

เครื่องควบคุมอัตราการไหลของน้ำเกลือแบบอัตโนมัติ

Salt liquid flow rate control automatic machine

สันติ หวังนิพนธ์¹, เสถียร ฐัญญศิริรัตน์², และประพนธ์ จิระสกุลพร³

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, ²สาขาวิชาวิศวกรรมกรรมการวัดคุม, ³สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน เขตปทุมวัน จ.กรุงเทพฯ 10330

โทร 02-2193838-40 ต่อ 230, โทรสาร 02-2193872, อีเมล nipparntoo@yahoo.com

Santi Wangniparnto¹, Satean Tunyasirrat², and Papot Jiraskulporn³

¹Department of Electrical Engineering, ²Instrument Engineering, and ³Electronic Engineering

Engineering faculty, Pathumwan institute of Technology, Bangkok 10330

Tel: 02-2193838-40 ext 230, Fax: 02-2193872, E-mail: nipparntoo@yahoo.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการนำเข้าเครื่องให้น้ำเกลืออัตโนมัติจากต่างประเทศซึ่งมีราคาค่อนข้างแพง ในขณะที่โรงพยาบาลอีกหลายแห่งมีความต้องการจำนวนมาก วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยนี้คือออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลืออัตโนมัติที่มีราคาถูกใช้ในประเทศ อัตราการไหลของน้ำเกลือในสายน้ำเกลือสามารถควบคุมได้ด้วยการใช้แผ่นรีดกดที่ขับเคลื่อนโดยสเต็ปมอเตอร์ซึ่งรับสัญญาณพัลส์จากคอนโทรลเลอร์ ในเครื่องต้นแบบนี้ ฟองอากาศในสายน้ำเกลือขณะปั๊มทำงาน, ความดันภายในสายน้ำเกลือ และการปิดประตูเครื่องจะถูกควบคุมเพื่อรักษาความปลอดภัยให้กับผู้ใช้ จากการทดลองซ้ำมากกว่า 10 ครั้ง พบว่าเครื่องต้นแบบที่พัฒนาสามารถควบคุมการไหลของน้ำเกลือได้อยู่ในช่วง 1 - 300 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงได้และมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 1% และในกรณีที่เกิดฟองอากาศในสายน้ำเกลือที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เกินกว่า 1 มิลลิเมตร หรือ ความดันภายในสายน้ำเกลือสูงกว่า 1 บาร์ หรือการทำงานของปั๊มผิดปกติ เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลืออัตโนมัติจะหยุดการทำงานอัตโนมัติและส่งเสียงเตือนให้ผู้ให้ทราบได้ทันทีทุกครั้ง

Abstract

The salt liquid flow rate automatic control machine has been imported from the foreign country with the high price rate while the demand of the hospital to used its very high. This main research work aims to designed and built a prototype in our country which it will be available at the low price. The salt liquid flows though the hose can be controlled by using a pressing plate which is driven by a stepping motor via pulse signal from controller. In order to maintain the security lever for patient, bubble in the hose during the pump is still working, pressure

inside the hose and the door shut status of the controller unit are verified and controlled. The repeat experimental more than ten times, the results show that the prototype machine is able to control flow rate of salt liquid between 1-300 ml/hr and has average error about 1 %. In the case of bubble diameter inside the hose is large than 1 mm or pressure inside the hose is higher than 1 bar or pump is not working properly, the developed machine will stop and alarm is shown automatically every time.

1. บทนำ

ในปัจจุบันโรงพยาบาลหลายแห่งมีความต้องการเครื่องให้น้ำเกลืออัตโนมัติเป็นจำนวนมาก ผลสรุปจากแบบสอบถามการใช้เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลืออัตโนมัติของโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้าฯ พบว่า อัตราการไหลของน้ำเกลือที่ให้แก่ผู้ป่วยอยู่ในช่วง 1- 200 ml/hr, ชนิดของสายน้ำเกลือที่ใช้เป็นชนิด 15 Drops/ml, มีการตรวจจับฟองอากาศก่อนเข้าสู่ร่างกายและมีการตรวจเช็คการอุดตันที่ปลายสาย เพราะอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ป่วยได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะสร้างเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลืออัตโนมัติสำหรับผู้ป่วย ขึ้นมาใช้ในการประเทศ โดยให้มีราคาถูกกว่าเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศ และสามารถทำงานได้ดีเท่าเทียมกัน เพื่อที่จะให้โรงพยาบาลในชนบท เช่น โรงพยาบาลประจำอำเภอสามารถจัดหาเครื่องมือดังกล่าวมาใช้ได้ อันจะเป็นการลดการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ และจะช่วยให้เศรษฐกิจประเทศไทยดีขึ้น

2. ทฤษฎี

2.1 การให้สารน้ำทางหลอดเลือดดำ

สารน้ำ หมายถึง สารละลายที่ประกอบด้วย น้ำ น้ำตาลเดกโตรส และอิเล็กโทรไลต์เจือจาง เช่น โซเดียม, คลอไรด์, โปแตสเซียม-

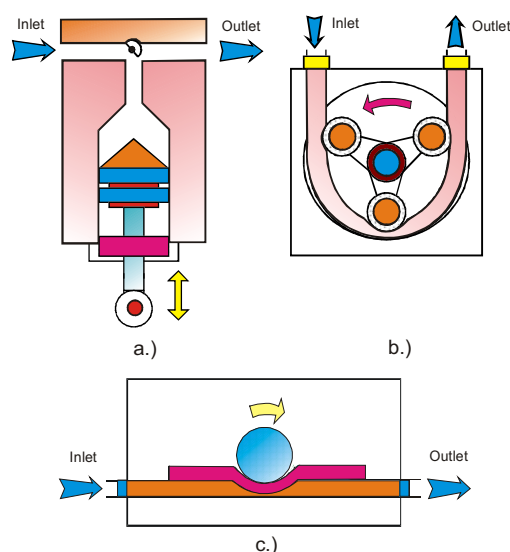
ไบคาร์บอเนต เป็นต้น วัตถุประสงค์ของการให้สารน้ำทางหลอดเลือดดำ เพื่อรักษาระดับและทดแทน น้ำ เกลือแร่ วิตามิน โปรตีน ไนโตรเจนและพลังงานให้แก่ผู้ป่วยที่ไม่สามารถรับประทานอาหารทางปากได้ เช่น ผู้ป่วยที่ต้องงดน้ำและอาหารก่อนและหลังการผ่าตัด ผู้ป่วยที่ไม่รู้สึกตัว ผู้ป่วยที่มีอาการการคลื่นไส้อาเจียนมาก เป็นต้น รวมทั้งเพื่อรักษาและทดแทนปริมาณน้ำและเกลือแร่ที่เกิดสูญเสียออกไปจากร่างกายจำนวนมาก ได้แก่ ผู้ป่วยที่มีแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก ช็อกจากการขาดน้ำ เสียเลือดมาก มีอาการอาเจียนรุนแรง หรือโรคอุจจาระร่วง นอกจากนี้เพื่อเป็นการเปิดหลอดเลือดดำไว้สำหรับการฉีดยา หรือเป็นการเตรียมไว้สำหรับให้ยาที่ออกฤทธิ์เร็วในกรณีฉุกเฉิน การคำนวณอัตราหยดของสารน้ำ เช่น ต้องการให้สารน้ำ 5 % DNSS/2 2000 cc V drip in 24 hr เมื่อชุดให้สารน้ำแบบหยดขนาดใหญ่ มี Drop Factor เท่ากับ 15 จะต้องปรับอัตราหยดเป็น

$$\text{อัตราหยดต่อนาที} = \frac{(\text{ปริมาณสารน้ำที่ต้องการให้ผู้ป่วย} \times \text{Drop factor})}{\text{ระยะเวลาที่ให้สารน้ำเป็นนาที}}$$

$$= (200 \times 15) / (24 \times 60) = 20.7 \text{ Drops/min}$$

2.2 ระบบ Pump

จุฑารัตน์ ชัยเรืองจิตจรัส และธีรกุล บุญยงค์ [1] ได้กล่าวถึงเครื่องให้สารละลายคนไข้ที่มีจำหน่ายในประเทศไทยใช้กันอยู่ 3 รูปแบบ (ดังรูปที่ 1) คือ บั๊มแบบปริมาตร, บั๊มแบบรีดด้วยลูกกลิ้ง และ บั๊มแบบรีดด้วยแผ่นกด สำหรับบั๊มแบบปริมาตร จะเหมาะสำหรับสารละลายที่มีความหนืดเปลี่ยนแปลงได้ง่าย แต่ต้องระวังสารน้ำซึ่งสัมผัสกับระบบอาจทำให้เกิดเชื้อได้ บั๊มแบบรีดด้วยลูกกลิ้งสามารถให้สารน้ำในอัตราการไหลสูงๆ ได้ดี แต่อาจจะเสียหายได้ง่ายเนื่องจากการเสียดสีกับลูกกลิ้ง สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้บั๊มแบบรีดด้วยแผ่นกดเพราะ สามารถให้อัตราการไหลของสารน้ำในปริมาณต่างๆ ได้ดี

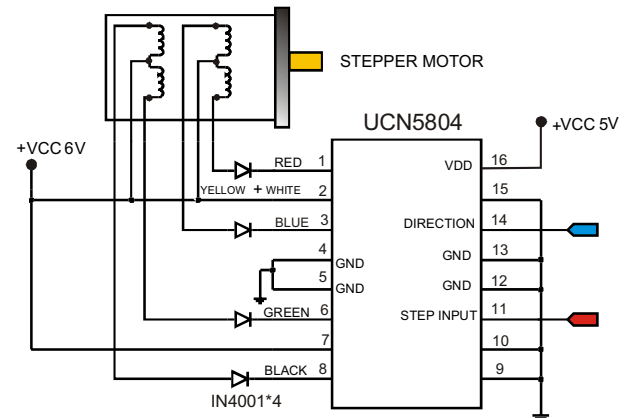


รูปที่ 1 Pump ให้สารละลายคนไข้ a.) แบบปริมาตร, b.) แบบลูกกลิ้ง, c.)แบบแผ่นกด

2.3 การออกแบบวงจรต่างๆที่ใช้ในเครื่องให้น้ำเกลืออัตโนมัติ

ชัยกานต์ มาแทน และคณะ [2] ได้ใช้ ไอซี MAX 7219 เป็นไอซีแบบDIP 24 เป็นตัวขับ 7-Segment 8 หลัก ของชุดแสดงผล และใช้ไอซี UCN5804B เป็นไอซีแบบDIP 16 ขา เป็นตัวขับสเต็ปมอเตอร์ยูนิโพลาร์ (แสดงดังรูปที่ 2)

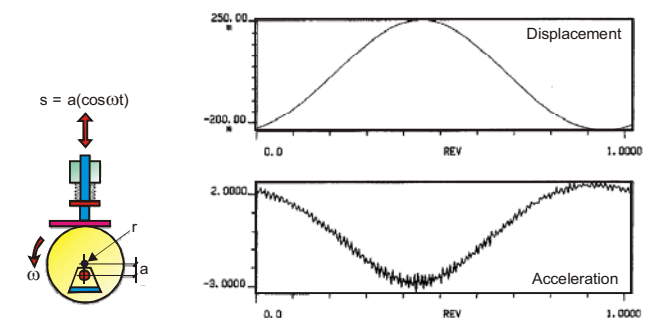
สมชาย จิตะพันธ์กุล [3] ได้ออกแบบวงจรเซ็นเซอร์ Occlusion โดยใช้ Magnet Sensor ในการตรวจจับความเข้มของสนามแม่เหล็ก เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กจะให้ความดันภายในสายน้ำเกลือบริเวณปลายสายที่มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0-1.5 kg/cm² จะทำให้ค่า ΔVin เปลี่ยนแปลงเป็น 10 mV สำหรับการออกแบบวงจรตรวจเช็คฟองอากาศภายในสายน้ำเกลือจะใช้การตรวจจับทางแสงผ่านสายน้ำเกลือเพื่อตรวจจับฟองอากาศ



รูปที่ 2 การใช้ไอซี UCN5804B ขับสเต็ปมอเตอร์ยูนิโพลาร์

2.4 การออกแบบระบบบั๊ม

การออกแบบลูกเบี้ยว(CAM) แบบเยื้องศูนย์ ดังรูปที่ 3 ซึ่งจะเห็นลักษณะรูปร่างกลม แต่แกนกลางอยู่เยื้องศูนย์กลางกับวงกลมนอก



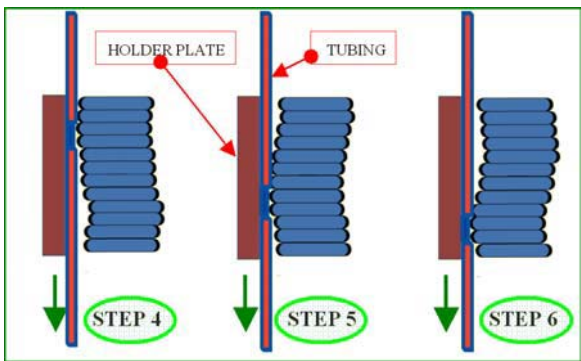
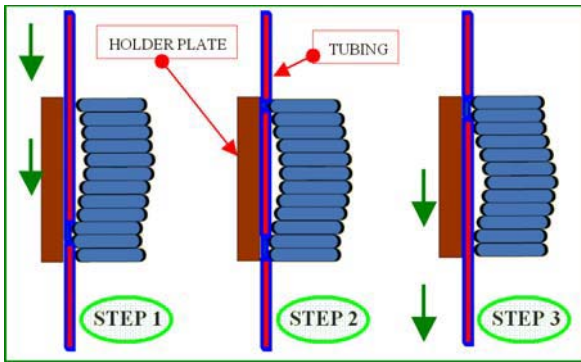
รูปที่ 3 การออกแบบลูกเบี้ยว (CAM)

การคำนวณหาค่าปริมาตรที่ต้องการควบคุมภายในรอบการหมุนของบั๊มมีเงื่อนไขดังนี้

1. เส้นผ่านศูนย์กลางภายในสายน้ำเกลือ d = 3 mm
2. ใช้จำนวนฟันในการรีดสายน้ำเกลือในรูปคลื่นซายน์ทั้งหมดจำนวน 12 ฟัน หนาฟันละ 5 mm

3. คำนวณหาปริมาตรภายในสายน้ำเกลือที่มีความยาวเท่ากับ 5.5 cm = 389 mm³

แต่เนื่องจากการรีดแบบรูปคลื่นซายนจึงได้ปริมาตรเพียงครึ่งหนึ่งคือ 195 cm³ ใน 1 รอบการหมุนของปั๊ม ลักษณะการทำงานของพินรีดกดสายน้ำเกลือแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ลักษณะการทำงานของพินรีดกดสายน้ำเกลือ สเต็ปที่ 1-6

3. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์เครื่องให้น้ำเกลือที่สร้างขึ้น ที่ใช้ในการทดลองในรูปที่ 5 ประกอบด้วย

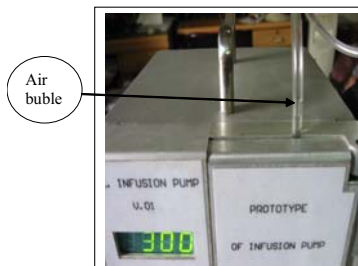
1. ชุดสายน้ำเกลือรุ่น(TS*PA200L) พร้อมขวดน้ำเกลือ
2. ถ้วยตวง ขนาด 50 ml และขนาด 2000 ml
3. เครื่องซิงแบบดิจิทัล(AND EK-600H)
4. เกจวัดความดัน(PRESSURE GAUGE)

การทำงานของเครื่องควบคุมอัตราการไหลของน้ำเกลือ มีขั้นตอนคือ เปิดฝาเครื่องด้านที่เป็นประตูออกมา แล้วทำการใส่สายน้ำเกลือเข้าไปในเครื่องแล้วทำการปิดประตูเครื่อง จากนั้นทำการเปิดเครื่องแล้วเช็คดูว่าเครื่องแสดงสัญญาณเตือนอะไรบ้าง หากไม่มีการแสดงสัญญาณเตือนเครื่องก็พร้อมที่จะใช้งานได้ ต่อมาตั้งค่าอัตราการไหลต่างๆ ตามค่าในตารางการทดลอง และรอเก็บค่าปริมาตรของน้ำเกลือในเวลาที่กำหนด จากนั้นก็ทำการเก็บน้ำเกลือที่ไหลออกมาจากเครื่องไปชั่งเพื่อหาอัตราการไหลเชิงปริมาตรแล้วบันทึกค่า ต่อมาทำการทดลองซ้ำไปจนครบทุกค่าที่ตั้งไว้

สำหรับการวัดเช็คฟองอากาศภายในสายและการอุดตันที่ปลายสายน้ำเกลือ จะแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 5 ลักษณะการใส่สายน้ำเกลือกับเครื่องต้นแบบเครื่องให้น้ำเกลือสำหรับผู้ป่วย



a.)



b.)

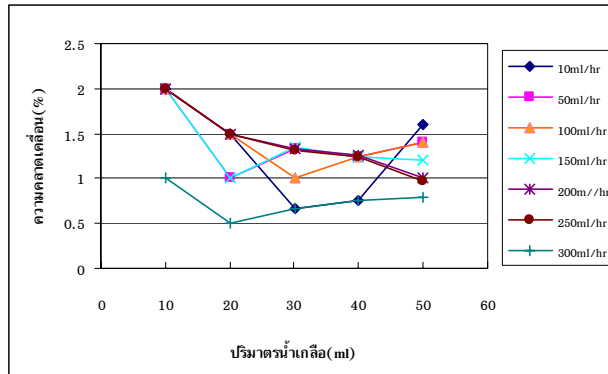
รูปที่ 6 แสดง a.)การวัดเช็คฟองอากาศภายในสาย b.) การวัดความดันที่จุดต้น ณ ปลายสายน้ำเกลือ

4. ผลการทดลอง

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องควบคุมอัตราการไหลของน้ำเกลือแบบอัตโนมัติจะทำการทดสอบ 4 ส่วน คือ ทดสอบความสามารถของเครื่องควบคุมอัตราการไหลน้ำเกลือต้นแบบ ตามการตั้งค่าอัตราการไหลของน้ำเกลือ, ทดสอบการทำงานของเครื่องเมื่อมีฟองในสาย, ทดสอบการอุดตันของปลายสายน้ำเกลือ และ ทดสอบการทำงานของเครื่องเมื่อมีเหตุทำงาน

4.1 การตั้งค่าอัตราการไหลของน้ำเกลือ

ในการทดลองจะตั้งค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำเกลือเป็น 50ml/hr, 100ml/hr, 150ml/hr, 200ml/hr, 250ml/hr และ300ml/hr ตามลำดับ เมื่อตั้งค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำเกลือแล้ว จะทำการวัดปริมาตรของน้ำเกลือที่เวลาต่าง ๆ เพื่อนำไปคำนวณอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำเกลือ และนำมาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน จากผลการทดลองพบว่า เครื่องควบคุมอัตราการไหลของน้ำเกลืออัตโนมัติให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูงสุดไม่เกิน 1% ซึ่งมีค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเครื่องให้น้ำเกลืออัตโนมัติเมื่อเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำเกลือในช่วง 10-300ml/hr

4.2 การทดสอบการทำงานในส่วนการเช็คฟองอากาศภายในสาย

ให้เครื่องทำงานที่อัตราการไหลน้ำเกลือ 1 ml/hr, 150 ml/hr, 300ml/hr และทำให้เกิดฟองอากาศก่อนจะไหลผ่านเครื่อง จากผลการทดลองซ้ำมากกว่า 10 ครั้ง ที่ขนาดฟองอากาศต่างกัน พบว่า เครื่องสามารถตรวจจับฟองอากาศได้ สามารถแสดงผล Alarm และหยุดการทำงานของเครื่องให้น้ำเกลือได้ทุกครั้งที่มีฟองอากาศไหลผ่านเครื่องให้น้ำเกลือ เพื่อไม่ให้ฟองอากาศไหลเข้าผู้ป่วยได้

ตารางที่ 1 การทดสอบฟองอากาศภายในสายขณะที่อัตราการไหลของน้ำเกลือ 300 [ml/hr]

ขนาดฟองอากาศ [mm]	การทำงานของเครื่อง	การแสดงผลของหลอดสัญญาณ	การแสดงผลของ (ALARM)
1	หยุด	แสดงผล	ดัง
2	หยุด	แสดงผล	ดัง
3	หยุด	แสดงผล	ดัง
4	หยุด	แสดงผล	ดัง
5	หยุด	แสดงผล	ดัง
6	หยุด	แสดงผล	ดัง
7	หยุด	แสดงผล	ดัง
8	หยุด	แสดงผล	ดัง
9	หยุด	แสดงผล	ดัง
10	หยุด	แสดงผล	ดัง
มากกว่า 10	หยุด	แสดงผล	ดัง

4.3 การทดสอบการเกิดการอุดตันที่ปลายสายน้ำเกลือ

ที่อัตราการไหลของน้ำเกลือ 150 ml/hr ทดสอบการอุดตันปลายสายน้ำเกลือและวัดความดันที่ปลายสาย จากการทดลองซ้ำประมาณ 20 ครั้ง พบว่าหากความดันปลายสายมากกว่า 1.0-1.2 kg/cm² เครื่องจะแสดงผล Alarm และหยุดการทำงานของเครื่องให้น้ำเกลือได้ทุกครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ทดสอบการเกิดการอุดตันที่ปลายสายน้ำเกลือ ที่อัตราการไหล 150 [ml/hr]

จำนวนครั้ง	การทำงานของเครื่อง	การแสดงผลของหลอดสัญญาณ	การแสดงผลของ (ALARM)	ระดับความดัน[kg/cm ²]
1	หยุด	แสดงผล	ดัง	1.00
2	หยุด	แสดงผล	ดัง	1.00
3	หยุด	แสดงผล	ดัง	1.00
4	หยุด	แสดงผล	ดัง	1.10
5	หยุด	แสดงผล	ดัง	1.00
6	หยุด	แสดงผล	ดัง	1.00
7	หยุด	แสดงผล	ดัง	1.00
8	หยุด	แสดงผล	ดัง	1.10
9	หยุด	แสดงผล	ดัง	1.20
10	หยุด	แสดงผล	ดัง	1.20
11	หยุด	แสดงผล	ดัง	1.00
12	หยุด	แสดงผล	ดัง	1.00
13	หยุด	แสดงผล	ดัง	1.00
14	หยุด	แสดงผล	ดัง	1.10

การทดสอบการทำงานระบบบี้มกรณีสัมผัสหยุดหมุน

ที่อัตราการไหลของน้ำเกลือ 150 ml/hr ทำการหยุดการทำงานของปั๊มทันที จากผลการทดลองซ้ำประมาณ 10 ครั้ง พบว่าเครื่องจะแสดงผลค่าผิดพลาดในรูปของ Alarm (เสียง และแสดงรหัสให้เห็น "EE1" ออกมา ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การแสดงผลของจอแสดงผลเมื่อระบบบี้มกรณีสัมผัสหยุดหมุน

5. สรุปผลการทดลองและแนวทางการแก้ไข

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง สามารถสรุปได้ว่าเครื่องควบคุมอัตราการไหลของน้ำเกลือแบบอัตโนมัติต้นแบบ สามารถควบคุมอัตราการไหลของน้ำเกลือได้ในช่วง 1- 300 ml/hr และมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ 1 % และเครื่องนี้สามารถแจ้งสัญญาณเตือนกรณีฟองอากาศภายในสายน้ำเกลือมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1 มม. และแจ้งสัญญาณเตือนกรณีความดันภายในสายมีค่าสูงกว่า 1 bar รวมทั้งแจ้งเตือนกรณีระบบปั๊มไม่ทำงานหรือทำงานผิดปกติ เช่น กรณีมอเตอร์ไม่หมุนได้

5.2 แนวทางแก้ไข

ปัญหาที่พบในการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้ คือ ควรรออกแบบระบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่ ให้สามารถอัปเดตโปรแกรมได้ในตัวเครื่อง และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นเช่น PIC18F458 ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรม 32 กิโลเวิร์ด รวมทั้ง เปลี่ยนภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นภาษาซี ทำให้สามารถประกาศตัวแปรเป็นทศนิยมได้ สามารถคำนวณค่าในรูปแบบเลขทศนิยมได้ และการคอมไพล์ ไฟล์ที่ได้จะมีขนาดเล็กลง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้นำเสนอขอขอบคุณทีมงานวิจัยที่ประกอบด้วย นายวิริยะ คุ่มสุข, นายสมนึก คงจันทร์ นักศึกษาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน ที่มีความขยันอดทนในการทำวิจัยครั้งนี้อย่างเต็มความสามารถ

เอกสารอ้างอิง

- [1] จุฑารัตน์ ชัยเรืองจิตจรุส และ ชีรกุล บุญยงค์, BLOOD PUMP, วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2532
- [2] ชัยกานต์ มาแทน, ถนอม ผินวิไล, และ ปกรณ์ เพชรคง, เครื่องวัดอัตราการหยดของน้ำเกลือ, วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2543
- [3] สมชาย จิตะพันธ์กุล, ออกแบบและสร้างเครื่องให้สารละลายคนไข้วควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์, วิทยานิพนธ์, สถาบันวิจัยและพัฒนาคณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538