

## บทที่ 6



### การสร้างตัวควบคุมและการทดสอบ

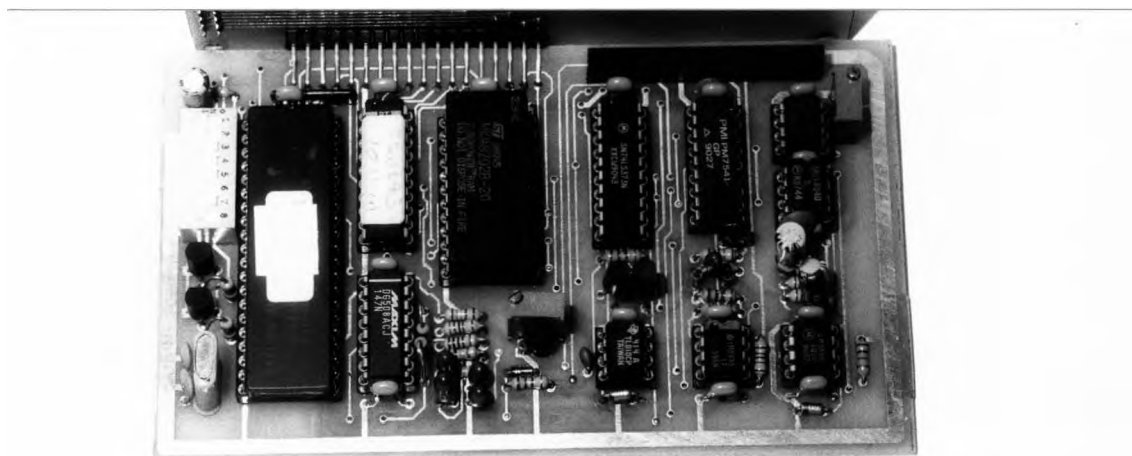
#### 6.1 การสร้างตัวควบคุม

##### 6.1.1 การพัฒนาฮาร์ดแวร์ของตัวควบคุม

ฮาร์ดแวร์ของตัวควบคุม PID เชิงเลข 3 ผู้วิจัยได้แบ่งวงจรออกเป็นส่วนต่างๆ ที่อยู่บนแผ่นวงจรพิมพ์ 3 แผ่น โดยรายละเอียดของแต่ละแผ่นเป็นดังนี้

##### 6.1.1.1 แผ่นวงจรหลัก (Main board)

ประกอบด้วยวงจรที่เกี่ยวกับการควบคุมการทำงานของระบบการประมวลผลสัญญาณในลักษณะสัญญาณเชิงเลข และวงจรถอดรหัส (Decoder) ฮาร์ดแวร์ภายนอก ดังแสดง ในรูป 6.1

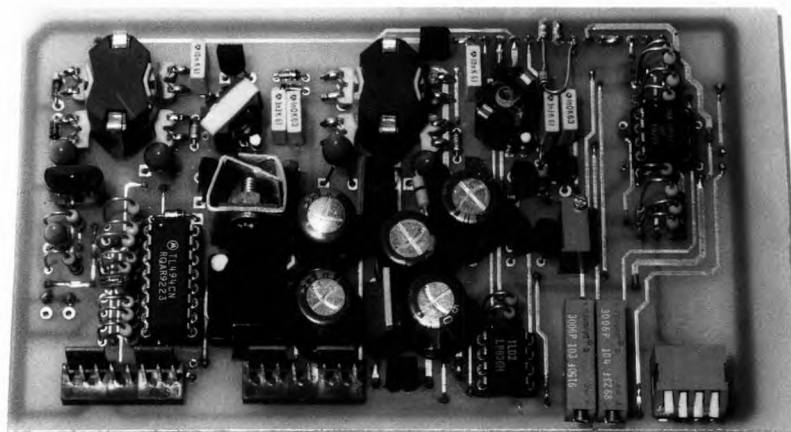


รูปที่ 6.1 แสดงแผ่นวงจรหลัก

สำหรับวงจรถอดรหัสฮาร์ดแวร์ ผู้วิจัยเลือกใช้ไอซีชนิดโปรแกรมได้ ประเภท GAL (Generic Array Logic) [22] โดยโปรแกรมของไอซีดังกล่าวได้รับการพัฒนาด้วยซอฟต์แวร์ PALASM2 [23] ซึ่งได้แสดงไว้ภาคผนวกท้ายวิทยานิพนธ์

#### 6.1.1.2 แผ่นวงจรรอง (Sub-main board)

ประกอบด้วยวงจรที่เกี่ยวกับการรับและส่งสัญญาณ สำหรับแผ่นวงจรรองนี้จะมี ลักษณะที่แตกต่างกันในกรณีที่สัญญาณอินพุตคนละแบบ ลักษณะของแผ่นวงจรรองทั้งสองแสดง ได้ดังรูป 6.2



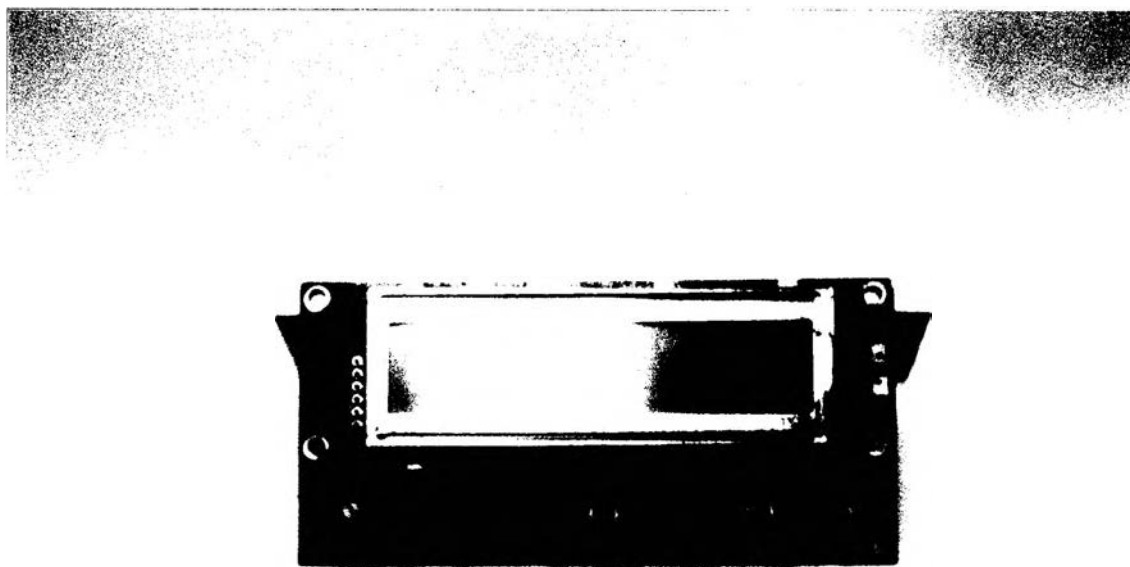
รูป 6.2 ก) แสดงรูปของแผ่นวงจรรองเมื่ออินพุตเป็นเทอร์โมคัปเปิล



รูป 6.2 ข) แสดงรูปของแผ่นวงจรรองเมื่ออินพุตเป็นสัญญาณกระแสมาตรฐาน

#### 6.1.1.3 แผ่นวงจรของแผงหน้าปัด (Control panel board)

ประกอบด้วยส่วนแสดงผลและส่วนรับข้อมูล ดังรูปที่ 6.3



รูป 6.3 แสดงรูปของส่วนแสดงผลและส่วนรับข้อมูล

### 6.1.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์ของตัวควบคุม

ผู้วิจัยเลือกใช้การพัฒนาโปรแกรมทั้งหมดของตัวควบคุม PID เชิงเลขขนาดกระทัดรัด ด้วยภาษาชั้นสูง ได้แก่ ภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 [24] โปรแกรมดังกล่าวในขั้นการทดลองจะใช้ ICE (In-Circuit Emulator) [25] แทนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวจริง เมื่อได้โปรแกรมตามที่ต้องการจะนำไปโปรแกรมลงในหน่วยความจำ ROM ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

สำหรับรายละเอียดของโปรแกรมได้แสดงในภาคผนวกทำวิทยานิพนธ์

### 6.2 การทดสอบตัวควบคุม

ตัวควบคุม PID เชิงเลขที่พัฒนาได้ มี 2 โมเดลได้แก่ โมเดล TC และ โมเดล mA ซึ่งลักษณะของอินพุตเป็น เทอร์โมคัปเปิลและกระแสมาตรฐานตามลำดับ สำหรับเครื่องต้นแบบ ที่จะนำไปทดสอบได้แสดงดังรูปที่ 6.4



รูป 6.4 ก) แสดงต้นแบบตัวควบคุม PID เชิงเลขโมเดล TC



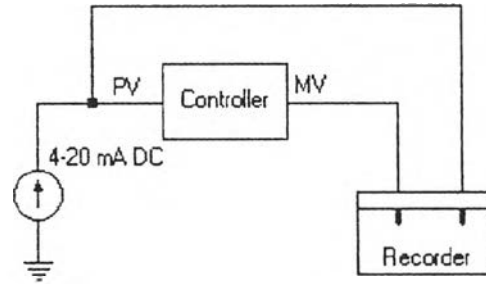
รูป 6.4 ข) แสดงต้นแบบตัวควบคุม PID เซิงเลขโมเดล mA

การทดสอบตัวควบคุม ประกอบด้วย การทดสอบอัลกอริธึมของการควบคุมแบบ PID ทดสอบความถูกต้องของพารามิเตอร์ของการควบคุมแบบ PID และทดสอบการแปลงผันสัญญาณของวงจร Signal conditioner โดยโมเดล mA จะใช้ในการทดสอบเพื่อหาค่าความถูกต้องของพารามิเตอร์ของการควบคุมแบบ PID และทำการทดสอบกับโปรเซสจริงโดยใช้ระบบจำลองทางอุตสาหกรรม (Model plant) ซึ่งเป็นระบบจำลองของการควบคุมระดับน้ำ ส่วนโมเดล TC จะทำการทดสอบเกี่ยวกับการแปลงผัน ของวงจร Signal conditioner ลำดับขั้นตอนของการทดสอบเป็นดังนี้

6.2.1 การทดสอบความถูกต้องของพารามิเตอร์ของการควบคุมแบบ PID  
เป็นการทดสอบความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์ PB,  $T_I$  และ  $T_D$

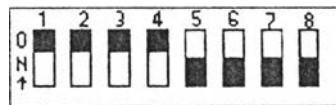
### ขั้นตอนการทดสอบ

6.2.1.1 ต่อดวงจรดังแสดงในรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 แสดงการต่อตัวควบคุมเพื่อทดสอบพารามิเตอร์

6.2.1.2 ปรับตั้งดิฟฟิวทิวิตซีในการกำหนดการทำงานของตัวควบคุมดังแสดงในรูปที่ 6.6 (รายละเอียดของวิธีการปรับตั้งค่าและการใช้งานตัวควบคุมดูได้จากคู่มือการใช้งานตัวควบคุมในภาคผนวกท้ายเล่ม)



รูปที่ 6.6 แสดงการปรับตั้งดิฟฟิวทิวิตซีสำหรับการทดสอบค่าพารามิเตอร์

6.2.1.3 ตั้งค่า SV ให้มีค่าเป็น 25 %

6.2.1.4 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ PB ตั้งค่า PB,  $T_I$  และ  $T_D$  ให้มีค่าเป็น 100, 3600 ( $T_I = \text{Max}$ ) และ 0 ( $T_D = \text{Min}$ ) ตามลำดับ

6.2.1.5 เปิดเครื่องและกำหนดการทำงานของเครื่องควบคุมให้ลักษณะการควบคุมเป็นแบบ "Manual"

6.2.1.6 ให้อินพุต PV มีค่าเริ่มต้นเป็น 8 mA (25 %)

6.2.1.7 เปลี่ยนการทำงานของเครื่องควบคุมให้เป็น การควบคุมแบบ "Auto" และให้อินพุต PV เป็นสัญญาณแบบขั้นบันได (Step signal) แล้วบันทึกค่า PV และ MV

6.2.1.8 การทดสอบพารามิเตอร์  $T_I$ , และ  $T_D$  เปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ PB,  $T_I$  และ  $T_D$  เป็น 100, 60 และ 0 ( $T_D = \text{Min}$ ) และ 100, 3600 ( $T_I = \text{Max}$ ), 60 ตามลำดับ แล้วทำการทดลองตามข้อ 6.2.1.5 - 6.2.1.7

### ผลการทดลอง

ลักษณะของสัญญาณ PV และ MV ที่วัดได้ตามเงื่อนไขของค่า PB,  $T_I$ ,  $T_D$  ในหัวข้อ 6.2.1.3 และ 6.2.1.7 แสดงได้ดังรูปที่ 6.7, 6.8 และ 6.9 ตามลำดับ

จากรูปที่ 6.7 เราสามารถหาค่าพารามิเตอร์ PB ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} PB &= 100 \frac{DV}{a} \\ &= 100 \frac{25}{26} \\ &= 96.5 \% \end{aligned}$$

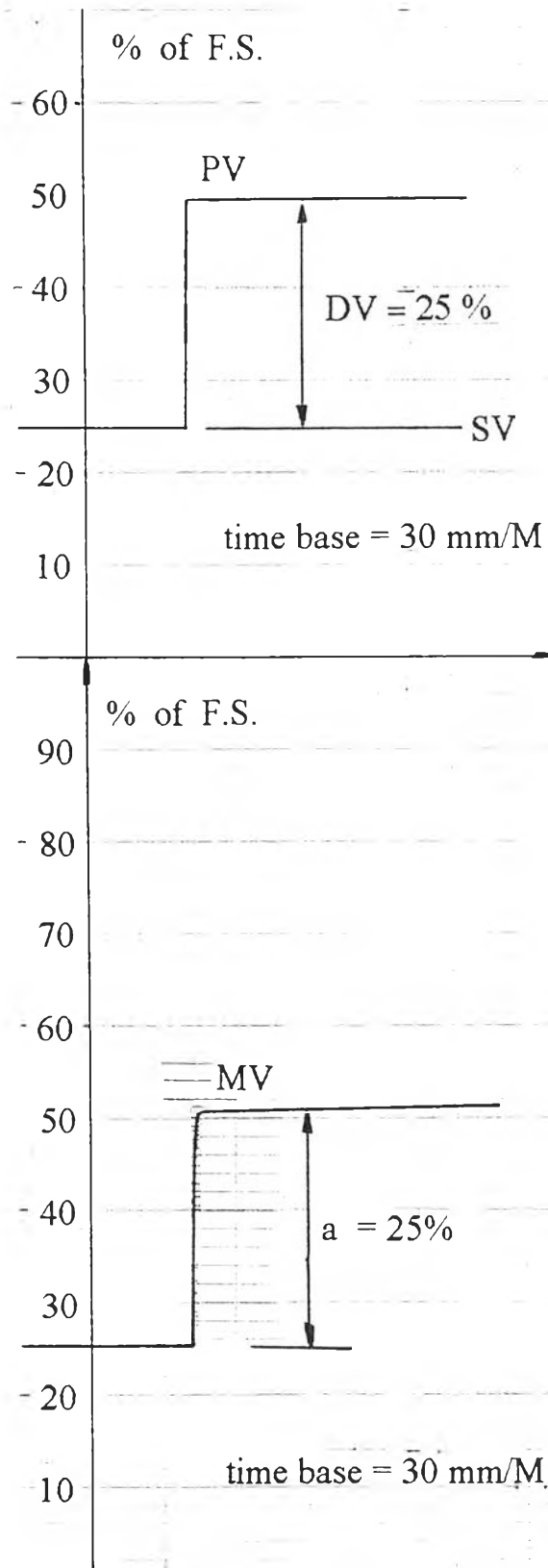
จากรูปที่ 6.8 ค่า  $T_I$  สามารถอ่านค่าได้โดยตรง

$$T_I = 60 \text{ sec}$$

จากรูปที่ 6.9 เราสามารถหาค่า  $T_D$  และ N ได้จาก

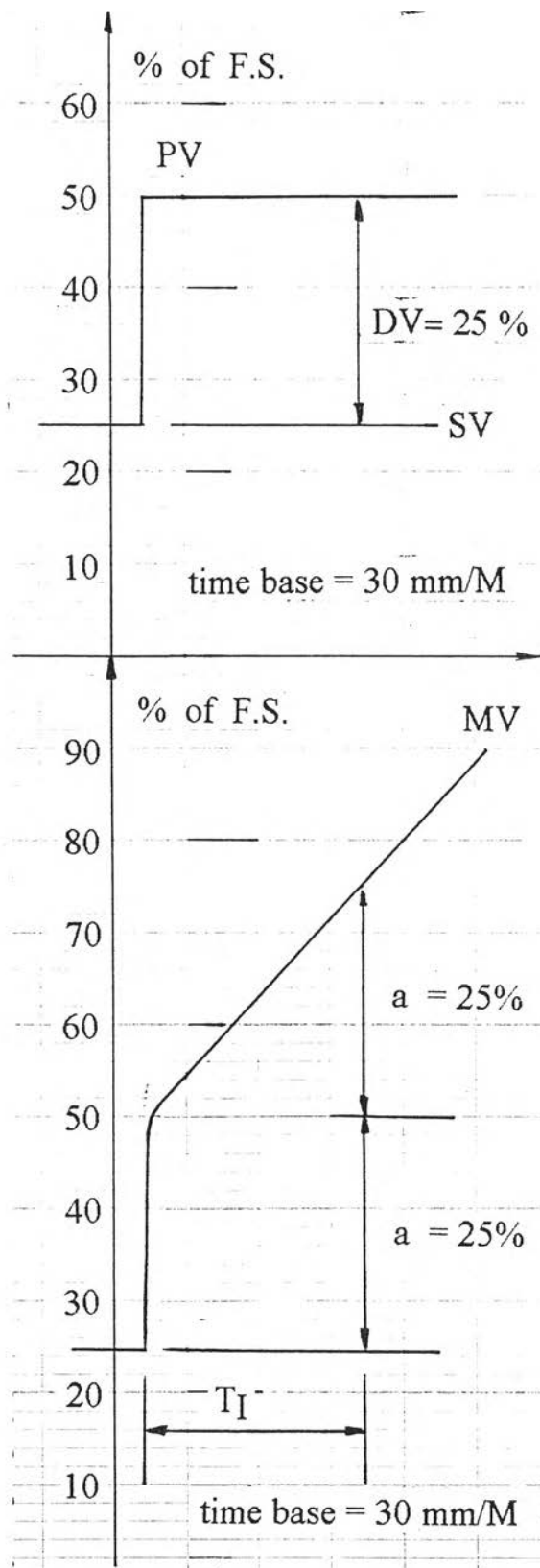
$$\begin{aligned} N &= \frac{b}{a} \\ &= \frac{68\%}{13\%} = 5.23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_D &= N t_D \\ &= 5.23(14) = 73.22 \text{ sec} \end{aligned}$$

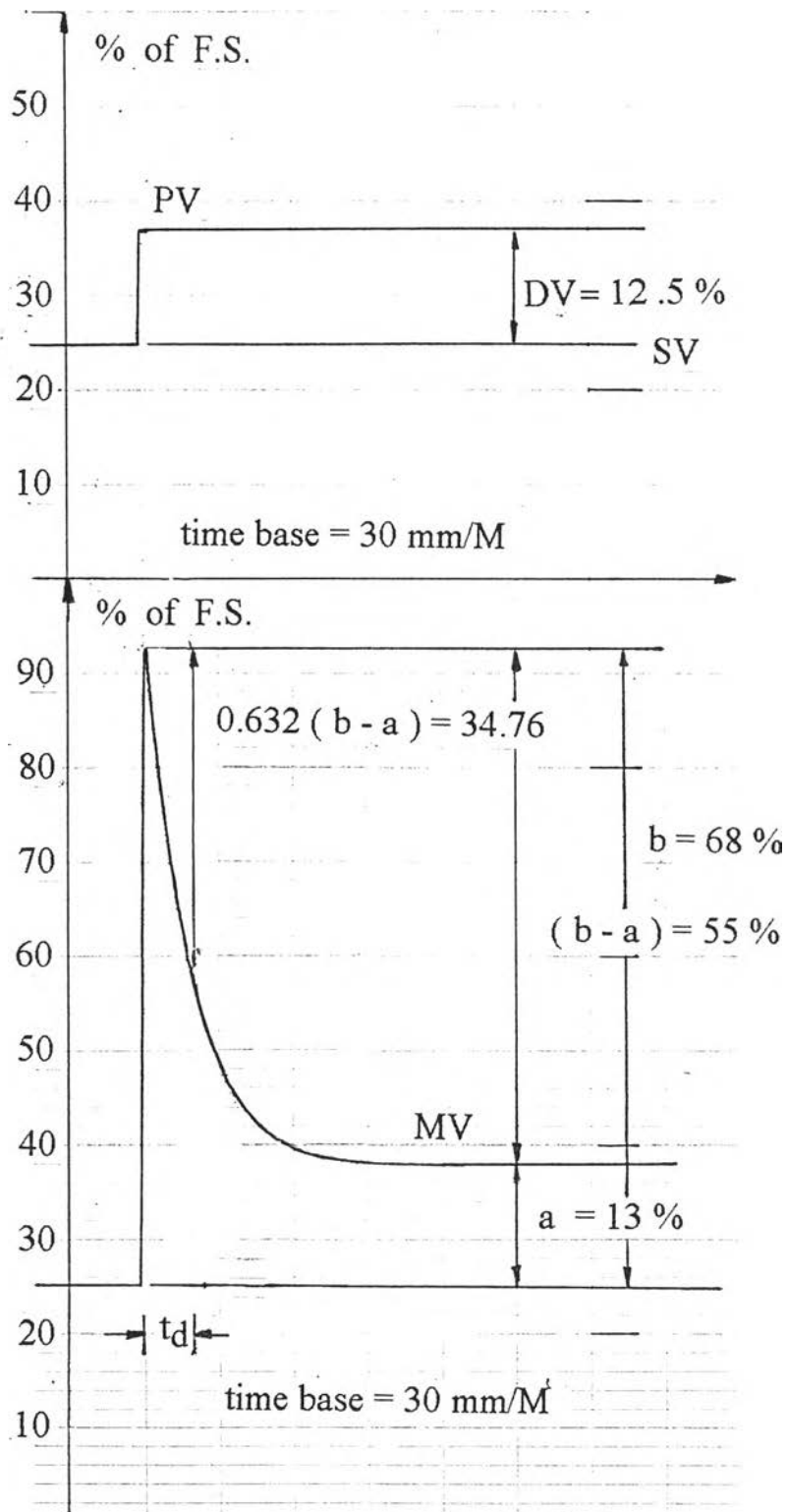


รูปที่ 6.7 แสดงผลการทดลองเมื่อพารามิเตอร์เป็น  $PB = 100$ ,  $T_I = 3600$ ,  $T_D = 0$   
( P - only action )





รูปที่ 6.8 แสดงผลการทดลองเมื่อพารามิเตอร์เป็น  $PB = 100$ ,  $T_I = 60$ ,  $T_D = 0$   
 ( PI - action )

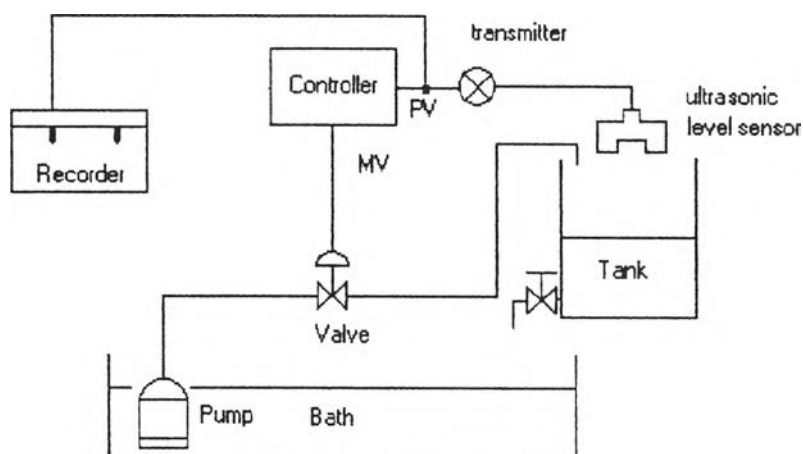


รูปที่ 6.9 แสดงผลการทดลองเมื่อพารามิเตอร์เป็น  $PB = 100$ ,  $T_I = 3600$ ,  $T_D = 60$   
( PD - action )

จากผลการสอบเทียบพารามิเตอร์ของตัวควบคุม ค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้ใกล้เคียงกับค่าที่ตั้งโดยผู้ใช้

### 6.2.2 การทดสอบกับระบบจำลองของการควบคุมระดับ

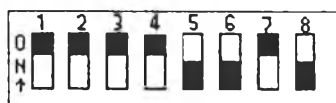
ระบบจำลองดังกล่าวเป็นการควบคุมระดับน้ำในถังดังแสดงในรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.10 แสดงระบบจำลองของการควบคุมระดับน้ำ

### ขั้นตอนการทดสอบ

6.2.2.1 ปรับตั้งดิพสวิตซ์ในการกำหนดการทำงานของเครื่องควบคุมเป็นดังแสดงในรูปที่ 6.11



รูปที่ 6.11 แสดงการปรับตั้งดิพสวิตซ์สำหรับการทดสอบการควบคุมระดับน้ำ

6.2.2.2 เปิดเครื่อง และปรับตั้งค่าให้ลักษณะของสัญญาณ MV เป็น "Manual"

6.2.2.3 ตั้งค่า PB, T<sub>I</sub> และ T<sub>D</sub> เป็น 60%, 42 วินาทีและ 0 วินาที  
ตามลำดับ

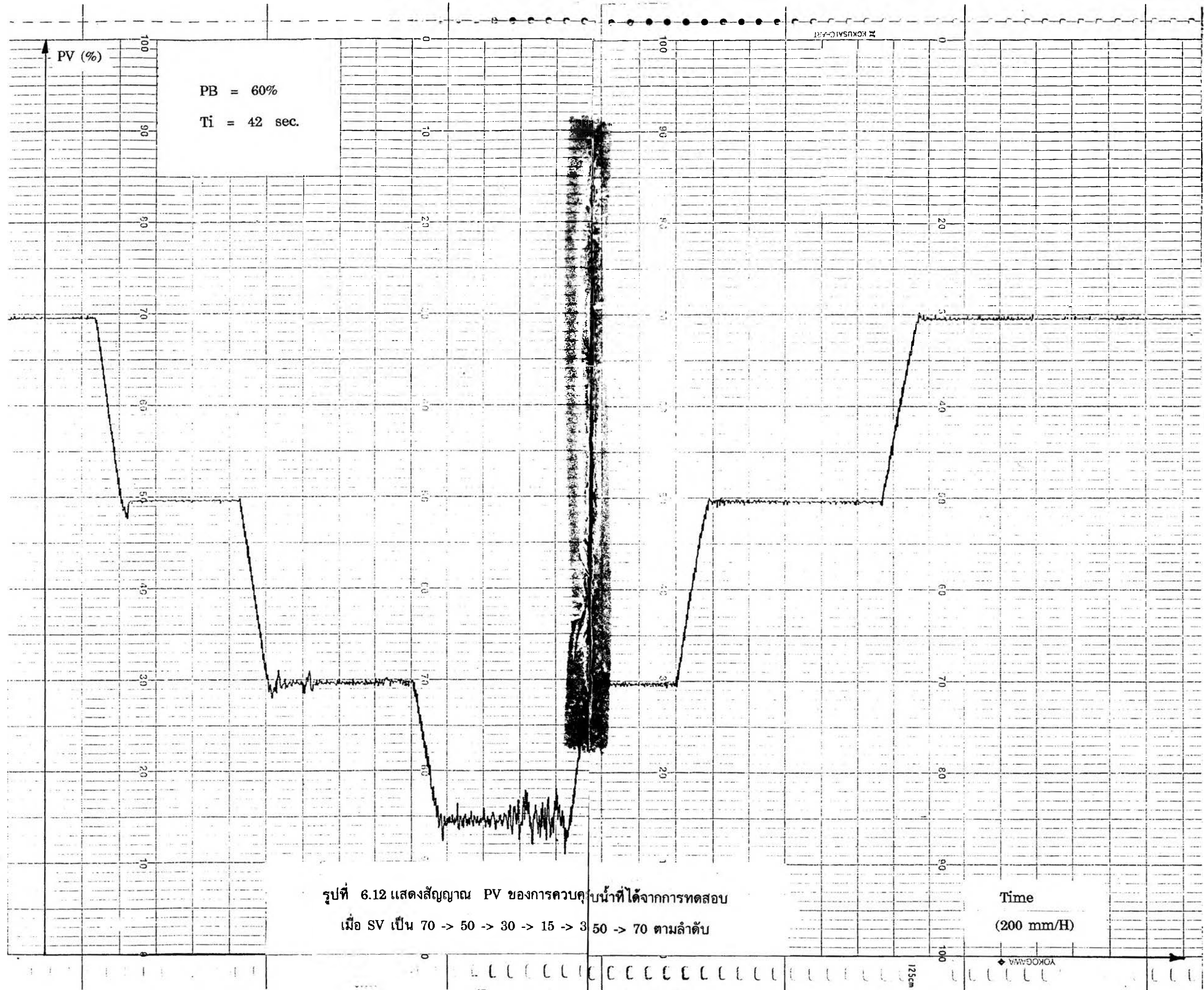
6.2.2.4 เปลี่ยนลักษณะของสัญญาณ MV เป็น "Auto"

6.2.2.5 ตั้งค่า SV และเปลี่ยนค่า SV เป็นค่าต่างๆ เพื่อตรวจสอบ  
การตอบสนองการทำงานของตัวควบคุม

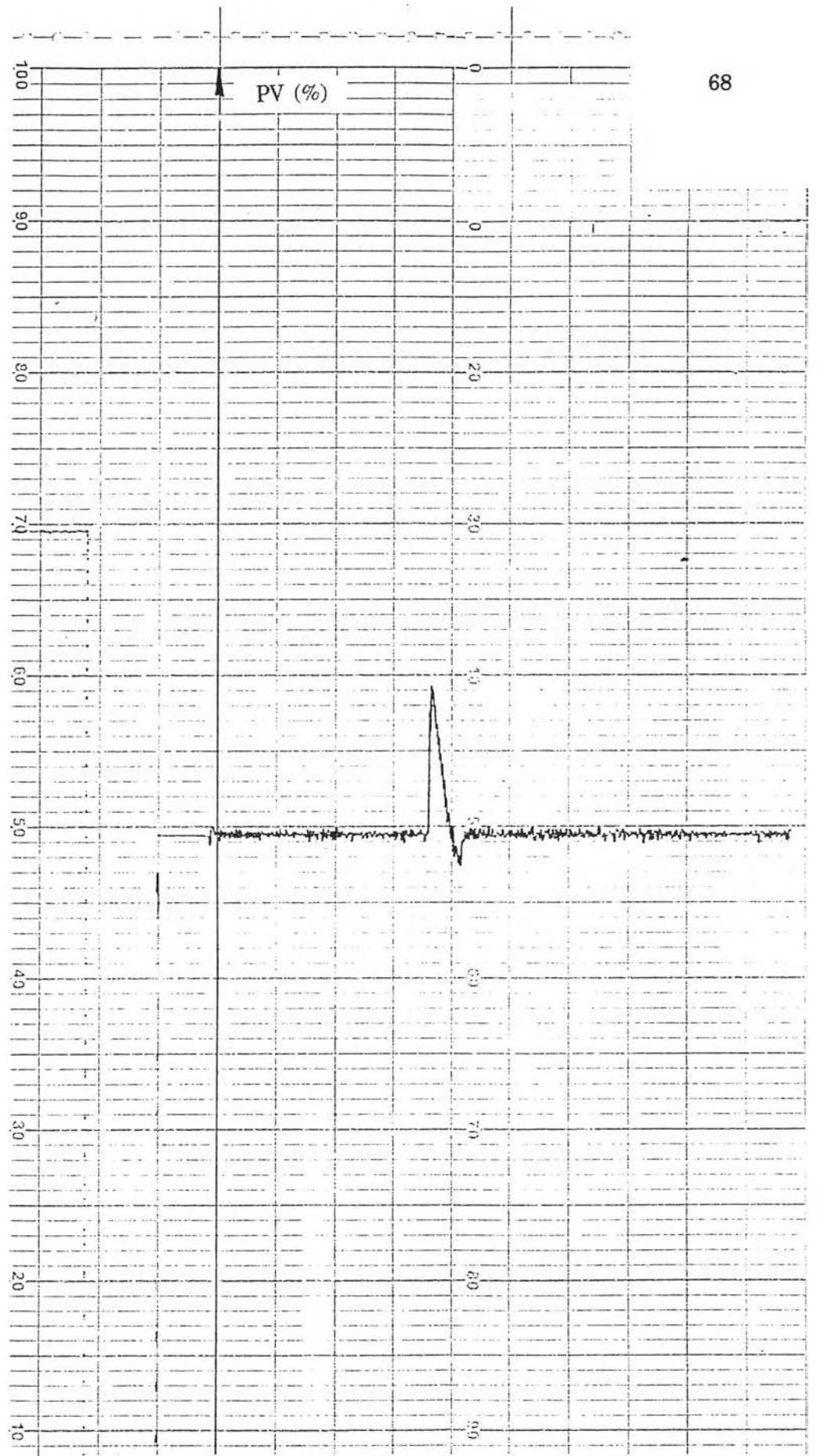
6.2.2.6 ตั้งค่า SV เป็น 50% จากนั้นทำการทดสอบตัวควบคุมเมื่อมี  
สิ่งรบกวนระบบเป็น 10 % เปอร์เซนต์ของค่าเต็มสเกล

#### **ผลการทดลอง**

ตัวควบคุมเชิงเลขสามารถควบคุมระดับน้ำให้เท่ากับค่าเป้าหมายของระดับน้ำที่  
ต้องการได้อย่างถูกต้องดังแสดงในรูปที่ 6.12 และ 6.13



รูปที่ 6.12 แสดงสัญญาณ PV ของการควบคุมหน้าที่ได้จากการทดสอบ  
เมื่อ SV เป็น 70 -> 50 -> 30 -> 15 -> 3 50 -> 70 ตามลำดับ



รูปที่ 6.13 แสดงผลการทดสอบเครื่องควบคุมเมื่อมีสิ่งรบกวนระบบ 10%



### 6.2.3 ทดสอบการแปลงผันอุณหภูมิ (โมเดล TC)

6.2.3.1 ปรับตั้งดิพสวิตช์เป็นดังรูปที่ 6.14 เพื่อเลือกการชนิดของ TC เป็นชนิด K



รูปที่ 6.14 แสดงการตั้งดิพสวิตช์สำหรับการทดลองการแปลงผัน

6.2.3.2 ปรับค่าตัวแปร  $T_{MIN}$ ,  $T_{MAX}$  ในโหมด ENG ให้เป็น 0 และ 800 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (วิธีการปรับตั้งค่าให้ดูที่คู่มือการใช้งานตัวควบคุมที่ภาคผนวกท้ายเล่ม)

6.2.3.3 ปรับการแสดงผลเพื่อดูค่า PV

6.2.3.4 ปรับตั้ง signal conditioner (โดยปรับ Zero และ Span) ให้สมนัยกับค่า  $T_{MIN}$  และ  $T_{MAX}$

6.2.3.5 ทำการทดสอบการแปลงผันอุณหภูมิโดยให้ TC ชนิด K

#### ผลการทดสอบ

ตัวควบคุม PID เซิงเลขขนาดกระทัดรัด สามารถแปลงผันค่าอุณหภูมิได้โดยให้ค่าที่สมนัยกับค่าเปอร์เซ็นต์ของค่าเต็มสเกล