญญาณอินพุท (PV) ที่ค่าเป้าหมาย (SP) ค่าหนึ่งค่าใดแสดงได้ดังนี้

MV = On เมื่อ PV < SP

MV = Off เมื่อ PV > SP

3. รายละเอียดของระบบ

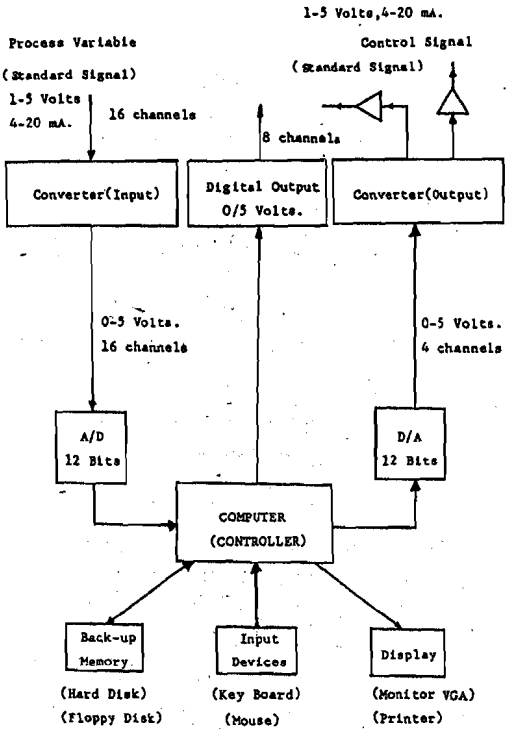
ระบบแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ

3.1 ส่วนควบคุม จะเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม (Controller) โดยมีสมการการควบคุมแบบ PID 4 ช่องสัญญาณ และแบบ on-off 8 ช่องสัญญาณ

3.2 ส่วนตรวจสอบตัวแปรและแสดงผล จะเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ รับข้อมูลจากตัวแปรที่กำหนดมาแสดงผลทางจอภาพ ทั้งในแบบตัวเลขและแสดงผลต่อเนื่องในแบบกราฟเส้นอีกทั้งยังสามารถเก็บค่าตัวแปรที่กำหนดไว้ในหน่วยความจำสำรองได้ด้วย และสามารถพิมพ์กราฟออกทางเครื่องพิมพ์ได้

3.3 ส่วน Input และ Output ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลอนาลอก 16 ช่องสัญญาณ โดยรับค่าเป็นสัญญาณมาตรฐาน 1-5 V หรือ 4 - 20 mA ส่งข้อมูล แบบอนาลอก ได้ 4 ช่องสัญญาณ โดยส่งเป็นสัญญาณมาตรฐานได้ ในแบบ 1-5 V หรือ 4-20 mA และส่งข้อมูล แบบดิจิตอล ได้ 8 ช่องสัญญาณในแบบ TTL Logic

3.4 ส่วนเก็บสำรองข้อมูล ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมและไฟล์ที่ถูกเขียนจากโปรแกรม Write Word เพื่อใช้ในการจัดการระบบ



รูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบของระบบ

4. คุณลักษะของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้

ใช้ได้กับระบบคอมพิวเตอร์ แบบ IBM PC Compatible

4.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) แบบ Intel 80386 SX ความเร็วของสัญญาณนาฬิกา ไม่น้อยกว่า 25 MHz หรือแบบที่ดีกว่า

4.2 มีหน่วยความจำหลักไม่น้อยกว่า 640 KB

4.3 มีหน่วยความจำสำรอง แบบ Floppy Disk ขนาด 5 1/4 นิ้ว ความจุ 1.2 MB หรือขนาด 3 1/2 นิ้ว ความจุ 1.44 MB และสามารถใช้กับ Hard Disk ได้ (ใช้เก็บโปรแกรมใช้งานหลัก และโปรแกรมที่เขียนขึ้นจากโปรแกรม Write word)

4.4 มีจอแสดงผลแบบ VGA

4.5 มีแป้นพิมพ์

4.6 สามารถต่อเข้ากับเครื่องพิมพ์แบบจุดได้ (Impact Dot Matrix)

5. รายละเอียดของโปรแกรม

เป็นโปรแกรมที่เขียนโดยภาษาซี แล้วนำมาแปลงให้เป็นภาษาเครื่อง โดยใช้โปรแกรม turbo-C Compiler สามารถแบ่งส่วนการทำงานของโปรแกรมได้เป็น 4 ส่วนคือ

5.1 โปรแกรมหลัก เป็นโปรแกรมที่กำหนดค่าเริ่มต้นต่าง ๆ ของระบบและนำโปรแกรมย่อยต่าง ๆ มาเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน มีการทำงานของโปรแกรมเป็นแบบวงรอบ (Loop) ซึ่งในแต่ละรอบของการทำงานจะถูกกำหนดเวลา Sampling Rate โดยใช้ค่าจากวงจรเวลาจริง (Real Time Clock) ของไมโครคอมพิวเตอร์ ดังนั้น ในแต่ละรอบของการทำงานของโปรแกรมทั้งหมดจะต้องใช้เวลาน้อยกว่า Sampling Rate ที่ตั้งไว้ในตอนเริ่มโปรแกรม

5.2 โปรแกรม Write Word เป็นโปรแกรมประเภทเอดิเตอร์ (Editor) ที่ใช้ในการเลือกและเรียงลำดับฟังก์ชั่นต่าง ๆ เพื่อใช้ในโปรแกรมหลักให้เป็นไปตามความต้องการ ซึ่งฟังก์ชั่นเหล่านี้จะถูกเขียนไว้ในลักษณะของโปรแกรมย่อย

5.3 ฟังก์ชั่นซึ่งเป็นโปรแกรมย่อยแบ่งออกได้เป็น 8 ฟังก์ชั่น คือ

5.3.1 Input

ฟังก์ชั่นควบคุมการทำงาน และกำหนดชนิดและลักษณะของสัญญาณ Input ที่จะนำมาใช้ในโปรแกรม ซึ่งสามารถรับได้ 16 ช่องสัญญาณ

5.3.2 Hight Select Switch (HSS)

ฟังก์ชั่นควบคุมสัญญาณอินพุทสำหรับสัญญาณอินพุทพิเศษสำหรับตัวควบคุมที่ต้องการเลือกค่าสัญญาณอินพุทที่มีค่าสูงสุดเป็น Process Variable ของตัวควบคุม HSS มีจำนวนฟังก์ชั่นสูงสุดรวม 5 ชุด ในแต่ละชุดสามารถกำหนดสัญญาณ Input ที่รับได้สูงสุด 5 ช่องสัญญาณ

5.3.3 Low Select Switch (LSS)

ฟังก์ชั่นควบคุมสัญญาณ Input สำหรับสัญญาณ Input พิเศษสำหรับตัวควบคุมที่ต้องการเลือกค่าสัญญาณ Input ที่มีค่าต่ำสุดเป็น Process Variable ของตัวควบคุม HSS มีจำนวนฟังก์ชั่นสูงสุดรวม 5 ชุด ในแต่ละชุดสามารถกำหนดสัญญาณ Input ที่รับได้สูงสุด 5 ช่องสัญญาณ

5.3.4 Average (AVER)

ฟังก์ชั่นควบคุมการทำงานของสัญญาณ Input สำหรับสัญญาณ Input พิเศษของตัวควบคุม โดย AVER จะเฉลี่ยค่าสัญญาณ Input ที่รับเข้ามาส่งให้กับตัวควบคุม AVER มีจำนวนฟังก์ชั่นสูงสุดรวม 5 ชุด ในแต่ละชุดสามารถกำหนดสัญญาณ Input ที่รับได้สูงสุด 5 ช่องสัญญาณ

5.3.5 Basic PID Controller

ฟังก์ชั่นควบคุมการทำงานของตัวควบคุมแบบ PID Action มีจำนวนฟังก์ชั่นใช้งานได้สูงสุดจำนวน 4 ชุด และในแต่ละชุดยังสามารถปรับค่าตัวแปรในการควบคุมได้อย่างเป็นอิสระต่อกัน

5.3.6 Manaul Controller

มีลักษณะฟังก์ชั่นเช่นเดียวกับฟังก์ชั่น Basic PID Controller ทุกอย่าง แต่การทำงานเริ่มต้นของตัวควบคุมเป็นแบบ Manaul Control โดยรับค่าสัญญาณควบคุมจากคีย์บอร์ด

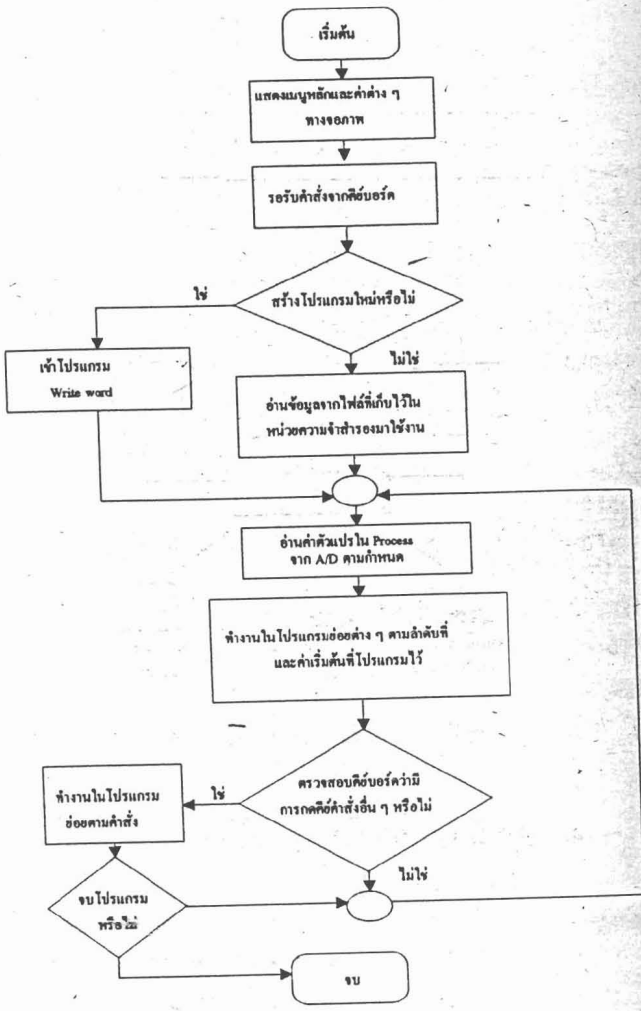
5.3.7 ฟังก์ชั่นกำหนดตัวควบคุมแบบเปิด-ปิด

5.3.8 Sampling Rate

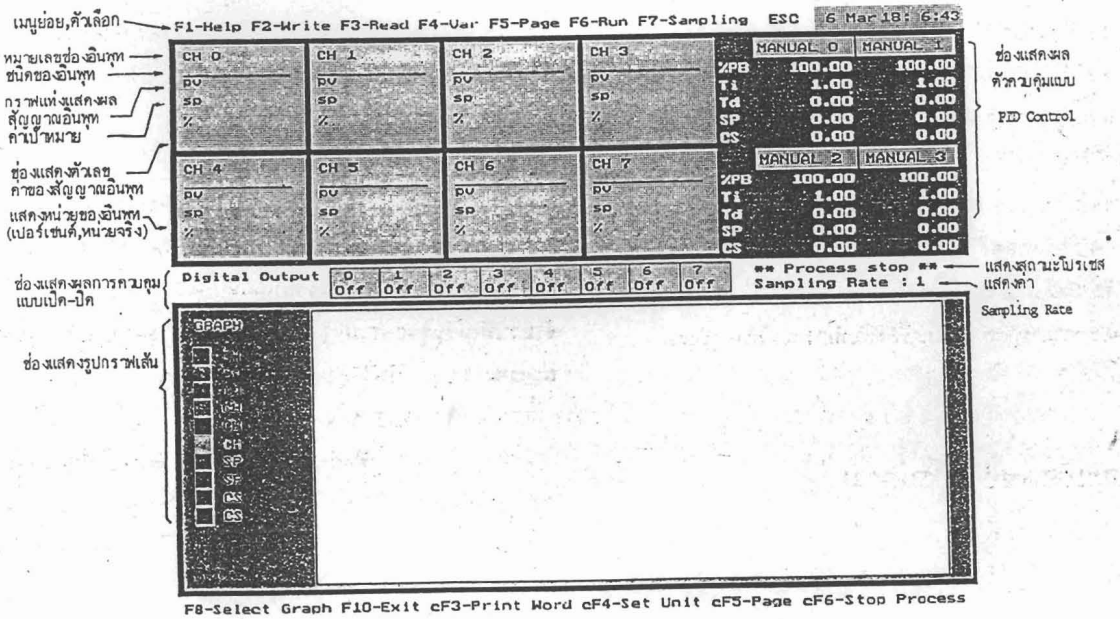
ฟังก์ชั่นสำหรับกำหนดคาบเวลาในการสุ่มข้อมูล สามารถกำหนดได้ 1-10 วินาที

5.4 โปรแกรมแสดงผล สามารถแสดงผล input แบบตัวเลข ได้ครั้งละ 8 ช่องสัญญาณ โดยในแต่ละช่องจะแสดงค่า ทั้ง Process Variable (PV) และ Setpoing (SP) มีค่าเป็น % สามารถแสดงผลการควบคุมในแบบ PID ได้ 4 ช่องสัญญาณ โดยในแต่ละช่องจะแสดงค่า Proportional Band (PB) Control Signal (CS) และ Setpoint เป็น % ส่วนค่า Integral Time และ Derivative Time จะแสดงค่าเป็นวินาที แสดงค่าการควบคุมแบบ on-off ได้ 8 ช่องสัญญาณ และยังสามารถแสดงค่าของตัวแปรเป็นกราฟเส้นได้พร้อมกัน 4 ตัวแปร

6. Flow Chart ของโปรแกรม



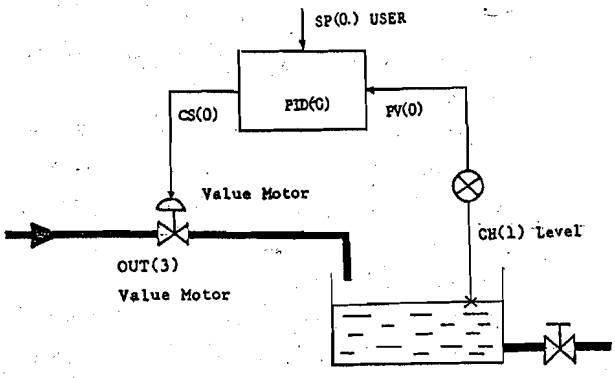
รูปที่ 4 Flow Chart



รูปที่ 3 การแสดงผลบนจอภาพของโปรแกรม

7. ผลการทดลอง

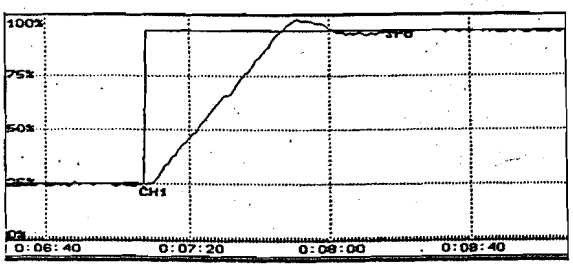
ได้ทดลองใช้งานโปรแกรมโดยจัดให้ควบคุมขบวนการตามรูปที่ 5 และได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 5 แผนภาพการควบคุมระดับของของเหลว

คำสั่งการควบคุมของโปรเซส

```
** Input Channal : 1
 SQRT : 0
  Type Input Signal : Level
  Unit : cm
  Max Value : 150
  Min Value : 50
** Basic PID Controller : 0
  PV from : CH 1 * 100
  SP from : USER
  CS to : OUTPUT 3* 100 %
   PB : 50
   Ti : 1.00 sec
   Td : 1.00 sec
   SP : 50
   CS : 50
  Dir/Rev : Direct
  Upper Alarm : 10
  Lower Alarm : 10
** Select Sampling Rate : 1
END
```



รูปที่ 6 กราฟแสดงผลการทดลองของการควบคุมระดับของเหลว

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- ไมโครคอมพิวเตอร์ ชนิด IBM-PC Compatible ใช้ CPU 80386 SX-25 1 ชุด
- แผ่นวงจร A/D และ D/A ของบริษัท Acqutek รุ่น PA-CP12 (ใส่ลงบน slot ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์) 1 แผ่น
- ชุดทดลองการควบคุมระดับน้ำ ของบริษัท Armfield รุ่น PCT 11 1 ชุด

8. สรุป

การนำไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นตัวควบคุมและตรวจสอบตัวแปรในขบวนการผลิตสามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพดีพอสมควร อีกทั้งมูลค่าในการลงทุนยังต่ำกว่าระบบการควบคุมอัตโนมัติแบบอื่น ๆ เพราะในปัจจุบันราคาของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์มีแนวโน้มที่จะถูกลง แต่ประสิทธิภาพกลับเพิ่มขึ้น ทำให้สามารถนำโปรแกรมที่มีความซับซ้อนมาใช้งานควบคุมในแบบเวลาจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่เนื่องจากการควบคุมในขบวนการผลิตจะต้องดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น การเลือกไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้งาน ควรพิจารณาถึงความทนทานของเครื่องแต่ละยี่ห้อด้วยหรือควรจัดให้มีไมโครคอมพิวเตอร์สำรองอีกชุดหนึ่ง เพื่อทำหน้าที่แทนตัวไมโครคอมพิวเตอร์ตัวหลัก ถ้าเกิดความผิดพลาดขึ้น

หนังสืออ้างอิง

John Wittenmark, Kart J.Astrom. Computer Controlled System Theory and Design, Prentice-Hall Intertional 2nd Edition.

Curtis D.Johnson, Process Control Instrumentation Technology, John Wiley and Sons, Inc. 3rd Edition

Curtis D.Johnson, Microprocessor Based Process Control. Prentice Hall, INC

Borland International Inc., Turbo C version 2.0 Reference manual