

ชุดควบคุมปั๊มสุบกากน้ำตาลอัตโนมัติ Automatic Molasses Pump Control Set

เจตนิพัทธ์ ตันสกุล¹ ฉัตรชัย อินทวงค์² วิทยา เบ้าสิงห์สวย³
สิทธิไชย สิงห์มหาไชย⁴ รุ่งเรือง เพ็ญกุลกิจ⁵ จิระพจน์ ประพิน⁶ และ กมล มาสุข⁷

^{*1234567} สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1

บทคัดย่อ

งานวิจัยชุดควบคุมปั๊มสุบกากน้ำตาลอัตโนมัติ มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อสร้างและเพื่อหาประสิทธิภาพชุดควบคุมปั๊มสุบกากน้ำตาลอัตโนมัติ จากปัญหาในกระบวนการหมักสำของการผลิตสุราของบริษัท เทพอรุณไทย จำกัด ที่ใช้คนในการควบคุมการเปิด-ปิด ปั๊มสุบกากน้ำตาลและเกิดความคลาดเคลื่อนในแต่ละขั้นตอนถึงร้อยละ 8-10 ผู้วิจัยจึงได้กำหนดประสิทธิภาพของชุดควบคุมปั๊มสุบกากน้ำตาลอัตโนมัติ คือ มีความคลาดเคลื่อนในการสุบกากน้ำตาลไม่เกินร้อยละ 5 จากการดำเนินการศึกษาวิจัยคณะผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้าง ชุดควบคุมปั๊มสุบกากน้ำตาลอัตโนมัติควบคุมด้วย Arduino Nano และโปรแกรมสำหรับควบคุมระบบให้ทำงานร่วมกับมอเตอร์วัดการไหลและส่งข้อมูลย้อนกลับมาควบคุมการเปิด-ปิดปั๊มนำมาใช้ในกระบวนการหมัก 2 ขั้นตอนที่ต้องการใช้ปริมาณกากน้ำตาลที่ต่างกัน ขั้นตอนที่ 1 ต้องการปริมาณกากน้ำตาล 28,000 ลิตร ขั้นตอนที่ 2 ต้องการปริมาณกากน้ำตาล 14,000 ลิตร ผลการทดลองพบว่าการหมักสำขั้นตอนที่ 1 มีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.357 และขั้นตอนที่ 2 มีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.714 สามารถช่วยลดความคลาดเคลื่อนได้ถึงร้อยละ 92.86 เมื่อเทียบกับการใช้คนควบคุมการเปิดปิดปั๊มสุบกากน้ำตาล จึงกล่าวได้ว่าชุดควบคุมปั๊มสุบกากน้ำตาล

อัตโนมัติมีประสิทธิภาพตามที่ได้ตั้งไว้ และสามารถช่วยประหยัดต้นทุนในการหมักหาคำนวนจากราคากากน้ำตาลลิตรละ 5 บาท สูญเสียกากน้ำตาลครั้งละ 2,000 ลิตร คิดเป็นเงิน 10,000 บาทต่อครั้งในหนึ่งปีจะมีการหมักประมาณ 900 ถังต่อปีแสดงว่า ชุดควบคุมปั๊มสุบกากน้ำตาลอัตโนมัติสามารถช่วยประหยัดเงินได้ถึง 18,000,000 บาทต่อปี และยังช่วยประหยัดพลังงานในการหมักรวมถึงสามารถขยายผลให้กับกับบริษัทในเครือได้ต่อไป

คำสำคัญ : ชุดควบคุมปั๊มสุบกากน้ำตาลอัตโนมัติ, กากน้ำตาล, การหมักสำ, บริษัทเทพอรุณไทย

Abstract

The purposes of this research are: to create and identify the efficiency of Automatic Molasses Pump Control Set. As problem found in the fermentation processes of Liquor production of Theparunothai Co.,LTD., manually ON-OFF Molasses Pump and cause tolerances 8-10 % in each step of fermentation. So we defined the efficiency of Automatic Molasses Pump Control Set as follows: the operation of the set must cause tolerances less than 5%. From our literary

review, so we decided to designed and created Automatic Molasses Pump Control Set controlled by Arduino Nano, programed to control the set to operate with flow meter feeding back controlling ON and OFF molasses pump in both steps of fermentation process that differently require quantity of molasses. In the first step require 28,000 liters of molasses, while the second require 14,000 liters. The results of the experiments found that: step 1 of fermentation using Automatic Molasses Pump Control Set has tolerances of 0.357%, while in step 2 found tolerances of 0.714%, theses mean tolerances decrease from manual method down to 92.86%. So we can conclude that Automatic Molasses Pump Control Set has efficiency as defined. Automatic Molasses Pump Control Set can help saving cost, if calculate from 5 baht per liter, the cost of molasses. In each loss of manual pump control can loss up to 2,000 liters, which can calculate into 10,000 baht in each time of fermentation step. In one year possibly have fermentation of 900 tanks (twice a tank). That means Automatic Molasses Pump Control Set can save production cost up to 18,000,000 baht per year and also can save time and energy of fermentation process. And may extend the result widely in the affiliates companies.

Keywords : Automatic Molasses Pump Control Set, Molasses, Fermentation process, Theparunothai Co.,LTD

1. บทนำ

เนื่องจากในกระบวนการผลิตสุราของบริษัท เทพอรุณทัย จำกัด ส่วนใหญ่ยังเป็นการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติที่ต้องใช้คนในการควบคุมการเปิดปิดการทำงานของระบบต่างในกระบวนการผลิตอยู่ ซึ่งในกระบวนการหมักสำคัญเช่นเดียวกันยังเป็นการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติอยู่ซึ่งในกระบวนการหมักมีการใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบปริมาณ 200,000 ลิตรต่อวัน โดยในกระบวนการหมักมีวิธีการหมัก 2 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนใช้ปริมาณกากน้ำตาลไม่เท่ากัน ปัจจุบันในการปฏิบัติงานของพนักงานในขั้นตอนสูบกากน้ำตาลขึ้นถังหมักพนักงานต้องนั่งควบคุมปริมาณกากน้ำตาลที่สูบโดยอ่านจากมิเตอร์ให้มีปริมาณตามที่กำหนดไว้ในแต่ละขั้นตอนเมื่อปริมาณได้ตามที่กำหนดแล้วก็จะทำการหยุดปั๊มสูบกากน้ำตาล ซึ่งอาจจะมีปริมาณที่คลาดเคลื่อนในบางครั้ง โดยในการสูบกากน้ำตาลในขั้นตอนที่ 1 ใช้เวลาประมาณ 30-40 นาที และการสูบกากน้ำตาลในขั้นตอนที่ 2 ใช้เวลาประมาณ 20-25 นาที และกระบวนการที่ใช้คนในการควบคุมการเปิด-ปิด ปั๊มสูบกากน้ำตาลนี้ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในแต่ละขั้นตอนถึงร้อยละ 8-10

ดังนั้น ผู้จัดทำโครงการจึงมีความสนใจในการสร้างชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติขึ้นซึ่งสามารถกำหนดปริมาณกากน้ำตาลที่ต้องการใช้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการหมักเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของกากน้ำตาลในการหมักได้ โดยชุดสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติจะรับข้อมูลจากมิเตอร์วัดปริมาณการไหลของกากน้ำตาลเพื่อนับปริมาณกากน้ำตาลตามเวลาจริง เมื่อถึงปริมาณที่กำหนดชุดสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติจะสั่งให้ปั๊มสูบกากน้ำตาลหยุดทำงาน ช่วยให้กระบวนการหมักมีประสิทธิภาพดีขึ้นและสามารถลดขั้นตอนในการปฏิบัติงาน ลดความคลาดเคลื่อนในการใช้กากน้ำตาลใน

กระบวนการหมัก รวมถึงช่วยลดงบประมาณให้บริษัทได้อีกทางหนึ่ง

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อสร้างชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติ
- 2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติ

3. ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้จัดทำได้กำหนดขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

3.1 ประสิทธิภาพของชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติคือมีความคลาดเคลื่อนจากการทำงานไม่เกินร้อยละ 5 ของปริมาณที่กำหนด

3.2 สามารถกำหนดปริมาณกากน้ำตาลที่ใช้ในการหมักได้

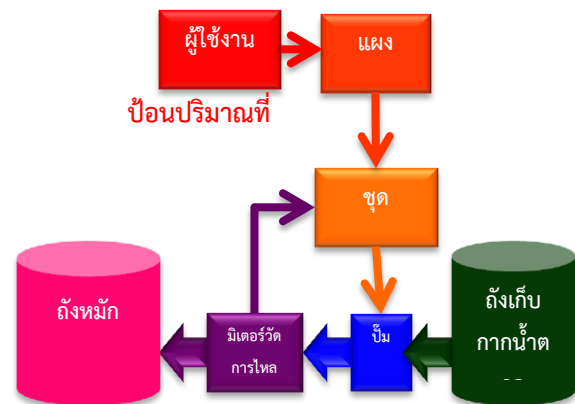
3.3 ใช้ Board Arduino Nano เป็นตัวประมวลผลในการกำหนดปริมาณกากน้ำตาลและสั่งเปิดปิดการทำงานของปั๊ม

4. วิธีดำเนินการวิจัย

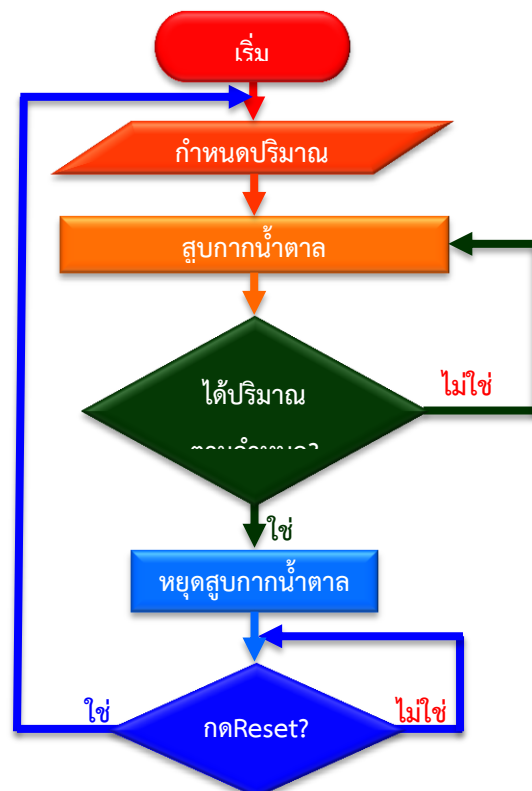
4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง[1],[2] เอกสารเกี่ยวกับกากน้ำตาล ระบบอัตโนมัติ เครื่องมือวัดการไหลแบบสนามแม่เหล็ก (electromagnetic flow meter) Arduino Nano รีเลย์ (relay) แมกเนติกคอนแทกเตอร์(Magnetic Contactor) แป้นปุ่มกด (Keypad) เพื่อออกแบบและสร้างชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติ [3]

4.2 การออกแบบและการสร้าง
เมื่อศึกษารวบรวมข้อมูลแล้วจึงได้ออกแบบการทำงานของชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติ ให้มีการทำงานของระบบที่ใช้ในการออกแบบและสร้าง

ชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติ ดังมีบล็อกไดอะแกรมการทำงานของชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติแสดงดังภาพที่ 1

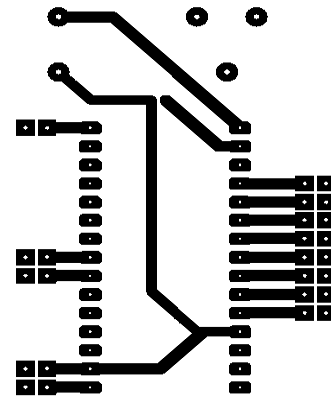


รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติ

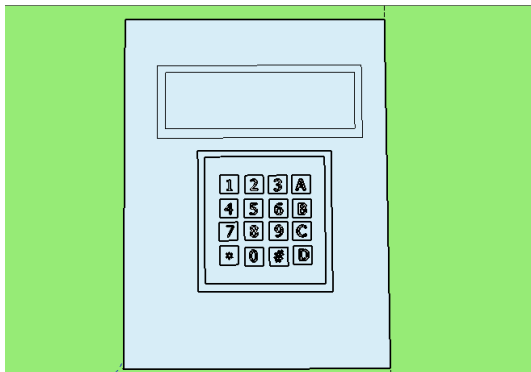


รูปที่ 2 แผนผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมระบบชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติ

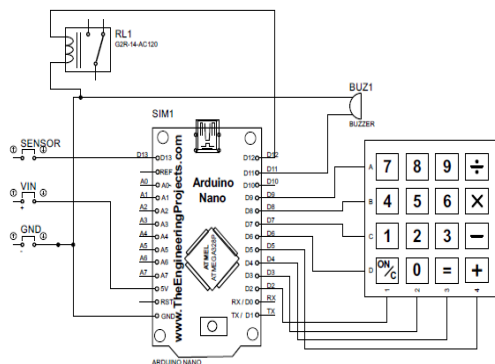
การทำงานเริ่มจากผู้ใช้งานกำหนดปริมาณกากน้ำที่ต้องการโดยการกดตัวเลขที่แผงควบคุม เมื่อยืนยันปริมาณแล้วชุดควบคุมจะสั่งให้ปั๊มสูบกากน้ำตาลผ่านมิเตอร์วัดการไหล ที่วัดปริมาณกากน้ำตาลที่ไหลเข้าสู่ถังหมัก ตลอดเวลาของการสูบกากน้ำตาล มิเตอร์วัดการไหล[4] จะส่งข้อมูลปริมาณกากน้ำตาลเข้าสู่ชุดควบคุมตลอดเวลา จนกระทั่งปั๊มสูบกากน้ำตาลได้ตามปริมาณที่ตั้งไว้และชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติจะสั่งหยุดการทำงานของปั๊มสูบกากน้ำตาล และรอตรวจสอบการกดปุ่ม Reset เพื่อเริ่มการทำงานครั้งต่อไป



รูปที่ 4 การออกแบบวงจรและลายวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Proteus 8 Professional



รูปที่ 3 การออกแบบแผงควบคุมด้วยโปรแกรม SketchUp



รูปที่ 5 การติดตั้งมิเตอร์วัดการไหลเข้ากับชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติ



รูปที่ 6 ชุดควบคุมปั้มน้สูบกากน้ำตาลอัตโนมัติ และการติดตั้งในพื้นที่ใช้งานจริง



รูปที่ 7 แผงควบคุม หน้าจอแสดงผล และตู้ควบคุม ปั้มน้สูบกากน้ำตาลที่ทำงานร่วมกัน

4.3 การทดลองและผลการทดลอง

หลังจากผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและสร้างชุดควบคุมปั้มน้สูบกากน้ำตาลอัตโนมัติเรียบร้อยแล้ว จึงได้นำมาทดลองใช้จริงในการหมักส่าในแต่ละขั้นตอน โดยขั้นตอนที่ 1 จะเป็นการหมักเชื้อยีสต์ที่ต้องการปริมาณกากน้ำตาลที่ 28,000 ลิตร และขั้นตอนที่ 2 จะเป็นการเติมอาหารให้เชื้อยีสต์ที่ต้องการปริมาณกากน้ำตาลที่ 14,000 ลิตร [5] เนื่องจากความหนืดของกากน้ำตาลทำให้เมื่อปั้มหยุดทำงาน กากน้ำตาลยังคงไหลต่อไปอีก 100 ลิตร ดังนั้นเมื่อผู้ใช้งานกำหนดค่าที่ต้องการต้องลดลง 100 ลิตร

4.3.1 การทดลองชุดควบคุมปั้มน้สูบกากน้ำตาลอัตโนมัติในขั้นตอนที่ 1 จะเป็นการหมักเชื้อยีสต์ที่ต้องการปริมาณกากน้ำตาล 28,000 ลิตร

ผู้วิจัยได้นำชุดควบคุมปั้มน้สูบกากน้ำตาลอัตโนมัติมาต่อทดแทนระบบเดิม ทำงานร่วมกับมอเตอร์วัดการไหลและปั้มน้สูบกากน้ำตาล ทำการทดลองระหว่างวันที่ 16 – 26 ตุลาคม 2560 บันทึกค่าที่ได้ลงในตาราง

ตารางที่ 1 การทดลองชุดควบคุมปั้มน้สูบกากน้ำตาลอัตโนมัติขั้นตอนที่ 1 จำนวน 42 ครั้ง

ตารางข้อมูลการใช้ชุดควบคุมปั้มน้สูบกากน้ำตาลอัตโนมัติ						
วันที่	เลขที่ถังหมัก	เลขมิเตอร์เริ่มต้น	เลขมิเตอร์สุดท้าย	รวมปริมาณที่ใช้น้ (ลิตร)	ปริมาณที่กำหนด (ลิตร) (น้ตาลไหลที่ 30 M ³ /h)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
16	T18 F12	8031085	8059085	28000	27900	0.357
	T19 F2	8074935	8102935	28000	27900	0.357
	T20 F5	8116935	8144935	28000	27900	0.357
	T21 F10	8158935	8186935	28000	27900	0.357
17	T22 F3	8202785	8230785	28000	27900	0.357
	T23 F8	8246635	8274635	28000	27900	0.357
	T24 F11	8288635	8316635	28000	27900	0.357
	T25 F1	8330635	8358635	28000	27900	0.357
18	T26 F6	8374485	8402485	28000	27900	0.357
	T27 F9	8418335	8446335	28000	27900	0.357
	T28 F4	8460335	8488335	28000	27900	0.357
	T29 F7	8502335	8530335	28000	27900	0.357
19	T30 F12	8546185	8574185	28000	27900	0.357
	T31 F2	8590035	8618035	28000	27900	0.357
	T32 F5	8632035	8660035	28000	27900	0.357
	T33 F10	8674035	8702035	28000	27900	0.357
20	T34 F3	8717885	8745885	28000	27900	0.357
	T35 F8	8761735	8789735	28000	27900	0.357
	T36 F11	8803735	8831735	28000	27900	0.357
	T37 F1	8845735	8873735	28000	27900	0.357
	T38 F6	8889585	8917585	28000	27900	0.357

ตารางที่ 1 การทดลองชุดควบคุมปั๊มสูบน้ำจากน้ำตาล
อัตโนมัติขั้นตอนที่ 1 จำนวน 42 ครั้ง(ต่อ)

วันที่	เลขที่ถัง หมัก	เลข มิเตอร์ เริ่มต้น	เลขมิเตอร์ สุดท้าย	รวม ปริมาตรที่ ใช้ (ลิตร)	ปริมาณที่ กำหนด (ลิตร) น้ำตาลไหลที่ (30 M ³ /h)	ค่าความคลาด เคลื่อน(%)
21	T39 F9	8933435	8961435	28000	27900	0.357
	T40 F4	8975435	9003435	28000	27900	0.357
	T41 F7	9017435	9045435	28000	27900	0.357
	T42 F12	9061285	9089285	28000	27900	0.357
22	T43 F2	9105135	9133135	28000	27900	0.357
	T44 F5	9147135	9175135	28000	27900	0.357
	T45 F10	9189135	9217135	28000	27900	0.357
	T46 F3	9232985	9260985	28000	27900	0.357
23	T47 F8	9276835	9304835	28000	27900	0.357
	T48 F11	9318835	9346835	28000	27900	0.357
	T49 F1	9360835	9388835	28000	27900	0.357
	T50 F6	9404685	9432685	28000	27900	0.357
24	T52 F4	9462535	9490535	28000	27900	0.357
	T54 F12	9520385	9548385	28000	27900	0.357
25	T55 F2	9550235	9578235	28000	27900	0.357
	T56 F5	9592235	9620235	28000	27900	0.357
	T57 F10	9620235	9648235	28000	27900	0.357
	T58 F3	9650085	9678085	28000	27900	0.357
26	T59 F8	9693935	9721935	28000	27900	0.357
	T60 F11	9735935	9763935	28000	27900	0.357
	T61 F1	9777935	9805935	28000	27900	0.357

จากตารางที่ 1 พบว่าชุดควบคุมปั๊มสูบน้ำจากน้ำตาลอัตโนมัติจากการทดลองจำนวน 42 ครั้ง (จากวันที่ 16-24/10/60) มีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.357

4.3.2 การทดลองชุดควบคุมปั๊มสูบน้ำจากน้ำตาลอัตโนมัติในขั้นตอนที่ 2 จะเป็นการเติมอาหารให้เชื้อยีสต์ที่ต้องการปริมาณจากน้ำตาลที่ 14,000 ลิตร

ผู้วิจัยได้นำชุดควบคุมปั๊มสูบน้ำจากน้ำตาลอัตโนมัติมาต่อทดแทนระบบเดิม ทำงานร่วมกับมิเตอร์วัดการไหลและปั๊มสูบน้ำจากน้ำตาล ทำการทดลองระหว่างวันที่ 16 – 26 ตุลาคม 2560 บันทึกค่าที่ได้ลงในตาราง

ตารางที่ 2 การทดลองชุดควบคุมปั๊มสูบน้ำจากน้ำตาล
อัตโนมัติขั้นตอนที่ 2 จำนวน 40 ครั้ง
(จากวันที่ 16-26/10/60)

ตารางข้อมูลการใช้ชุดควบคุมปั๊มสูบน้ำจากน้ำตาลอัตโนมัติ						
วันที่	เลขที่ถัง หมัก	เลขมิเตอร์ เริ่มต้น	เลขมิเตอร์ สุดท้าย	รวม ปริมาตรที่ ใช้ (ลิตร)	ปริมาณที่ กำหนด (ลิตร) น้ำตาลไหลที่ (30 M ³ /h)	ค่าความคลาด เคลื่อน(%)
16	T15 F9	8059085	8073085	14000	13900	0.714
	T16 F4	8102935	8116935	14000	13900	0.714
	T17 F7	8144935	8158935	14000	13900	0.714
	T18 F12	8186935	8200935	14000	13900	0.714
17	T19 F2	8230785	8244785	14000	13900	0.714
	T20 F5	8274635	8288635	14000	13900	0.714
	T21 F10	8316635	8330635	14000	13900	0.714
	T22 F3	8358635	8372635	14000	13900	0.714
18	T23 F8	8402485	8416485	14000	13900	0.714
	T24 F11	8446335	8460335	14000	13900	0.714
	T25 F1	8488335	8502335	14000	13900	0.714
	T26 F1	8530335	8544335	14000	13900	0.714
19	T27 F9	8574185	8588185	14000	13900	0.714
	T28 F4	8618035	8632035	14000	13900	0.714
	T29 F7	8660035	8674035	14000	13900	0.714
	T30 F12	8702035	8716035	14000	13900	0.714
20	T31 F2	8745885	8759885	14000	13900	0.714
	T32 F5	8789735	8803735	14000	13900	0.714
	T33 F10	8831735	8845735	14000	13900	0.714
	T34 F3	8873735	8887735	14000	13900	0.714
21	T35 F8	8917585	8931585	14000	13900	0.714
	T36 F11	8961435	8975435	14000	13900	0.714
	T37 F1	9003435	9017435	14000	13900	0.714
22	T38 F6	9045435	9059435	14000	13900	0.714
	T39 F9	9089285	9103285	14000	13900	0.714
	T40 F4	9133135	9147135	14000	13900	0.714
	T41 F7	9175135	9189135	14000	13900	0.714
23	T48 F12	9217135	9231135	14000	13900	0.714
	T43 F2	9260985	9274985	14000	13900	0.714
	T44 F5	9304835	9318835	14000	13900	0.714
	T45 F10	9346835	9360835	14000	13900	0.714
24	T46 F3	9388835	9402835	14000	13900	0.714
	T47 F8	9432685	9446685	14000	13900	0.714
	T48 F11	9448535	9462535	14000	13900	0.714
	T49 F1	9490535	9504535	14000	13900	0.714
25	T50 F6	9504535	9518535	14000	13900	0.714
	T52 F4	9578235	9592235	14000	13900	0.714
	T55 F2	9678085	9692085	14000	13900	0.714
26	T56 F5	9721935	9735935	14000	13900	0.714
	T57 F10	9763935	9777935	14000	13900	0.714

จากตารางที่ 2 พบว่าชุดควบคุมปั๊มสูบน้ำจากน้ำตาลอัตโนมัติจากการทดลองจำนวน 40 ครั้ง (จากวันที่ 16-24/10/60) ความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.71

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่าการใช้การชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัตินั้นต้องมีการตั้งค่าการไหลของกากน้ำตาลโดยใช้ Inverter เป็นตัวควบคุมการไหลโดยกำหนดไหลของกากน้ำตาลอยู่ที่ 30 M³/h จากความคลาดเคลื่อนที่คงที่ อันเนื่องมาจากความหนืดในการไหลของกากน้ำตาลที่ จะหยุดไหลหลังจากสั่งปิดปั๊มทำให้มีกากน้ำตาลเกินที่ 100 ลิตร ในการทำงานแต่ละครั้ง ดังนั้นเพื่อให้ได้ ปริมาณกากน้ำตาลที่แม่นยำ ตามต้องการ ผู้วิจัยจึงได้คิดสูตร การตั้งค่ากากน้ำตาลเมื่อใช้ชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติ ดังนี้

**ปริมาณกากน้ำตาลที่ต้องกำหนด = ปริมาณ
กากน้ำตาลที่ต้องการ - 100 ลิตร**

ตามกระบวนการหมักของโรงงานขั้นตอนที่ 1 มีความต้องการใช้กากน้ำตาล 28,000 ลิตร มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 100 ลิตร ดังนั้นค่าที่ต้องป้อนเข้าสู่ชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติ คือ 27,900 ลิตร ดังนั้น ค่าความคลาดเคลื่อนจึงเท่ากับร้อยละ 0.357 ในขั้นตอนที่ 2 ของการหมักมีความต้องการใช้กากน้ำตาล 14,000 ลิตร ดังนั้นค่าที่ต้องกำหนดให้กับชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติ คือ 13,900 ลิตร ค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็นร้อยละ 0.714 จากผลการทดลองสังเกตได้ว่าซึ่งใช้ปริมาณกากน้ำตาลมากเท่าใด ร้อยละของค่าความผิดพลาดยิ่งน้อยลงเท่านั้นเพราะปริมาณที่ต้องการเพิ่ม แต่ ค่าความผิดพลาดคงที่ ซึ่งเป็นค่าผิดพลาดที่เกิดจาก ลักษณะทางธรรมชาติของการนำตาลที่สามารถปรับแก้ให้ได้ ปริมาณที่ต้องการ ดังนั้น เมื่อใช้สูตรที่วิจัยคิดค้นขึ้นเพื่อกำหนดปริมาณที่ต้องป้อนชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติแม้มีความผิดพลาดเกิดขึ้นก็ยังทำให้ได้ ปริมาณกากน้ำตาลตามที่ต้องการอย่างแม่นยำ และเมื่อเปรียบเทียบกับ การควบคุมด้วยคนที่มีค่าความผิดพลาดสูงสุดถึงร้อยละ 10 จึงกล่าวได้ว่าชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติ ช่วยให้การสูบกากน้ำตาลเข้าสู่ระบบ

การหมักสำคัญเป็นไปด้วยดีตามมีประสิทธิภาพสูง และช่วยประหยัดต้นทุนการผลิตได้เป็นมูลค่าสูง เหมาะแก่การนำไปใช้ กับ บริษัท ในเครือต่อไป อย่างไรก็ตามการใช้งานบอร์ด Arduino ที่มีความสามารถหลากหลายอาจทำให้เราสามารถเพิ่มคุณสมบัติอื่น ๆ ให้กับชุดควบคุมปั๊มสูบกากน้ำตาลอัตโนมัติได้อีก เช่น เพิ่มการควบคุมการเปิด-ปิดวาล์ว เป็นต้น และเนื่องจากระบบการควบคุมมอเตอร์ปั๊มที่มีการใช้ Inverter เป็นตัวควบคุมรอบของมอเตอร์ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนจำนวนมาก การพัฒนาและต่อยอดระบบอัตโนมัติที่มีสัญญาณรบกวนจำนวนมากควรเลือกใช้ระบบ PLC ซึ่งใช้งานได้ดีกับระบบที่มี Inverter ในระบบควบคุม

เอกสารอ้างอิง

- [1] นราธิป ทองปาน (2559). การพัฒนาระบบรดน้ำอัตโนมัติผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย. เข้าถึงเมื่อวันที่ 30 กันยายน. เข้าถึงได้จาก http://202.29.22.73/conf/nctim_2016/file/03/11-IT-50-A1-ok-95.pdf
- [2] กองพล อารีรักษ์ (2558). การควบคุมแบบอัตโนมัติของระบบปั๊มน้ำสำหรับไร่มันสำปะหลังที่ใช้แหล่งพลังงานโซลาร์เซลล์. เข้าถึงเมื่อวันที่ 30 กันยายน. เข้าถึงได้จาก <http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/6205/2/Fulltext.pdf>
- [3] ทินรัตน์ มีชัย. การใช้บอร์ดทดลอง.(2558) Arduino UNO. เข้าถึงเมื่อวันที่ 30 กันยายน จาก http://119.46.244.220/article/file_upload/vijardino.pdf

- [4] เครื่องมือวัดการไหลแบบสนามแม่เหล็ก.
(2555).[ออนไลน์] electromagnetic flow
meter) [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กันยายน 2560]
จากwww.automation.siemens.com
- [5] การผลิตสุรากากน้ำตาล. (2554) [ออนไลน์]
[สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2560] จาก
[https://surathai.wordpress.com/
//2011/05/15 alcohol-molasse/](https://surathai.wordpress.com//2011/05/15/ alcohol-molasse/)