

การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยการผสมแบบสัญญาณอลวน

CHAOTIC MIXING FOR BIODIESEL SYNTHESIS

ศักดา สาคอรตันนท์

SAKDA SAKORNTANANT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารเคมี

มหาวิทยาลัย

สงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

พ.ศ. 2550

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยการผสมแบบสัญญาณอลวน

CHAOTIC MIXING FOR BIODIESEL SYNTHESIS



ศักดิ์ สาคกรตานนท์

SAKDA SAKORNTANANT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2550

CHAOTIC MIXING FOR BIODIESEL SYNTHESIS

SAKDA SAKORNTANANT

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2007

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยการผสมแบบสัญญาณอลวน
นักศึกษา	นายศักดา สาครตานันท์
รหัสนักศึกษา	45061107
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
พ.ศ.	2549
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ปิติเขต สุร์รักษา

บทคัดย่อ

ปริญญาวิทยานิพนธ์นี้เสนอการประยุกต์ใช้สัญญาณอลวนสำหรับการปั่นผสมในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล เพื่อประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิต โดยทำการศึกษาในสถานการณ์จำลองการปั่นผสมที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ควบคุมการปั่นผสมแบบอลวนผ่านวงจรมอดูเลตความกว้างของพัลส์ (PWM) และทำการเปรียบเทียบการปั่นผสมด้วยสัญญาณอลวนเทียบกับสัญญาณประเภทอื่น จากการวิจัยพบว่า การใช้สัญญาณอลวนควบคุมการปั่นผสมในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล มีประสิทธิภาพสูงกว่า การใช้การปั่นผสมแบบความเร็วคงที่ในแบบเดิม บ่งชี้ถึงการขยายผลในการนำวิธีนี้ไปใช้ และควรศึกษา ตรวจสอบผลที่ได้จากการวิจัยนำร่องนี้ต่อไป

Thesis Title	Chaotic Mixing for Biodiesel Synthesis
Student	Mr.Sakda Sakorntanant
Student ID.	45061107
Degree	Master of Engineering
Program	Information Engineering
Year	2006
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Pitikhate Sooraksa

ABSTRACT

This thesis presents an application of chaotic signals for mixing in biodiesel process in order to reduce energy consumption. The study conducted in a lab-scale comprises a DC motor for controlling chaotic mixing patterns using PWM. The proposed scheme is then compared to other conventional mixing methods. According to the experiment, the chaotic mixing process yields better results provided promisingly high confidence in the application. This needs future investigation to validate the pilot study.

กิตติกรรมประกาศ

การที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จได้นั้นต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ รศ.ดร.ปิติเขต ผู้รักษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์กฤดากร กล่อมการ เป็นอย่างยิ่ง อันเนื่องจากเป็นผู้ที่ให้ความ
ช่วยเหลือ และให้คำแนะนำ รวมทั้งช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นเป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณ
อาจารย์และเจ้าหน้าที่ ภาควิชาวิศวกรรมเคมีอันได้แก่ รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา และคุณพิสันต์ ผลโพธิ์ ที่
ให้ความอนุเคราะห์เกี่ยวกับความรู้ วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือทางด้านเคมี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ที่คอยให้การสนับสนุนและความช่วยเหลือ
ในด้านต่างๆ ด้วยดีเสมอมา และขอขอบคุณพี่ๆ น้องๆ ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ โดยเฉพาะเจตน์ ออ
สวัสดี ที่คอยให้ความช่วยเหลือต่างๆ ในการวิจัยเป็นอย่างดี

และท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ สำหรับทุกๆ สิ่งแต่บุตรผู้นี้ เสมอมา

ศักดิ์ดา สาครตานันท์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา.....	3
บทที่ 2 ไบโอดีเซล.....	4
2.1 ไบโอดีเซล.....	4
2.2.1 ความหมายของไบโอดีเซล.....	4
2.1.2 กระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน.....	5
2.2 กระบวนการผลิตไบโอดีเซล.....	6
2.2.1 การผลิตแบบกะ (Batch Process).....	6
2.2.2 การผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Process).....	7
2.3 มาตรฐานไบโอดีเซล.....	8
บทที่ 3 สัตถุญาณอลวน (Chaos).....	12
3.1 ทฤษฎีอลวน(Chaos Theory).....	12
3.2 วงจร Chua	13
3.2.1 การแสดงคุณสมบัติความต้านทานแบบไม่เป็นเชิงเส้น.....	15
3.2.2 ตัวเหนี่ยวนำเสมือน (Inductance Simulation).....	16
3.3 Logistic Map.....	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	21
4.1 การออกแบบระบบจำลองกระบวนการสังเคราะห์ไบโอดีเซล.....	21
4.2 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	24
4.3 วงจรสร้างสัญญาณควบคุม.....	26
4.3.1 วงจร Chua.....	26
4.3.2 วงจรสร้างสัญญาณ ลอจิสติก	26
4.4 วิธีการทดลอง.....	27
4.5 การวัดผล.....	28
บทที่ 5 ผลการทดลอง.....	29
5.1 สัญญาณแรงดันไฟตรง.....	29
5.2 สัญญาณรูปคลื่นไซน์.....	30
5.3 สัญญาณอลวนจากวงจร Chua	31
5.4 สัญญาณอลวนแบบลอจิสติก	37
5.5 สัญญาณรบกวนแบบ Pink noise.....	43
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	47
เอกสารอ้างอิง.....	49
ภาคผนวก ก. ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน.....	51
ภาคผนวก ข. ใบพัดสำหรับกวนผสมในการทดลอง.....	57
ภาคผนวก ค. ขั้นตอนในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล.....	59
ภาคผนวก ง. การวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบ Saybolt	63
ภาคผนวก จ. กราฟการเปลี่ยนแปลงความเร็วจากสัญญาณอินพุทรูปคลื่นไซน์.....	66
ภาคผนวก ฉ. Minertia Motor F Series B Type Yaskawa Electric	72
ประวัติผู้เขียน.....	75

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ข้อกำหนดมาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซล[8].....	8
5.1 ผลการทดลองการควบคุมการกวนผสมด้วยแรงดันไฟตรง.....	29
5.2 ผลการทดลองการควบคุมการกวนผสมด้วยสัญญาณรูปคลื่นไซน์.....	30
5.3 ผลการทดลองการควบคุมการกวนผสมด้วยสัญญาณออสซิลโลสโคป Chua.....	36
5.4 ผลการทดลองการควบคุมการกวนผสมด้วยสัญญาณลอจิสติก.....	42
5.5 ผลการทดลองการควบคุมการกวนผสมด้วยสัญญาณรบกวน Pink Noise.....	45

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แผนการพัฒนาไบโอดีเซลจากกระทรวงพลังงานและกระทรวงเกษตรและสหกรณ์[1].....	1
2.1 สมการเคมีของการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน [5].....	5
2.2 กระบวนการผลิตไบโอดีเซลแบบทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	7
3.1 วงจร Chua.....	13
3.2 วงจร V_R เมื่อแทนด้วยออปแอมป์.....	14
3.3 ช่วงความชันของความต้านทานไม่เป็นเชิงเส้น.....	14
3.4 วงจรวัดค่าความต้านทานแบบไม่เป็นเชิงเส้น.....	15
3.5 ช่วงความต้านทานแบบลบที่วัดได้จากวงจร.....	15
3.6 วงจรตัวเหนี่ยวนำเสมือน.....	16
3.7 สัญญาณอลวนจากวงจร Chua แบบ ซิงเกิลสกอว์	16
3.8 สัญญาณอลวนจากวงจร Chua แบบ ดับเบิลสกอว์	17
3.9 แผนผังไบเฟอร์เคชันของสมการอลวนแบบลอจิสติก [15].....	18
3.10 กราฟลอจิสติก พารามิเตอร์ $r = 1$	18
3.11 กราฟลอจิสติก พารามิเตอร์ $r = 2$	18
3.12 กราฟลอจิสติก พารามิเตอร์ $r = 3$	19
3.13 กราฟลอจิสติก พารามิเตอร์ $r = 3.57$	19
3.14 กราฟลอจิสติก พารามิเตอร์ $r = 3.999$	19
3.15 ผังกระบวนการทำงานของโปรแกรมสร้างสัญญาณลอจิสติกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์.....	20
4.1 อัตราส่วนมาตรฐานสำหรับการออกแบบการผสมของเหลว.....	21
4.2 แบบจำลองการปั่นผสมที่ทำการออกแบบ.....	22
4.3 ถังผสมที่สร้างขึ้นจากบีกเกอร์ขนาด 500 มล. และมีการติดตั้งใบพัด.....	22
4.4 ใบพัดแบบ Flat blade impeller ที่ใช้ในแบบจำลอง.....	23
4.5 ชุดจำลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลที่ใช้ในการทดลอง.....	24
4.6 แผนภาพการควบคุมมอเตอร์แบบ PWM.....	25
4.7 วงจรควบคุมมอเตอร์แบบ PWM ที่ใช้ในการทดลอง.....	25
4.8 วงจร Chua ที่ใช้ในการทดลอง.....	26
4.9 แผนภาพการสร้างสัญญาณอลวนแบบลอจิสติก.....	27
4.10 เครื่องวัดความหนืดแบบ Saybolt ยี่ห้อ KOEHLER รุ่น K21590.....	28
5.1 กราฟผลการปั่นผสมด้วยความเร็วแบบคงที่.....	31

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.2 กราฟความเร็วเฉลี่ยของมอเตอร์จากสัญญาณอินพุทรูปคลื่นไซน์.....	31
5.3 กราฟความหนืดที่ได้จากสัญญาณอินพุทรูปคลื่นไซน์.....	31
5.4 สัญญาณ ซิงเกิลสกออร์ 6.5 Hz.....	32
5.5 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณอลวนแบบ ซิงเกิลสกออร์ 6.5 Hz	32
5.6 สัญญาณอลวนแบบ ดับเบิลสกออร์ 500 mHz	32
5.7 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณอลวนแบบ ดับเบิลสกออร์ 500 mHz..	33
5.8 สัญญาณ ซิงเกิลสกออร์ 8.5 Hz	33
5.9 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณอลวนแบบ ซิงเกิลสกออร์ 8.5 Hz	33
5.10 สัญญาณอลวนแบบ ดับเบิลสกออร์ 760 mHz	34
5.11 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณอลวนแบบ ดับเบิลสกออร์ 760 mHz.....	34
5.12 สัญญาณอลวนแบบ ซิงเกิลสกออร์ 14.5 Hz.....	35
5.13 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณอลวนแบบ ซิงเกิลสกออร์ 14.5 Hz.....	35
5.14 สัญญาณอลวนแบบ ดับเบิลสกออร์ 990 mHz.....	35
5.15 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณอลวนแบบ ดับเบิลสกออร์ 990 mHz.....	36
5.16 กราฟความเร็วเฉลี่ยของมอเตอร์จากสัญญาณอลวนแบบ chua	36
5.17 กราฟความหนืดที่ได้จากสัญญาณอลวนแบบ chua	37
5.18 ค่าค่าพารามิเตอร์ลจิสติก $r = 3.60$	37
5.19 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณลจิสติก ค่า $r = 3.60$ ความถี่ 6 Hz.....	38
5.20 สัญญาณอลวนแบบลจิสติกใช้ค่าพารามิเตอร์ $r = 3.60$	38
5.21 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณลจิสติก ค่า $r = 3.60$ ความถี่ 8 Hz.....	38
5.22 สัญญาณอลวนลจิสติกใช้ค่า $r = 3.60$	39
5.23 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณลจิสติก ค่า $r = 3.60$ ความถี่ 14 Hz.....	39
5.24 สัญญาณอลวนลจิสติกใช้ค่า $r = 3.999$	40
5.25 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณลจิสติก ค่า $r = 3.999$ ความถี่ 6 Hz.....	40
5.26 สัญญาณอลวนลจิสติกใช้ค่า $r = 3.999$	40
5.27 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณลจิสติก ค่า $r = 3.999$ ความถี่ 8 Hz.....	41
5.28 สัญญาณอลวนลจิสติกใช้ค่า $r = 3.999$	41
5.29 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณลจิสติกค่า $r = 3.999$ ความถี่ 14 Hz.....	42
5.30 กราฟความเร็วเฉลี่ยของมอเตอร์จากสัญญาณอลวนแบบลจิสติก.....	42

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.32 กราฟความหนืดที่ได้จากสัญญาณอลวนแบบลอจิสติก.....	43
5.32 คลื่นสัญญาณรบกวน Pink noise (cut-off 6 Hz).....	43
5.33 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณรบกวน Pink noise (cut-off 6 Hz).....	44
5.34 คลื่นสัญญาณรบกวน Pink noise (cut-off 14 Hz).....	44
5.35 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณรบกวน Pink noise (cut-off 14 Hz).....	44
5.36 กราฟความเร็วเฉลี่ยของมอเตอร์จากสัญญาณรบกวน pink noise.....	45
5.37 กราฟความหนืดที่ได้จากสัญญาณรบกวน pink noise.....	45
5.38 กราฟความเร็วจากการทดลองทั้งหมด.....	46
5.39 กราฟความหนืดจากการทดลองทั้งหมด.....	46

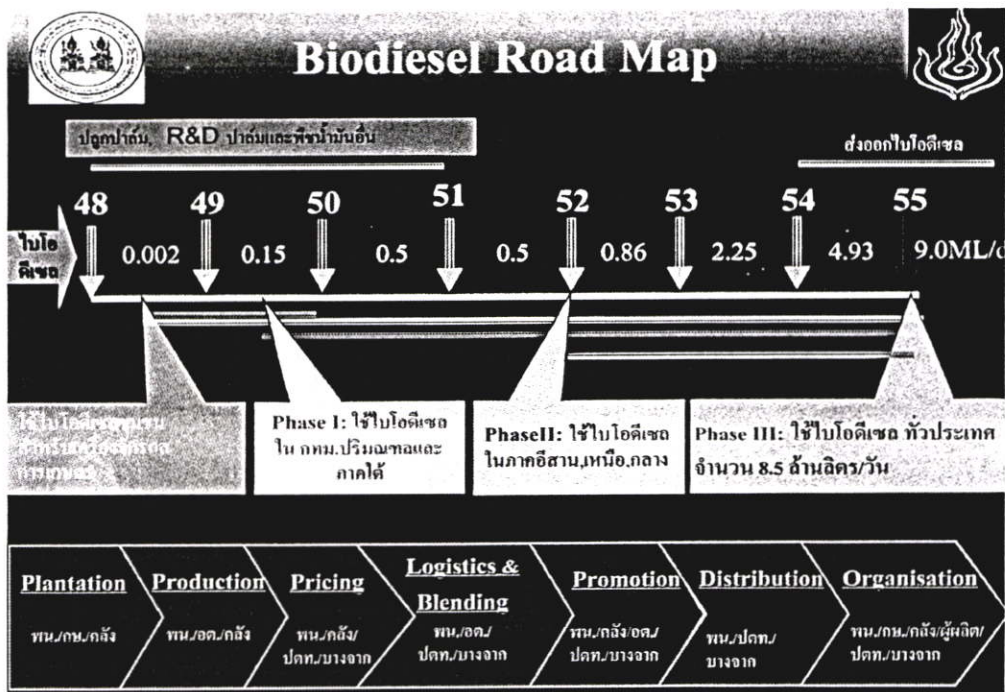
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากวิกฤตการณ์ด้านพลังงานที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของน้ำมันปิโตรเลียม ที่มีปริมาณความต้องการใช้งานเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ทำให้ประเทศไทยต้องมีการนำเข้าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระดับที่ราคาปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน ประเทศไทยจึงประสบกับปัญหาการขาดดุลการค้าเพิ่มขึ้น และปัญหาด้านเสถียรภาพทางด้านพลังงานในประเทศ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ทางรัฐบาลได้กำหนดนโยบายสนับสนุนการผลิตและใช้พลังงานทดแทนในประเทศเป็นนโยบายเร่งด่วน อีกทั้งภาครัฐและเอกชนก็หันมาสนใจการพัฒนาและใช้งานพลังงานทดแทนกันมากขึ้น

น้ำมันไบโอดีเซลเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนที่ใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล ที่ได้รับความสนใจจากทั้งภาครัฐและเอกชนในการพัฒนาเพื่อใช้ในเชิงพาณิชย์ โดยกระทรวงพลังงานและ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้กำหนดแผนการพัฒนาเพื่อให้สามารถผลิตและใช้งานไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เพื่อทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลให้ได้อย่างน้อย 10% ของการใช้งานทั้งหมดภายในปี พ.ศ. 2555 ซึ่งคาดว่าปริมาณการใช้งานจะสูงถึง 85 ล้านลิตรต่อวัน [1]



รูปที่ 1.1 แผนการพัฒนาไบโอดีเซลจากกระทรวงพลังงานและกระทรวงเกษตรและสหกรณ์[1]

การใช้งานไบโอดีเซลในปัจจุบันไม่เป็นที่แพร่หลาย ส่วนหนึ่งเนื่องจากมีราคาสูง ดังนั้นหากต้องการส่งเสริมให้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายจำเป็นต้องทำการปรับราคาให้ต่ำลง สาเหตุที่ทำให้ไบโอดีเซลมีราคาสูงนั้น เกิดจากต้นทุนในกระบวนการผลิตที่สูง หากสามารถลดต้นทุนในการผลิตลงได้ จะทำให้มีราคาต่ำลง หนึ่งในวิธีการลดต้นทุนคือ การพัฒนากระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งวิทยานิพนธ์นี้เป็นการเสนอการปรับปรุงกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ในขั้นตอนการสังเคราะห์ไบโอดีเซลโดยใช้การผสมแบบสัญญาณวนทำให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และยังทำให้ใช้พลังงานในกระบวนการผลิตน้อยลง ซึ่งเป็นการลดต้นทุนในการผลิตโดยตรง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาการใช้การปั่นผสมด้วยสัญญาณวน ในกระบวนการสังเคราะห์ไบโอดีเซล
2. ทดลองเปรียบเทียบการปั่นผสมด้วยสัญญาณแบบอลวน กับการผสมด้วยสัญญาณอื่นๆ ในกระบวนการสังเคราะห์ไบโอดีเซลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้สัญญาณแบบอลวน

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยการผสมแบบสัญญาณวน จะทำให้การผสมสารเคมีในกระบวนการสังเคราะห์ไบโอดีเซลมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจากในกระบวนการทำปฏิกิริยาระหว่าง น้ำมัน และเมทานอล (Methanol) ผ่านตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันพืชให้เป็นเอสเทอร์ (Ester) นั้น อาศัยหลักการทั่วไปของการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับ ทิศทาง และ การชนกัน ของอนุภาคของสารเคมีตั้งต้น ซึ่งในปัจจุบันใช้การปั่นผสมด้วยใบพัดแบบความเร็วคงที่ หากทำการผสมด้วยสัญญาณแบบอลวนจะทำให้ทิศทางการชนกันของอนุภาคของสารตั้งต้นมีพฤติกรรมแบบอลวนไปด้วย ซึ่งน่าจะส่งผลให้การเกิดปฏิกิริยาได้มากและเร็วขึ้นตามไปด้วย

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

1. ทฤษฎีอลวน (Chaostics Theory)
2. การผลิตไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1. ทำการทดลองสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยการผสมแบบสัญญาณอลวน
2. ทดลองสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยการผสมแบบสัญญาณสัญญาณอลวน โดยวงจรแบบ Chua เปรียบเทียบกับสัญญาณแบบอื่นๆ ได้แก่ สัญญาณอลวนแบบลอจิสติก, สัญญาณแรงดันคงที่ (DC), สัญญาณรูปคลื่นไซน์ และสัญญาณรบกวนแบบ Pink Noise
3. ใช้สัญญาณอลวนที่มีเงื่อนไขเริ่มต้นแตกต่างกัน
4. ทำการทดลองการสังเคราะห์ในข้อ 3 ซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบแบบจำลองในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล
3. สร้างวงจรกำเนิดสัญญาณแบบต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง
4. ทดลองและเปรียบเทียบการสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยสัญญาณแบบต่างๆ
5. สรุปและเรียบเรียงวิทยานิพนธ์

บทที่ 2

ไบโอดีเซล

2.1 ไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลเป็นแหล่งพลังงานทดแทนประเภทพลังงานหมุนเวียนที่ได้รับความนิยมเป็นอันมาก เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถผลิตได้เองภายในประเทศ โดยเฉพาะในช่วงปีที่ผ่านมา เนื่องจากราคาน้ำมันปรับสูงขึ้นเป็นประวัติการณ์ ทำให้เกิดความตื่นตัวและแสวงหาแหล่งพลังงานทางเลือกเพื่อลดปัญหาด้านราคาพลังงาน และนอกจากนั้นการใช้ไบโอดีเซล ยังเป็นการแก้ปัญหา ราคาผลผลิตตกต่ำให้กับเกษตรกรผู้ปลูกพืชน้ำมันได้อีกด้วย โดยในรัฐบาลชุดที่ผ่านมาได้กำหนดเป็นนโยบายระยะยาว ในการส่งเสริมให้มีการผลิตและใช้ไบโอดีเซลทั้งระบบ ตั้งแต่การส่งเสริมการปลูกพืชน้ำมันเพื่อใช้สำหรับการผลิต ต่อเนื่องไปจนถึงการกำหนดให้การใช้น้ำมันดีเซลภายในประเทศเป็นน้ำมันไบโอดีเซลบี10 (BX เป็นการผสมน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ โดย X แทนจำนวนเปอร์เซ็นต์ของไบโอดีเซลเช่น B10 คือน้ำมันดีเซลที่ผสมไบโอดีเซล 10 เปอร์เซ็นต์) ทั้งหมดภายในปี พ.ศ. 2555 [1] แต่ในปัจจุบันการปรับตัวลดลงของราคาน้ำมัน รวมทั้งการปรับตัวสูงขึ้นของวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซลเป็นเหตุให้ราคาของไบโอดีเซลในตลาดมีราคาสูงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ทำให้การใช้งานไบโอดีเซลในเชิงพาณิชย์ไม่แพร่หลายเท่าที่ควร

2.1.1 ความหมายของไบโอดีเซล

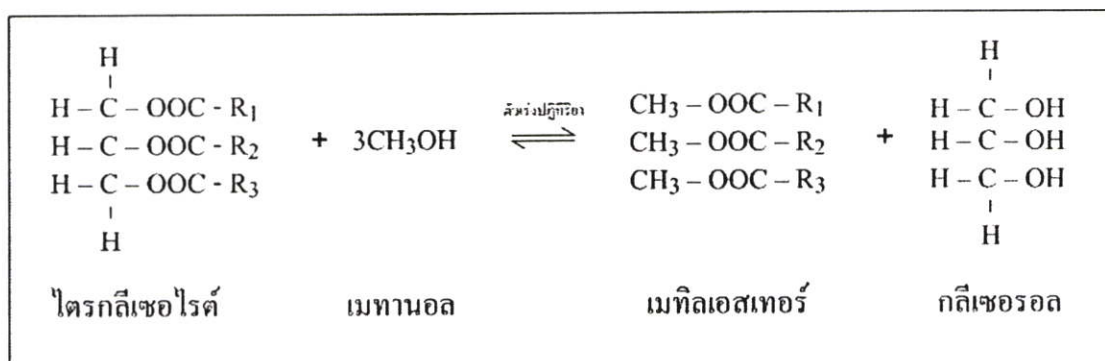
ไบโอดีเซลคือพลังงานทดแทนประเภทพลังงานหมุนเวียนที่ใช้ทดแทนการใช้ น้ำมันดีเซล โดยเป็นน้ำมันที่ได้จากน้ำมันพืชหรือน้ำมันจากสัตว์นำมาผ่านกระบวนการที่เหมาะสมเพื่อปรับสภาพให้เหมาะกับการใช้งาน ในเครื่องยนต์ดีเซลเช่นความหนืดและเสถียรภาพของน้ำมันเป็นต้น[2] โดยคณะกรรมการพลังงานแห่งชาติได้มีการกำหนดความหมายของไบโอดีเซลไว้ว่า ไบโอดีเซล คือน้ำมันสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชหรือไขมันจากสัตว์ซึ่งถูกแปรสภาพเป็น เมทิลเอสเตอร์(Methyl Ester) หรือ เอทิลเอสเตอร์(Ethyl ester) [3] [4] ส่วนการใช้ น้ำมันพืชผสมกับน้ำมันดีเซลโดยตรงนั้น เรียกว่าน้ำมัน ดีเซลปาล์ม หรือ ดีเซลมะพร้าว ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันพืชที่นำมาผสม โดยความหมายของไบโอดีเซลในทางสากลจะมีความหมายเช่นเดียวกันคือน้ำมันจากพืชหรือสัตว์ที่ผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อเปลี่ยนสภาพเป็นเอสเตอร์ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล สามารถนำไปใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลได้ทันทีโดยไม่ต้องทำการปรับแต่งเครื่องยนต์

โดยปกติ น้ำมันพืชสามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ แต่เนื่องจากมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันของน้ำมันเช่นความหนืด จุดหมอก ฯลฯ ทำให้เกิดปัญหาในการใช้งาน โดยลักษณะการใช้งานน้ำมันดังกล่าวกับเครื่องยนต์ดีเซล แบ่งได้สามประเภทคือ

- การใช้น้ำมันกับเครื่องยนต์โดยตรง เป็นวิธีที่ไม่ค่อยได้รับความนิยมเนื่องจากคุณสมบัติที่แตกต่างกันของน้ำมันทำให้เกิดปัญหากับเครื่องยนต์
- การนำน้ำมันไปผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ เช่น น้ำมันดีเซลมะพร้าวที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นการลดปัญหา จากความแตกต่างในด้านคุณสมบัติของน้ำมัน แต่ก็ยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้ทั้งหมดทำให้ยังเกิดปัญหากับเครื่องยนต์เช่นกัน
- การนำน้ำมันไปผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification) เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมันไปเป็น เอสเตอร์ (Ester) ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล สามารถนำไปใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้ทันทีโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหากับเครื่องยนต์ ซึ่งไบโอดีเซลประเภทนี้เป็นประเภทที่มีการผลิตและใช้ในเชิงพาณิชย์

2.1.2 กระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน

เป็นกระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันพืช โดยไตรกลีเซอไรด์ (Tryglyceride) จากน้ำมันพืชหรือสัตว์ ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ (เมทานอล หรือ เอทานอล) โดยใช้กรดหรือ ด่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide) หรือ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดเป็นเอสเตอร์ [4] [5] ซึ่งก็คือไบโอดีเซลนั่นเอง โดยสมการเคมีของกระบวนการดังกล่าวแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สมการเคมีของการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน [5]

ในกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน มีปัจจัยที่สำคัญที่มีผลกระทบในการเกิดปฏิกิริยาค้างนี้ [6]

- อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา โดยอุณหภูมิของกระบวนการทำปฏิกิริยามีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นอย่างมาก โดยหากมีเวลาในการทำปฏิกิริยาที่ยาวนานพอปฏิกิริยาสามารถเกิดได้ในอุณหภูมิห้อง แต่โดยทั่วไปเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้นมักควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียสแต่ทั้งนี้ต้องไม่เกินจุดเดือดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ทำปฏิกิริยา

- อัตราส่วนของแอลกอฮอล์ค่อน้ำมัน ซึ่งตามมวลสารสัมพันธ์ต้องการ โมลของแอลกอฮอล์ 3 โมล ต่อ 1 โมลของ ไตรกลีเซอไรด์ จะได้ 3 โมลของเอสเทอร์และ 1 โมลของกลีเซอริน หากต้องการเพิ่มปฏิกิริยาให้มากขึ้นอาจใช้แอลกอฮอล์มากขึ้น โดยทั่วไปจะใช้อัตราส่วนโดยโมลของของเมทานอลค่อน้ำมันพืชเป็น 6 : 1 ทำให้ได้เมทิลเอสเทอร์มากกว่า 98 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

- ชนิดและความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการทรานส์-เอสเทอร์ฟิเคชัน มีทั้งการใช้ ค่าง, กรด และเอนไซม์ ซึ่งโดยทั่วไปนิยมใช้ค่างในการเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากให้ผลในการเร่งปฏิกิริยาได้ดีกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแบบกรด และยังมีกรกักร่อนเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์น้อยกว่ากรด ความเข้มข้นของกรดที่ใช้อยู่ในช่วง 0.1 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

- ความบริสุทธิ์ของสารตั้งต้น ทั้งในส่วนของน้ำมัน หรือแอลกอฮอล์ที่ใช้ ล้วนมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เช่น ปริมาณของกรดไขมันอิสระในน้ำมัน หรือปริมาณน้ำที่เจือปนอยู่เป็นต้น

- การผสม ขั้นตอนการผสมแอลกอฮอล์กับน้ำมันที่ใช้ ในกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน เป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากการแยกชั้นกันจากการไม่สามารถละลายเข้ากันได้ ปฏิกิริยาส่วนใหญ่เกิดขึ้นได้จากการสัมผัสกันของสารทั้งสอง ดังนั้นวิธีการผสมจึงมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ในกระบวนการผลิตขนาดใหญ่การออกแบบการผสมจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก

จากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันดังกล่าว แยกได้เป็นสองส่วนคือส่วนแรกเป็นส่วนของวัตถุดิบและสารเคมี และส่วนที่สองคือวิธีการผสมในกระบวนการผลิต ซึ่งในส่วนแรกสามารถปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขได้ในทันทีโดยไม่ยุ่งยาก แต่ในส่วนที่สองนั้นหากวิธีการที่ออกแบบไว้ไม่ดีเท่าที่ควร การทำการแก้ไขหรือปรับปรุงจะทำได้ยาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาวิธีการผสมที่มีประสิทธิภาพสูง รวมทั้งสามารถปรับปรุงหรือแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้โดยง่าย

2.2 กระบวนการผลิตไบโอดีเซล

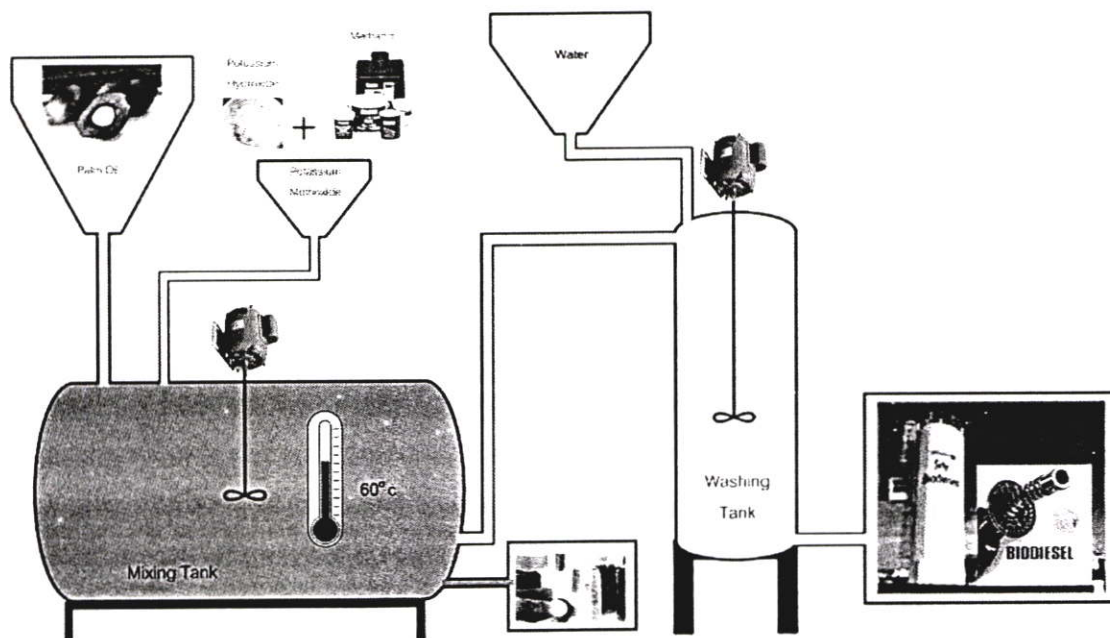
กระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม สามารถแบ่งได้เป็นสองประเภท[6] คือ

2.2.1 การผลิตแบบกะ (Batch Process)

โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมขนาดเล็กถึงขนาดกลาง รวมถึงการผลิตของกลุ่มเกษตรกรและชุมชนขนาดเล็กจะใช้การผลิตแบบกะเนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ราคาไม่สูง มีความยืดหยุ่นสูงเมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงสารตั้งต้นในกระบวนการผลิต แต่มีข้อเสียคืออาจมีปัญหาด้านการควบคุมความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์

2.2.2 การผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Process)

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนากระบวนการผลิต ให้เป็นแบบต่อเนื่องทำให้สามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีความสม่ำเสมอ และมีอัตราการผลิตในปริมาณที่สูงมากโดยเป็นระบบที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตขนาดใหญ่ ที่ต้องการกำลังผลิตสูง แต่เนื่องจากการผลิตแบบนี้ใช้เทคโนโลยีที่สูงและมีความซับซ้อนจึงมีราคาที่สูงตามไปด้วย กระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยวิธีทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กระบวนการผลิตไบโอดีเซลแบบทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน

จากรูปที่ 2.2 แสดงการผลิตไบโอดีเซลโดยทำการผสม เมทานอล(แอลกอฮอล์) กับ โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดด่าง) หลังจากนั้นจึงนำของผสมที่ได้ มาทำการผสมกับ น้ำมัน(น้ำมันปาล์ม) โดยให้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียสเพื่อเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น เมื่อผสมจนทำปฏิกิริยาแล้วและทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้นกันระหว่างเอสเทอร์และกลีเซอริน โดยเอสเทอร์ที่ได้เมื่อนำไปผ่านกระบวนการล้างเพื่อกำจัดตัวเร่งปฏิกิริยาและ แอลกอฮอล์ ที่ตกค้างอยู่ในเอสเทอร์ และผ่านกระบวนการทำให้แห้งแล้วสามารถนำเอสเทอร์ที่ได้ ไปใช้งานแทนน้ำมันดีเซลที่ได้จากปิโตรเลียมได้ทันที ส่วนกลีเซอรินที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันนั้นเมื่อนำไปผ่านกระบวนการแยกแอลกอฮอล์เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ และทำให้บริสุทธิ์แล้วสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารและยา ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าสูงได้ต่อไป

2.3 มาตรฐานไบโอดีเซล

มาตรฐานของไบโอดีเซลในประเทศไทยนั้นกรมธุรกิจพลังงานได้ออกประกาศเรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2548 เพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเชิงพาณิชย์ และสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภค โดยกำหนดมาตรฐานไว้ดังนี้ [8]

ตารางที่ 2.1 ข้อกำหนดมาตรฐานน้ำมัน ไบโอดีเซล[8]

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ
1	เมทิลเอสเตอร์ (Methyl Ester, ร้อยละโดยน้ำหนัก % wt.)	ไม่ต่ำกว่า 96.5	EN 14103
2	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 150 °ซ (Density at 150 °C , กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร kg/m ³)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า 860 และ 900	ASTM D 1298
3	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ (Viscosity at 40 °C, เซนติสโตกส์ cSt)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า 3.5 และ 5.0	ASTM D 445
4	จุดวาบไฟ (Flash Point , องศาเซลเซียส °C)	ไม่ต่ำกว่า 120	ASTM D 93
5	กำมะถัน (Sulphur, ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.0010	ASTM D 2622
6	กากถ่าน (ร้อยละ 10 ของกากที่เหลือจากการกลั่น) (Carbon Residue , on 10 % distillation residue , ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.30	ASTM D 4530
7	จำนวนซีเทน (Cetane Number)	ไม่ต่ำกว่า 51	ASTM D 613
8	เถ้าซัลเฟต (Sulfated Ash, ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.02	ASTM D 874
9	น้ำ (Water, ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.050	EN ISO 12937

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด		วิธีทดสอบ
10	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (Total Contaminate, ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt.))	ไม่สูงกว่า	0.0024	EN 12662
11	การกัดกร่อนแผ่น ทองแดง (Copper Strip Corrosion)	ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1	ASTM D 130
12	เสถียรภาพต่อการ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส (Oxidation Stability at 110 °C , ชั่วโมง)	ไม่ต่ำกว่า	6	EN 14112
13	ค่าความเป็นกรด (Acid Value , มิลลิกรัมโพแทสเซียม ไฮดรอกไซด์/กรัม mg KOH/g)	ไม่สูงกว่า	0.50	ASTM D 664
14	ค่าไอโอดีน (Iodine Value , กรัมไอโอดีน/100 กรัม g Iodine/100 g)	ไม่สูงกว่า	120	EN 14111
15	กรดลิโนเลนิกเมทิลเอ สเตอร์ (Linolenic Acid Methyl Ester, ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt.))	ไม่สูงกว่า	12.0	EN 14103
16	เมทานอล (Methanol, ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt.))	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14110
17	โมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride, ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt.))	ไม่สูงกว่า	0.80	EN 14105
18	ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride, ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt.))	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14105
19	ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride, ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt.))	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14105
20	กลีเซอรินอิสระ (Free glycerin, ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt.))	ไม่สูงกว่า	0.02	EN 14105
21	กลีเซอรินทั้งหมด (Total glycerin, ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt.))	ไม่สูงกว่า	0.25	EN 14105

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงค่า		วิธีทดสอบ
22	โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียม มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ โปแตสเซียม) (Group I metals mg/kg) (Na+K) โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียม มิลลิกรัม/กิโลกรัม และแมกนีเซียม) (Group II metals mg/kg) (Ca+Mg)	ไม่สูงกว่า	5.0	EN 14108 และ EN 14109
		ไม่สูงกว่า	5.0	prEN 14538
23	ฟอสฟอรัส ร้อยละโดยน้ำหนัก (Phosphorus, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.0010	ASTM D 4951
24	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน (ดูในภาคผนวก ก.)		

หมายเหตุ 1 / วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้ายนี้

ที่มา : ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน พ.ศ.2548

โดยข้อกำหนดคุณสมบัติที่สำคัญสามารถอธิบายได้ดังนี้ [6]

ความหนืด (Viscosity) เป็นค่าที่แสดงความต้านทานการไหลของของเหลวโดยที่ของเหลวมีความหนืดน้อยจะไหลได้ง่าย ความหนืดมีผลต่อระบบการฉีดน้ำมัน และการหล่อลื่นปั๊มเชื้อเพลิงแรงดันสูง หากน้ำมันมีความหนืดมากจะไม่สามารถฉีดให้กระจายเป็นฝอยได้ดี แต่หากมีความหนืดน้อยเกินไปจะมีผลต่อการหล่อลื่น

จุดวาบไฟ (Flash point) คืออุณหภูมิที่น้ำมันได้รับความร้อนจนเป็นไอผสมกับอากาศและเมื่อไอนี้ถูกเปลวไฟจะเกิดการลุกวาบขึ้น ดังนั้นน้ำมันที่มีจุดวาบไฟต่ำต้องมีการดูแลอย่างระมัดระวัง

กำมะถัน ในน้ำมันดีเซลจะมีสารประกอบของกำมะถันเช่น ไคซัลไฟด์ ซึ่งเมื่อผ่านการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จะกลายเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำหรือความชื้นจะกลายเป็นกรดกำมะถันและกัดกร่อนชิ้นส่วนของเครื่องยนต์

จำนวนซีเทน (Cetane number) เป็นค่าแสดงถึงประสิทธิภาพในการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง หากค่าซีเทนยิ่งสูงมากเท่าใดความเร็วในการจุดระเบิดจะมากตามไปด้วยทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้

ในการจุดระเบิดในห้องเผาไหม้น้อยลงไปด้วย สามารถควบคุมการเผาไหม้ได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เนื่องจากมีความล่าช้าในการจุดระเบิดน้อยลง

สำหรับประกาศกรมธุรกิจพลังงานประกาศเรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2548 คู่มือเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ก. บทต่อไป กล่าวถึงทฤษฎีและวงจรที่ใช้สร้างสัญญาณอลวนเพื่อใช้ในการปั่นผสมสารตั้งต้น ดังที่ได้กล่าวแล้วในบทนี้

บทที่ 3

สัจญาณอลวน (Chaos)

3.1 ทฤษฎีอลวน (Chaos Theory)

เคออส (Chaos) มาจากภาษากรีก แปลว่าความสับสน และเป็นปรากฏการณ์เช่นเดียวกับ สัจญาณอลวนในระบบแบบไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear dynamic system) [9] โดยความหมาย ในทางวิทยาศาสตร์คือสภาพและกระบวนการที่ไร้เสถียรภาพ (unstable) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง เพียงเล็กน้อยทำให้เกิดการพัฒนาที่ไม่เป็นเส้นตรง เป็นเส้นคดเคี้ยวกวัดแกว่ง บางครั้งมีการก้าว กระโดดแบบฉับพลันของผลลัพธ์ รูปแบบคุณลักษณะของพฤติกรรมแบบอลวน แสดงให้เห็นว่า เป็นพฤติกรรมแบบไม่เป็นรายคาบในระยะยาว ซึ่งหมายถึงจะไม่เกิดสถานะซ้ำเป็นครั้งที่สอง ดังนั้นการเคลื่อนที่แบบอลวน (Chaotic Motion) ในประเด็นของการปั่นผสมคือ การปั่นผสม ของเหลวด้วยความเร็วไม่คงที่แบบไม่เป็นรายคาบ เพื่อให้เกิดรูปแบบที่หลากหลายของการไหลวน ในการผสม

ลักษณะระบบที่เป็นแบบอลวน

ระบบที่เป็นแบบอลวนหรือเคออสจะมีลักษณะดังนี้[10]

- มีคุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้น(nonlinearity) โดยมีคุณสมบัติตรงกันข้ามกับคุณสมบัติแบบเชิงเส้น โดย ฟังก์ชัน f จะมีคุณสมบัติเชิงเส้นก็ต่อเมื่อ $f(\alpha+\beta) = \alpha f(x) + \beta f(y)$ เมื่อ α และ β เป็นค่าคงที่ นั่นหมายความว่าระบบที่ไม่เชิงเส้น ผลลัพธ์ของระบบทั้งหมดจะไม่เท่ากับผลรวมของผลลัพธ์ที่เกิดจากระบบย่อยรวมกัน กล่าวคือเคออสจะไม่เกิดในระบบที่เป็นเชิงเส้น แต่ก็ไม่ได้อธิบายความว่าระบบไม่เชิงเส้นจะเกิดเคออสในทุกๆระบบ จะมีช่วงพารามิเตอร์ที่จะทำให้ระบบมีพฤติกรรมแบบอลวนหรือเคออส และในระบบไม่เชิงเส้นบางระบบจะเกิดคุณสมบัติของเคออสตลอดเวลา

- ไม่เกิดแบบสุ่ม สามารถอธิบายได้โดยสมการทางคณิตศาสตร์จึงเรียกกันว่า Deterministic chaos กล่าวคือพฤติกรรมทั้งหลายที่เกิดขึ้นในระบบเคออสเกิดขึ้นภายใต้กฎเกณฑ์ที่แน่นอน ดังนั้นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแบบสุ่ม เช่นการทอดลูกเต๋าจึงไม่เป็นเคออส

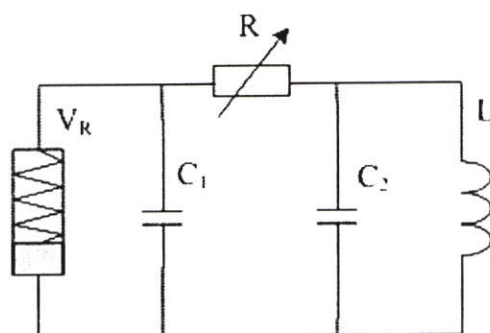
- ไวต่อสภาวะเริ่มต้น (sensitivity to initial conditions) ในภาวะเริ่มต้นของระบบเคออสที่มีค่าต่างกันเพียงเล็กน้อย ทำให้เกิดผลในภายหลังที่มีความแตกต่างกันมาก เนื่องจากในระบบเคออสจะขยายความแตกต่างให้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ที่พบบ่อยจะเป็นการขยายความแตกต่างให้เร็วขึ้นในระดับเลขยกกำลังของเวลา

- ไม่สามารถทำนายล่วงหน้าในระยะยาวได้ (long-term prediction is impossible) เนื่องจากความไวต่อสภาวะเริ่มต้น ทำให้ในระยะยาว ผลการเปลี่ยนแปลงจะไม่สามารถทำนายได้ แต่อย่างไรก็ตามยังเป็นไปได้ในการทำนายผลในระยะสั้น (short-term prediction)

นอกจากนี้ยังมีอีกคุณสมบัติที่น่าสนใจของเคออสคือ การแสดงลักษณะคล้ายตัวเอง (self similarity) หรือเรียกว่า “แฟร็กทัล (fractal) ” โดยลักษณะนี้จะปรากฏเมื่อทำการแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของระบบในปริภูมิเฟส ลักษณะคล้ายตัวเองหมายความว่าไม่ว่าเราจะมองเส้นทางการเคลื่อนที่จากระดับใดก็ตาม มันจะมีลักษณะเดียวกัน แต่คุณสมบัตินี้ไม่ได้เป็นเงื่อนไขที่จำเป็นต่อการเกิดสภาวะอลวนแต่อย่างใดเพียงพบร่วมกันเท่านั้น

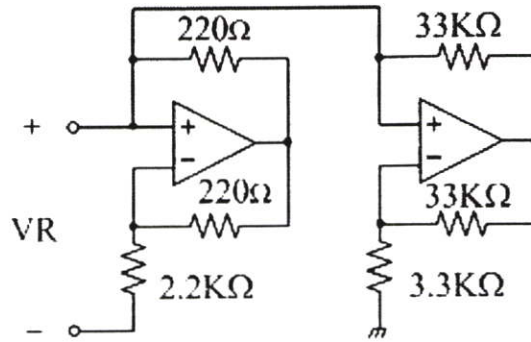
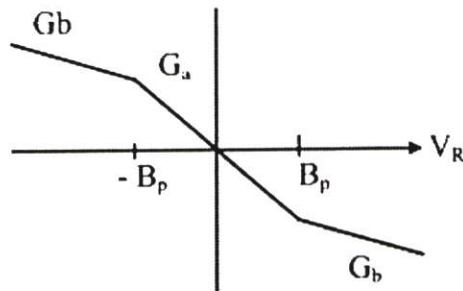
3.2 วงจร Chua

การออกแบบวงจรสร้างสัญญาณที่ใช้ทฤษฎีอลวนเพื่อสร้างสัญญาณแบบอลวนนั้น มีรูปแบบในการสร้างได้หลากหลายทฤษฎี ซึ่ง Chua's Circuit หรือวงจรแบบ chua เป็นวงจรสร้างสัญญาณอลวนแบบหนึ่งพัฒนาขึ้นโดย Leon Chua เป็นวงจรสร้างสัญญาณอลวนที่นิยมใช้งานเนื่องจากเป็นวงจรที่ไม่ซับซ้อน สามารถสร้างและประยุกต์ใช้งานได้ง่าย มีเสถียรภาพ และลักษณะการเคลื่อนที่ของสัญญาณเป็นแบบม้วนที่ซับซ้อน[11] โดยรูปที่ 3.1 แสดงวงจรแบบของ Chua [12] ซึ่งจะเห็นว่าประกอบด้วยอุปกรณ์เพียงเล็กน้อย คือ ตัวต้านทานปรับค่าได้ 1 ตัว(R) ตัวเก็บประจุ 2 ตัว(C_1, C_2) และตัวเหนี่ยวนำหนึ่งตัว (L) ต่อร่วมกับตัวต้านทานแบบไม่เป็นเชิงเส้น V_R (nonlinear resistor) หรือเรียกว่า Chua Diode



รูปที่ 3.1 วงจร Chua

ตัวต้านทานแบบไม่เป็นเชิงเส้น V_R สามารถแทนด้วยวงจร Op-Amp ดังรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 แสดงกราฟคุณสมบัติช่วงความชันของความต้านทานในรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.2 วงจร V_R เมื่อแทนด้วยออปแอมป์

รูปที่ 3.3 ช่วงความชันของความต้านทานไม่เป็นเชิงเส้น

วงจรสร้างสัญญาณออสซิลเลชันแบบ Chua สามารถแสดงด้วยสมการแสดงคุณลักษณะคือ

$$\begin{aligned} C_1 \frac{dV_{c1}}{dt} &= \frac{1}{R}(V_{c2} - V_{c1}) - f(V_{c1}) \\ C_2 \frac{dV_{c2}}{dt} &= \frac{1}{R}(V_{c1} - V_{c2}) + i_L \\ L \frac{di_3}{dt} &= -V_{c2} \end{aligned} \quad (3.1)$$

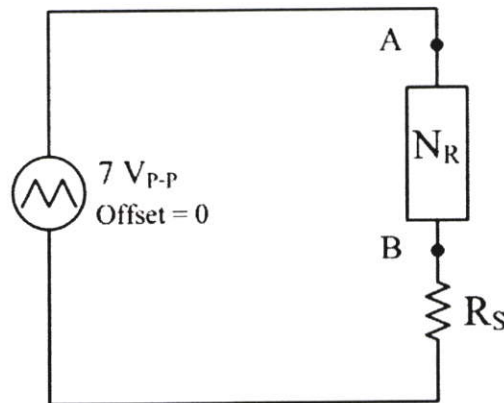
เมื่อ V_{c1} และ V_{c2} คือแรงดันตกคร่อม C_1 และ C_2 i_3 คือกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ $f(\cdot)$ คือสมการคุณลักษณะความต้านทานแบบไม่เป็นเชิงเส้น

$$f(v_R) = G_b v_R + \frac{1}{2}(G_a - G_b)(|v_R + B_p| - |v_R - B_p|) \quad (3.2)$$

เมื่อ G_a และ G_b คือ ช่วงความชันภายในและภายนอกตามลำดับ และ B_p เป็นจุดสิ้นสุดช่วงที่เป็นเชิงเส้นดังแสดงในรูป 3.3

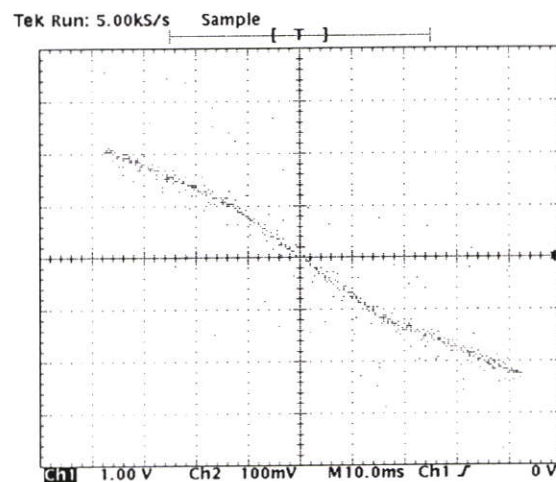
3.2.1 การแสดงคุณสมบัติความต้านทานแบบไม่เป็นเชิงเส้น

คุณสมบัติความต้านทานแบบไม่เป็นเชิงเส้นของวงจร ตัวต้านทานแบบไม่เป็นเชิงเส้น (V_R) สามารถตรวจสอบโดยการต่อความต้านทาน R_S ขนาด 100 โอห์ม และป้อนสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยม V_S ที่มีค่า DC offset = 0 และมีค่าแอมพลิจูดเป็น 7 V_{p-p} ความถี่ 30 Hz ให้กับค่าความต้านทานติดลบโดยใช้สโโคปวัดที่จุด a เทียบกับจุด b



รูปที่ 3.4 วงจรวัดค่าความต้านทานแบบไม่เป็นเชิงเส้น

ผลการวัดทดสอบที่ได้ จะแสดงกราฟช่วงความต้านทานแบบไม่เป็นเชิงเส้น ของวงจรความต้านทานแบบไม่เป็นเชิงเส้นที่ใช้ในการทดลอง

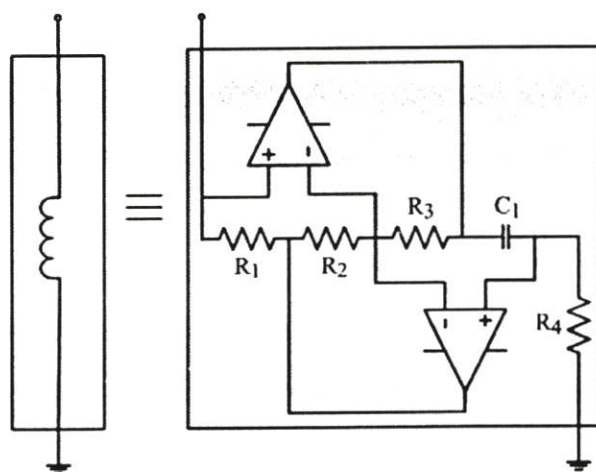


รูปที่ 3.5 ช่วงความต้านทานแบบลบที่วัดได้จากวงจร

3.2.2 ตัวเหนี่ยวนำเสมือน (Inductance Simulation)

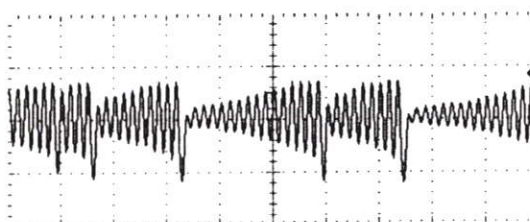
ในการสร้างสัญญาณอลวนด้วยวงจรแบบ Chua นั้นความถี่ของสัญญาณอลวนที่ได้จะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ L และ C หากต้องการสัญญาณที่มีความถี่ต่ำต้องทำการเพิ่มค่าความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำ หรือค่าตัวเก็บประจุ โดยปกติจะทำการเพิ่มค่าความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำแต่ละประสบปัญหาขนาดของตัวเหนี่ยวนำ ทำให้สร้างได้ยากและไม่สะดวกในการใช้งาน ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขโดยใช้การวิธีการที่เรียกว่าการสังเคราะห์ความเหนี่ยวนำ (Synthetic inductor) ซึ่งทำการสร้างความเหนี่ยวนำจากวงจรออปแอมป์แทน ดังแสดงในรูปที่ 3.6 และค่าความเหนี่ยวนำสามารถหาได้จากสมการที่ 3.3 [13]

$$L_{eq} = \frac{R_1 R_3 R_4 C_1}{R_2} \quad (3.3)$$

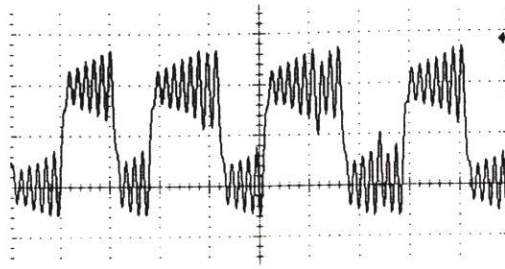


รูปที่ 3.6 วงจรตัวเหนี่ยวนำเสมือน

ลักษณะของสัญญาณอลวนที่ได้จากวงจรแบบ Chua มีสองลักษณะคือแบบซิงเกิลสกอว์ (Single Scroll) แสดงในรูปที่ 3.7 และ แบบดับเบิลสกอว์ (Double Scroll) ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ตามลำดับ โดยรูปแบบของสัญญาณที่ได้จากวงจรขึ้นอยู่กับค่า R ในวงจร



รูปที่ 3.7 สัญญาณอลวนจากวงจร Chua แบบ ซิงเกิลสกอว์



รูปที่ 3.8 สัญญาณอลวนจากวงจร Chua แบบ คับเบิลสเกอร์

3.3 Logistic Map

สมการทางคณิตศาสตร์ที่แสดงพฤติกรรมแบบอลวนที่ง่ายที่สุด สมการหนึ่งคือสมการที่เรียกว่า สมการลอจิสติก (Logistic equation) โดยสมการแมพลอจิสติกนี้เริ่มเป็นที่รู้จักกว้างขวางจากผลงานตีพิมพ์ของนักชีววิทยา Robert May [14] จากแมพลอจิสติกที่สร้างขึ้นโดย Pierre Francois Verhulst เพื่อใช้เป็นแบบจำลองการกระจายปริมาณประชากรมนุษย์ ต่อมาถูกนำไปใช้สำหรับการเพิ่มปริมาณประชากรของสัตว์อื่น ๆ ภายใต้สภาวะแวดล้อมจำกัด เช่น อาหาร โรคระบาด และ อื่นๆ [15] ซึ่งแสดงให้เห็นการเกิดพฤติกรรมแบบอลวนจากสมการไม่เชิงเส้นแบบง่ายๆ ดังแสดงในสมการที่ 3.4 [16] [17]

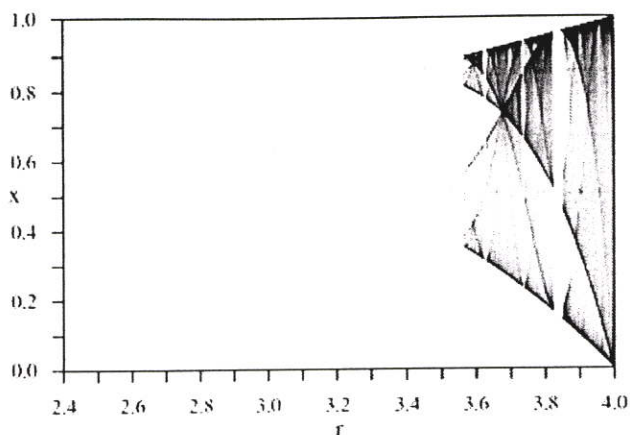
$$x_{n+1} = rx_n(1 - x_n) ; \tag{3.4}$$

โดยที่ x_n มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

หรือเขียนในรูปแบบของฟังก์ชันได้ดังสมการที่ 3.5

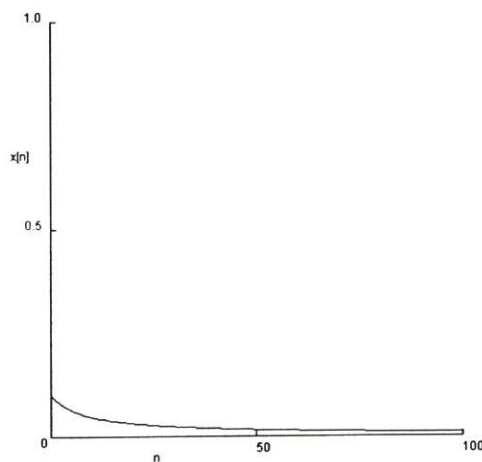
$$f(x) = rx(1 - x) \tag{3.5}$$

โดยพฤติกรรมของระบบจะขึ้นอยู่กับค่าของพารามิเตอร์ r ของระบบและจะเกิดภาวะอลวนเมื่อ r มีค่าอยู่ในช่วง 3.57 ถึง 4 เท่านั้น แต่ยังมีค่า r บางค่าในช่วงดังกล่าวที่มีการแกว่งเป็นคาบ เช่น $r = 3.82$ ซึ่งมีค่าการแกว่งเป็น 3 คาบเป็นต้น รูปที่ 3.9 แสดงแผนผังไบเฟอร์เคชัน (Bifurcation) ของสมการอลวนแบบลอจิสติก

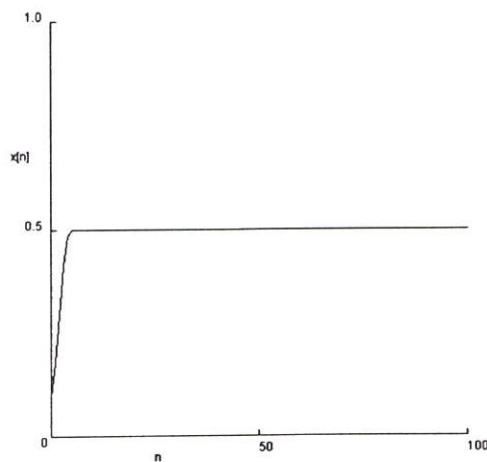


รูปที่ 3.9 แผนผังไบเฟอร์เคชันของสมการลอจิสติกแบบลจิสติก [15]

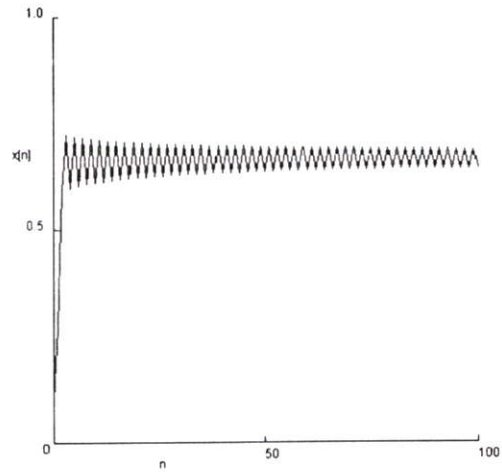
เมื่อทำการแทนค่าพารามิเตอร์ r ในสมการลอจิสติกจะได้ค่าดังแสดงในรูปที่ 3.10 ถึง 3.14 โดยค่าพารามิเตอร์ r ประกอบด้วย 1, 2, 3, 3.57 และ 3.999 ตามลำดับ



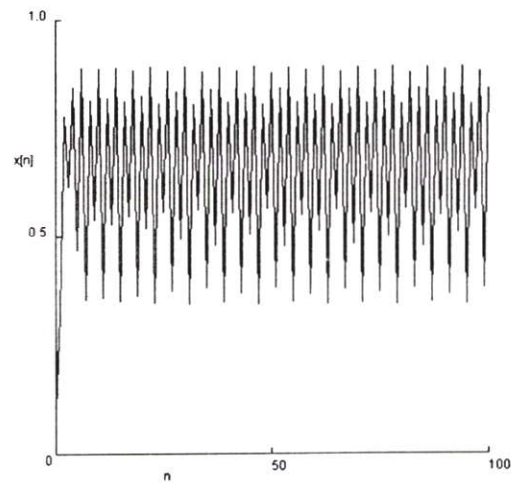
รูปที่ 3.10 กราฟลอจิสติกพารามิเตอร์ $r = 1$



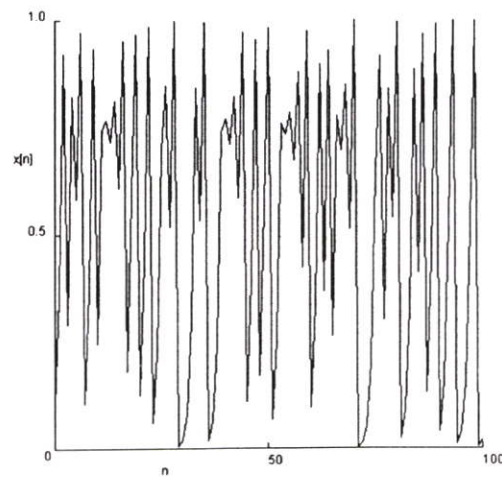
รูปที่ 3.11 กราฟลอจิสติกพารามิเตอร์ $r = 2$



รูปที่ 3.12 กราฟลอจิสติกพารามิเตอร์ $r = 3$

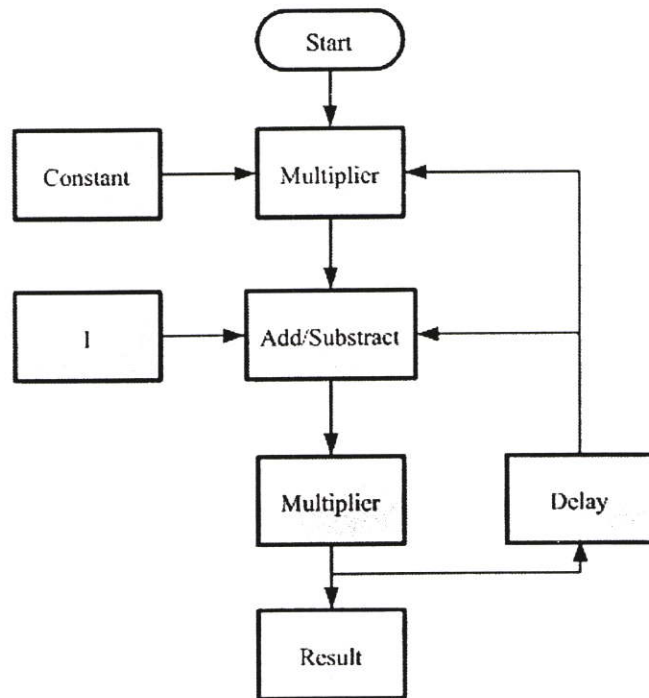


รูปที่ 3.13 กราฟลอจิสติกพารามิเตอร์ $r = 3.57$



รูปที่ 3.14 กราฟลอจิสติกพารามิเตอร์ $r = 3.999$

ในการทดลองนี้ทำการสร้างสัญญาณลอจิสติกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ 16F876 ซึ่งทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานตามผังกระบวนการ (Flow Chart) ในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.15 ผังกระบวนการทำงานของ โปรแกรมสร้างสัญญาณลอจิสติกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ทฤษฎีและแนวทางการสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณอลวนที่น่าเสนอในบทนี้จะนำไปใช้กับการปรับสมคังแสดงวิธีการดำเนินการวิจัยในบทต่อไป

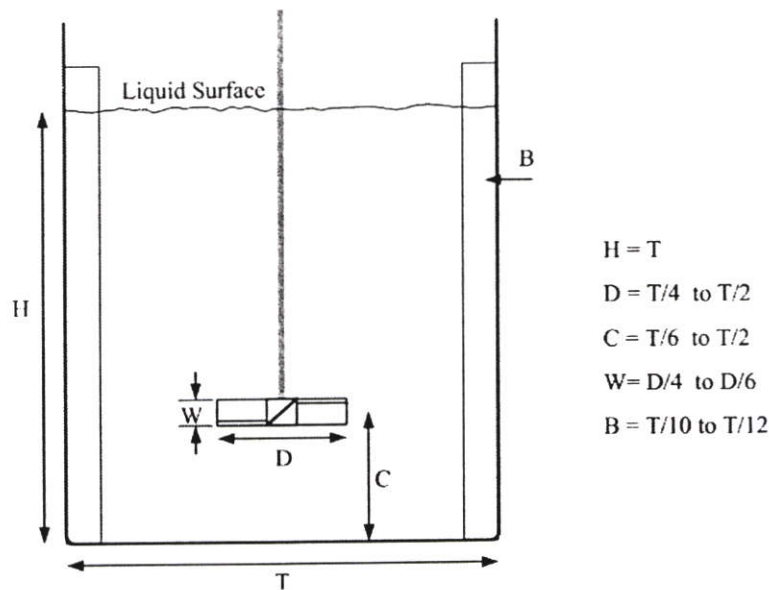
บทที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองกระบวนการสังเคราะห์ไบโอดีเซลขึ้น เพื่อใช้ในการทดลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง(DC Motor) YASKAWA Minertia F Series Model UFMED – B9M ซึ่งควบคุมการหมุนด้วยสัญญาณควบคุมตามแบบที่กำหนด ผ่านวงจรควบคุมการหมุนของมอเตอร์แบบ PWM ต่อตรงกับใบพัดสำหรับปั่นผสมในแบบจำลอง โดยรายละเอียดทางเทคนิคของมอเตอร์สามารถดูได้ในภาคผนวก ฉ.

4.1 การออกแบบระบบจำลองกระบวนการสังเคราะห์ไบโอดีเซล

แบบจำลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลที่ทำการออกแบบและจัดทำขึ้นสำหรับการทดลอง ได้ทำการออกแบบส่วนของการปั่นผสมโดยใช้ขนาดมาตรฐานสำหรับการออกแบบกระบวนการปั่นผสมในอุตสาหกรรม [18] ซึ่งมีขนาดของถังผสม และใบพัด รวมทั้งระดับการติดตั้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งจะแสดงอัตราส่วนในการออกแบบกระบวนการปั่นผสมของเหลวโดยทั่วไป [19]



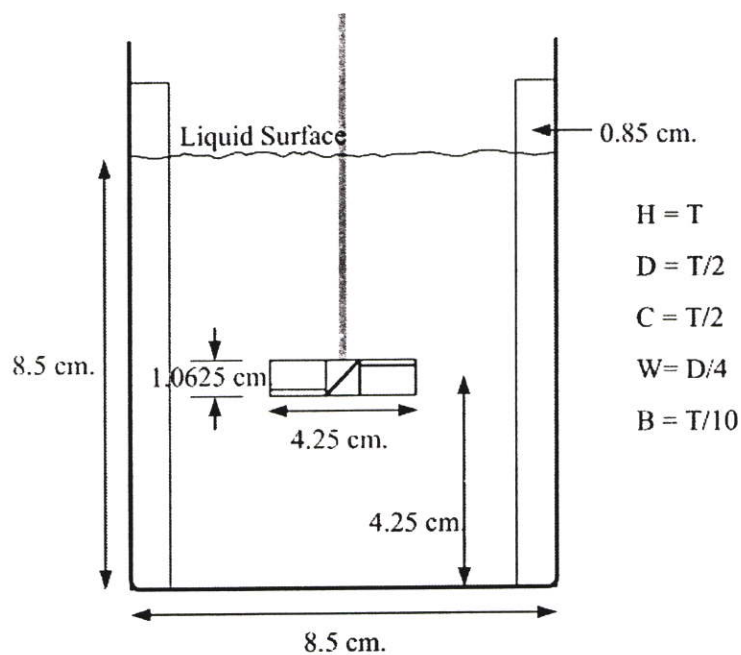
รูปที่ 4.1 อัตราส่วนมาตรฐานสำหรับการออกแบบการผสมของเหลว

จากรูปที่ 4.1 แสดงการออกแบบส่วนประกอบของการผสมของเหลว โดยมีส่วนประกอบในการออกแบบดังนี้

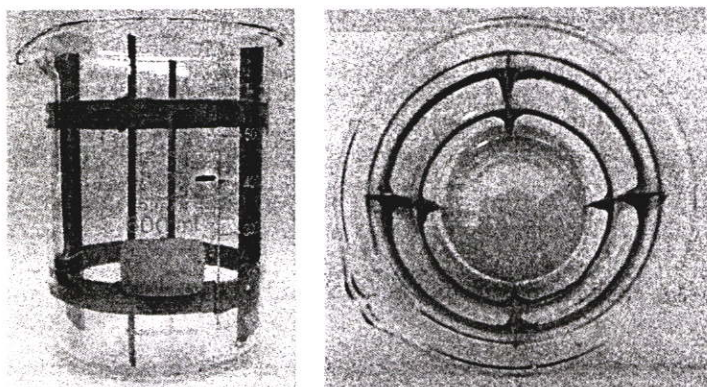
H , ความสูงของเหลว (Liquid Height)

- T, ขนาดถังผสม (Tank Diameter)
D, ขนาดใบพัด (Impeller Diameter)
C, ความสูงในการติดตั้งใบพัด (Impeller Clearance)
W, ความกว้างใบพัด (Impeller Blade Width)
B, ผนังบาฟเฟิล (Wall Baffles)

จากการออกแบบโดยใช้บีกเกอร์ขนาด 500 มล. เป็นส่วนของถังผสม โดยมีความกว้างของบีกเกอร์เป็น 8.5 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และ รูปที่ 4.3 แสดงบีกเกอร์สำหรับปั่นผสมที่สร้างขึ้น



รูปที่ 4.2 แบบจำลองการปั่นผสมที่ทำการออกแบบ



รูปที่ 4.3 ถังผสมที่สร้างขึ้นจากบีกเกอร์ขนาด 500 มล. และมีการติดตั้งบาฟเฟิล

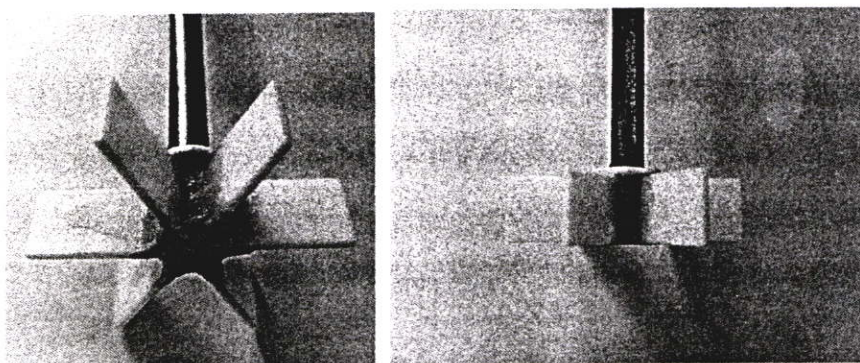
ในส่วนของใบพัดสำหรับการปั่นผสมนั้น มีชนิดของใบพัดหลายชนิดสำหรับงานกวนผสมของเหลวโดยสามารถแบ่งออกตามลักษณะการกวนผสมได้สามประเภทคือ[19][20]

- Axial flow เป็นใบกวนที่มีการไหลในแนวขนานกับแกนใบพัด เช่นประเภท Propeller หรือ Pitched blade turbine เป็นต้น เหมาะสำหรับการผสมของเหลวให้เข้ากันหรือการทำให้ออกซิเจนแขวนลอยอยู่ในของเหลว

- Radial flow เป็นใบกวนที่มีการไหลในแนวตั้งฉากกับแกนใบพัดเช่นประเภท Disk style turbine หรือ Flat blade impeller เป็นต้น เหมาะสำหรับการเคลื่อนของเหลวที่ไม่ผสมกันเป็นเนื้อเดียวให้มีขนาดเล็กลงหรือการลดขนาดของของแข็งเพื่อให้แขวนลอยอยู่ในของเหลว

- Tangential flow และ Mixed flow เป็นลักษณะการไหลของของเหลวที่หมุนรอบขอบถัง ทำให้สามารถถ่ายเทความร้อนหรือความเย็นกับภาชนะที่บรรจุได้ แต่ tangential flow ไม่ค่อยช่วยในการผสมของเหลวให้เข้ากัน ดังนั้นเราจึงใช้แผ่นกั้น (baffles) ในการเปลี่ยนทิศของเหลวให้ขึ้นลงในแนวตั้ง ทำให้การผสมของเหลวให้เข้ากันกินเวลาน้อยลง เช่นใบพัดประเภท Anchor หรือ Helical Ribbon เป็นต้น

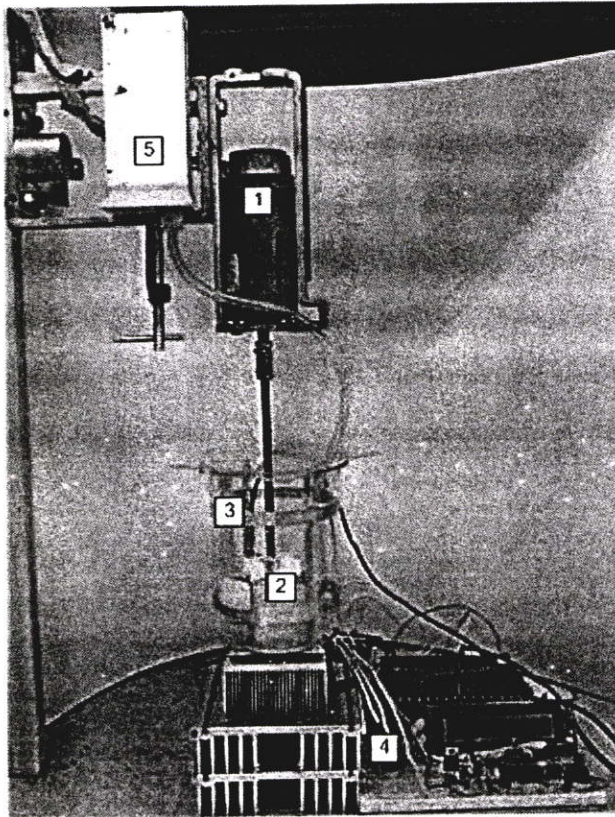
ในการออกแบบและสร้างแบบจำลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลได้ทดลองสร้างใบเพื่อใช้ในแบบจำลองสามแบบ คือแบบ Pitched blade turbine, Disk style turbine และ Flat blade impeller เนื่องจากเป็นใบพัดที่ใช้ได้ดีกับของเหลวที่มีความหนืดต่ำไปจนถึงของเหลวที่มีความหนืดสูง รวมทั้งสามารถสร้างได้ง่าย จากการทดลองพบว่าใบพัดแบบ Flat blade impeller ให้ผลดีที่สุดในการปั่นผสมในแบบจำลอง ดังแสดงในรูปแบบของใบพัดในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ใบพัดแบบ Flat blade impeller ที่ใช้ในแบบจำลอง

สำหรับรายละเอียดของใบพัดที่ทำการทดลองสร้างขึ้นเพื่อใช้ในแบบจำลองแสดงในภาคผนวก ข. รูปที่ 4.5 แสดงแบบจำลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลที่สร้างขึ้น ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้คือ

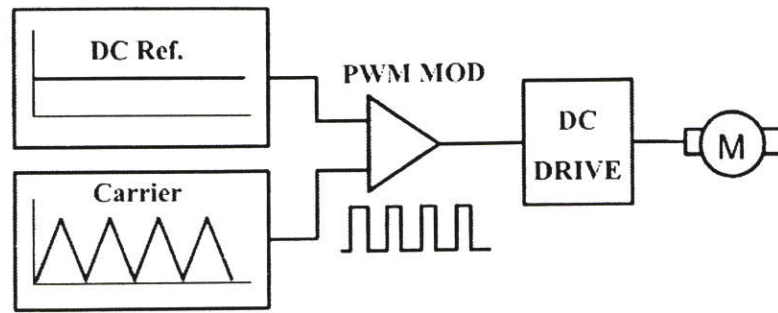
1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor)
2. ใบพัด (Impeller)
3. ถังผสม (Mixing tank)
4. ชุดปรับอุณหภูมิ (Temperature control)
5. ชุดป้อน เมทานอลและตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 4.5 ชุดจำลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลที่ใช้ในการทดลอง

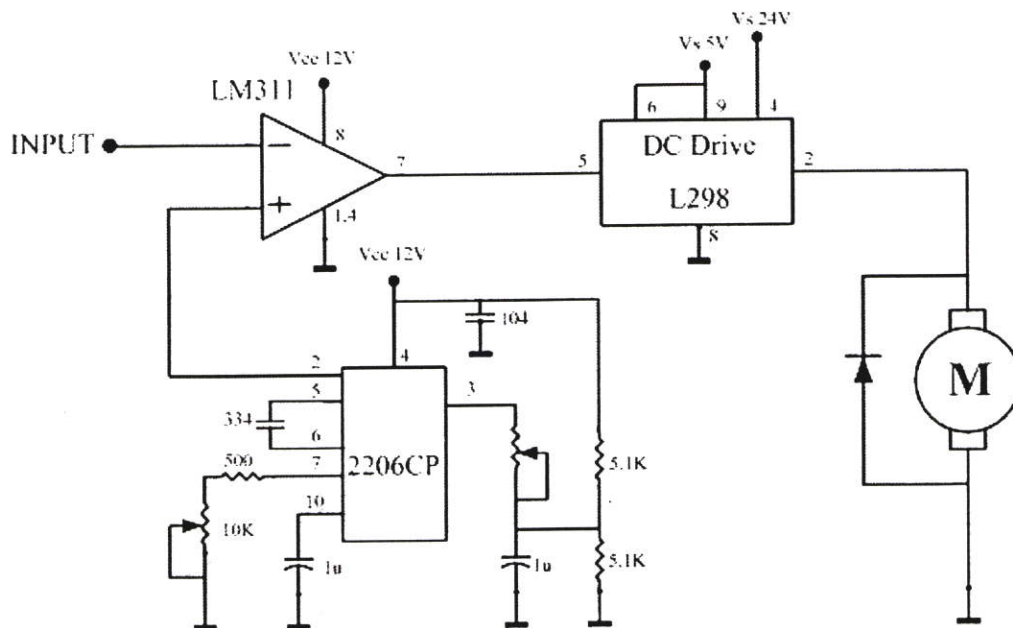
4.2 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การควบคุมการหมุนของมอเตอร์ในแบบจำลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซล ใช้การควบคุมด้วยสัญญาณอลวน และสัญญาณเปรียบเทียบแบบอื่นๆ ผ่านวงจรควบคุมแบบมอดูเลตความกว้างพัลส์ รูปที่4.6 แสดงแผนภูมิการควบคุมมอเตอร์แบบ PWM



รูปที่ 4.6 แผนภาพการควบคุมมอเตอร์แบบ PWM

จากรูปที่ 4.7 แสดงวงจรควบคุมมอเตอร์แบบ PWM ประกอบด้วยส่วนสร้างสัญญาณพาหะ (Carrier) แบบรูปคลื่นสามเหลี่ยม โดยใช้ ไอซี Monolithic Function Generator เบอร์ XR2206 ในการสร้างสัญญาณ ส่วนสัญญาณแรงดันไฟตรงอ้างอิง (DC Reference) ซึ่งใช้ในการควบคุม อัตราวัฏจักรหน้าที่(Duty cycle) นั้นจะใช้สำหรับการป้อนสัญญาณควบคุมแบบต่างๆ เพื่อควบคุม มอเตอร์ และทำการมอดูเลตด้วย IC Comparator เบอร์ LM311 และส่งสัญญาณควบคุมการทำงาน แบบ PWM ผ่านวงจร DC Drive ด้วย IC LM298



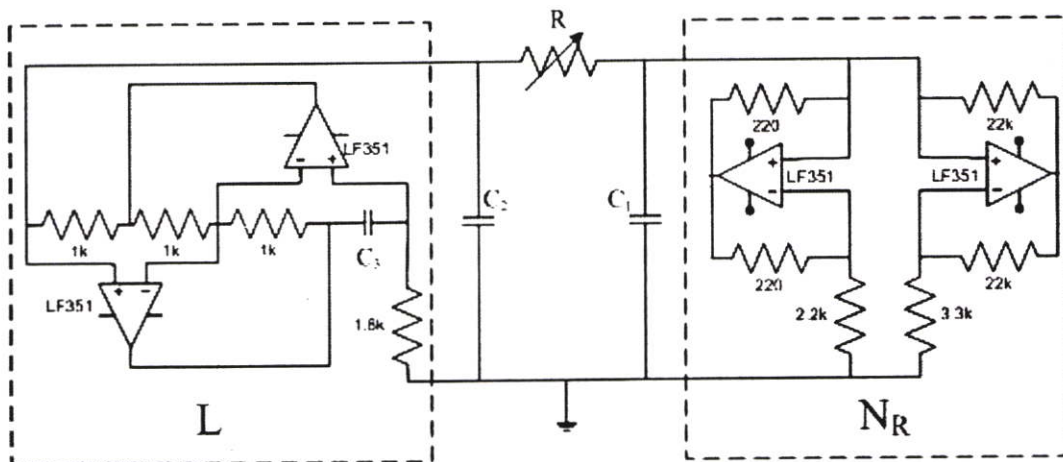
รูปที่ 4.7 วงจรควบคุมมอเตอร์แบบ PWM ที่ใช้ในการทดลอง

4.3 วงจรสร้างสัญญาณควบคุม

สัญญาณควบคุมที่จะใช้สำหรับการทดลองนั้นประกอบไปด้วยสัญญาณไฟตรง สัญญาณอลวนแบบ Chua สัญญาณอลวนแบบลอจิสติก สัญญาณรูปคลื่นไซน์ และสัญญาณรบกวน(Noise) โดยวงจรที่จะสร้างสัญญาณควบคุมประกอบด้วยวงจร Chua และวงจรสร้างสัญญาณอลวนแบบลอจิสติก ส่วนสัญญาณรูปคลื่นไซน์และสัญญาณรบกวนแบบ Pink noise จะใช้สัญญาณจากฟังก์ชันเงินเนอเรเตอร์ (Function Generator) และ นอยส์เงินเนอเรเตอร์ (Noise Generator) ตามลำดับ

4.3.1 วงจร Chua

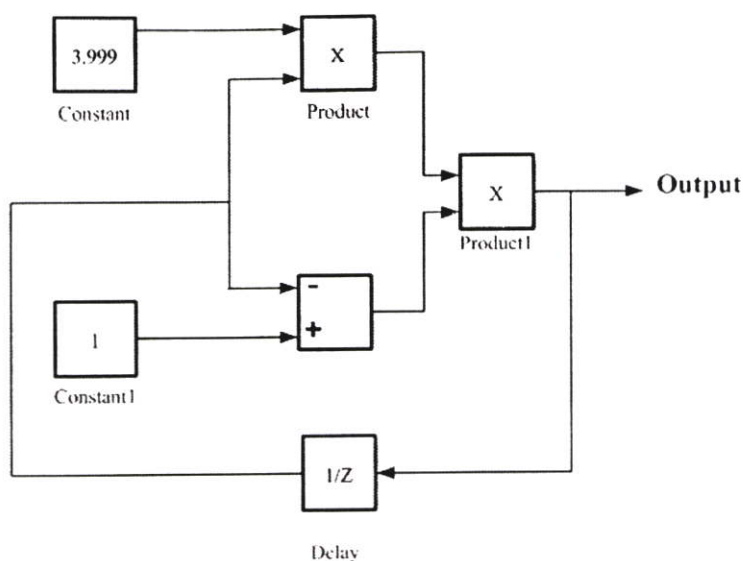
รูปที่ 4.8 แสดงวงจร Chua ที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรความต้านทานลบ และวงจรตัวเหนี่ยวนำเสมือน โดยใช้ออปแอมป์เบอร์ LF351 ในการสร้างวงจร



รูปที่ 4.8 วงจร Chua ที่ใช้ในการทดลอง

4.3.2 วงจรสร้างสัญญาณ Logistic Map

สัญญาณอลวนแบบ Logistic Map เป็นสัญญาณอลวนแบบดิจิทัล สามารถแสดงแผนภาพการสร้างสัญญาณอลวนแบบลอจิสติกได้ดังรูปที่ 4.9 ซึ่งในการทดลองได้สร้างสัญญาณดังกล่าวด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ 16F876



รูปที่ 4.9 แผนภาพการสร้างสัญญาณอลวนแบบลอจิสติก

4.4 วิธีการทดลอง

ในกระบวนการสังเคราะห์ไบโอดีเซลที่ทำการจำลองขึ้นใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำมันปาล์มโอเลอินสำหรับบริโภคกับเมทานอลเป็นสัดส่วน 4.5 ต่อ 1 โดยปริมาตรและใช้ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 0.7 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำมันปาล์ม ดังนั้นในแต่ละการทดลองจะใช้น้ำมันปาล์ม 416.6 มล. , เมทานอล 92.4 มล. และโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 2.9167 กรัม โดยทำปฏิกิริยาที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที จึงทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้น 5 ชั่วโมง จึงนำไบโอดีเซลที่ได้ไปผ่านกระบวนการล้าง และทำให้แห้งเพื่อนำไปวัดความหนืดต่อไปโดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. เติมน้ำมันปาล์มที่ปรับอุณหภูมิเป็น 60 องศาเซลเซียสแล้วลงในแบบจำลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซล
2. เปิดชุดควบคุมอุณหภูมิแบบจำลอง รอให้อุณหภูมิของน้ำมันคงที่ที่ 60 องศาเซลเซียส
3. ป้อนสัญญาณควบคุมตามที่กำหนดให้กับวงจรควบคุมมอเตอร์ มอเตอร์จะทำการปั่นผสมน้ำมันปาล์มตามลักษณะของสัญญาณควบคุมทันที
4. ผสมเมทานอลและ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ คนให้ละลายจนเข้ากันดี
5. เติมนเมทานอลที่ผสมแล้วลงในชุดป้อนเมทานอลและเริ่มจับเวลาตามที่กำหนด
6. เมื่อครบตามเวลาที่ต้องการ ทำการหยุดการปั่นผสม และนำของผสมที่ได้ไว้ในภาชนะเพื่อรอการแยกชั้นของไบโอดีเซลและกลีเซอรินเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
7. หลังจากครบ 5 ชั่วโมงนำไบโอดีเซลที่ได้ มาล้างด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสสองครั้ง และน้ำเย็นสองครั้ง

8. นำไบโอดีเซลที่ผ่านการล้างแล้วมาทำให้แห้งด้วยการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อระเหยน้ำและเมทานอลที่ตกค้างอยู่
9. นำไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองไปวัดความหนืดต่อไป สำหรับรายละเอียดและขั้นตอนการทำงานทดลองแสดงในภาคผนวก ก.

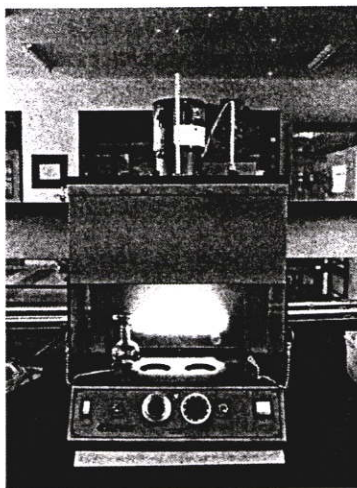
4.5 การวัดผล

การวัดคุณสมบัติของไบโอดีเซลมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่ต้องการวัด [8] ในงานวิจัยนี้ทำการวัดความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส เพื่อวัดผลของการเกิดปฏิกิริยาจากการป็นผสมด้วยสัญญาณควบคุมแบบต่างๆในแบบจำลองกระบวนการสังเคราะห์ไบโอดีเซล โดยใช้เครื่องวัดความหนืดแบบ Saybolt ยี่ห้อ KOEHLER รุ่น K21590 ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.10 ทำการจับเวลาการไหลผ่านเครื่องวัดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในหน่วยวินาที เพื่อนำไปคำนวณค่าความหนืดในหน่วยเซ็นติสโตครโดยอาศัยสมการที่ 4.1 และ 4.2 คือ [6]

$$\text{เมื่อ } 32 > t > 100 \text{ Viscosity(cSt.)} = (0.00226t - (1.95/t)) \times 100 \quad (4.1)$$

$$\text{เมื่อ } t > 100 \text{ Viscosity(cSt.)} = (0.00220t - (1.35/t)) \times 100 \quad (4.2)$$

โดย t คือ เวลาที่มีหน่วยเป็นวินาที



รูปที่ 4.10 เครื่องวัดความหนืดแบบ Saybolt ยี่ห้อ KOEHLER รุ่น K21590

สำหรับรายละเอียดการใช้งานเครื่องวัดความหนืดแบบ Saybolt แสดงในภาคผนวก ง. อนึ่งวิธีการทดลองในบทนี้จะนำไปใช้ทดลองจริงในบทถัดไป

บทที่ 5

ผลการทดลอง

การทดลองควบคุมการปั่นผสมในกระบวนการสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยการข่ส่วนจำลอง การสังเคราะห์ไบโอดีเซล โดยใช้สัญญาณควบคุมแบบต่างๆ ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบแยกตาม สัญญาณควบคุมดังนี้

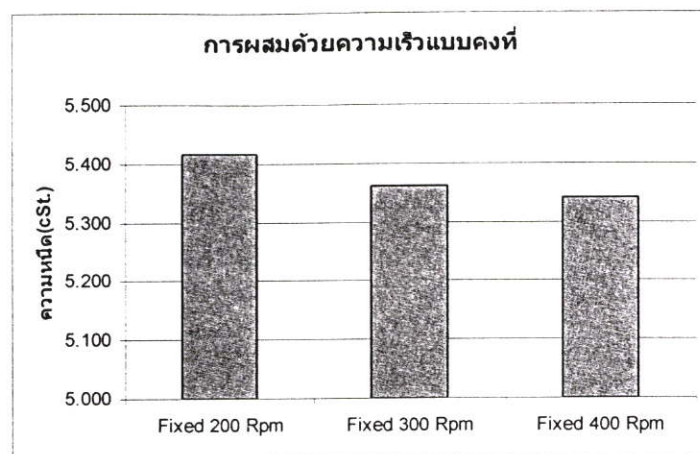
5.1 สัญญาณแรงดันไฟตรง

ในการทดลองทำการป้อนแรงดันไฟตรง เป็นอินพุทของวงจร PWM และทำการปรับแรงดัน อินพุทจนได้ความเร็วตามที่กำหนดในการทดลอง คือ 200 rpm., 300 rpm. และ 400 rpm. ตามลำดับ โดยผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5.1

ตาราง 5.1 ผลการทดลองการควบคุมการปั่นผสมด้วยแรงดันไฟตรง

ความเร็วรอบ (rpm.)	เวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์ (นาที)	ค่าความหนืด (cSt.)
200	15	5.418
300	15	5.362
400	15	5.342

จากตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดลองการปั่นผสมด้วยความเร็วคงที่จากการใช้อินพุทของวงจร PWM เป็นแบบแรงดันไฟตรง ผลของการปั่นผสมแสดงให้เห็นว่า เมื่อทำการปั่นผสมด้วยความเร็ว รอบที่สูงขึ้นจะทำให้ได้ผลที่ดีขึ้นด้วยเช่นกัน โดยรูปที่ 5.1 แสดงกราฟผลการปั่นผสมด้วยความเร็ว แบบคงที่



รูปที่ 5.1 กราฟผลการปั่นผสมด้วยความเร็วแบบคงที่

5.2 สัญญาณรูปคลื่นไซน์

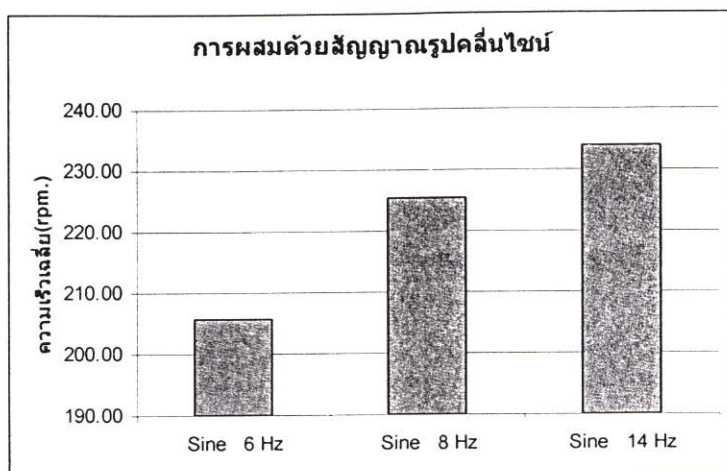
การเปลี่ยนแปลงความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ในการมอดูเลตแบบ PWM โดยใช้สัญญาณพาหะความถี่ 1 kHz ในแบบจำลองจากการทดลองพบว่าช่วงความถี่สัญญาณอินพุตรูปคลื่นไซน์ที่ทำให้มอเตอร์ที่ใช้ในการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วจนเห็นได้อย่างชัดเจนจะ อยู่ในช่วง 1 ถึง 15 Hz โดยประมาณเท่านั้น เนื่องจากมอเตอร์มีขีดจำกัดในการตอบสนองความถี่ (Saturate) จึงใช้ความถี่อินพุตในช่วงเดียวกับสัญญาณอลวนความถี่ต่ำ ที่สร้างโดยอุปกรณ์มาตรฐานในห้องทดลอง (C1, C2) โดยความถี่ที่ใช้คือ 6, 8 และ 14 Hz สำหรับผลของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์ในแบบจำลองเมื่อป้อนสัญญาณอินพุตรูปคลื่นไซน์ตั้งแต่ 1 ถึง 15 Hz นั้นแสดงในภาคผนวก จ.

ทำการป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ให้กับวงจร PWM โดยความถี่ที่ใช้คือ 6, 8 และ 14 Hz ตามลำดับผลการทดลองแสดงในตาราง 5.2

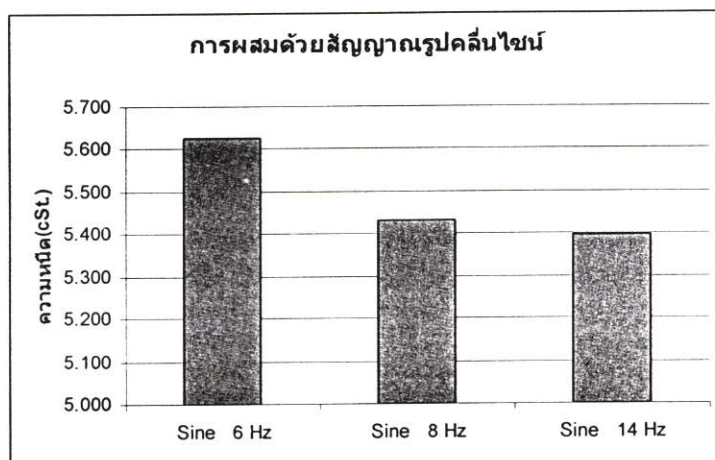
ตาราง 5.2 ผลการทดลองการควบคุมการปั่นผสมด้วยสัญญาณรูปคลื่นไซน์

ความถี่	ความเร็วรอบเฉลี่ย (rpm.)	ความหนืด (cSt.)
6 Hz	205.84	5.625
8 Hz	225.50	5.432
14 Hz	234.02	5.397

จากผลการทดลองการควบคุมการปั่นผสมด้วยสัญญาณอินพุตแบบรูปคลื่นไซน์ในตารางที่ 5.2 จะพบว่าความหนืดที่ได้จะดีขึ้นเมื่อความถี่สูงขึ้นเนื่องจากความเร็วเฉลี่ยที่สูงขึ้น และอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์น้อยลงจนมีลักษณะใกล้เคียงกับความเร็วแบบคงที่ โดยในรูปที่ 5.2 และ 5.3 แสดงกราฟของผลการทดลองด้วยสัญญาณอินพุตรูปคลื่นไซน์



รูปที่ 5.2 กราฟความเร็วเฉลี่ยของมอเตอร์จากสัญญาณอินพุทรูปคลื่นไซน์



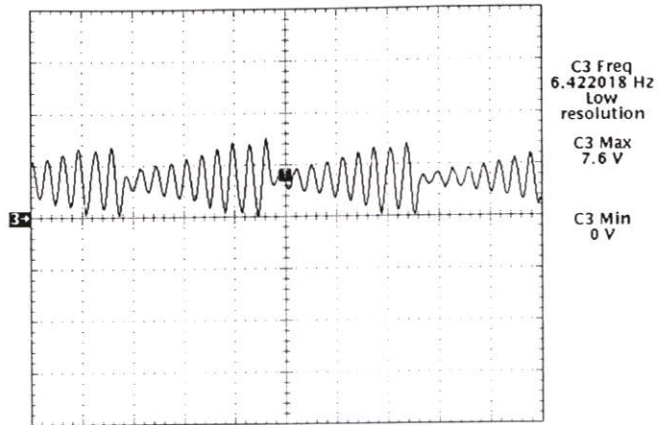
รูปที่ 5.3 กราฟความหนืดที่ได้จากสัญญาณอินพุทรูปคลื่นไซน์

5.3 สัญญาณอลวนจากวงจร Chua

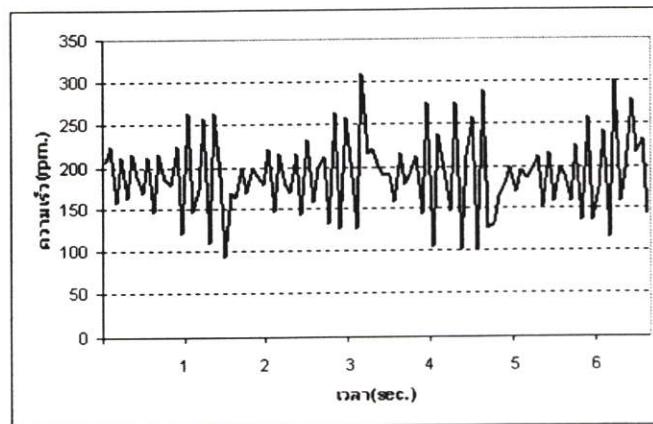
ป้อนสัญญาณอลวนจากวงจร Chua ให้กับวงจร PWM โดยเลือกค่า L , C ในวงจรให้ได้สัญญาณความถี่ต่ำเนื่องจากขีดจำกัดการตอบสนองความถี่สัญญาณอินพุทของมอเตอร์เช่นเดียวกับในกรณีของรูปคลื่นไซน์ ซึ่งค่าที่เลือกใช้มีค่าดังต่อไปนี้ โดยผลการทดลองแสดงในตาราง 5.3 ตามลำดับ

5.3.1 Single score $R=1.655 \text{ K}\Omega$, $C1 = 4.7 \mu\text{F}$, $C2 = 47 \mu\text{F}$, $L = 84.6 \text{ H} (L_{eq})$

สัญญาณอลวนแบบซิงเกิลสกออร์ ที่ได้จะมีความถี่ประมาณ 6.5 Hz โดยรูปที่ 5.4 แสดงสัญญาณอลวน และรูปที่ 5.5 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์



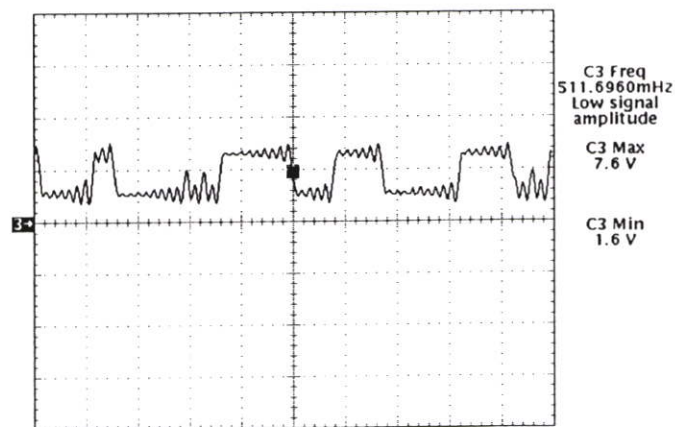
รูปที่ 5.4 สัญญาณ ซิงเกิลสกอว์ 6.5 Hz



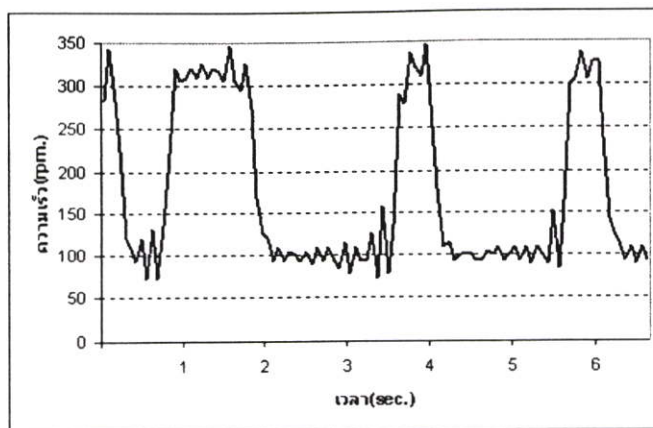
รูปที่ 5.5 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์ โดยสัญญาณอลวนแบบ ซิงเกิลสกอว์ 6.5 Hz

5.3.2 Double score $R=1.564\text{ K}\Omega$, $C1 = 4.7\ \mu\text{F}$, $C2 = 47\ \mu\text{F}$, $L = 84.6\text{ H}$ (L_{eq})

สัญญาณอลวนแบบดับเบิลสกอว์ แสดงได้ดังรูปที่ 5.6 และรูปที่ 5.7 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์



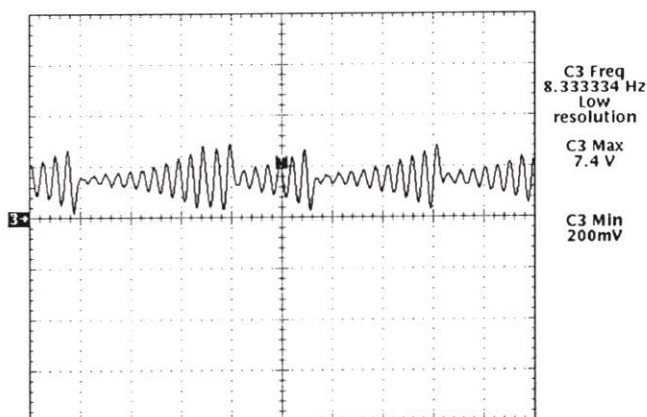
รูปที่ 5.6 สัญญาณอลวนแบบ ดับเบิลสกอว์ 500 mHz



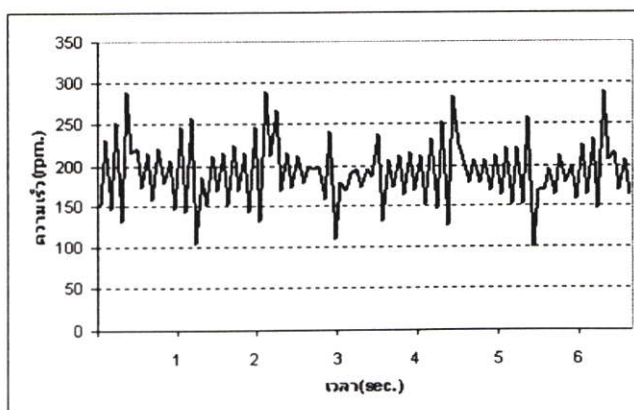
รูปที่ 5.7 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณคลื่นแบบ คับเบิลสกออร์ 500 Hz

5.3.3 Single Score $R=1.758\text{ K}\Omega$, $C1 = 3.3\ \mu\text{F}$, $C2 = 33\ \mu\text{F}$, $L = 59.4\ \text{H} (L_{eq})$

สัญญาณคลื่นแบบซิงเกิลสกออร์ ที่มีความถี่ประมาณ 8.5 Hz แสดงโดยรูปที่ 5.8 และรูปที่ 5.9 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์ที่เปลี่ยนไปตามสัญญาณอินพุท



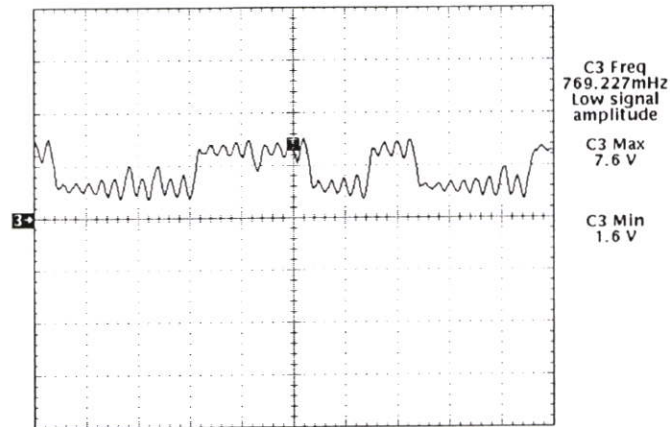
รูปที่ 5.8 สัญญาณ ซิงเกิลสกออร์ 8.5 Hz



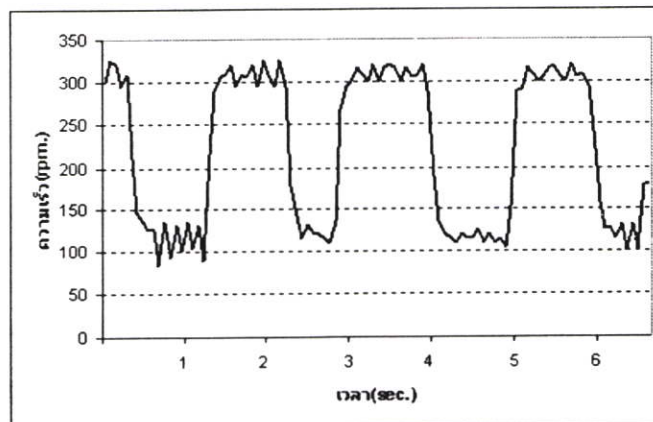
รูปที่ 5.9 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณคลื่นแบบ ซิงเกิลสกออร์ 8.5 Hz

5.3.4 Double Score $R=1.719\text{ K}\Omega$, $C1 = 3.3\ \mu\text{F}$, $C2 = 33\ \mu\text{F}$, $L = 59.4\ \text{H} (L_{eq})$

สัญญาณอลวนแบบดับเบิลสกอว์ ที่ใช้ในหัวข้อย่อนี้แสดงในรูปที่ 5.10 และรูปที่ 5.11 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์



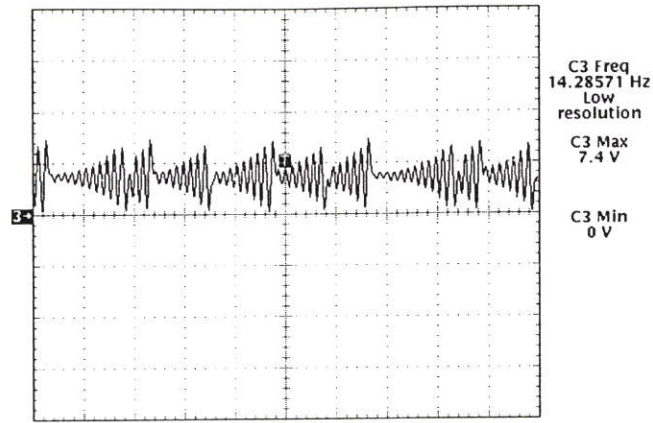
รูปที่ 5.10 สัญญาณอลวนแบบ ดับเบิลสกอว์ 760 mHz



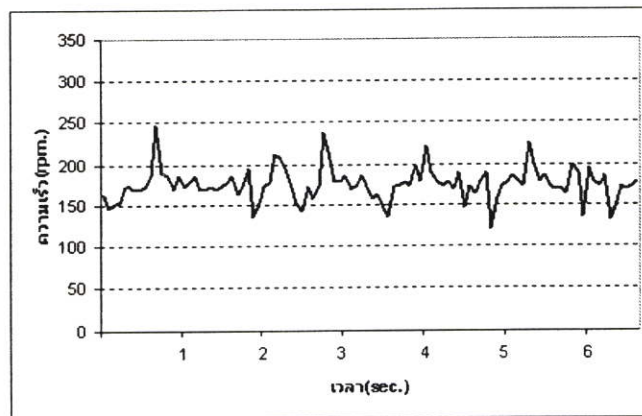
รูปที่ 5.11 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณอลวนแบบ ดับเบิลสกอว์ 760 mHz

5.3.5 Single Score $R=1.491\text{ K}\Omega$, $C1 = 2.2\ \mu\text{F}$, $C2 = 22\ \mu\text{F}$, $L = 39.6\ \text{H} (L_{eq})$

สัญญาณอลวนแบบซิงเกิลสกอว์ ที่ใช้คล้ายกับหัวข้อ 5.3.4 มีความถี่ประมาณ 14.5 Hz โดยรูปที่ 5.12 แสดงสัญญาณอลวน และรูปที่ 5.13 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์



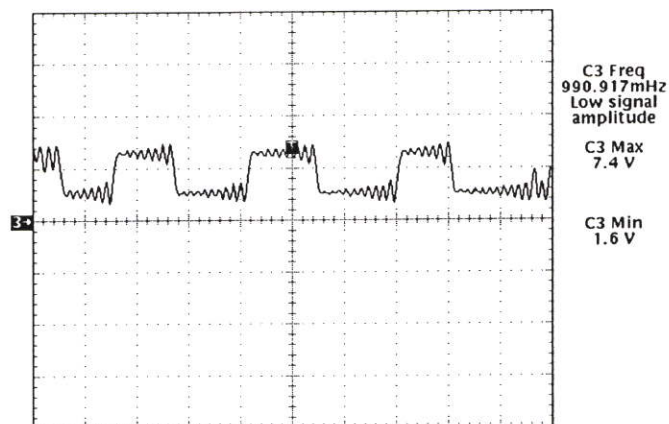
รูปที่ 5.12 สัญญาณอลวนแบบซิงเกิลสกอว์ 14.5 Hz



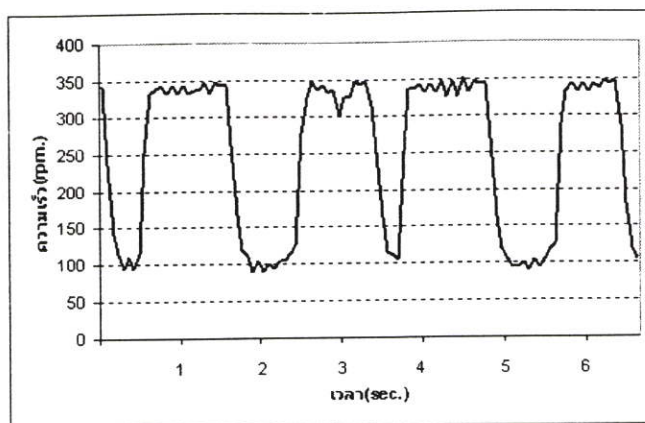
รูปที่ 5.13 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์ โดยสัญญาณอลวนแบบซิงเกิลสกอว์ 14.5 Hz

5.3.6 Double Score $R=1.587\text{ K}\Omega$, $C1 = 2.2\ \mu\text{F}$, $C2 = 22\ \mu\text{F}$, $L = 39.6\ \text{H}$ (L_{eq})

สัญญาณอลวนแบบดับเบิลสกอว์ ที่ได้จากพารามิเตอร์ในหัวข้อย่อหน้านี้แสดงในรูปที่ 5.14 และรูปที่ 5.15 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์



รูปที่ 5.14 สัญญาณอลวนแบบดับเบิลสกอว์ 990 mHz

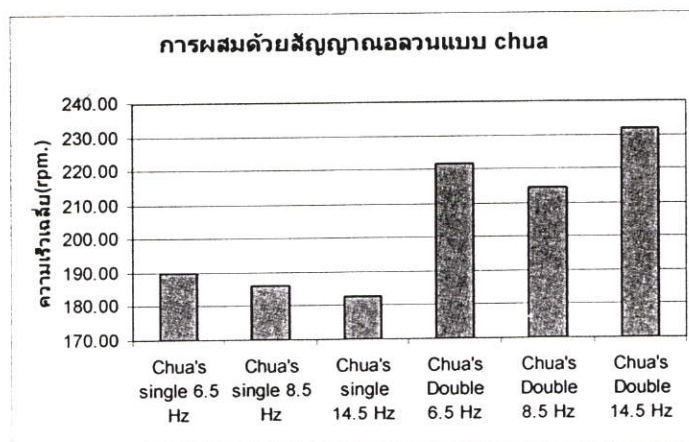


รูปที่ 5.15 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณคลื่นแบบดับเบิลสกอร์ 990 mHz

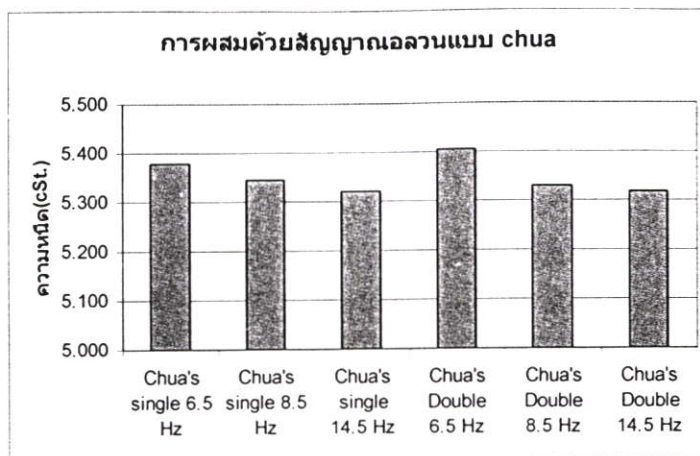
ผลการทดลอง ด้วยสัญญาณคลื่นจากวงจร Chua แสดงในตารางที่ 5.3 โดยรูปที่ 5.16 และ 5.17 จะแสดงกราฟของผลการทดลอง

ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองการควบคุมการปั่นผสมด้วยสัญญาณคลื่นแบบ Chua

สัญญาณอินพุท	ความเร็วรอบเฉลี่ย (rpm.)	ความหนืด (cSt.)
Single score 6.5 Hz	190.01	5.379
Double score 6.5 Hz	221.95	5.406
Single score 8.5 Hz	186.11	5.346
Double score 8.5 Hz	214.52	5.330
Single score 14.5 Hz	182.92	5.320
Double score 14.5 Hz	231.91	5.317



รูปที่ 5.16 กราฟความเร็วเฉลี่ยของมอเตอร์จากสัญญาณคลื่นแบบ chua



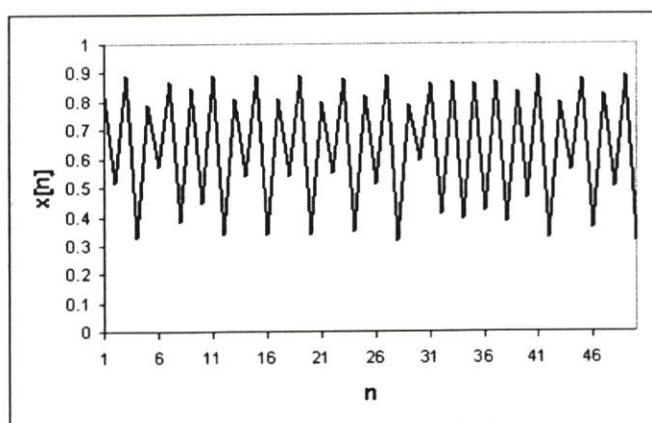
รูปที่ 5.17 กราฟความหนาแน่นที่ได้จากสัญญาณเอลวานแบบ chua

5.4 สัญญาณเอลวานแบบลอจิสติก

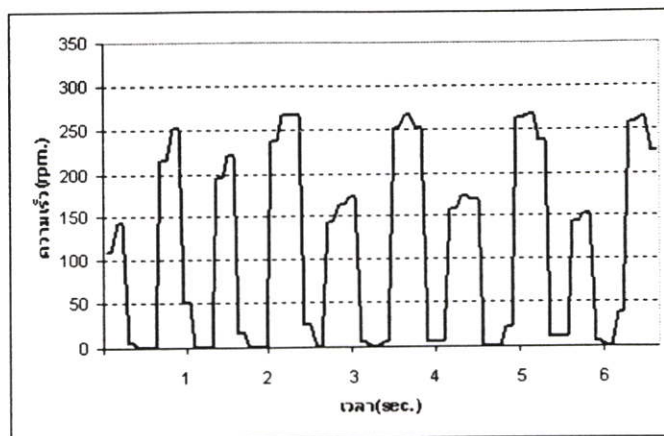
วงจรสร้างสัญญาณเอลวานแบบลอจิสติกที่ใช้ในการทดลองเป็นสัญญาณเอลวานแบบดิจิทัลกำเนิดโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5.4 โดยใช้ค่า $r = 3.60$ และ 3.999 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการเกิดสภาวะเอลวาน ที่ค่าน้อย และค่ามาก โดยใช้ความถี่ในการควบคุมมอเตอร์ที่ 6 Hz, 8 Hz และ 14 Hz ตามลำดับใช้ค่า r ทั้งสองค่าสำหรับการเปรียบเทียบกับสัญญาณอื่นๆ

5.4.1 ความถี่ 6 Hz $r = 3.60$

รูปที่ 5.18 แสดงสัญญาณเอลวานแบบลอจิสติกเมื่อ $r = 3.60$ และรูปที่ 5.19 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์ที่ความถี่ 6 Hz



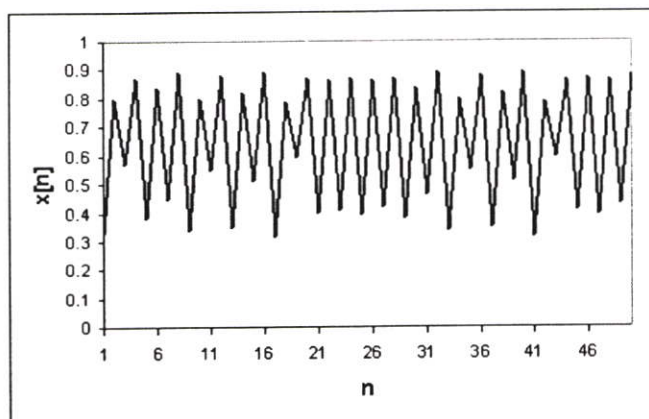
รูปที่ 5.18 ค่าพารามิเตอร์ลอจิสติก $r = 3.60$



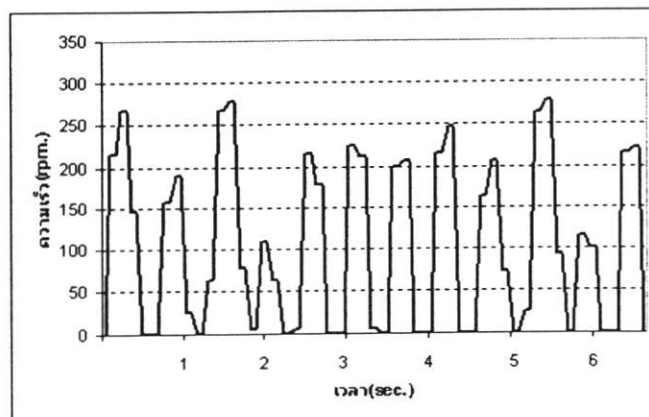
รูปที่ 5.19 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณลอสติก ค่า $r = 3.60$ ความถี่ 6 Hz

5.4.2 ความถี่ 8 Hz $r = 3.60$

รูปที่ 5.20 แสดงสัญญาณคลื่นแบบลอสติกเมื่อ $r = 3.60$ และรูปที่ 5.21 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์ที่ความถี่ 8 Hz



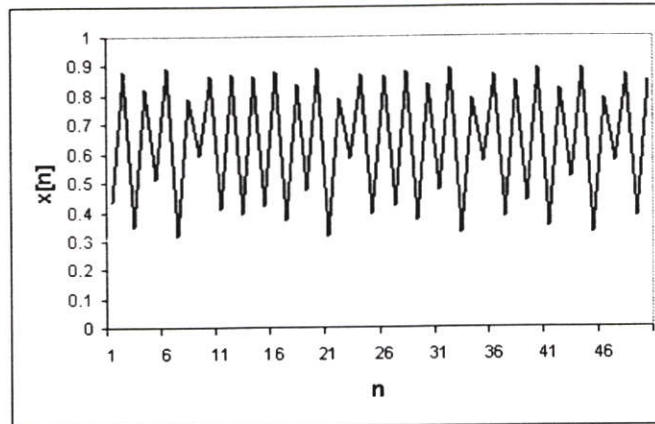
รูปที่ 5.20 สัญญาณคลื่นแบบลอสติกใช้ค่าพารามิเตอร์ $r = 3.60$



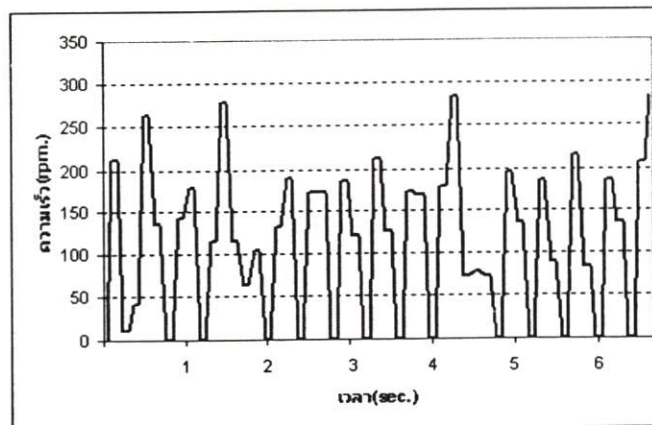
รูปที่ 5.21 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณลอสติก ค่า $r = 3.60$ ความถี่ 8 Hz

5.4.3 ความถี่ 14 Hz $r = 3.60$

รูปที่ 5.22 แสดงสัญญาณอลวนแบบลอจิสติกเมื่อ $r = 3.60$ และรูปที่ 5.23 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์ที่ความถี่ 14 Hz



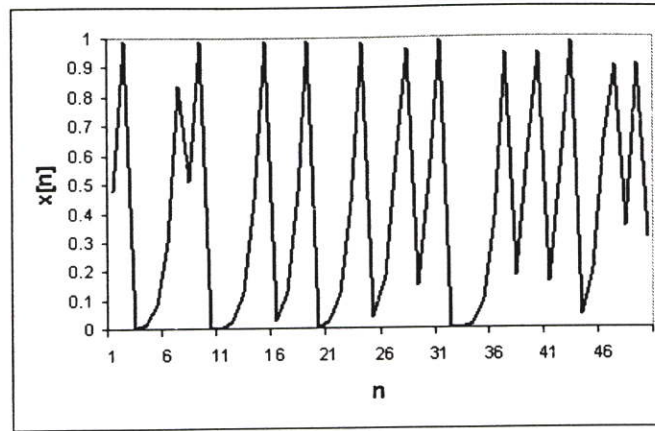
รูปที่ 5.22 สัญญาณอลวนลอจิสติกใช้ค่า $r = 3.60$



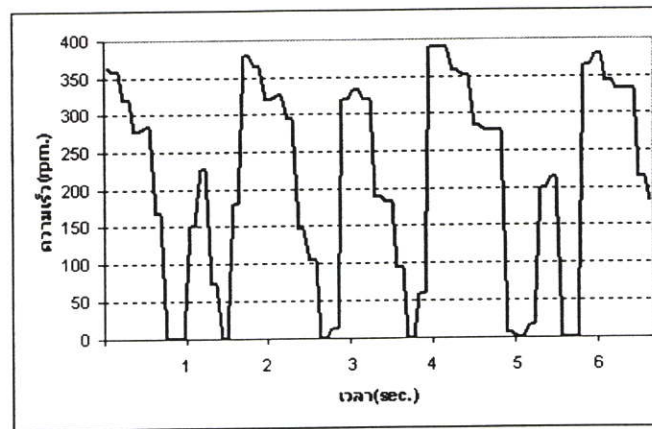
รูปที่ 5.23 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณลอจิสติก ค่า $r = 3.60$ ความถี่ 14 Hz

5.4.4 ความถี่ 6 Hz $r = 3.999$

รูปที่ 5.24 แสดงสัญญาณอลวนแบบลอจิสติกเมื่อ $r = 3.999$ และรูปที่ 5.25 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์ที่ความถี่ 6 Hz



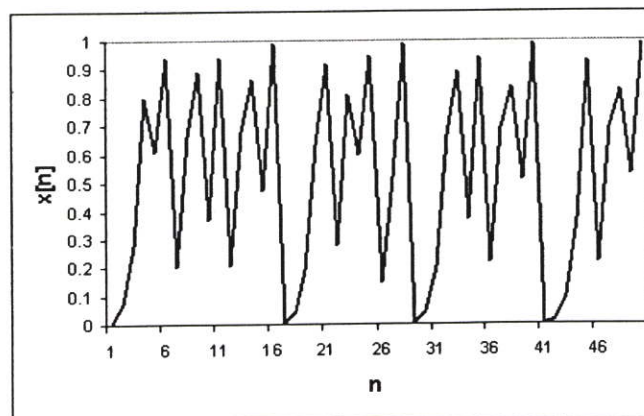
รูปที่ 5.24 สัญญาณอลวนลอจิสติกใช้ค่า $r = 3.999$



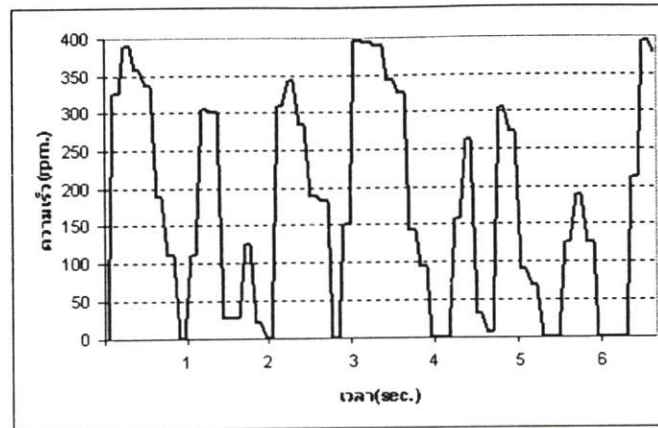
รูปที่ 5.25 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณลอจิสติก ค่า $r = 3.999$ ความถี่ 6 Hz

5.4.5 ความถี่ 8 Hz $r = 3.999$

รูปที่ 5.26 แสดงสัญญาณอลวนแบบลอจิสติกเมื่อ $r = 3.999$ และรูปที่ 5.27 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์ที่ความถี่ 8 Hz



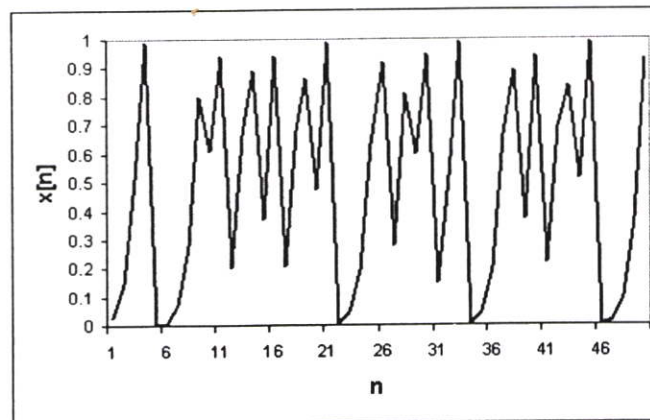
รูปที่ 5.26 สัญญาณอลวนลอจิสติกใช้ค่า $r = 3.999$



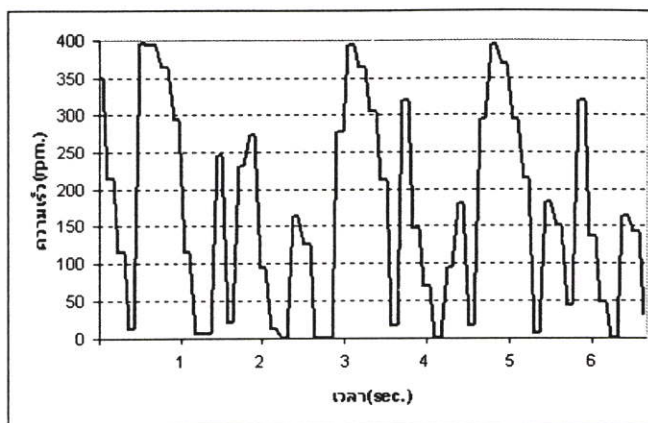
รูปที่ 5.27 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณลอจิสติก ค่า $r = 3.999$ ความถี่ 8 Hz

5.4.6 ความถี่ 14 Hz $r = 3.999$

รูปที่ 5.28 แสดงสัญญาณอลวนแบบลอจิสติกเมื่อ $r = 3.999$ และรูปที่ 5.29 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์ที่ความถี่ 14 Hz



รูปที่ 5.28 สัญญาณอลวนลอจิสติกใช้ค่า $r = 3.999$

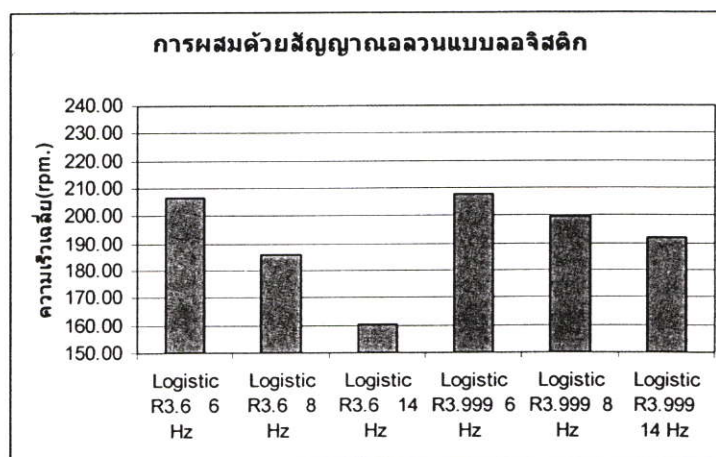


รูปที่ 5.29 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณลอจิสติกค่า $r = 3.999$ ความถี่ 14 Hz

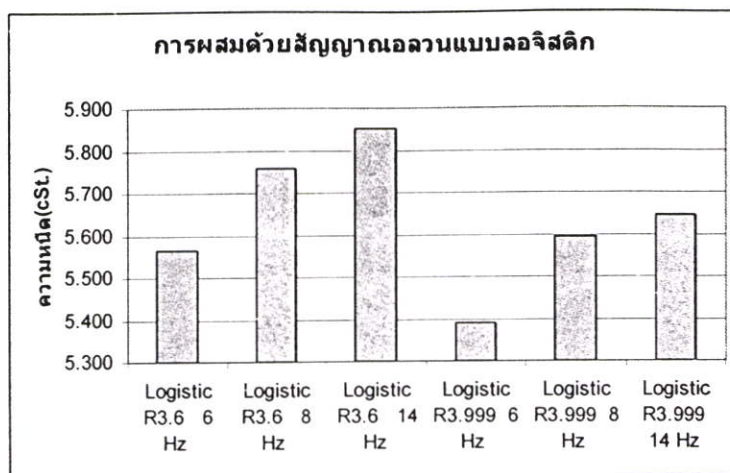
ผลการทดลอง ด้วยสัญญาณออสซิลเลชันแบบลอจิสติก แสดงในตารางที่ 5.4 โดยรูปที่ 5.30 และ รูปที่ 5.31 แสดงกราฟของผลการทดลอง

ตารางที่ 5.4 ผลการทดลองการควบคุมการปั่นผสมด้วยสัญญาณลอจิสติก

ความถี่สัญญาณอินพุท	ความเร็วรอบเฉลี่ย (rpm.)	ความหนืด (cSt.)
6 Hz $r = 3.60$	206.57	5.566
8 Hz $r = 3.60$	185.79	5.757
14 Hz $r = 3.60$	160.10	5.852
6 Hz $r = 3.999$	207.90	5.390
8 Hz $r = 3.999$	199.90	5.594
14 Hz $r = 3.999$	191.98	5.646



รูปที่ 5.30 กราฟความเร็วเฉลี่ยของมอเตอร์จากสัญญาณออสซิลเลชันแบบลอจิสติก



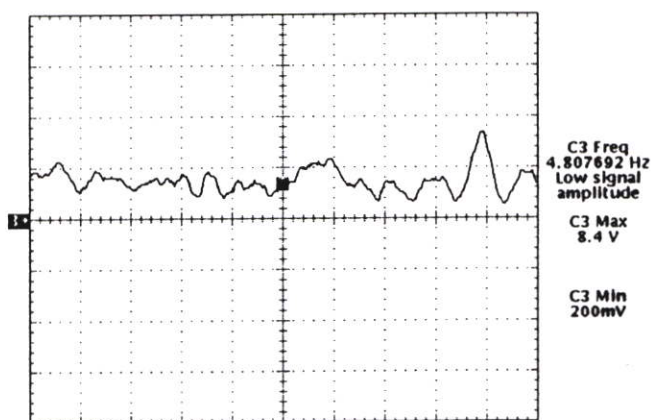
รูปที่ 5.31 กราฟความหนืดที่ได้จากสัญญาณอลวนแบบลอจิสติก

5.5 สัญญาณรบกวนแบบ Pink noise

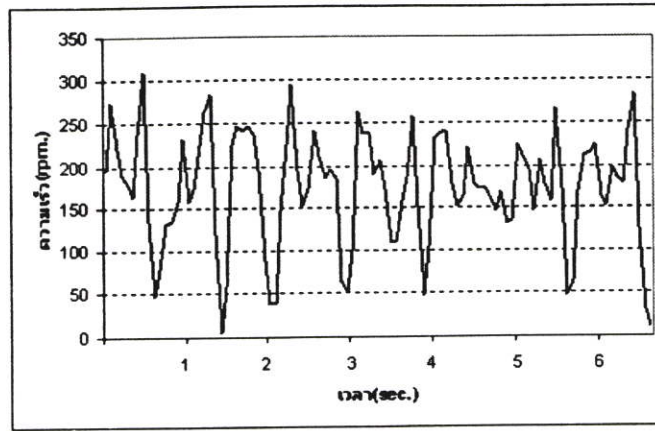
สัญญาณรบกวนแบบ Pink noise ที่ใช้ในการทดลองสร้างจาก Noise Generator โดยในการทดลองจะใช้สัญญาณ Noise ที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่ต่ำแบบ Sallen Key filter order 2 [21] ความถี่คัทออฟ ที่ 6 Hz และ 14 Hz ตามลำดับ โดยผลการทดลองแสดงในตาราง 5.5

5.5.1 สัญญาณรบกวน Pink noise cut-off 6 Hz

รูปที่ 5.32 แสดงลักษณะของสัญญาณรบกวน pink noise ที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ 6 Hz และรูปที่ 5.33 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์



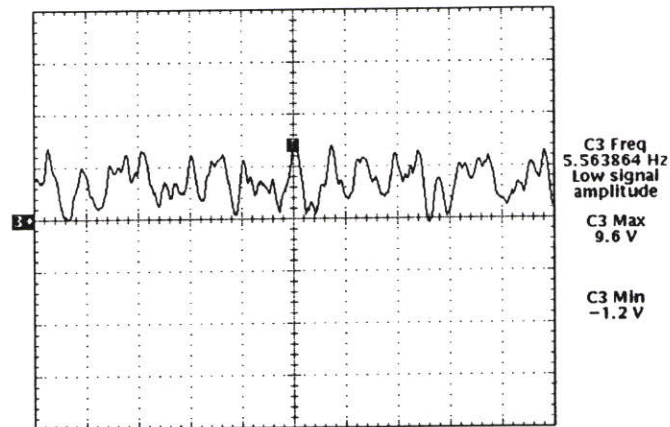
รูปที่ 5.32 คลื่นสัญญาณรบกวน Pink noise (cut-off 6 Hz)



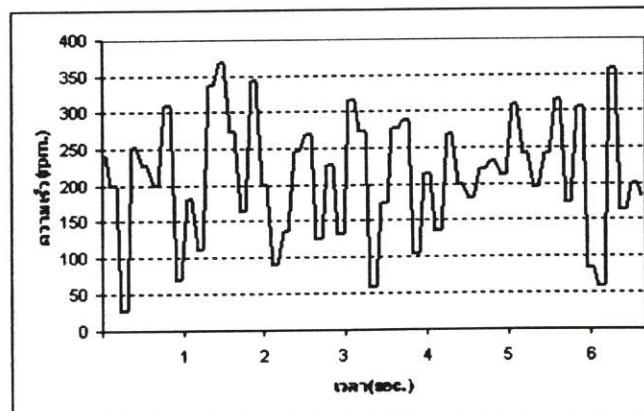
รูปที่ 5.33 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณรบกวน Pink noise (cut-off 6 Hz)

5.5.2 สัญญาณรบกวน Pink noise cut-off 14 Hz

รูปที่ 5.34 แสดงลักษณะของสัญญาณรบกวน pink noise ที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ 14 Hz และรูปที่ 5.35 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์



รูปที่ 5.34 คลื่นสัญญาณรบกวน Pink noise (cut-off 14 Hz)

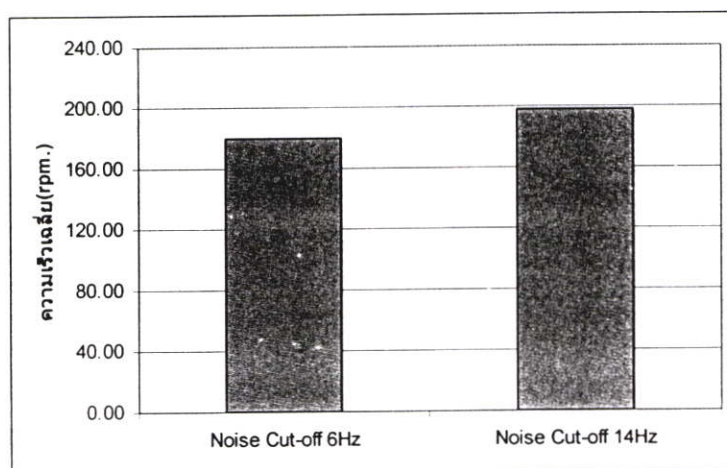


รูปที่ 5.35 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์โดยสัญญาณรบกวน Pink noise (cut-off 14 Hz)

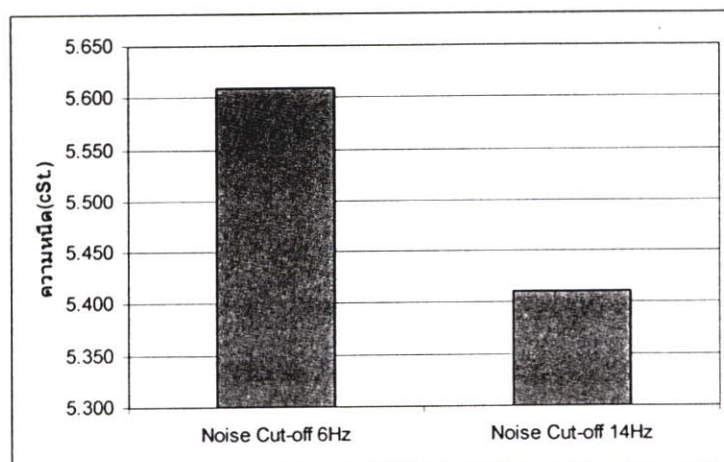
ผลการทดลอง ด้วยสัญญาณรบกวน pink noise แสดงสรุปในตารางที่ 5.5 โดยรูปที่ 5.36 และรูปที่ 5.37 แสดงกราฟของผลการทดลอง.

ตาราง 5.5 ผลการทดลองการควบคุมการปั่นผสมด้วยสัญญาณรบกวน Pink Noise

ความถี่สัญญาณอินพุท	ความเร็วรอบเฉลี่ย (rpm.)	ความหนืด (cSt.)
Noise Cut-off 6 Hz	179.53	5.609
Noise Cut-off 14 Hz	198.43	5.411

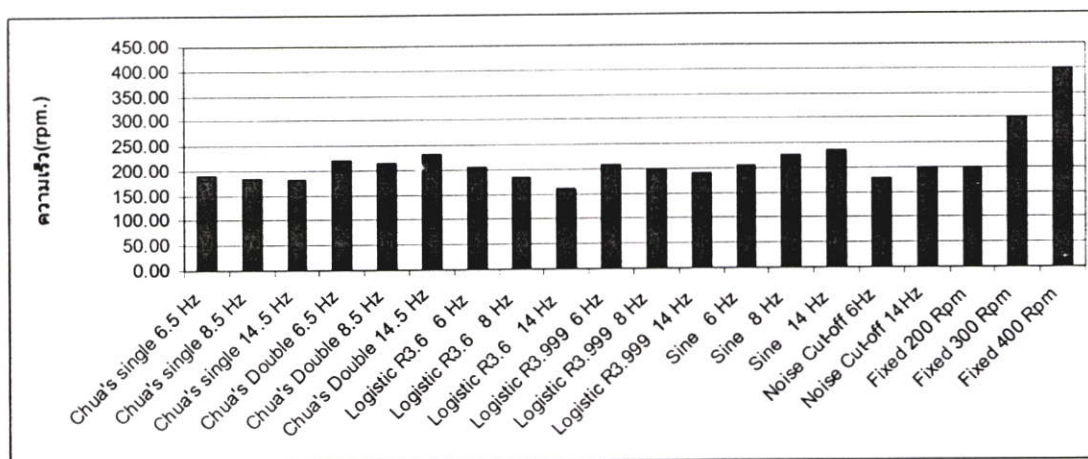


รูปที่ 5.36 กราฟความเร็วเฉลี่ยของมอเตอร์จากสัญญาณรบกวน pink noise

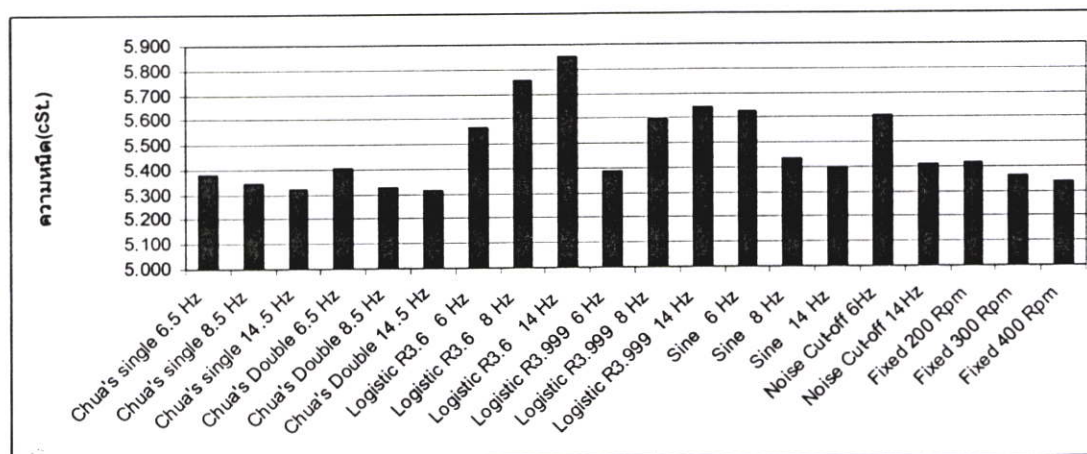


รูปที่ 5.37 กราฟความหนืดที่ได้จากสัญญาณรบกวน pink noise

จากผลการทดลองทั้งหมดเมื่อนำมาเขียนกราฟ เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองจะได้ดังรูปที่ 5.38 และ 5.39 โดยจะเห็นว่า การใช้สัญญาณอินพุตแบบสัญญาณอลวนจากวงจร Chua แบบ ซิงเกิลสกออร์ ให้ผลโดยรวมที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณาทั้งในแง่ของความหนืดที่ได้ ร่วมกับความเร็วรอบที่ใช้ในการทดลอง แต่หากพิจารณาเฉพาะผลของความหนืดที่ได้ต่ำที่สุดนั้น จะเป็นการใช้สัญญาณอินพุตแบบลอจิสติกค่า $r = 3.60$ ความถี่ 14 Hz แต่หากพิจารณาในส่วนของความเร็วในการปั่นผสมที่ใช้จะมีค่ามากกว่าสัญญาณแบบอื่น หรือหากพิจารณาเฉพาะในส่วนของ ความเร็วที่ต่ำที่สุดจะเป็นการใช้สัญญาณ อลวนจากวงจร Chua แบบดับเบิลสกออร์ แต่ค่าความหนืดที่ได้จะไม่ดีเช่นกัน



รูปที่ 5.38 กราฟความเร็วจากการทดลองทั้งหมด



รูปที่ 5.39 กราฟความหนืดจากการทดลองทั้งหมด

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เสนอการใช้สัญญาณอลวนจากวงจรแบบ Chua และสัญญาณอลวนแบบลอจิสติก ในการควบคุมการปั่นผสม สำหรับกระบวนการสังเคราะห์ไบโอดีเซล โดยทำการเปรียบเทียบกับสัญญาณควบคุมการปั่นผสมประเภทอื่น ได้แก่ สัญญาณแรงดันไฟตรง สัญญาณรูปคลื่นไซน์ และสัญญาณรบกวน pink noise ได้ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในการทดลองการป้อนสัญญาณควบคุมที่ไม่ใช่แรงดันไฟตรงสำหรับการมอดูเลตแบบปกติ ให้กับวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ PWM นั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงความสามารถในการตอบสนองความถี่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ เนื่องจากในแบบจำลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลที่ใช้ในการทดลอง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ควบคุมด้วยวงจรควบคุมความถี่คลื่นพาหะ 1 kHz สามารถตอบสนองความถี่สัญญาณควบคุม ของวงจรควบคุมแบบ PWM ได้ในช่วงความถี่ต่ำ โดยตอบสนองต่อสัญญาณอินพุตในช่วงประมาณ 1 ถึง 20 Hz ดังนั้นในการทดลองจึงกระทำในช่วงดังกล่าว ซึ่งเป็นข้อตกลงเบื้องต้นที่ใช้ในการดำเนินการทดลองในวิทยานิพนธ์นี้

จากผลการทดลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลระดับห้องปฏิบัติการ แสดงให้เห็นว่า ในกระบวนการปั่นผสมโดยทั่วไปนั้น การเพิ่มประสิทธิภาพของการสังเคราะห์ไบโอดีเซลสามารถทำได้โดยการเพิ่ม ความเร็วในการปั่นผสมให้มากขึ้น ทำให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าต่ำลง แต่จะเป็นการเพิ่มอัตราสิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้นเช่นกัน แต่จากการทดลองใช้สัญญาณควบคุมแบบอลวนนั้นทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความหนืดที่ต่ำลงโดยไม่ต้องทำการเพิ่มความเร็วในการปั่นผสม โดยสัญญาณควบคุมจากวงจร Chua นั้นให้ผลของการสังเคราะห์ที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากความหนืดของไบโอดีเซลที่ได้ แต่หากพิจารณาในแง่ของการใช้ความเร็วในการกวนผสมแล้ว การใช้สัญญาณควบคุมแบบลอจิสติกจะใช้ความเร็วต่ำที่สุด ซึ่งอาจพิจารณาได้ว่าจะทำให้การใช้พลังงานน้อยที่สุดเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาทั้งสองประเด็นร่วมกัน จะพบว่า การใช้สัญญาณอลวนจากวงจร Chua แบบซิงเกิลสก็อร์ให้ผลที่ดีที่สุดในส่วนของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่ได้มีค่าความหนืดต่ำที่สุด และการใช้ความเร็วในการปั่นผสมที่อยู่ในเกณฑ์ต่ำเช่นกัน ส่วนการใช้สัญญาณควบคุมแบบลอจิสติกนั้นแม้จะใช้ความเร็วต่ำที่สุดในการกวนผสมแต่ผลของไบโอดีเซลที่ได้ยังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ

6.2 ข้อเสนอแนะ

ผลการทดลองที่ได้เป็นผลการทดลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากแบบจำลองย่อส่วนระดับห้องปฏิบัติการที่สร้างขึ้น โดยเป็นการแสดงให้เห็นว่า การใช้สัญญาณอลวนในการควบคุมการปั่นผสมสำหรับการสังเคราะห์ไบโอดีเซลนั้นให้ผลที่ดี แต่หากต้องการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์หรือใช้งานจริงในขนาดการผลิตที่ใหญ่ขึ้นระดับอุตสาหกรรม จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เนื่องจากสัญญาณอลวนมีรูปแบบที่หลากหลาย ในการวิจัยนี้เป็นเพียงตัวอย่างเบื้องต้นที่แสดงให้เห็นว่าการควบคุมการปั่นผสมด้วยสัญญาณอลวนนั้นให้ผลที่ดี โดยอาจจะมีสัญญาณอลวนรูปแบบอื่นที่มีความเหมาะสม หรือให้ผลในการปั่นผสมที่ดีกว่าที่ได้ทำการทดลองไว้ และนอกจากนี้ ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลในแต่ละระบบ จะมีส่วนที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ไบโอดีเซลที่หลากหลายแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ การออกแบบระบบการผลิตจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเป็นกรณีๆ ไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงพลังงาน. “ยุทธศาสตร์การพัฒนาและส่งเสริมการใช้ไบโอดีเซลจากปาล์ม.” [Online]. Available : http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/bers/biodiesel/doc_cabinet_18_jan_48.pdf , 2548.
- [2] M.Fangrui and A. H Milford. “Biodiesel production: a review.” Bioresource, vol.70, 1999, pp.1-15.
- [3] สำนักงานพลังงานและแผนพลังงาน, “การประชุมคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ.” [Online]. Available : <http://www.eppo.go.th/nepc/doc-NEPC-2544-03.html>. 2544.
- [4] กระทรวงพลังงาน, “รู้เพื่อเรื่องพลังงาน.” [Online]. Available : <http://www.energy.go.th/th/knowledgeDetail.asp?id=37>. 2548.
- [5] ชัชรี ไทยสุชาติ, “การสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันพืชใช้แล้วในเครื่องปฏิกรณ์กวนผสมแบบต่อเนื่อง” วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมปิโตรเคมี บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2547.
- [6] อนวัช คุรงค์กัณินท์, “การสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพในเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อ” วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมปิโตรเคมี บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2547.
- [7] สุริยาพร มาลัย, “การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันปาล์มในเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อ” วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมปิโตรเคมี บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2548.
- [8] กรมธุรกิจพลังงาน, “ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน : กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. ๒๕๔๘.” [Online]. Available : http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/bers/biodiesel/quality_commercial_based_biodiesel.pdf, 2548.
- [9] G. Chen , X. Dong. Form chaos to order; Methodologies, Perspectives and Applications. Singapore : World scientific. 1998.
- [10] ไชวัฒน์ ถีวารินทร์พานิช, คงศักดิ์ กาญจน โรจน์วงศ์. “หลุมวนแบบเซน ” ปรินญาณิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2547.
- [11] Leon O. Chua and Gui-Nian Lin, “Canonical Realization of Chua’s Circuit Family.” IEEE Transaction on Circuits and Systems, Vol. 37, no. 7, 1990,pp.885-902.

- [12] M.P. Kennedy, "Robust Op Amp realization of Chua's circuit." *Frequenz*, Vol.46, no. 3-4, 1992, pp.66-80.
- [13] วีระเดช พาณิชย์วิไลย์, อัคร ใจยงศ์. "หุ่นยนต์ออลวนสำหรับงานภาคสนาม" *ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*. 2547.
- [14] Robert C. Hilborn, *Chaos and nonlinear dynamics*. New York : Oxford University Press, 1994.
- [15] Wikipedia, "LogisticMap." [Online]. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Logistic_map. 2007.
- [16] Joe Pritchard, *The chaos cookbook*. 2nd ED. Oxford : Butterworth-Heinemann, 1996
- [17] Chaos Hypertextbook. "Logistic Equation." [Online]. Available : <http://hypertextbook.com/chaos>. 1995.
- [18] Edward L. Paul, Victor Atiemo-Obeng, Suzanne M. Kresta. *Handbook of Industrial Mixing*. New jersey : Wiley, 2003.
- [19] Gary B. Tatterson, *Scaleup and Design of Industrial Process*. New York : McGraw-Hill, Inc., 1994.
- [20] Wellman co., ltd. 2550. *Mixing Categories*. [Online]. Available : www.wellman.co.th/dt01.html.
- [21] Wikipedia, "Sallen Key filter." [Online]. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Sallen_Key_filter. 2007.

ภาคผนวก ก.

ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน

เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พศ.2548

ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน

เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน

พ.ศ. ๒๕๕๘

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน เพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเชิงพาณิชย์ และสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภค อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๕ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติการค้าน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. ๒๕๔๗ อธิบดีกรมธุรกิจพลังงานออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ประกาศนี้เรียกว่า “ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. ๒๕๕๘”

ข้อ ๒ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นสามสิบวันนับตั้งแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ข้อ ๓ ประกาศฉบับนี้มีให้ใช้บังคับกับไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่จำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายไปนอกราชอาณาจักรโดยการขนส่งทางทะเล

ข้อ ๔ ภายใต้งบบังคับของข้อ ๕ ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันให้เป็นไปตามรายละเอียดแนบท้ายประกาศนี้

การเติมสารเติมแต่งในไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน ให้ผู้ค้าน้ำมันแจ้งขอความเห็นชอบและต้องได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงานก่อน จึงจะดำเนินการได้

ข้อ ๕ ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ผู้ค้าน้ำมันจำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายดังต่อไปนี้ จะไม่เป็นตามที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้ายประกาศนี้ก็ได้ แต่ผู้ค้าน้ำมันต้องแจ้งลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดังกล่าวเฉพาะส่วนที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้าย เพื่อขอความเห็นชอบและต้องได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงานก่อน

(๑) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสำหรับการส่งออกไปนอกราชอาณาจักร นอกจากการขนส่งทางทะเล

(๒) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสำหรับการนำไปใช้กับยานพาหนะที่ส่งออกไปนอกราชอาณาจักร

(๓) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสำหรับการนำไปใช้ตามโครงการหรือนโยบายของรัฐบาล หรืองานวิจัย

(๔) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่นำเข้ามาในราชอาณาจักรสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล

(๕) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสำหรับการจำหน่ายให้แก่ผู้ค้าน้ำมันซึ่งเป็นผู้ผลิตไบโอดีเซล เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล

(๖) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสำหรับการจำหน่ายให้แก่ผู้ค้าน้ำมันเพื่อวัตถุประสงค์ตาม (๑)

(๗) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสำหรับการจำหน่ายให้แก่ผู้ผลิตไบโอดีเซลหรือผู้ค้าน้ำมันตามมาตรา ๗ เพื่อวัตถุประสงค์ตาม (๒) และ (๓)

ข้อ ๖ การขอและการให้ความเห็นชอบตามข้อ ๔ วรรคสอง และข้อ ๕ ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์วิธีการ และเงื่อนไขที่อธิบดีกรมธุรกิจพลังงานกำหนด

ประกาศ ณ วันที่ ๑๑ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๔๘

วิโรจน์ คลังบุญครอง

อธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน

รายละเอียดแบบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน
เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอ์ของกรดไขมัน
พ.ศ. 2548

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ ^๕	
1	เมทิลเอสเตอ์ (Methyl Ester, ร้อยละโดยน้ำหนัก (% wt.))	ไม่ต่ำกว่า	96.5	EN 14103
2	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 ^๐ ซ (Density at 15 ^๐ C ,	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	860 900	ASTM D 1298
3	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 ^๐ ซ (Viscosity at 40 ^๐ C ,	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	3.5 5.0	ASTM D 445
4	จุดวาบไฟ (Flash Point ,	ไม่ต่ำกว่า	120	ASTM D 93
5	กำมะถัน (Sulphur, ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt.))	ไม่สูงกว่า	0.0010	ASTM D 2622
6	กากถ่าน (ร้อยละ 10 ของกากที่เหลือจากการกลั่น) (Carbon Residue , on 10 % distillation residue ,	ไม่สูงกว่า	0.30	ASTM D 4530
7	จำนวนซีเทน (Cetane Number)	ไม่ต่ำกว่า	51	ASTM D 613
8	เถ้าซัลเฟต (Sulfated Ash, ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt.))	ไม่สูงกว่า	0.02	ASTM D 874
9	น้ำ (Water, ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt.))	ไม่สูงกว่า	0.050	ASTM D 2709
10	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (Total Contaminate, ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt.))	ไม่สูงกว่า	0.0024	ASTM D 5452
11	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)	ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1	ASTM D 130
12	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส (Oxidation Stability at 110 ^๐ C ,	ไม่ต่ำกว่า	6	EN 14112

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด		วิธีทดสอบ ^ข
13	ค่าความเป็นกรด มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม (Acid Value , mg KOH/g)	ไม่สูงกว่า	0.50	ASTM D 664
14	ค่าไอโอดีน กรัมไอโอดีน/100 กรัม (Iodine Value , g Iodine/100 g)	ไม่สูงกว่า	120	EN 14111
15	กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Linolenic Acid Methyl Ester, %wt.)	ไม่สูงกว่า	12.0	EN 14103
16	เมทานอล ร้อยละโดยน้ำหนัก (Methanol, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14110
17	โมโนกลีเซอไรด์ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Monoglyceride, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.80	EN 14105
18	ไดกลีเซอไรด์ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Diglyceride, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14105
19	ไตรกลีเซอไรด์ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Triglyceride, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14105
20	กลีเซอรินอิสระ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Free glycerin, %wt)	ไม่สูงกว่า	0.02	EN 14105
21	กลีเซอรินทั้งหมด ร้อยละโดยน้ำหนัก (Total glycerin, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.25	EN 14105
22	โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียมและโพแทสเซียม) มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Group I metals (Na+K) mg/kg)	ไม่สูงกว่า	5.0	EN 14108 และ EN 14109
	โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียมและแมกนีเซียม) มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Group II metals (Ca+Mg) mg/kg)	ไม่สูงกว่า	5.0	prEN 14538
23	ฟอสฟอรัส ร้อยละโดยน้ำหนัก (Phosphorus, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.0010	ASTM D 4951
24	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากอธิบดี กรมธุรกิจพลังงาน		

หมายเหตุ 1/ วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้ายนี้

แก้คำผิด

ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน

เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. ๒๕๔๘ ซึ่งประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม ๑๒๒ ตอนพิเศษ ๗๐ ง วันที่ ๒๔ สิงหาคม ๒๕๔๘ ขอแก้ไขในรายละเอียดแนบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน ดังนี้

รายการที่ ๕ ช่องวิธีทดสอบ จาก “ASTM D 2709” ให้แก้เป็น “EN ISO 12937”

รายการที่ ๑๐ ช่องวิธีทดสอบ จาก “ASTM D 5452” ให้แก้เป็น “EN 12662”

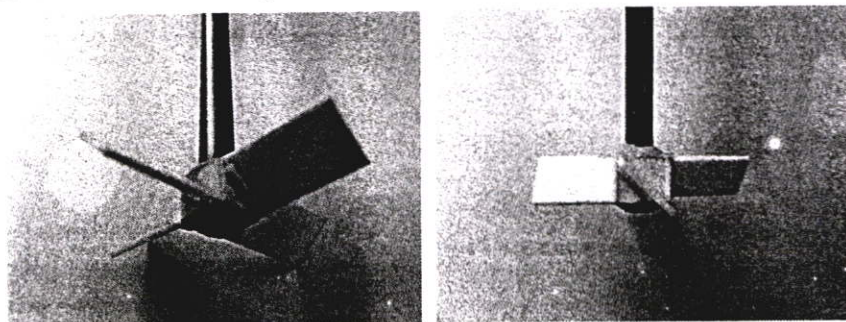
ภาคผนวก ข.

ใบพัดสำหรับปั่นผสมในการทดลอง

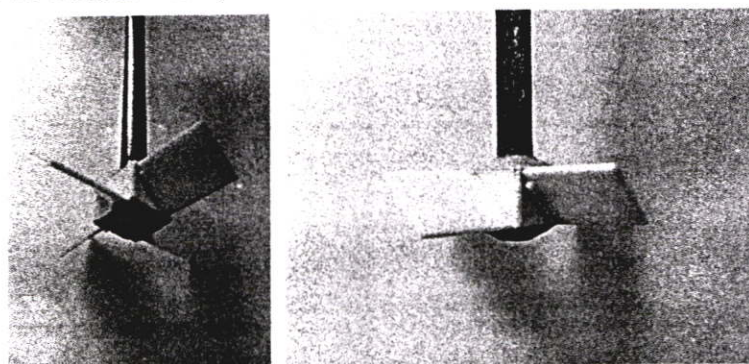
ในการจัดสร้างแบบจำลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลนั้น ได้ทำการออกแบบใบพัดสำหรับการปั่นผสมตามขนาดมาตรฐานสำหรับงานอุตสาหกรรม โดยเลือกใช้ 3 แบบคือ

1. Pitched blade turbine

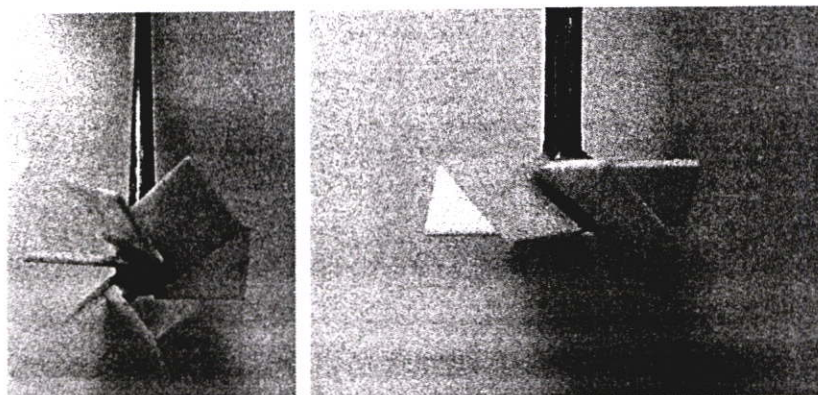
1.1 แบบ 4 ใบ ขนาด $D = T/2$, $W = D/6$



1.2 แบบ 4 ใบ ขนาด $D = T/2$, $W = D/5$

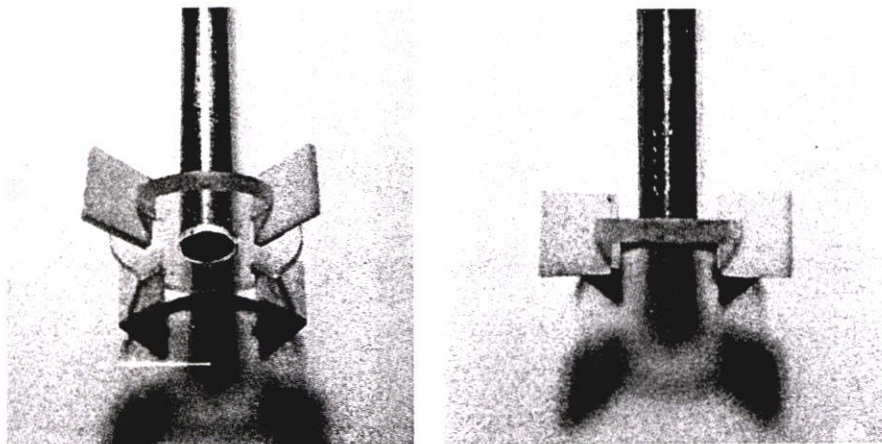


1.3 แบบ 4 ใบ ขนาด $D = T/2$, $W = D/4$

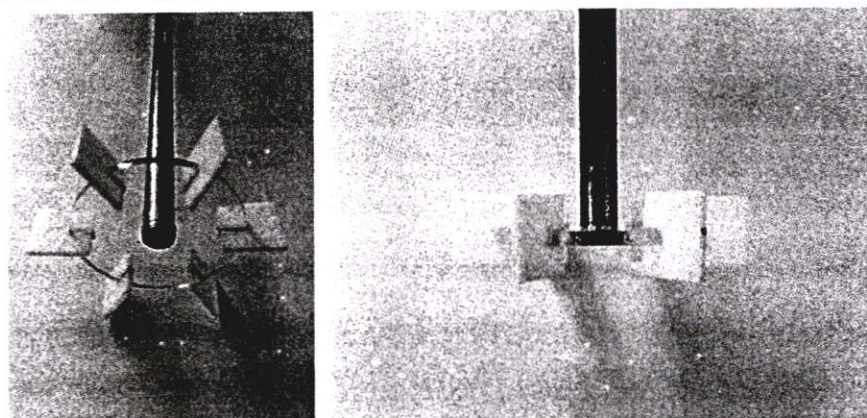


2. Disk style turbine

2.1 แบบ 4 ใบ $D = T/3$, $W = D/4$

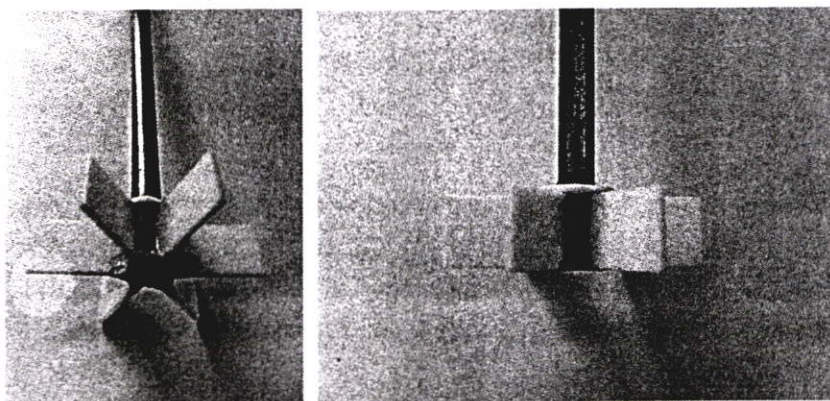


2.2 แบบ 6 ใบ $D = T/2$, $W = D/4$



3. Flat blade impeller

3.1 แบบ 6 ใบ $D = T/2$, $W = D/4$

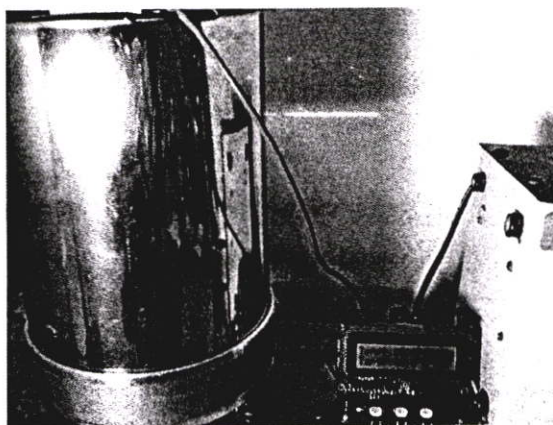


จากการทดลองกวนผสมในแบบจำลองพบว่า ใบพัดแบบ Flat blade impeller ในข้อ 3 ให้ผลดีที่สุดจึงเลือกใช้ในการทดลอง

ภาคผนวก ค.

ขั้นตอนการสังเคราะห์ไบโอดีเซล

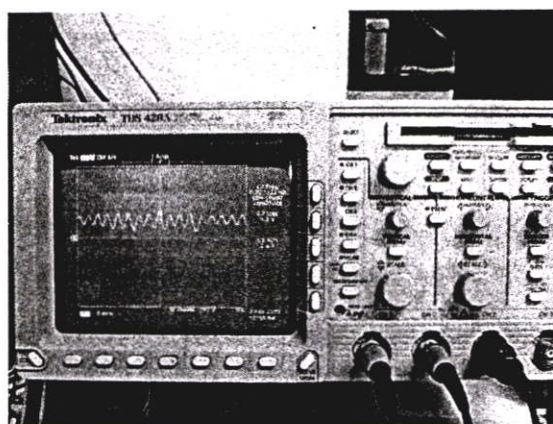
1. อุ่นน้ำมันปาล์มให้มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



รูปที่ ค.1 ทำการอุ่นน้ำมันปาล์มให้มีอุณหภูมิ 60 °C

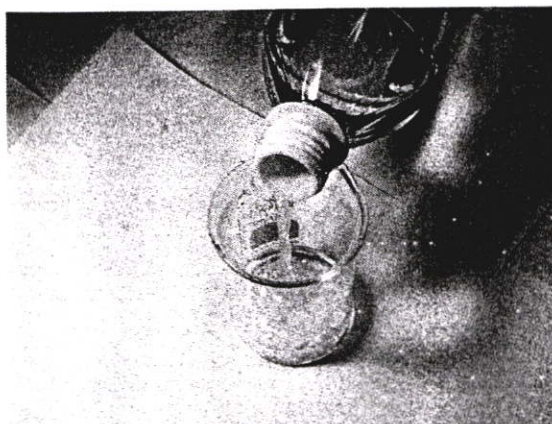
2. นำน้ำมันปาล์มที่อุ่นแล้ว 415 มล. ใส่ลงในแบบจำลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลและทำการเปิดชุดควบคุมอุณหภูมิ รอให้อุณหภูมิคงที่ที่ 60 องศาเซลเซียส

3. ทำการป้อนสัญญาณควบคุมที่จะทำการทดลองให้กับวงจรพีดีบีเบิลยูเอ็ม (PWM)



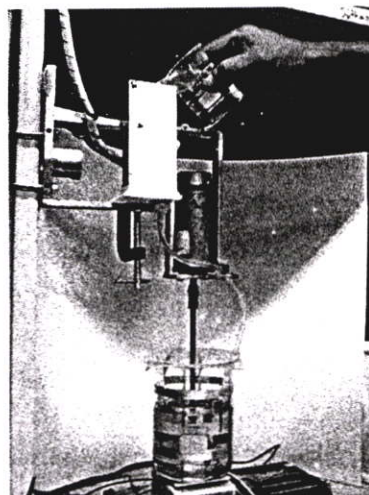
รูปที่ ค.2 การป้อนสัญญาณควบคุมให้กับวงจร

4. ผสมเมทานอล 93 มล. กับ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 2.91 กรัมคนให้ละลายเข้ากันดี และระวังอย่าสัมผัส โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์โดยตรงเนื่องจากเป็นค่าความเข้มข้นสูง และไม่ควรรูดดมไอระเหยของเมทานอล เนื่องจากเป็นสารเคมีอันตราย



รูปที่ ค.3 ผสมเมทานอลกับ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์

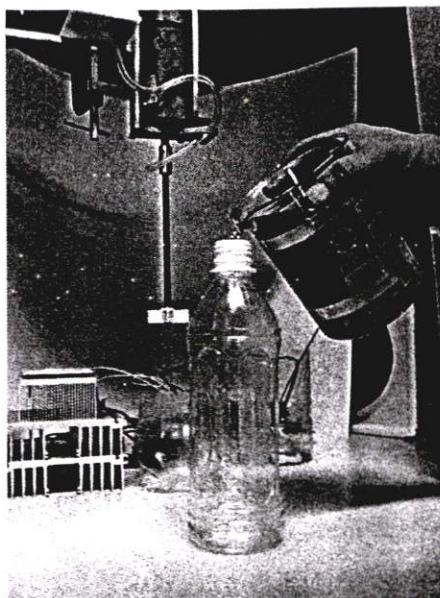
5. เริ่มทำการปั่นผสมและเติมเมทานอลที่ผสมแล้วลงในชุดป้อนเมทานอลพร้อมจับเวลา และทำบันทึกการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของการปั่นผสม และสัญญาณควบคุมที่ใช้



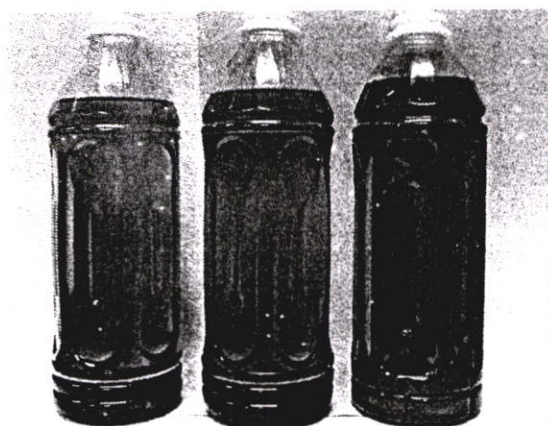
รูปที่ ค.4 เติมเมทานอลที่ผสมแล้วลงในชุดป้อนเมทานอลและเริ่มทำการปั่นผสม

6. หลังจากครบตามเวลาที่กำหนด (15 นาที) นำไบโอดีเซลที่ได้ใส่ภาชนะพักไว้เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อรอให้เกิดการแยกชั้นกันระหว่าง ไบโอดีเซล และกลีเซอริน

7. เมื่อครบ 5 ชั่วโมงแล้ว ทำการแยกเฉพาะเอสเทอร์หรือ ไบโอดีเซลไปล้างด้วยน้ำอุ่น 60 องศาเซลเซียส 2 ครั้ง และน้ำเย็นอุณหภูมิห้อง 2 ครั้ง เพื่อกำจัดโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยในการล้างด้วยน้ำในครั้งแรก ควรทำการคนเบาๆ เนื่องจากอาจเกิดสบู่อจากการที่ยังคงมีน้ำมันบางส่วนที่ทำให้ปฏิกิริยาไม่หมด ไปทำปฏิกิริยากับน้ำและโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์

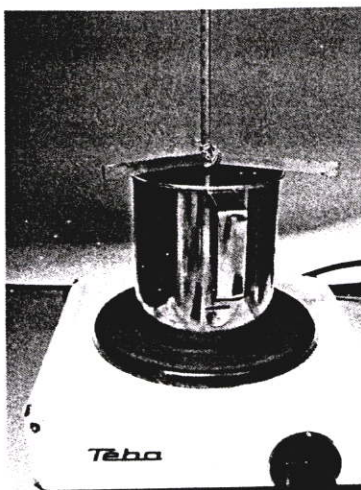


รูปที่ ค.5 นำไบโอดีเซลที่ได้พักไว้ให้แยกชั้น 5 ชั่วโมง



รูปที่ ค.6 การแยกชั้นของไบโอดีเซลและกลีเซอริน

8. หลังจากล้างด้วยน้ำแล้วนำไบโอดีเซลที่ได้ ไปด้มที่ 100 องศาเซลเซียสเพื่อไล่ความชื้นที่ยังเหลืออยู่รวมทั้งเมทานอลที่ตกค้างอยู่ เป็นเวลา 30 นาที ไม่ควรสูดดมไอระเหยที่เกิดในขณะด้มไล่ความชื้นเนื่องจากมีไอของเมทานอลปนอยู่ และควรแยกน้ำออกให้มากที่สุดก่อนทำการด้มรวมทั้งไม่ควรให้อุณหภูมิที่ทำการด้มเพิ่มขึ้นรวดเร็วเกินไป

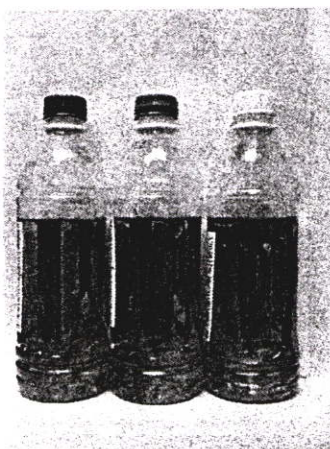


รูปที่ ค.7 กำจัดน้ำและเมทานอลที่ตกค้างด้วยการต้มที่ 100 องศาเซลเซียส 30 นาที

9. หลังจากทำการไล่ความชื้นแล้ว นำไบโอดีเซลที่ได้ไปวัดความหนืดต่อไป



รูปที่ ค.8 การเกิดสบูของไบโอดีเซลจากการล้างเนื่องจากคนแรงเกินไป

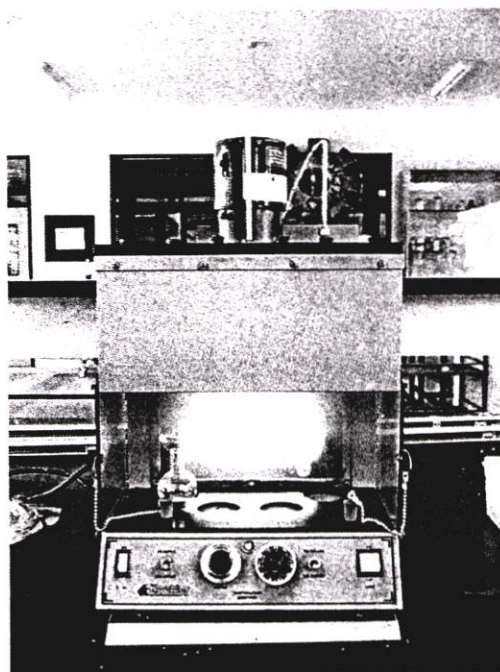


รูปที่ ค.9 ไบโอดีเซลที่สำเร็จแล้ว

ภาคผนวก ง.

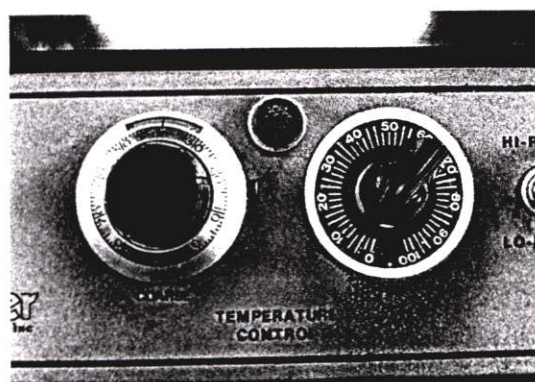
การวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบ Saybolt

การวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบ Saybolt ชี่ห้อ KOEHLER รุ่น K21590 ตามรูปที่ ง.1 โดยวัดความหนืดมาตรฐานที่อุณหภูมิ 40°C มีวิธีการดังนี้



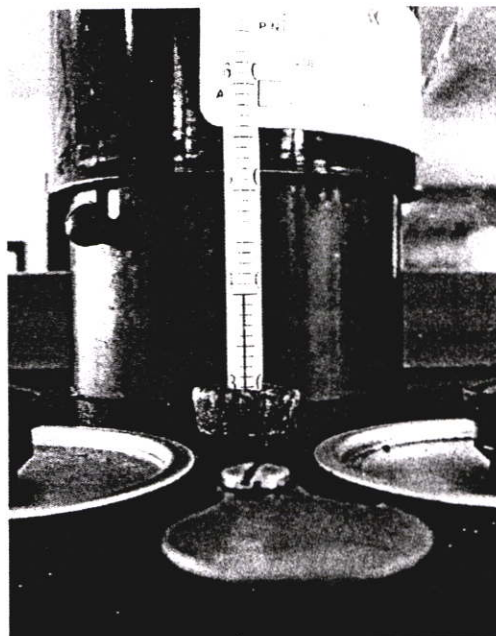
รูปที่ ง.1 เครื่องวัดความหนืดแบบ Saybolt ชี่ห้อ KOEHLER รุ่น K21590

1. เปิดสวิตช์ Power ให้เครื่องเริ่มทำงาน
2. ทำการปรับตั้งอุณหภูมิที่ต้องการ โดยในการทดสอบใช้อุณหภูมิที่ 40°C รูปที่ ง.2 ด้านซ้าย เป็นปุ่มปรับอุณหภูมิแบบหยาบ และด้านขวาเป็นปุ่มปรับละเอียด



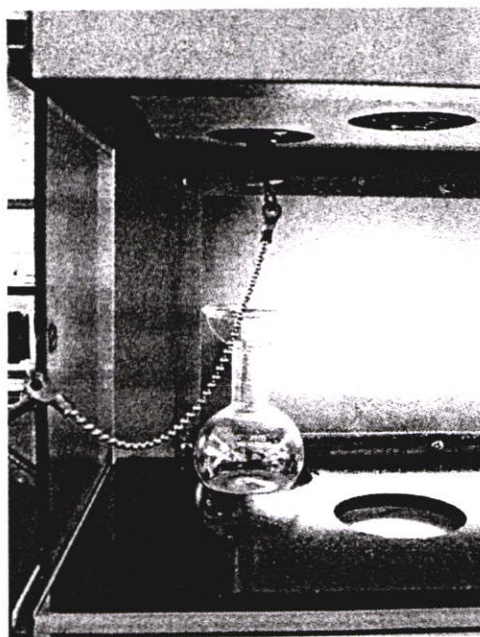
รูปที่ ง.2 ปุ่มปรับอุณหภูมิของเครื่องวัดความหนืด

3. รอให้เครื่องทำการปรับอุณหภูมิให้ได้ 40°C โดยดูได้จากเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิอ่างน้ำมันของเครื่อง ดังแสดงในรูปที่ ง.3

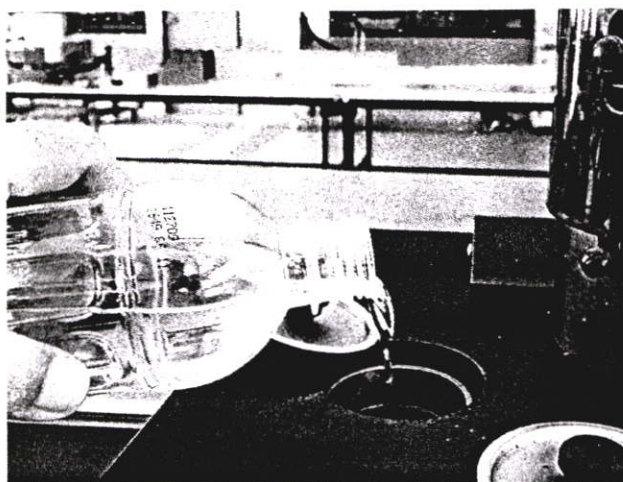


รูปที่ ง.3 เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิเครื่องวัดความหนืด

4. ใส่จุกก๊อกและหลอดแก้วสำหรับดวงน้ำมันขนาด 60 มล. ในเครื่องดังรูปที่ ง.4 และเติมน้ำมันตัวอย่างที่ต้องการทดสอบลงในหลุมวัดด้านบนของเครื่องดังรูปที่ ง.5 และทำการปิดฝาหลุมวัดตามเดิมรอให้เครื่องทำการปรับอุณหภูมิน้ำมันทดสอบเป็นเวลา 15 นาที ตามลำดับ

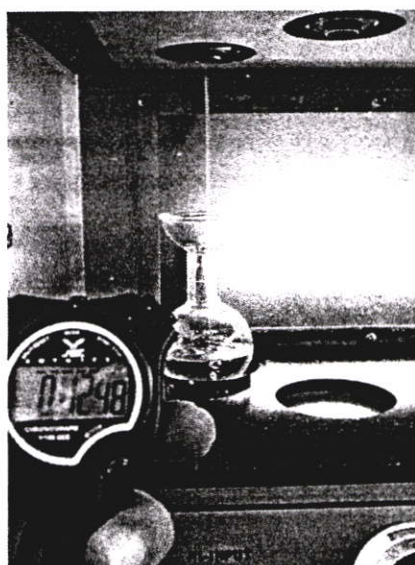


รูปที่ ง.4 ใส่จุกก๊อกและหลอดแก้วดวง



รูปที่ ๓.5 เติมตัวอย่างน้ำมันที่ต้องการทดสอบ

5. เมื่อครบ 15 นาที ทำการเปิดฝาหลุมทดสอบ และทำการคังจุกก็้อออกพร้อมกับทำการจับเวลาการไหลของน้ำมันผ่านเครื่องวัดดังรูปที่ ๓.6



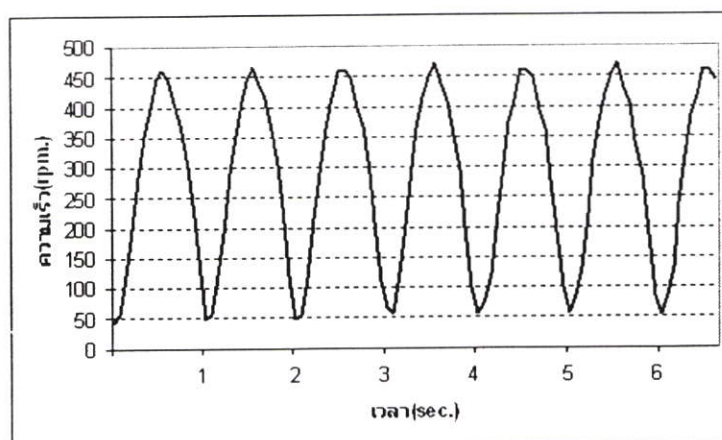
รูปที่ ๓.6 การวัดความหนืดด้วยการจับเวลาวินาที Saybolt

6. หยุดจับเวลาเมื่อน้ำมันในหลอดตวงได้ระดับ 60 มล. และนำเวลาที่ได้อ่านค่าความหนืดด้วยสมการ ที่ 4.1 หรือ 4.2 เพื่อคำนวณค่าความหนืดเป็น เซนติสโตรก (cSt.) ต่อไป
7. ทำการวัดซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย เพื่อลดความผิดพลาดจากการวัด

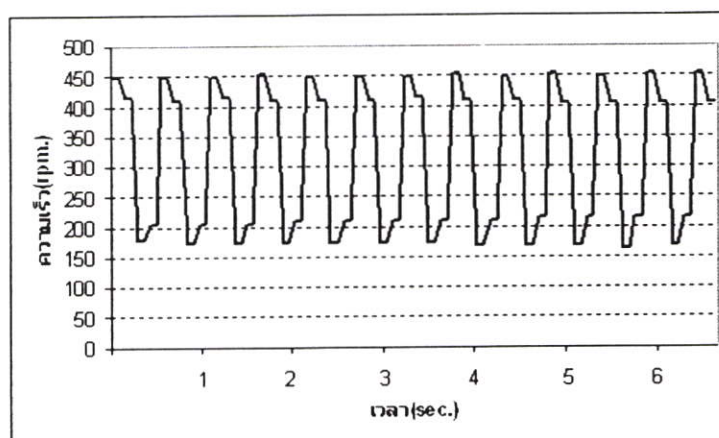
ภาคผนวก จ.

กราฟการเปลี่ยนแปลงความเร็วจากสัญญาณอินพุทรูปคลื่นไซน์

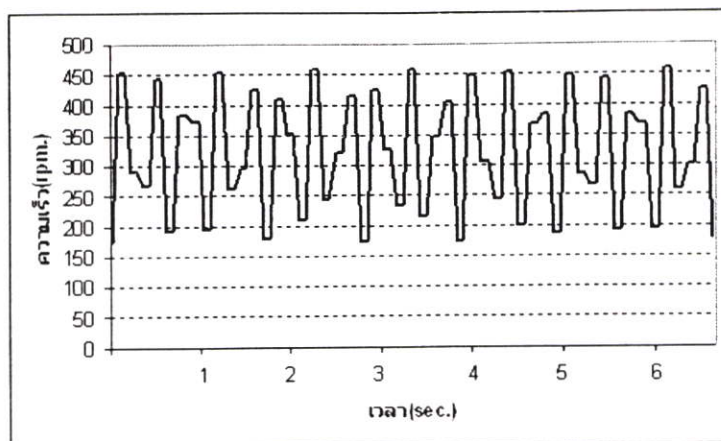
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วจากการตอบสนองต่อความถี่สัญญาณอินพุตแบบรูปคลื่นไซน์ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง Yaskawa Model UGFMED ที่ใช้ในแบบจำลองการสังเคราะห์ไฮโบอิดีเซต ตั้งแต่ความถี่ 1 – 15 Hz



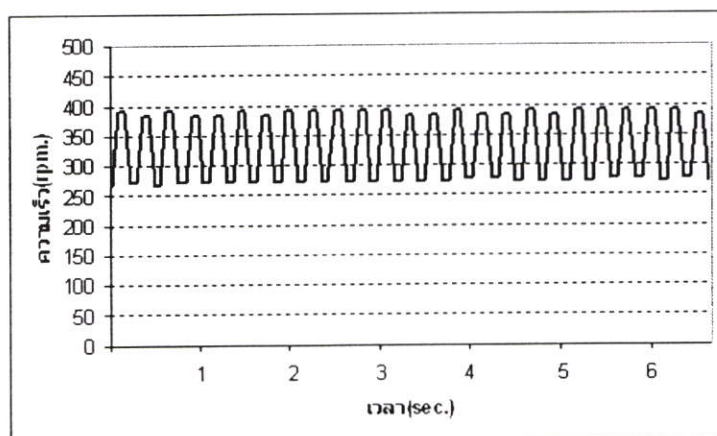
รูปที่ จ.1 ความถี่อินพุต 1 Hz



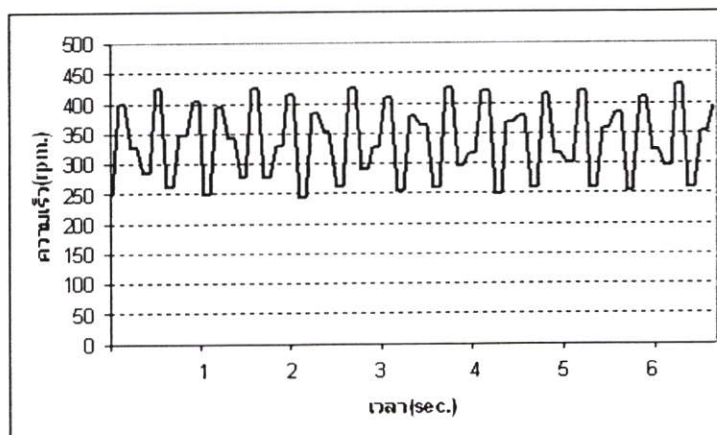
รูปที่ จ.2 ความถี่อินพุต 2 Hz



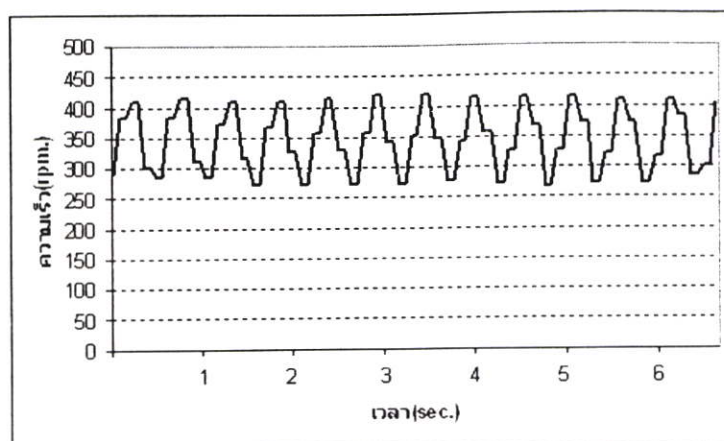
รูปที่ ๓.3 ความถี่อินพุต 3 Hz



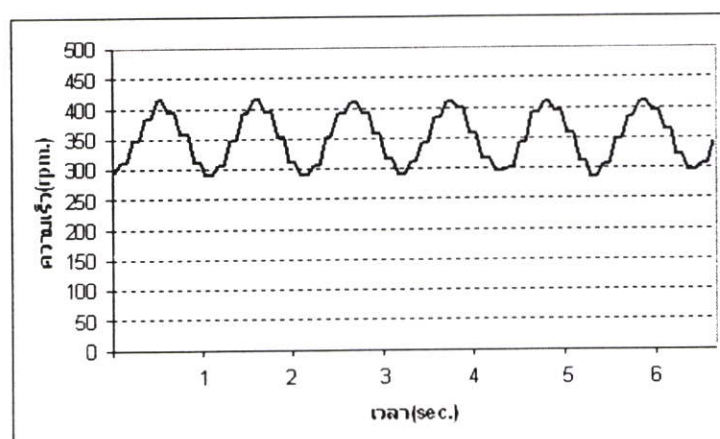
รูปที่ ๓.4 ความถี่อินพุต 4 Hz



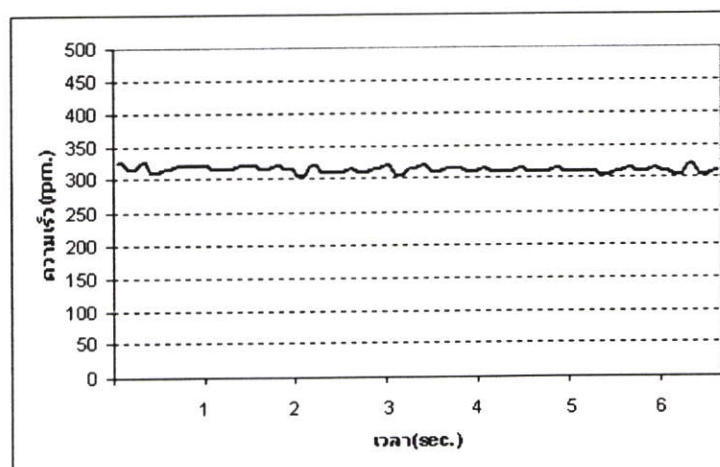
รูปที่ ๓.5 ความถี่อินพุต 5 Hz



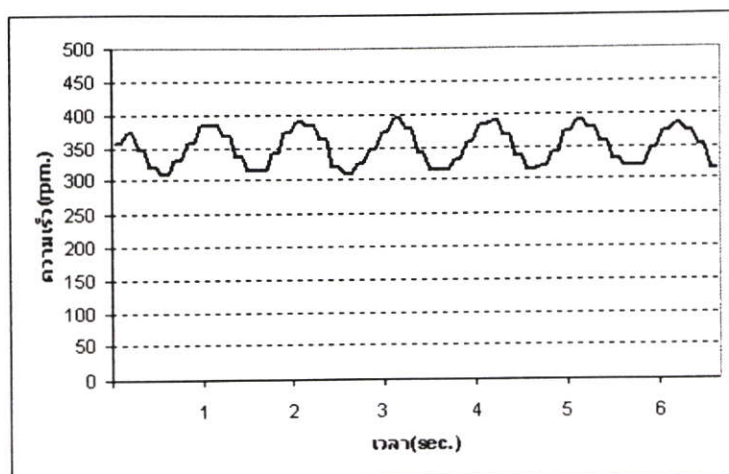
รูปที่ ๑.6 ความถี่อินพุต 6 Hz



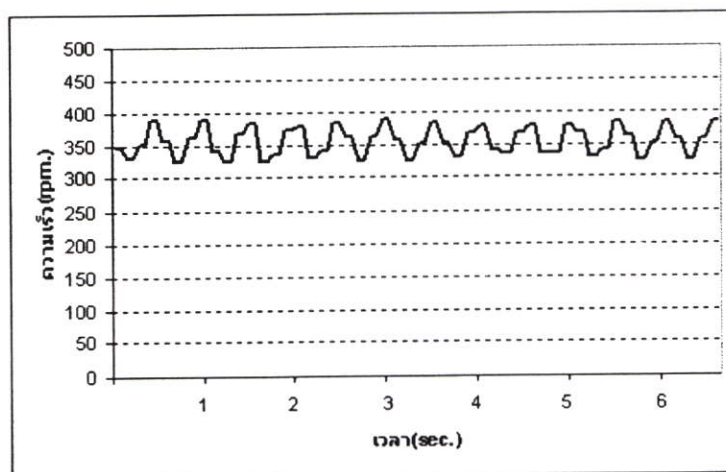
รูปที่ ๑.7 ความถี่อินพุต 7 Hz



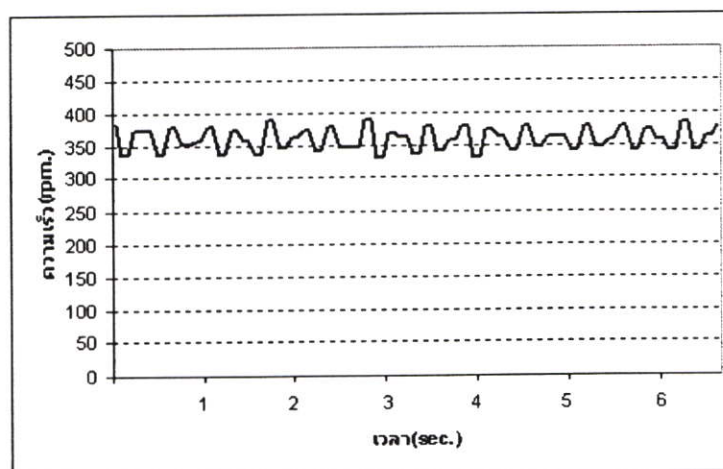
รูปที่ ๑.8 ความถี่อินพุต 8 Hz



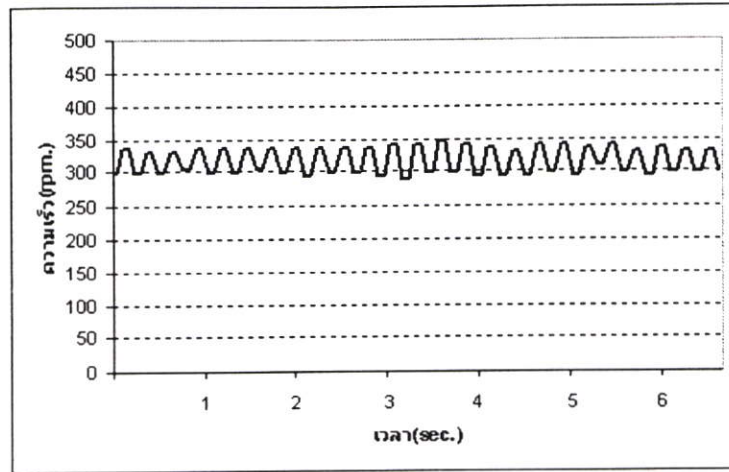
รูปที่ ฉ.9 ความถี่อินพุต 9 Hz



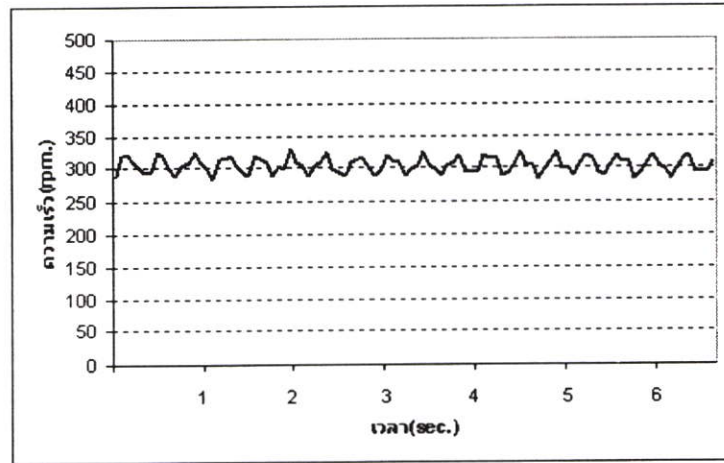
รูปที่ ฉ.10 ความถี่อินพุต 10 Hz



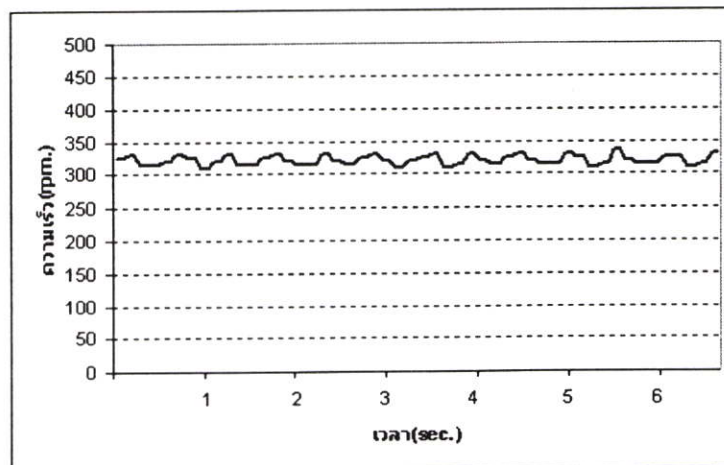
รูปที่ ฉ.11 ความถี่อินพุต 11 Hz



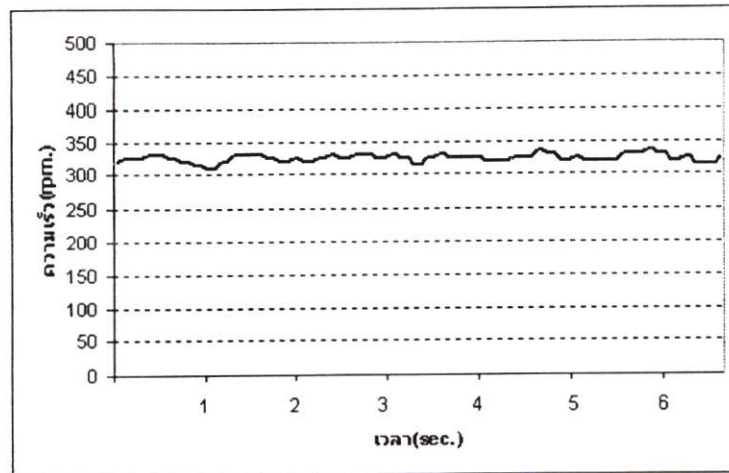
รูปที่ ฉ.12 ความถี่อินพุต 12 Hz



รูปที่ ฉ.13 ความถี่อินพุต 13 Hz



รูปที่ ฉ.14 ความถี่อินพุต 14 Hz



รูปที่ ๑.15 ความถี่อินพุต 15 Hz

ภาคผนวก ฉ.

Minertia Motor F Series B Type

Yaskawa Electric

KAE-C249-30

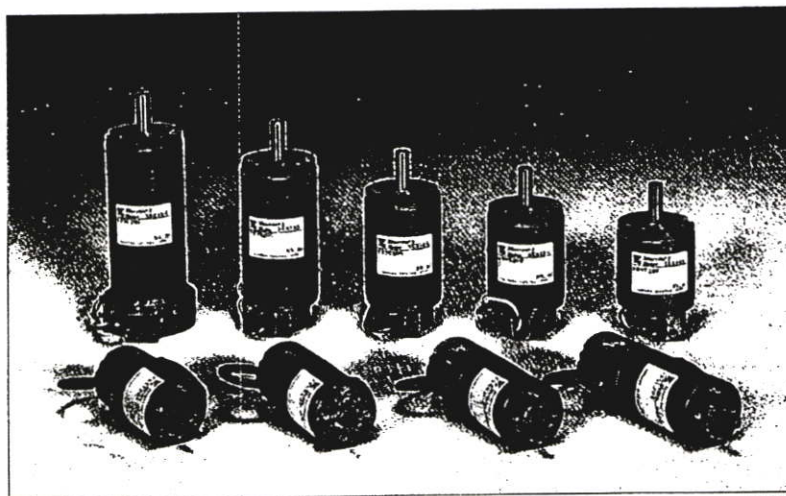
SMALL SIZE DC SERVOMOTORS



Minertia[®] Motor

F Series B TYPE

Type FB5 20E 6.2 TO 17.4W
 Type FB9 20E 9.9 TO 30.8W



589-64

YASKAWA





FBS 20E

RATINGS AND SPECIFICATIONS

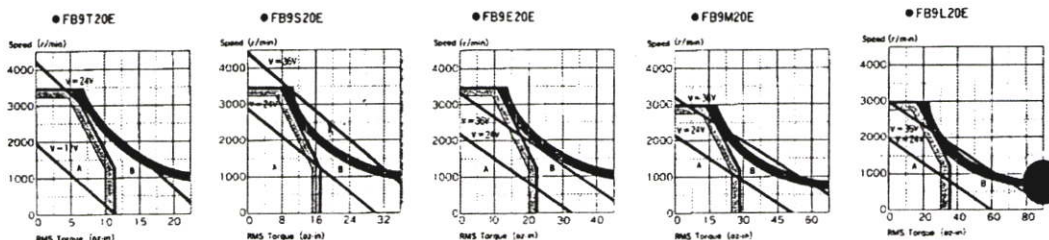
Specifications	Units	FB9T20E	FB9S20E	FB9E20E	FB9M20E	FB9L20E
Peak Rated Torque	oz-in	38.9	61.1	77.8	128	156
Rated Torque	oz-in	11.1	16.7	22.2	29.2	34.7
Torque Constant	oz-in/amp	7.0	10.8	14.5	15.3	16.5
Armature Winding Resistance	Ω	4.1	5.3	6.4	4.2	3.9
Armature Inductance	mH	1.9	2.8	3.6	2.6	2.6
Peak Current	A	5.7	5.7	5.7	8.5	9.5
Induced Voltage Constant	V/1000r/min	5.2	8.0	10.7	11.3	12.2
Viscous Damping Coefficient	oz-in/1000r/min	0.43	0.50	0.58	1.86	0.85
Friction Torque	oz-in	1.10	1.31	1.53	2.22	2.36
Inertia (With Encoder)	oz-in-sec ²	1.94	2.64	3.13	4.61	5.69
Mechanical Time Constant	ms	22.8	16.9	14.0	11.7	11.5
Electrical Time Constant	ms	0.46	0.53	0.56	0.62	0.67
Power/Beta		0.45	0.74	1.10	1.30	1.50
Torque/Inertia Ratio	rps/oz-in	5710	6320	7110	6330	6100
Rated Speed	r/min	1200	1200	1200	1200	1200
Max. Safety Operating Speed	r/min	3500	3500	3500	3500	3500
Rated Voltage	V	18.1	23.7	30.0	27.0	28.1
Rated Current	A	2.0	1.90	1.95	2.33	2.54
Constant Output	W	9.9	14.8	19.7	25.9	30.8

- Time Rating: Continuous
- Dielectric Strength: 500VAC/1 min
- Applicable Environment: Indoor
- Applicable Location: -10 to +40°C
- Ambient Temperature: 80% Max.
- Humidity: 80% Max.

● Direction of Rotation: When (+) current is supplied to the red lead it rotates counterclockwise viewed from drive end.

The values described above are those with HA type encoder.
 With HS type encoder (200, 240 pulses), some values differ since the inertia is larger.
 Inertia 200 pulses + 0.11×10^{-3} oz. in. sec²
 240 pulses + 0.24×10^{-3} oz. in. sec²

SPEED-TORQUE CURRENT CHARACTERISTICS



A: Area of safe continuous duty without air cooling.
 B: Area of intermittent duty.

Environmental conditions:
 Temperature 25°C Humidity 80% max.

8 Note: Motor mounted on 10 in x 10 in x 1/4 in heat sink. Curve data for an armature temp. of 125°C

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นายศักดิ์ดา สาครตานันท์
วัน เดือน ปีเกิด	11 มีนาคม พ.ศ. 2520
ที่อยู่	33/41 อาคาร 33 โครงการบ้านเอื้ออาทรบึงกุ่ม ถนน เสรีย์ไทย แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพฯ
ประวัติการศึกษา	2542 อส.บ. เทคโนโลยีโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง 2544 วศ.บ. วิศวกรรมสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง