

เครื่องรูดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลจิก



นายชาคริต ปานแป้น

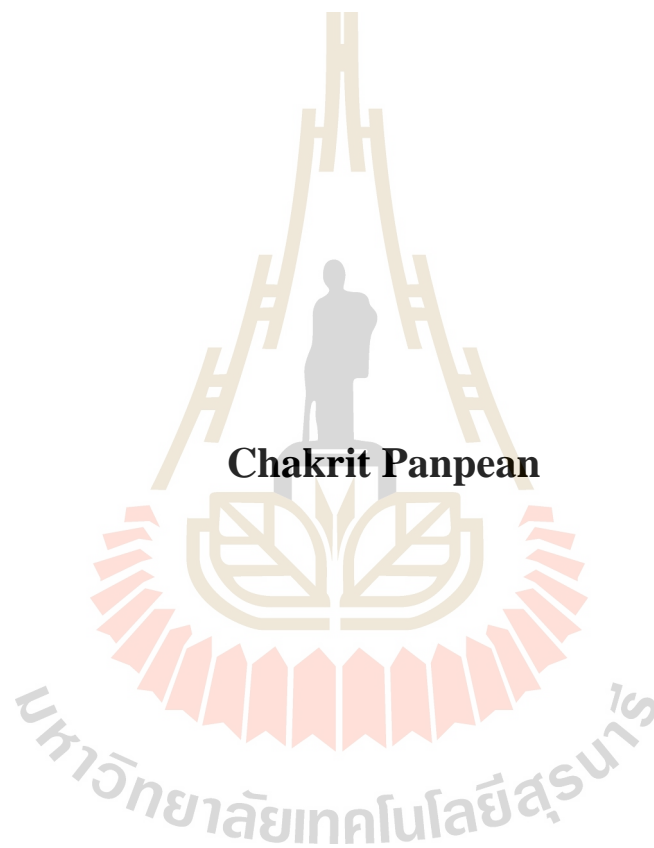
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2559

**INTELLIGENT ELECTRIC PARA RUBBER ROLLING
MACHINE VIA FUZZY LOGIC CONTROLLER**



**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering**

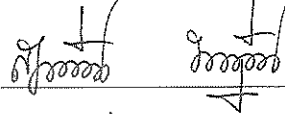
Suranaree University of Technology

Academic Year 2016

เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีชซีลอจิก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



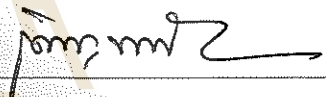
(ผศ. ดร.สุदारัตน์ ขวัญอ่อน)

ประธานกรรมการ



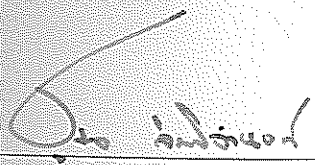
(รศ. ดร.กองพล อารีรักษ์)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



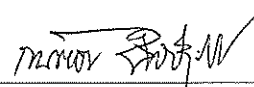
(รศ. ดร.เดชา พวงดาวเรือง)

กรรมการ



(ศ. ดร.ชูกิจ ลิ้มปิงานงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม



(รศ. ร.อ. ดร.กนัตร์ ชานีประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ชาคริต ปานแป้น : เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิก

(INTELLIGENT ELECTRIC PARA RUBBER ROLLING MACHINE VIA FUZZY

LOGIC CONTROLLER) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.กองพล อารีรักษ์,

223 หน้า

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการสร้างเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิก โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อนลูกรีดสำหรับรีดแผ่นยางพาราแทนการใช้มือหมุน ซึ่งได้ทำการออกแบบชุดติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากับเครื่องรีดยางพาราแบบมือหมุนเพื่อให้สามารถขับเคลื่อนลูกรีดของเครื่องรีดยางพารา โดยมีการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิกแบบปรับตัว การออกแบบตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิกแบบปรับตัวสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ ได้นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิกแบบปรับตัวด้วยวิธีการใหม่ โดยมีการออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิกด้วยวิธีการใหม่ที่ผู้วิจัยคิดค้นขึ้น ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้การคำนวณที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และที่สำคัญเป็นวิธีการที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบตัวควบคุม การควบคุมความเร็วดังกล่าวจะส่งผลต่อความหนาของแผ่นยางพาราอีกด้วย นอกจากนี้ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์ได้นำเสนอวิธีการค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบดาบเชิงปรับตัว สำหรับหาค่าความเร็วเหมาะที่สุดในการขับเคลื่อนเครื่องรีดยางพารา เพื่อให้ได้กำไรในการขายแผ่นยางพารามากที่สุด โดยพลังงานที่ใช้จะต้องคุ้มค่าที่สุด ผลการทดสอบการใช้งานเครื่องรีดยางไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิก พบว่า แผ่นยางพาราที่ผ่านการรีดด้วยเครื่องรีดยางไฟฟ้าดังกล่าว มีคุณภาพเป็นยางแผ่นดิบชั้น 1 สามารถขายได้กำไรสูงสุด โดยมีการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ได้สังเกตเห็นถึงความสำคัญในการใช้พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานสะอาด ไม่มีมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และเหมาะสมกับพื้นที่สวนยางพาราที่เป็นที่โล่งแจ้งสามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดี มาใช้เป็นแหล่งพลังงานของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ และได้ทำการประเมินทางเศรษฐศาสตร์เพื่อพิจารณาต้นทุนในการสร้างและประเมินจุดคุ้มทุนของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ รวมทั้งได้นำเสนอแนวทางการใช้งาน เพื่อให้การใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะเกิดประโยชน์สูงสุดต่อเกษตรกร

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2559

ลายมือชื่อนักศึกษา ชาคริต ปานแป้น

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กองพล อารีรักษ์

CHAKRIT PANPEAN : INTELLIGENT ELECTRIC PARA RUBBER
ROLLING MACHINE VIA FUZZY LOGIC CONTROLLER. THESIS
ADVISOR : ASSOC. PROF. KONGPOL AREERAK, Ph.D., 223 PP.

INTELLIGENT ELECTRIC PARA RUBBER ROLLING MACHINE VIA FUZZY
LOGIC CONTROLLER

This thesis proposes the intelligent Para rubber rolling machine with fuzzy logic controller. The manual drive system is replaced by the motor drive system for this machine. The electric motor is applied to drive the Para rubber rolling machine. The adaptive fuzzy logic controller is used to control the motor speed. The design of the adaptive fuzzy logic controller for motor speed control using the new design approach is proposed in this thesis. The membership functions of fuzzy logic controller are designed by the new approach. The proposed design technique is convenient and simple. From this approach, the membership functions of fuzzy logic controller can be designed without the experience of specialist. The speed control affects the thickness of the Para sheets. The optimal motor speed value for the Para rubber rolling machine using an artificial intelligence technique called adaptive Tabu search is proposed in the thesis. The main objective of this work is the maximum profit from the products, while the maximum value of energy saving is considered. The testing results of the intelligent Para rubber rolling machine with fuzzy logic controller show that these Para sheets are produced to be a best quality (first class). The proposed process can also provide the maximum profit under optimizing energy resources. The solar cell is used in this work. The considered source is green energy. Therefore, it is important to reduce the environmental pollution. The operating area

has an open spaces. This site can provide good performance for an absorption of light. For this reason, the solar energy is suitable for the intelligent Para rubber rolling machine. The economic evaluation is presented in the thesis. The cost and break-even point of the intelligent Para rubber rolling machine are analyzed. In addition, the technical manual of the intelligent Para rubber rolling machine is also presented in this thesis. It is very useful for agriculturist.



School of Electrical Engineering

Academic Year 2016

Student's Signature กฤษณะ อภินันท์

Advisor's Signature วิทย์ อ.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณกองทุนนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งทั้งในด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ ดังต่อไปนี้ รองศาสตราจารย์ ดร.กองพล อารีรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวทางอันเป็นประโยชน์ทั้งในด้านการศึกษา และการดำเนินชีวิต รวมถึงให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

รองศาสตราจารย์ ดร.กองพัน อารีรักษ์ ที่ให้คำแนะนำทางด้านวิชาการ และการเขียนบทความวิชาการ

อาจารย์ ดร.ทศพร ฌรงค์ฤทธิ์ ที่ให้คำแนะนำทางด้านวิชาการ และการเขียนบทความวิชาการ รวมทั้งให้กำลังใจในการทำวิจัยมาโดยตลอด

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีทุกท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และความรู้ทางวิชาการอย่างดียิ่งมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณนายพลสิทธิ์ ศานติประพันธ์ นายรัชพงศ์ สุวงษา นางสาวปทุมพร วงศ์ใหญ่ วรสันต์ สัตยาอภิธาน และนางสาวจิรวรรณ หอมจันทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือ แลกเปลี่ยนความรู้ทางวิชาการ และให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณบุคลากรศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ครู อาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ทางด้านต่าง ๆ ตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน และบุคคลที่สำคัญอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา รวมถึงญาติพี่น้องของผู้วิจัยทุกท่านที่ให้ความรัก กำลังใจ การอบรมเลี้ยงดู และให้การสนับสนุนทางการศึกษาอย่างดียิ่งมาโดยตลอด จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตเสมอมา

ชาคริต ปานแป้น

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฐ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	6
1.3 ขีดตกลงเบื้องต้น.....	6
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
1.6 การจัดรูปเล่มรายงานวิจัยวิทยานิพนธ์.....	7
2 ปรัชญ่วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
2.1 กล่าวนำ.....	9
2.2 ปรัชญ่วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิก.....	9
2.3 ปรัชญ่วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุด แบบตามเชิงปรับตัว.....	13
2.4 สรุป.....	15
3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	16
3.1 กล่าวนำ.....	16
3.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร.....	16
3.3 วงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี.....	18
3.4 แบตเตอรี่.....	19
3.5 ทฤษฎีของฟuzzy.....	21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5.1	ฟuzzyเซต	21
3.5.2	การดำเนินการทางฟuzzyเซต	22
3.5.3	ฟังก์ชันสมาชิกภาพ	25
3.5.4	ตัวแปรทางภาษาและค่าเชิงภาษา	28
3.5.5	กฎของฟuzzy	28
3.5.6	การอนุมานฟuzzyแบบ Takagi-Sugeno	29
3.6	สรุป	31
4	การควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิก	32
4.1	กล่าวนำ.....	32
4.2	ระบบที่พิจารณา.....	32
4.3	การออกแบบและสร้างตัวควบคุมฟuzzyลอจิก สำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา	33
4.3.1	รูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพ.....	33
4.3.2	การออกแบบตัวแปรทางภาษาและค่าเชิงภาษา.....	34
4.3.3	การออกแบบกฎของฟuzzy.....	37
4.3.4	การสร้างตัวควบคุมฟuzzyลอจิก บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR.....	39
4.4	การสร้างชุดควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิก	42
4.4.1	วงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้า	44
4.4.2	วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อก	50
4.4.3	วงจรสร้างสัญญาณ PWM	52
4.4.4	วงจรแยกโคดสัญญาณ	57
4.4.5	วงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี	60
4.5	การติดตั้งชุดควบคุมและมอเตอร์ไฟฟ้ากับเครื่องรีดยางพารา.....	61
4.6	การทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา	63

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.7	การแก้ไขปัญหาคิวของตัวควบคุมฟิวส์ลอคจิกเพื่อให้มีโครงสร้างเหมาะสม สำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา.....	67
4.7.1	จำนวนค่าเชิงภาษา.....	67
4.7.2	กฎของฟิวส์.....	69
4.7.3	การทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา หลังจากการแก้ไข.....	70
4.7.4	การเปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา ของตัวควบคุมฟิวส์ลอคจิกกรณีใช้ค่าเชิงภาษา 3 ค่า กับกรณีที่ใช้ ค่าเชิงภาษาจำนวน 5 ค่า.....	74
4.8	สรุป.....	75
5	การออกแบบตัวควบคุมฟิวส์ลอคจิกด้วยวิธีการใหม่.....	76
5.1	กล่าวนำ.....	76
5.2	การออกแบบตัวควบคุมฟิวส์ลอคจิกสำหรับใช้ควบคุมความเร็ว ของเครื่องรีดยางพาราด้วยวิธีการใหม่.....	76
5.2.1	การออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error ของตัวควบคุมฟิวส์ลอคจิก.....	76
5.2.2	การออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมฟิวส์ลอคจิก.....	78
5.2.3	การออกแบบตัวควบคุมฟิวส์ลอคจิกด้วยวิธีการใหม่ สำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา.....	79
5.3	การทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา ด้วยตัวควบคุมฟิวส์ลอคจิกที่ออกแบบด้วยวิธีการใหม่.....	82
5.4	สรุป.....	91
6	การควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟิวส์ลอคจิกแบบปรับตัว.....	93
6.1	กล่าวนำ.....	93

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.2	การควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมพีซีลอจิกแบบปรับตัว.....	93
6.3	การออกแบบพีซีช่วย.....	97
6.3.1	การออกแบบโครงสร้างของพีซีช่วย.....	97
6.3.2	การออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของพีซีช่วย.....	100
6.4	การทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมพีซีลอจิกแบบปรับตัว.....	103
6.5	สรุป.....	107
7	การหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา.....	108
7.1	กล่าวนำ.....	108
7.2	วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัว.....	108
7.3	การหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพาราโดยใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัว.....	112
7.3.1	การทดสอบรีดแผ่นยางพาราสำหรับหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุด.....	112
7.3.2	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์สำหรับการหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา.....	129
7.3.3	การหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา.....	130
7.4	การทดสอบรีดแผ่นยางพาราโดยใช้ค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการค้นหาแบบตามูเชิงปรับตัว.....	136
7.5	สรุป.....	140
8	การออกแบบแหล่งพลังงานและการประเมินทางเศรษฐศาสตร์.....	142
8.1	กล่าวนำ.....	142
8.2	การออกแบบแหล่งพลังงาน.....	142
8.2.1	การออกแบบแบตเตอรี่.....	143
8.2.2	การออกแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	144
8.2.3	การออกแบบตัวควบคุมประจุแสงอาทิตย์.....	145

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

8.2.4 การทดสอบแหล่งพลังงาน	146
8.3 แนวทางการใช้เครื่องรีดียงไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมฟิวส์ลอคจิก.....	149
8.4 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์	157
8.4.1 การประเมินราคาของเครื่องรีดียงพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ ด้วยตัวควบคุมฟิวส์ลอคจิก.....	157
8.4.2 การประเมินจุดคุ้มทุน	158
8.5 สรุป	160
9 สรุปและข้อเสนอแนะ	161
9.1 สรุป	161
9.2 ข้อเสนอแนะ.....	163
รายการอ้างอิง	164
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ และการยื่นจดสิทธิบัตรในระหว่างศึกษา	166
ภาคผนวก ข. โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมฟิวส์ลอคจิกสำหรับควบคุมความเร็ว ของเครื่องรีดียงพาราบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR	188
ภาคผนวก ค. โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมฟิวส์ลอคจิกแบบปรับตัว สำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดียงพารา บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR	196
ภาคผนวก ง. การคำนวณหาค่าตัวประกอบต้นทุนแสงอาทิตย์.....	207
ภาคผนวก จ. แบบฟอร์มการให้ข้อมูลของเกษตรกร	210
ภาคผนวก ฉ. การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของ ATS สำหรับหาค่าความเร็วที่เหมาะสม ในการรีดแผ่นยางพารา.....	212
ภาคผนวก ช. คู่มือการใช้งานเครื่องรีดียงพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ ด้วยตัวควบคุมฟิวส์ลอคจิก	217
ประวัติผู้เขียน	223

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	พื้นที่การปลูกยางพาราในประเทศไทย..... 1
2.1	ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วยตัวควบคุมพีชชีลอจิก 10
2.2	ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบดาบูเชิงปรับตัว 13
4.1	ตัวแปรทางภาษาและค่าเชิงภาษาของตัวควบคุมพีชชีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็ว ของเครื่องรีดยางพารากรณี 3 ค่าเชิงภาษา 36
4.2	ผลการทดสอบวงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้า 47
4.3	ผลการทดสอบวงจรสร้างสัญญาณ PWM 55
4.4	ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต voltage ที่ใช้ในการทดสอบ กรณีใช้ค่าเชิงภาษา 3 ค่า 64
4.5	ตัวแปรทางภาษาและค่าเชิงภาษาของตัวควบคุมพีชชีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็ว ของเครื่องรีดยางพารากรณี 5 ค่าเชิงภาษา 68
4.6	ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต voltage ที่ใช้ในการทดสอบ กรณีใช้ค่าเชิงภาษา 3 ค่า 71
4.7	การเปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา ของตัวควบคุมพีชชีลอจิกกรณีใช้ค่าเชิงภาษา 3 ค่า กับกรณีที่ใช้ค่าเชิงภาษาจำนวน 5 ค่า ... 74
5.1	ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error ของตัวควบคุมพีชชีลอจิกด้วยวิธีการใหม่ 77
5.2	ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมพีชชีลอจิกด้วยวิธีการใหม่ 79
5.3	ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมพีชชีลอจิกที่ออกแบบด้วยวิธีการใหม่ 85
5.4	การเปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา กรณีการออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีชชีลอจิกด้วยวิธีการใหม่กับ กรณีการออกแบบฟังก์ชันสมาชิกของภาพตัวควบคุมพีชชีลอจิกด้วยวิธีลองผิดลองถูก 91
6.1	ตัวแปรทางภาษาและค่าเชิงภาษาของพีชชีช่วย 98
6.2	ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุตและเอาต์พุตของตัวควบคุมพีชชีลอจิกแบบปรับตัว ... 102

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
6.3 การเปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา กรณีใช้ตัวควบคุมพีซีลอจิกที่ออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีซีลอจิก ด้วยวิธีการใหม่กรณีใช้ตัวควบคุมพีซีลอจิกแบบปรับตัว.....	106
7.1 ผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคองที่ 2000 รอบต่อนาที	114
7.2 ผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคองที่ 1750 รอบต่อนาที	116
7.3 ผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคองที่ 1500 รอบต่อนาที	118
7.4 ผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคองที่ 1250 รอบต่อนาที	120
7.5 ผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคองที่ 1000 รอบต่อนาที	122
7.6 ผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคองที่ 750 รอบต่อนาที	124
7.7 ผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคองที่ 500 รอบต่อนาที	126
7.8 ผลการทดสอบการเดินเครื่องรีดยางพาราตัวเปล่า	128
7.9 ราคาขายแผ่นยางตามท้องตลาด	131
7.10 ค่าพารามิเตอร์ของ ATS ที่ใช้สำหรับหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา ..	132
7.11 การเปรียบเทียบผลการทดสอบรีดแผ่นยางพาราทั้ง 3 กรณี.....	139
8.1 ผลการทดสอบแหล่งพลังงานของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ.....	147
8.2 แนวทางการใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานเต็ม และไม่มีการประจุพลังงานลงแบตเตอรี่	149
8.3 แนวทางการใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานเต็ม และมีการประจุพลังงานลงแบตเตอรี่	151
8.4 แนวทางการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงาน ไม่เพียงพอในการรีดแผ่นยางพารา.....	154
8.5 รายละเอียดการประเมินของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ.....	158
ง.1 ต้นทุนของแหล่งพลังงานสำหรับเครื่องรีดยางไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก ...	208
ง.2 พลังงานที่ได้รับทั้งหมดจากการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์	209
ฉ.1 ผลการทดสอบจำนวนคำตอบเริ่มต้น	213
ฉ.2 ผลการทดสอบจำนวนคำตอบรอบข้าง	214

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ฉ.3 ผลการทดสอบค่าร้อยละเริ่มต้น.....	215
ฉ.4 ผลการทดสอบค่าตัวประกอบปรับลดร้อยละ	216



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	การใช้ยางธรรมชาติแยกตามผลิตภัณฑ์ 5
1.2	เครื่องรีดยางพาราแบบมือหมุน 5
3.1	รูปร่างภายนอกและ โครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร 17
3.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วรอบ 17
3.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและแรงดันอาร์เมเจอร์ 17
3.4	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและแรงดันอาร์เมเจอร์ 18
3.5	วงจรแปลงผันดีซีเป็นดีซีอย่างง่าย 19
3.6	ฟังก์ชันแสดงความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต 21
3.7	การยูเนียนของฟัซซีเซต A และ B 22
3.8	การอินเตอร์เซกชันของฟัซซีเซต A และ B 23
3.9	ส่วนเติมเต็มค่าระดับความเป็นสมาชิกภาพของฟัซซีเซต A 24
3.10	ฟังก์ชันสมาชิกภาพรูปสามเหลี่ยม 25
3.11	ฟังก์ชันสมาชิกภาพรูปสี่เหลี่ยมคางหมู 26
3.12	ฟังก์ชันสมาชิกภาพรูปเกาส์เซียน 27
3.13	ฟังก์ชันสมาชิกภาพรูปประฆังคว่ำ 27
3.14	หลักการอนุมานฟัซซี 30
4.1	ระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก 33
4.2	ฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุตรูปสามเหลี่ยม 34
4.3	ฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุตรูปแท่งตรง โทน 34
4.4	ระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก 35
4.5	ฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error กรณี 3 ค่าเชิงภาษา 36
4.6	ฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage กรณี 3 ค่าเชิงภาษา 37
4.7	การเปรียบเทียบสัญญาณ 38
4.8	ผลการเปรียบเทียบสัญญาณเพื่อสร้างสัญญาณ PWM 39
4.9	บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ET - EASY MEGA 40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 ระบบชุดควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก	42
4.11 ชุดควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก	43
4.12 ไอซีเบอร์ LM331	44
4.13 วงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้า	45
4.14 วงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานจริง	46
4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่อินพุตที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความเร็ว และแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่วัดได้จากวงจร	48
4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของมอเตอร์ และแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่วัดได้	49
4.17 ไอซีเบอร์ MCP4922	50
4.18 โมดูลแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก	51
4.19 ไอซีเบอร์ SG3524	52
4.20 วงจรสร้างสัญญาณ PWM	53
4.21 วงจรสร้างสัญญาณ PWM ที่ใช้งานจริง	54
4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าวัฏจักรหน้าที่ และแรงดันอินพุต	56
4.23 ไอซีเบอร์ TLP250	57
4.24 วงจรแยกโคดสัญญาณ	58
4.25 วงจรแยกโคดสัญญาณที่ใช้งานจริง	58
4.26 ผลการทดสอบวงจรแยกโคดสัญญาณกรณีที่ 1 มีค่าวัฏจักรหน้าที่ 25%	59
4.27 ผลการทดสอบวงจรแยกโคดสัญญาณกรณีที่ 2 มีค่าวัฏจักรหน้าที่ 50%	59
4.28 ผลการทดสอบวงจรแยกโคดสัญญาณกรณีที่ 3 มีค่าวัฏจักรหน้าที่ 75%	59
4.29 วงจรแปลงพัลส์เป็นดีซีที่ใช้งานจริง	61
4.30 การติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากับเครื่องรีดยางพารา	62
4.31 การติดตั้งชุดควบคุมและมอเตอร์ไฟฟ้ากับเครื่องรีดยางพารา	63
4.32 ผลการทดสอบตัวควบคุมพีซีลอจิกของจักรลั่นกรณีใช้ค่าเชิงภาษา 3 ค่า	65
4.33 ผลการทดสอบตัวควบคุมพีซีลอจิกของจักรดอกกรณีใช้ค่าเชิงภาษา 3 ค่า	66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.34	69
4.35	69
4.36	72
4.37	73
5.1	80
5.2	82
5.3	83
5.4	83
5.5	84
5.6	86
5.7	87
5.8	90
6.1	95
6.2	96
6.3	98
6.4	98
6.5	101
6.6	102
6.7	104
6.8	105
7.1	109

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.2 คำตอบรอบข้างภายในพื้นที่รัศมีการค้นหา	109
7.3 การประเมินคำตอบ S_1	110
7.4 การกำหนดค่าใกล้เคียงใหม่.....	111
7.5 การกำหนดค่า S_0 ใหม่	111
7.6 กลไกการเดินย้อนรอย.....	113
7.7 ชุดทดสอบรีดแผ่นยางพารา.....	114
7.8 กราฟแสดงผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารา กรณีความเร็วจักรดอกยางที่ 2000 รอบต่อนาที	116
7.9 กราฟแสดงผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารา กรณีความเร็วจักรดอกยางที่ 1750 รอบต่อนาที	118
7.10 กราฟแสดงผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารา กรณีความเร็วจักรดอกยางที่ 1500 รอบต่อนาที	120
7.11 กราฟแสดงผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารา กรณีความเร็วจักรดอกยางที่ 1250 รอบต่อนาที	122
7.12 กราฟแสดงผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารา กรณีความเร็วจักรดอกยางที่ 1000 รอบต่อนาที	124
7.13 กราฟแสดงผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารา กรณีความเร็วจักรดอกยางที่ 750 รอบต่อนาที	126
7.14 กราฟแสดงผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารา กรณีความเร็วจักรดอกยางที่ 500 รอบต่อนาที	128
7.15 กราฟแสดงผลการทดสอบทดสอบการเดินทางเครื่องรีดยางพาราตัวเปล่า	133
7.16 การดูเข้าของค่ากำไรสูงสุด สำหรับการค้นหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุด ในการรีดแผ่นยางพารา.....	134
7.17 ผลการค้นหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพาราของจักรรีด และจักรดอก	136
7.18 การวัดความหนาของแผ่นยางพารา	138

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.19 ความหนาของแผ่นยางพาราที่ผ่านการรีดด้วยความเร็วในกรณีที่ 1.....	138
7.20 ความหนาของแผ่นยางพาราที่ผ่านการรีดด้วยความเร็วในกรณีที่ 2.....	138
7.21 ความหนาของแผ่นยางพาราที่ผ่านการรีดด้วยความเร็วในกรณีที่ 3.....	139
8.1 แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 18 แอมแปร์-ชั่วโมง.....	143
8.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมโพลีขนาด 50 วัตต์ ต่ออนุกรมกัน.....	145
8.3 ตัวควบคุมประจุแสงอาทิตย์ชนิด MPPT P&O.....	146
8.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในเวลา 1 วัน	148
ช.1 เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก	218
ช.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ ด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก	220
ช.3 กล่องควบคุมเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก	222



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยจากสถิติที่จัดทำโดยสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้รายงานไว้ว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดในโลก โดยผลิตได้ปีละประมาณ 3.57 ล้านตัน ประเทศไทยมีพื้นที่ในการปลูกยางพาราประมาณ 18.46 ล้านไร่ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นภาคใต้ รองลงมาคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยข้อมูลพื้นที่การปลูกยางพาราในประเทศไทยแสดงได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 พื้นที่การปลูกยางพาราในประเทศไทย

หน่วย : ไร่

จังหวัด	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554
1. เชียงราย	118,885	237,025	240,364
2. เพชรบูรณ์	25,759	29,585	36,988
3. น่าน	54,620	64,571	66,588
4. พะเยา	121,520	124,685	124,942
5. พิชณุโลก	152,768	158,918	159,690
6. อุทัยธานี	22,497	25,719	28,291
7. ลำปาง	27,597	29,332	29,332
8. ลำพูน	9,397	9,911	9,911
9. เชียงใหม่	33,465	33,349	33,417
10. แม่ฮ่องสอน	3,228	3,906	3,906
11. ตาก	19,014	19,284	19,762
12. กำแพงเพชร	34,235	35,855	36,591

ตารางที่ 1.1 พื้นที่การปลูกยางพาราในประเทศไทย (ต่อ)

หน่วย : ไร่

จังหวัด	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554
13. สุโขทัย	21,390	22,102	22,444
14. แพร่	18,552	19,010	20,615
15. อุตรดิตถ์	19,340	19,719	19,719
16. พิจิตร	2,154	10,387	2,459
17. นครสวรรค์	9,391	10,494	12,383
รวมภาคเหนือ	693,812	853,852	867,402
จังหวัด	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554
1. กาฬสินธุ์	144,268	147,848	155,240
2. ขอนแก่น	44,283	47,604	52,364
3. ชัยภูมิ	34,574	37,164	39,025
4. นครพนม	148,158	178,151	181,714
5. นครราชสีมา	27,455	28,539	41,157
6. บุรีรัมย์	189,138	194,651	210,223
7. มหาสารคาม	4,580	5,314	5,360
8. มุกดาหาร	131,067	135,203	136,083
9. ยโสธร	57,106	63,812	70,198
10. ร้อยเอ็ด	27,123	30,021	33,023
11. เลย	427,083	461,968	475,827
12. ศรีสะเกษ	189,866	195,673	231,208
13. สกลนคร	182,531	235,269	210,401
14. สุรินทร์	93,017	91,686	103,094
15. หอนงคาย	648,973	838,290	208,135
16. บึงกาฬ	-	-	626,819

ตารางที่ 1.1 พื้นที่การปลูกยางพาราในประเทศไทย (ต่อ)

หน่วย : ไร่

จังหวัด	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554
17. หนองบัวลำภู	98,136	108,435	110,604
18. อำนาจเจริญ	44,539	47,458	52,222
19. อุครธานี	315,049	325,866	332,383
20. อุบลราชธานี	177,151	189,839	202,223
รวมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	2,984,097	3,362,791	3,477,303
จังหวัด	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554
1. กาญจนบุรี	102,180	131,000	132,400
2. จันทบุรี	470,234	479,192	484,180
3. ฉะเชิงเทรา	122,112	125,653	126,224
4. ชลบุรี	189,043	193,188	196,130
5. ตรวด	257,566	268,169	288,145
6. ปราจีนบุรี	16,167	20,613	20,888
7. ระยอง	718,607	744,708	746,070
8. ราชบุรี	15,026	23,900	22,812
9. สระแก้ว	30,543	31,547	35,635
10. ประจวบคีรีขันธ์	130,010	142,793	143,270
11. เพชรบุรี	8,760	9,855	9,900
12. สุพรรณบุรี	2,100	2,415	2,462
13. ปทุมธานี	-	-	-
14. นครนายก	-	411	-
15. สระบุรี	678	678	657
16. ลพบุรี	392	871	871

ตารางที่ 1.1 พื้นที่การปลูกยางพาราในประเทศไทย (ต่อ)

หน่วย : ไร่

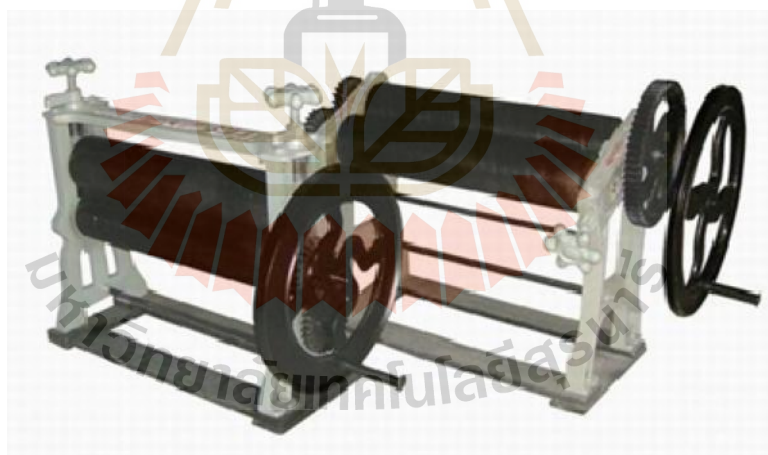
จังหวัด	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554
รวมภาคกลาง (ภาคตะวันออก)	2,063,418	2,174,993	2,209,644
จังหวัด	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554
1. กระบี่	627,265	634,489	622,145
2. ชุมพร	465,664	557,057	490,923
3. ตรัง	1,332,412	1,365,210	1,383,414
4. นครศรีธรรมราช	1,469,569	1,504,017	1,484,084
5. นราธิวาส	1,005,846	1,007,850	1,007,849
6. ปัตตานี	302,344	309,246	325,199
7. พังงา	791,037	804,943	793,618
8. พัทลุง	548,407	587,371	602,594
9. ภูเก็ต	89,986	88,838	88,223
10. ยะลา	1,060,920	1,091,027	1,096,594
11. ระนอง	157,716	209,791	179,793
12. สงขลา	1,461,249	1,518,500	1,573,621
13. สตูล	300,014	320,258	337,127
14. สุราษฎร์ธานี	1,900,561	1,929,778	1,921,698
รวมภาคใต้	11,512,990	11,928,375	11,906,882
รวมทั้งประเทศ	17,254,317	18,320,011	18,461,231

นอกจากประเทศไทยจะเป็นประเทศที่มีการผลิตยางธรรมชาติมากที่สุดในโลกแล้ว ข้อมูลในปี 2554 ระบุว่า ประเทศไทยยังคงเป็นประเทศที่มีการใช้ยางธรรมชาติเป็นอันดับ 5 ของโลก โดยส่วนใหญ่จะเป็นผลิตภัณฑ์ยางล้อรถยนต์ ซึ่งสามารถดูข้อมูลในภาพรวมของการใช้ยางธรรมชาติสำหรับประเทศไทยแสดงได้ดังรูปที่ 1.1 และจากการสำรวจเกษตรกรชาวสวนยางพาราพบว่า เกษตรกรที่ปลูกยางพารา ส่วนใหญ่เป็นชุมชนขนาดเล็กที่กระจายอยู่ตามพื้นที่ต่าง ๆ ใน

ประเทศ โดยเฉพาะภาคใต้ ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพปลูกยางพารา ซึ่งเป็นชุมชนขนาดเล็กระดับครัวเรือน โดยชุมชนเหล่านี้ส่วนใหญ่จะใช้เครื่องรีดยางพาราแบบมือหมุน ซึ่งแสดงดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.1 การใช้ยางธรรมชาติแยกตามผลิตภัณฑ์



รูปที่ 1.2 เครื่องรีดยางพาราแบบมือหมุน

ชาวสวนยางพาราบางชุมชนปลูกต้นยางห่างไกลจากสังคมเมืองซึ่งพลังงานไฟฟ้าเข้าไม่ถึง การใช้เครื่องรีดยางพาราแบบมือหมุนจะทำให้ชาวสวนยางมีภาระในเรื่องกำลังคนที่ใช้มือหมุนในการรีดยางพารา และใช้ระยะเวลาในการรีดแผ่นยางพารา หรือในบางชุมชนต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งเพื่อนำยางพาราจากสวนยางมาผ่านกระบวนการรีดยางในพื้นที่ที่มีไฟฟ้า ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวอาจอยู่ห่างไกลกันมาก การขนย้ายจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมโดยที่ไม่จำเป็น และในการรีดแผ่น

ยางพาราทั้งสองลักษณะเกษตรกรไม่สามารถควบคุมความหนาของแผ่นยางพาราได้ โดยความหนาของแผ่นยางพารามีความสำคัญมาก เนื่องจากความหนาของแผ่นยางพาราส่งผลต่อราคาขายแผ่นยางพาราตามท้องตลาด ดังนั้น ผู้วิจัยได้มีความคิดริเริ่มที่จะสร้างเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อนลูกรีดสำหรับรีดยางพาราแทนการใช้มือหมุน และสร้างตัวควบคุมพีซีลอจิกแบบปรับตัวสำหรับใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราเพื่อให้ได้ความหนาของแผ่นยางพาราที่ขายได้กำสูงสุด โดยพลังงานที่ใช้ต้องคุ้มค่าที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อสร้างต้นแบบเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก
- 1.2.2 เพื่อศึกษาค้นองค์ความรู้ใหม่ในการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีซีลอจิกด้วยวิธีการใหม่สำหรับใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา
- 1.2.3 เพื่อสร้างตัวควบคุมแบบปรับตัวของชุดควบคุมเครื่องรีดยางพาราให้สามารถปรับตัวได้ตามสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไป
- 1.2.4 เพื่อหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา เพื่อให้ได้กำไรในการขายแผ่นยางพารามากที่สุด โดยมีการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าที่สุด
- 1.2.5 เพื่อลดภาระด้านกำลังคนในการรีดยางพารา โดยจะใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าแทนการใช้มือหมุน อีกทั้งเป็นการเพิ่มผลผลิตการรีดแผ่นยางพาราที่ได้ในแต่ละวันให้เพิ่มมากขึ้น
- 1.2.6 เพื่อประหยัดค่าไฟฟ้าที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในการขับเคลื่อน และค่าขนส่งยางพาราจากสวนยางพารามายังจุดที่รีดยางพารา โดยจะใช้พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานจากธรรมชาติ และเป็นพลังงานสะอาด

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.3.1 ระบบที่พิจารณาในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้จะใช้วงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซีอย่างง่าย มีสวิตซ์ 1 ตัว ซึ่งไม่มีตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ มีแบตเตอรี่เป็นอินพุตของวงจร และมีโหลดเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวรที่ติดตั้งกับเครื่องรีดยางเพื่อขับเคลื่อนลูกรีดของเครื่องรีดยาง

1.3.2 การสร้างตัวควบคุมพีซีจะใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR

1.3.3 การหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการขับเคลื่อนเครื่องรีดยางพารา เพื่อให้ได้กำไรในการขายแผ่นยางพารามากที่สุด โดยพลังงานที่ใช้ต้องคุ้มค่าที่สุด จะใช้วิธีการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบดาบูเชิงปรับตัว (Adaptive Tabu Search : ATS)

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.4.1 การพัฒนาชุดต้นแบบจะพัฒนาจากเครื่องรีดยางพาราแบบมือหมุน
- 1.4.2 ในกรณีที่พลังงานแสงอาทิตย์มีค่าไม่เพียงพอต่อการใช้งาน จะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่แทน
- 1.4.3 สภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไปที่มีผลต่อตัวควบคุม คือ โหลด ระดับพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และค่าความเร็วอ้างอิงที่ค่าต่าง ๆ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้ต้นแบบเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก
- 1.5.2 ได้แนวทางการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีซีลอจิกด้วยวิธีการใหม่สำหรับใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา
- 1.5.3 ได้ตัวควบคุมแบบปรับตัวของชุดควบคุมเครื่องรีดยางพาราให้สามารถปรับตัวได้ตามสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไป
- 1.5.4 ได้องค์ความรู้ในการหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการขับเคลื่อนเครื่องรีดยางพาราเพื่อให้ได้กำไรในการขายแผ่นยางพารามากที่สุด โดยมีการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าที่สุด
- 1.5.5 ช่วยลดภาระด้านกำลังคนในการรีดยางพาราของเกษตรกร โดยจะใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าแทนการใช้มือหมุน และเป็นการเพิ่มผลผลิตการรีดแผ่นยางพาราที่ได้ในแต่ละวันให้เพิ่มมากขึ้น
- 1.5.6 ช่วยให้เกษตรกรประหยัดค่าไฟฟ้าที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในการขับเคลื่อน และค่าขนส่งยางพาราจากสวนยางมายังจุดที่รีดยางพารา โดยจะใช้พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานจากธรรมชาติ และเป็นพลังงานสะอาด
- 1.5.7 ได้บทความวิจัย เผยแพร่ระดับชาติ และหรือนานาชาติ

1.6 การจัดรูปเล่มรายงานวิจัยวิทยานิพนธ์

- รายงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วย 9 บท ซึ่งในแต่ละบทได้นำเสนอดังต่อไปนี้
- บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ข้อตกลงเบื้องต้น และขอบเขตของงานวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้
 - บทที่ 2 นำเสนอปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบดาวยูเชิงปรับตัว

บทที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานของอุปกรณ์ที่ใช้สร้างเครื่องรีดียงพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิก ซึ่งประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร วงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี และแบตเตอรี่ รวมทั้งได้กล่าวถึงทฤษฎีของฟuzzy

บทที่ 4 นำเสนอการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดียงพาราด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิก

บทที่ 5 นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมฟuzzyลอจิกด้วยวิธีใหม่

บทที่ 6 นำเสนอการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดียงพาราด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิกแบบปรับตัว

บทที่ 7 การหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา

บทที่ 8 การออกแบบแหล่งพลังงานและการประเมินทางเศรษฐศาสตร์

บทที่ 9 บทสรุป และข้อเสนอแนะ

ภาคผนวกมีอยู่ด้วยกัน 6 ส่วน คือ ภาคผนวก ก. แสดงรายการบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ และการยื่นจดสิทธิบัตรในระหว่างการศึกษา ภาคผนวก ข. โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมฟuzzyลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดียงพาราบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ภาคผนวก ค. โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมฟuzzyลอจิกแบบปรับตัวสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดียงพาราบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ภาคผนวก ง. แสดงการคำนวณหาค่าตัวประกอบต้นทุนแสงอาทิตย์ ภาคผนวก จ. แสดงแบบฟอร์มการให้ข้อมูลของเกษตรกร ภาคผนวก ฉ. การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของ ATS สำหรับหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา และภาคผนวก ช. คู่มือการใช้งานเครื่องรีดียงไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิก

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ดำเนินการสร้างเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก โดยดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งกับเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก และการหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยวิธีการค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัว (Adaptive Tabu Search : ATS) ซึ่งในอดีตที่ผ่านมางานวิจัยด้านการควบคุมด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก และการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัว ได้มีผู้วิจัยคิดค้นและพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน ดังนั้นในบทนี้จะนำเสนอการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งกับเครื่องรีดยางพารา และการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัว เพื่อเป็นแนวทางในการหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการขับเคลื่อนมอเตอร์ การสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมดังกล่าว สามารถอธิบายได้ต่อไปนี้

2.2 ปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก

การสำรวจปริทัศน์วรรณกรรม หรือบทความที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งกับเครื่องรีดยางพารา ผู้วิจัยจะนำเสนอในรูปแบบตาราง และเรียงลำดับปีที่ทำการตีพิมพ์ รวมถึงการอธิบายสรุปสาระสำคัญของแต่ละงานวิจัยไว้พอสังเขป ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วยตัวควบคุมพีซีซีลอจิก

ลำดับที่	ปีที่ตีพิมพ์ (ค.ศ.)	คณะผู้วิจัย	สาระสำคัญของงานวิจัย
1	1994	Gilberto C. D. Sousa, and Bimal K. Bose	นำเสนอการควบคุมวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงสำหรับขับเคลื่อนเครื่องจักรกลไฟฟ้า กระแสตรงด้วยพื้นฐานของทฤษฎีพีซีซีเซต โดยจะใช้พื้นฐานของทฤษฎีพีซีซีเซตในการออกแบบตัวควบคุม สำหรับควบคุมแรงดันและกระแสเอาต์พุตของวงจรแปลงผันไฟฟ้า ซึ่งส่งผลให้เครื่องจักรกลไฟฟ้ามีความเร็วตามต้องการ และมีสมรรถนะดีกว่าตัวควบคุมพีไอ
2	1994	W. C. So, C.K. Tse, and Y. S. Lee	นำเสนอการควบคุมวงจรแปลงผันดีซีเป็นดีซี โดยใช้ตัวควบคุมพีซีซีคำนวณหาตัวจกักรหน้าที สำหรับป้อนให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เพื่อควบคุมแรงดันเอาต์พุตของวงจร การควบคุมแรงดันเอาต์พุตดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์
3	1999	Yodyium Tipsuwan, and Mo-Yuen Chow	นำเสนอการสร้างตัวควบคุมพีซีซีลอจิกด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ มีการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพด้วยวิธีการลองผิดลองถูก ผลการควบคุมดังกล่าวสามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้ทุก ๆ สถานะ โหลดเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพไปตามสถานะ โหลดนั้น ๆ

ตารางที่ 2.1 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วยตัวควบคุมพืชชีวลจิก (ต่อ)

ลำดับที่	ปีที่ตีพิมพ์ (ค.ศ.)	คณะผู้วิจัย	สาระสำคัญของงานวิจัย
4	1999	Sung-hoe Huh, and Gwi-Tae Park	นำเสนอการควบคุมวงจรแปลงพันธุจีเป็นดีจี โดยใช้ตัวควบคุมพืชจีแบบปรับตัว เพื่อควบคุมแรงดันเอาต์พุตของวงจร ตัวควบคุมพืชจีแบบปรับตัวดังกล่าวสามารถควบคุมแรงดันเอาต์พุต เมื่อระบบมีการเปลี่ยนแปลงจากที่ออกแบบไว้ และมีการตอบสนองได้ดีกว่าตัวควบคุมพืชจี
5	2006	Yu-Long Cui, Hai-Long Lu, and Jian-Bo Fan	นำเสนอการเปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยตัวควบคุม 3 ชนิด ได้แก่ ตัวควบคุมพีไอดี ตัวควบคุมพืชชีวลจิก และตัวควบคุมพีไอดีแบบปรับตัว (ใช้พืชชีวลจิกในการปรับตัว) ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ตัวควบคุมพีไอดีแบบปรับตัวมีสมรรถนะดีที่สุดในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ รองลงมา คือ ตัวควบคุมพืชชีวลจิก และตัวควบคุมพีไอดี ตามลำดับ
6	2013	Husain Ahmed และคณะ	นำเสนอการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยตัวควบคุมพีไอดี การออกแบบพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีมี 2 วิธี คือ วิธีการเทียบสัมประสิทธิ์และวิธีพืชชีวลจิก ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ตัวควบคุมพีไอดีที่ออกแบบพารามิเตอร์ของตัวควบคุมด้วยวิธีพืชชีวลจิกมีสมรรถนะในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ดีกว่าวิธีการเทียบสัมประสิทธิ์

ตารางที่ 2.1 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วยตัวควบคุมพืชชีลोजิก (ต่อ)

ลำดับที่	ปีที่ตีพิมพ์ (ค.ศ.)	คณะผู้วิจัย	สาระสำคัญของงานวิจัย
7	2016	Narongrit T., Areerak K.-L., and Areerak K.-N.	นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมพืชชีแบบปรับตัวสำหรับควบคุมกระแสน้ำของวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนาน สำหรับการกำจัดฮาร์โมนิกในกรณีที่เกิดของระบบมีการเปลี่ยนแปลง โดยการออกแบบระบบควบคุมกระแสน้ำที่สามารถปรับตัวได้โดยใช้ตัวควบคุมพืชชีแบบปรับตัวประกอบด้วย ตัวควบคุมพืชชี และพืชชีช่วย ซึ่งพืชชีช่วยจะทำหน้าที่ปรับเอาต์พุตของตัวควบคุมพืชชีหลัก การปรับเอาต์พุตดังกล่าวเป็นการเพิ่มสมรรถนะของตัวควบคุมพืชชีให้สามารถควบคุมกระแสน้ำที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากตารางที่ 2.1 ผลการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วยตัวควบคุมพืชชีลोजิก พบว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วยตัวควบคุมพืชชีลोजิกมีหลายแนวทางที่สามารถนำมาใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งแต่ละแนวทางมีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันไป ดังนั้น งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้จะนำเสนอแนวทางการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยตัวควบคุมพืชชีสองแนวทาง ดังนี้

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์แนวทางแรก คือ การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยตัวควบคุมพืชชีลोजิก โดยจากงานวิจัย (Sousa G. and Bose B., 1994) และ (Tipsuwan Y. and Chow, 1999) ผู้วิจัยได้นำหลักการสร้างตัวควบคุมพืชชีลोजิกมาใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ มีลักษณะการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพืชชีลोजิกทุกครั้งเมื่อความเร็วอ้างอิงมีค่าเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีลอมฟิดลอมตุก และสร้างตัวควบคุมพืชชีลोजิกบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์แนวทางที่สอง คือ การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยตัวควบคุมพืชชีแบบปรับตัว โดยจากงานวิจัย (Narongrit T. and et al., 2016) ผู้วิจัยได้นำหลักการสร้างตัวควบคุมพืชชีแบบปรับตัวสำหรับควบคุมกระแสน้ำของวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนาน ที่ใช้พืชชีช่วยในการปรับตัวด้วยการปรับค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมพืชชีมาประยุกต์ใช้ใน

การสร้างตัวควบคุมพีซีแบบปรับตัวสำหรับควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยมีการออกแบบ ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีซีด้วยสูตรที่สร้างขึ้น และสร้างตัวควบคุมพีซีแบบปรับตัวบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ การใช้พีซีช่วยปรับเอาต์พุตดังกล่าวเป็นการเพิ่มสมรรถนะของตัวควบคุมพีซีให้สามารถควบคุมความเร็วเมื่อสภาวะแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 ปรัชญาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาที่เหมาะสมที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัว

การสำรวจปรัชญาวรรณกรรม หรือบทความที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาที่เหมาะสมที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัว เพื่อเป็นแนวทางในการหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการขับเคลื่อนมอเตอร์ ผู้วิจัยจะนำเสนอในรูปแบบตาราง และเรียงลำดับปีที่ทำการตีพิมพ์ รวมถึงการอธิบายสรุปสาระสำคัญของแต่ละงานวิจัยไว้พอสังเขป ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการค้นหาที่เหมาะสมที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัว

ลำดับที่	ปีที่ตีพิมพ์ (ค.ศ.)	คณะผู้วิจัย	สาระสำคัญของงานวิจัย
1	2002	Areerak K.-N., and Sujitjorn S.	นำเสนอการเปรียบเทียบสมรรถนะของการค้นหาด้วยวิธีจินเนติกอัลกอริทึมกับวิธีตามู ที่ใช้เพื่อการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาที่มีเงื่อนไขบังคับแบบไม่เป็นเชิงเส้น และได้นำเสนอวิธีการค้นหาแนวทางใหม่ที่เรียกว่า ตามูเชิงปรับตัว ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการค้นหาค่าตอบในสภาพแวดล้อมที่เต็มไปด้วยคำตอบวงแคบเฉพาะถิ่นพบว่า วิธีตามูเชิงปรับตัวดำเนินงานได้ดีที่สุด

ตารางที่ 2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัว (ต่อ)

ลำดับที่	ปีที่ตีพิมพ์ (ค.ศ.)	คณะผู้วิจัย	สาระสำคัญของงานวิจัย
2	2002	Puansdownreong D., Areerak K.-N., Srikaew A., Sujitjorn S., and Totarong P.	นำเสนอวิธีการค้นหาแบบตามูเชิงปรับตัวที่พัฒนามาจากวิธีการค้นหาแบบตามู มีกลไกการปรับตัวของรัศมีการค้นหา และการเดินข้อยรอยวิธีการดังกล่าวนำมาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านการระบุเอกลักษณ์ของระบบต่าง ๆ แทนวิธีการแบบดั้งเดิม ผลการค้นหาพบว่า วิธีการค้นหาแบบตามูเชิงปรับตัวให้แบบจำลองของระบบที่มีความถูกต้อง แม่นยำ และใช้ระยะเวลาการค้นหาที่เร็วขึ้น

จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัวดังตารางที่ 2.2 พบว่า วิธีการค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัว เป็นวิธีการทางปัญญาประดิษฐ์ที่นำมาประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการหาค่าตอบที่เหมาะสมที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากวิธีการดังกล่าวมีความสามารถในการค้นหาค่าตอบที่เหมาะสมที่สุดแบบวงแคบเฉพาะถิ่น (local optimum) และค้นหาค่าตอบต่อไปจนกระทั่งได้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่เหมาะสมที่สุดแบบวงกว้าง (near global optimum) มีโครงสร้างอัลกอริทึมที่ไม่ซับซ้อน ทำให้มีผู้วิจัยนำวิธีการค้นหาแบบตามูเชิงปรับตัวไปใช้งานเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดไว้มากมาย เช่น การนำวิธีการค้นหาแบบตามูมาประยุกต์ใช้กับปัญหาการวางแผนการขยายเครือข่ายการส่งกำลังไฟฟ้า (Livine, 1996) การนำวิธีการค้นหาแบบตามูมาคำนวณหาการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด (Lung L. and Glad T., 1994) การนำวิธีการค้นหาแบบตามูมาคำนวณหาดำเนินการจัดสรรการจ่ายพลังงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้เกิดพลังงานสูญเสียน้อยที่สุด (Nara K. and et al., 2001) และการนำวิธีการค้นหาแบบตามูมาระบุเอกลักษณ์ของระบบต่าง ๆ (Puansdownreong D., and et al., 2002) เป็นต้น ซึ่งปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่มีเงื่อนไขบังคับแบบไม่เป็นเชิงเส้น จากความสามารถในการค้นหาค่าตอบที่เหมาะสมที่สุดของวิธีการค้นหาแบบตามูเชิงปรับตัว มีความเหมาะสมกับการค้นหาค่าความเร็วในการขับเคลื่อนมอเตอร์ เนื่องจากความเร็วของมอเตอร์มีผลต่อความหนาของแผ่นยางพารา และความหนาของแผ่นยางพารามีผลต่อราคาขายแผ่นยางพารา รวมทั้งความเร็วของมอเตอร์มีผลต่อพลังงานที่ใช้อีกด้วย ซึ่งสังเกตได้ว่า การค้นหาค่า

ความเร็วของมอเตอร์เพื่อให้ได้กำไรมากที่สุด เกิดขึ้นจากเงื่อนไขบังคับหลายเงื่อนไข และมีความไม่เป็นเชิงเส้น ผู้วิจัยได้นำหลักการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบตามเชิงปรับตัวมาประยุกต์ใช้ในการค้นหาความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ติดตั้งกับเครื่องรีดยางพารา เพื่อให้ได้กำไรในการขายแผ่นยางพารามากที่สุด โดยพลังงานที่ใช้ต้องคุ้มค่าที่สุด

2.4 สรุป

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้นำเสนอในบทนี้ เป็นผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะในส่วนต่าง ๆ โดยงานวิจัยต่าง ๆ ในอดีตถึงปัจจุบันที่นำเสนอในบทนี้ ถือเป็นพื้นฐานที่สำคัญอย่างยิ่งต่อผู้วิจัย สำหรับการทําวิจัยวิทยานิพนธ์ และองค์ความรู้ที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยวิทยานิพนธ์ ดังนั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการควบคุมเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะจำเป็นจะต้องศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีพื้นฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 ต่อไป



บทที่ 3

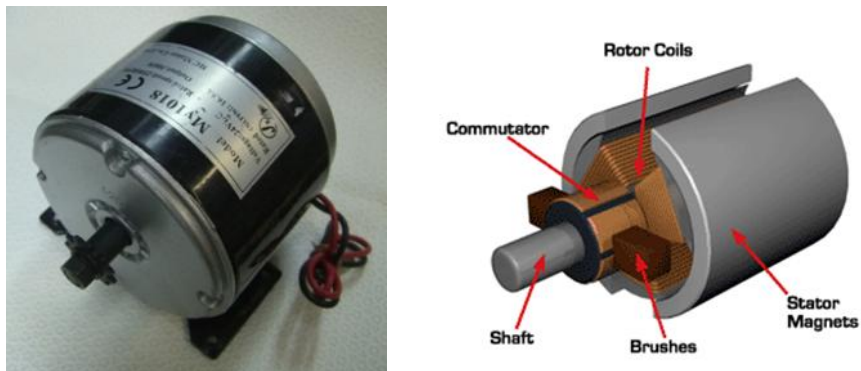
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 กล่าวนำ

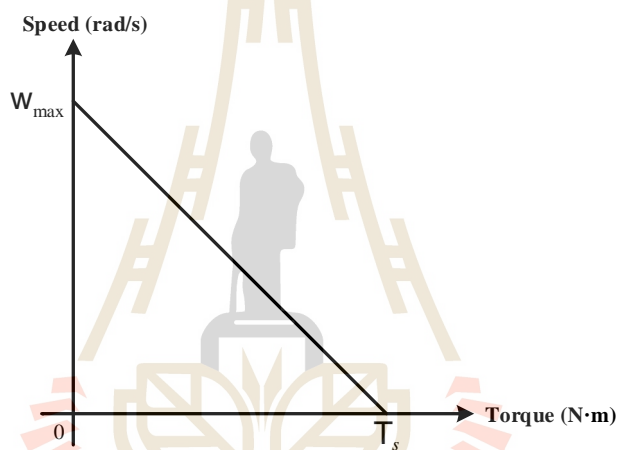
เครื่องรีดขางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะที่สร้างขึ้น ประกอบไปด้วยแบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานของเครื่องรีดขางพาราไฟฟ้า ได้รับการอัดประจุไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เป็นอินพุตของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซีที่มีการควบคุมแรงดันเอาต์พุตด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก โดยมีโพลดเป็นเครื่องรีดขางพาราที่ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร ในบทนี้จะนำเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นพื้นฐานความรู้ในการสร้างเครื่องรีดขางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร วงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี แบตเตอรี่ และทฤษฎีของพีซี

3.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร

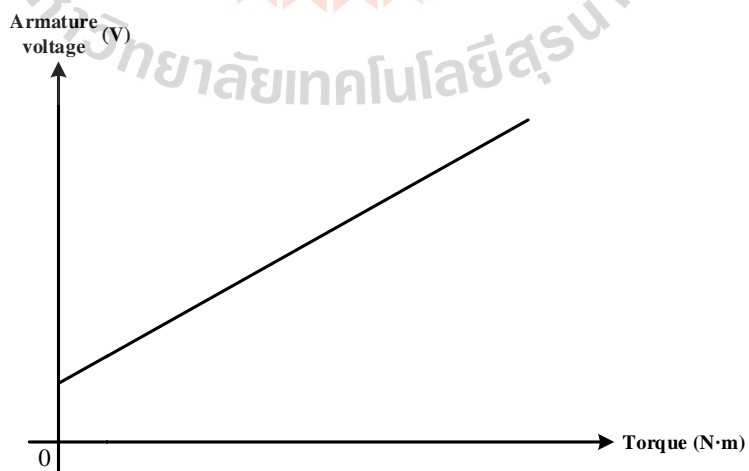
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร (permanent magnet dc motor) มีขั้วของสนามแม่เหล็กเป็นแม่เหล็กถาวรรูปครึ่งวงกลมติดตั้งอยู่ที่โครงของมอเตอร์จำนวน 1 คู่หรือมากกว่า 1 คู่ มอเตอร์ชนิดนี้มีแม่เหล็กถาวรเป็นส่วนสำคัญที่สร้างขึ้นจากเซรามิกอัลนิโก หรือแร่ธาตุพิเศษอื่น ๆ ตัวมอเตอร์ถูกสร้างให้อยู่ภายในโครงอันเดียวกัน ทำให้มีขนาดกะทัดรัดและมีน้ำหนักเบา ส่วนที่เคลื่อนที่จะเป็นขดลวดอาร์เมเจอร์ที่พันด้วยขดลวดทองแดง ต่อปลายสายมารวมกันที่คอมมิวเตเตอร์ (commutator) แสดงรูปร่างภายนอกและโครงสร้างภายในได้ดังรูปที่ 3.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร มีหลักการทำงานจากผลรวมของเส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรและเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดอาร์เมเจอร์ ทำให้เกิดแรงบิดขึ้นที่ตัวอาร์เมเจอร์ มอเตอร์ชนิดนี้ทำงานโดยไม่มีขดลวดสนาม ดังนั้น เมื่อไม่มีขดลวดที่ขั้วสนามแม่เหล็กจึงตัดปัญหากำลังสูญเสียในส่วนนี้ออกไป ในสภาวะการทำงานของมอเตอร์เมื่อ โหลดไม่เกินพิกัด ความเป็นแม่เหล็กในช่องอากาศจะสามารถรักษาเส้นแรงแม่เหล็กให้คงตัว ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วรอบมีลักษณะเป็นเส้นตรง แสดงได้ดังกราฟรูปที่ 3.2 โดยแรงบิดและความเร็วรอบที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะถูกควบคุม โดยการปรับแรงดันของอาร์เมเจอร์เพียงอย่างเดียว แรงดันอาร์เมเจอร์ที่ถูกควบคุมจะมีความสัมพันธ์กับแรงบิด แสดงได้ดังกราฟรูปที่ 3.3 และมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบ แสดงได้ดังกราฟรูปที่ 3.4



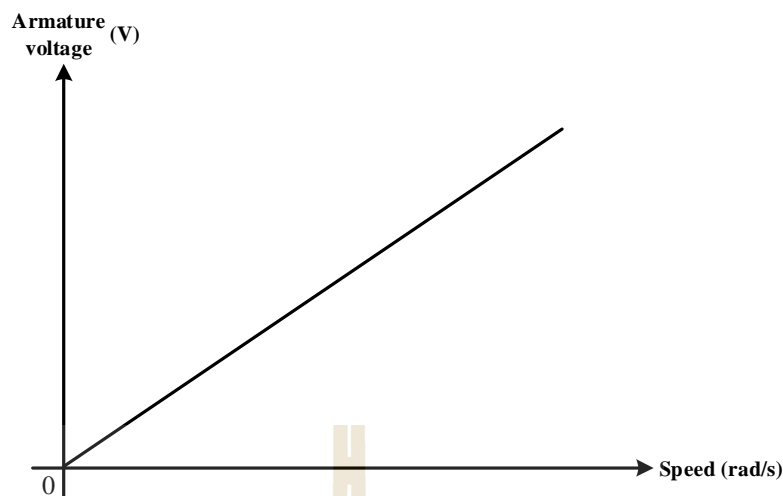
รูปที่ 3.1 รูปร่างภายนอกและ โครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร



รูปที่ 3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วรอบ



รูปที่ 3.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและแรงดันอาร์เมเจอร์



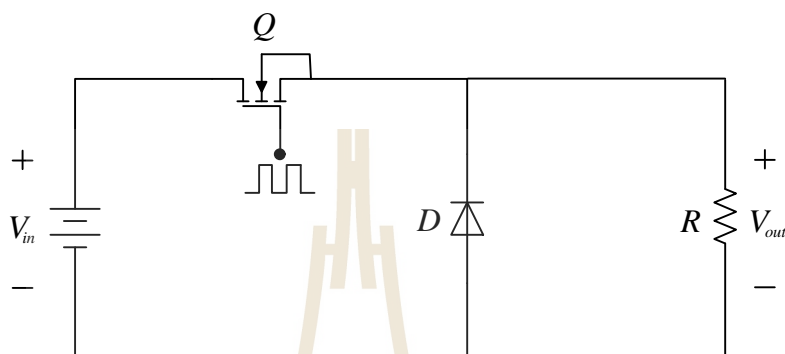
รูปที่ 3.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและแรงดันอาร์เมเจอร์

จากกราฟสภาวะการทำงานของมอเตอร์เมื่อโหลดไม่เกินพิกัด เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับแรงดันอาร์เมเจอร์ ในรูปที่ 3.3 และความเร็วรอบกับแรงดันอาร์เมเจอร์ ในรูปที่ 3.4 จะเห็นได้ว่า แรงบิดและความเร็วรอบของมอเตอร์จะแปรผันตรงกับแรงดันอาร์เมเจอร์ในลักษณะเป็นเส้นตรง ดังนั้น การควบคุมแรงบิด และความเร็วรอบของมอเตอร์ จะควบคุมที่แรงดันอาร์เมเจอร์เท่านั้น ทำให้การควบคุมมอเตอร์ชนิดนี้ค่อนข้างง่าย และสะดวก เพราะใช้ตัวควบคุมแค่ชุดเดียวเท่านั้นในการควบคุมมอเตอร์ นอกจากข้อดีด้านการควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร ยังมีโครงสร้างไม่ยุ่งยาก ขนาดเล็กกะทัดรัด ราคาถูก และหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด ทำให้มอเตอร์ชนิดนี้ถูกนำมาใช้เป็นต้นกำลังของอุปกรณ์ต่าง ๆ แต่มีข้อเสีย คือ เมื่อไม่มีการควบคุมแรงดันขดลวดสนามแม่เหล็ก ทำให้ไม่สามารถใช้งานมอเตอร์ที่ความเร็วรอบและแรงบิดสูงกว่าพิกัด จากคุณลักษณะของมอเตอร์ที่กล่าวมาข้างต้นมีความเหมาะสมในการใช้ขับเคลื่อนลูกกริดของเครื่องรีดยางพารา เนื่องจากการขับเคลื่อนลูกกริดของเครื่องรีดยางพาราต้องการมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดเล็กที่สุดที่สามารถขับเคลื่อนลูกกริดได้ มีราคาถูก และหาซื้อง่ายในท้องตลาด อีกทั้งต้องการมอเตอร์ที่สามารถควบคุมความเร็วรอบได้ง่าย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวรเป็นตัวขับเคลื่อนลูกกริดสำหรับรีดแผ่นยางพารา

3.3 วงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี

วงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี (DC/DC Converter) ที่ใช้ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์ จะมีอินพุตเป็นแบตเตอรี่ที่ได้รับการอัดประจุไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับพิกัด

แรงดันของมอเตอร์ที่ใช้งาน ดังนั้น จึงใช้วงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซีทำหน้าที่ลดทอนระดับแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตให้มีค่าต่ำกว่าหรือมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าทางด้านอินพุต โครงสร้างของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซีอย่างง่ายประกอบด้วย มอสเฟต และไดโอด โดยวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซีอย่างง่ายแสดงได้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซีอย่างง่าย

จากวงจรในรูปที่ 3.5 สามารถคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงทางด้านเอาต์พุตของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี (V_{out}) (Rashid M. H.) ได้จากสมการ (3-1)

$$V_{out} = dV_{in} \quad (3-1)$$

โดยที่ V_{in} คือ แรงดันอินพุตของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี

d คือ ค่าวัฏจักรหน้าที่ (duty cycle) ของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี

งานวิจัยวิทยานิพนธ์จะนำวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซีไปใช้ในการควบคุมแรงดันอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งกับเครื่องรีดยางพารา โดยอาศัยการควบคุมค่าวัฏจักรหน้าที่ เพื่อควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา

3.4 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ (battery) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานไฟฟ้า และจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลด มีลักษณะการทำงาน คือ แปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก (galvanic cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์

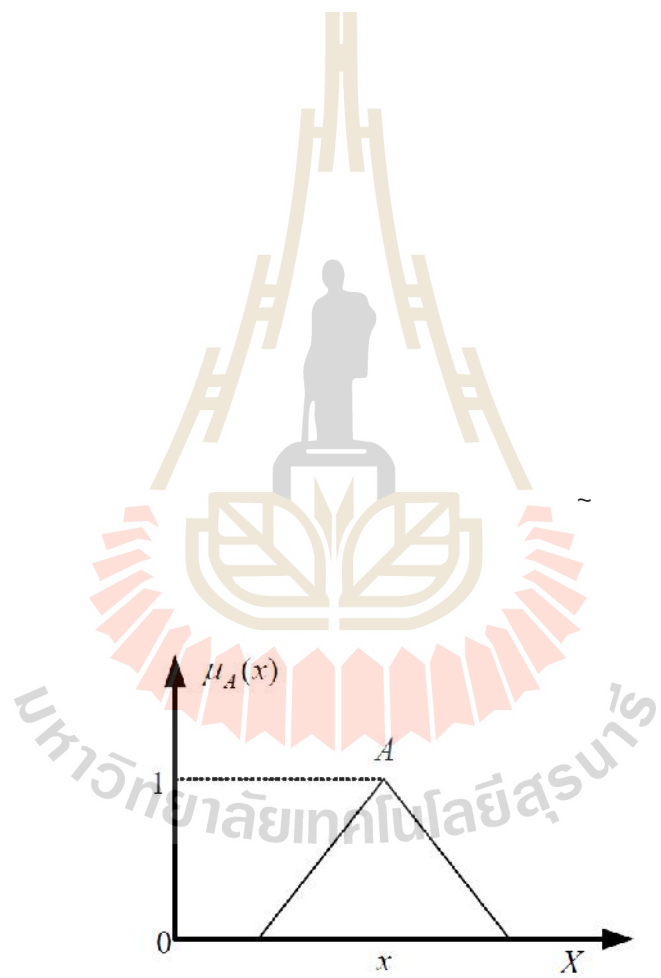
(electrolyte solution) โดยแบตเตอรี่ 1 ก้อน อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์ หรือมากกว่า 1 เซลล์ แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าเท่านั้น ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ เมื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดจนหมด สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดได้จำนวนหลายครั้ง ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ที่ใช้งานกันทั่วไปจะไม่เต็ม 100% เนื่องจากมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปของความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุและการจ่ายประจุ แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่เสียหายได้ง่ายหากนำไปใช้งานผิดวิธี และอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน

ความจุของแบตเตอรี่ในการประจุพลังงานมีหน่วยเป็น แอมแปร์ - ชั่วโมง (Ampere - Hour หรือ Ah) การใช้งานแบตเตอรี่สามารถดูได้จากพิกัดพลังงานของแบตเตอรี่ เช่น แบตเตอรี่พิกัด 12 V 9 Ah อธิบายได้ว่า แบตเตอรี่สามารถจ่ายโหลดที่แรงดัน 12 โวลต์ กระแส 1 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 9 ชั่วโมง หรือ แบตเตอรี่สามารถจ่ายโหลดที่แรงดัน 12 โวลต์ 3 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เป็นต้น จะเห็นได้ว่า แบตเตอรี่ที่มีพิกัดเท่ากันมีระยะเวลาในการจ่ายกระแสไฟฟ้าแตกต่างกันตามกระแสของโหลด ดังนั้น การเลือกพิกัดของแบตเตอรี่ต้องทราบความต้องการในการใช้โหลดต่อชั่วโมง อัตราการจ่ายกระแสให้กับโหลด การจัดเก็บพลังงาน และอัตราการประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่สูงสุด เป็นสำคัญ

การออกแบบแบตเตอรี่สามารถคำนวณ แอมแปร์ - ชั่วโมง (Ah) ของแบตเตอรี่ได้จากสมการที่ (3-2)

$$Ah = \frac{Demand\ load}{V_{battery} \times DOD \times Battery\ loss} \quad (3-2)$$

โดยที่ *Demand load* คือ ความต้องการในการใช้โหลดต่อชั่วโมง (Wh)
DOD คือ deep of discharge หรือ ค่าความลึกของการคายประจุในการชาร์จใหม่แต่ละครั้ง มีผลต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่แต่ละชนิดมีค่าไม่เท่ากัน
Battery loss คือ ค่าสูญเสียในแบตเตอรี่ โดยปกติแล้วแบตเตอรี่จะทำงานด้วยค่าตัวประกอบความปลอดภัย (safety factor) เพื่อป้องกันการชาร์จมากเกินไป (over charge) และการคายประจุมากเกินไป (over discharge)

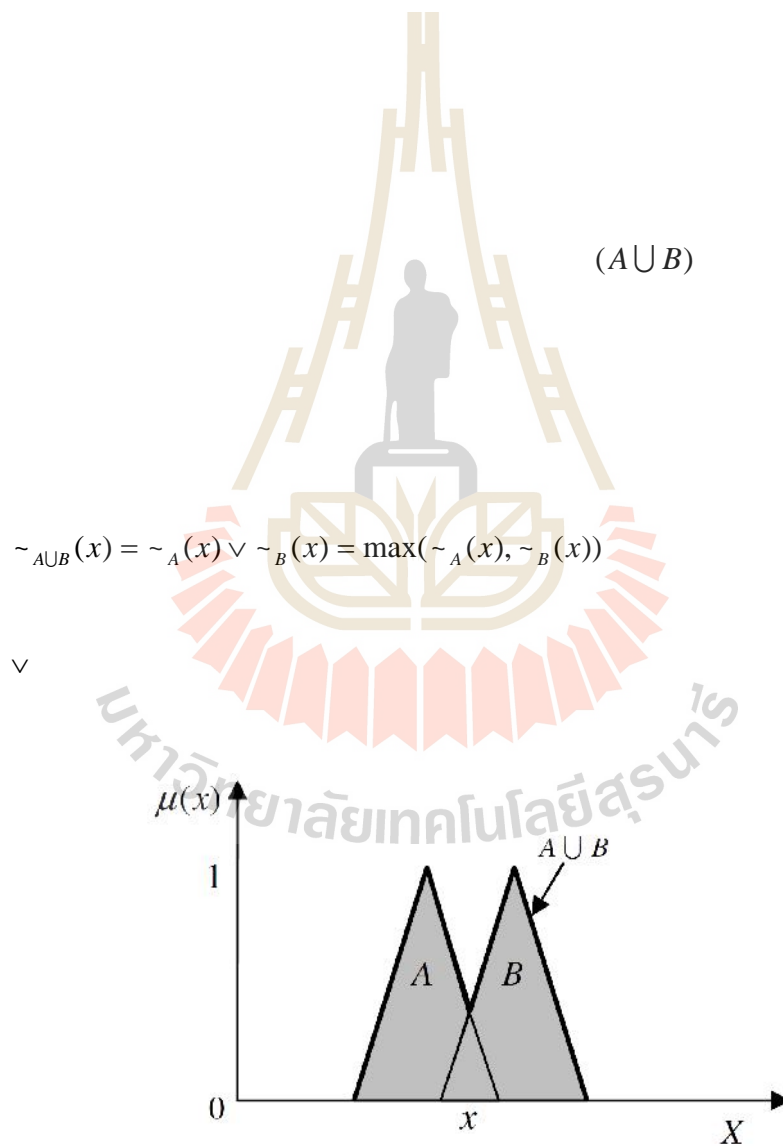


$$\sim_A(x) : X \rightarrow [0,1]$$

$$\sim_A(x) = 1$$

$$\sim_A(x) = 0$$

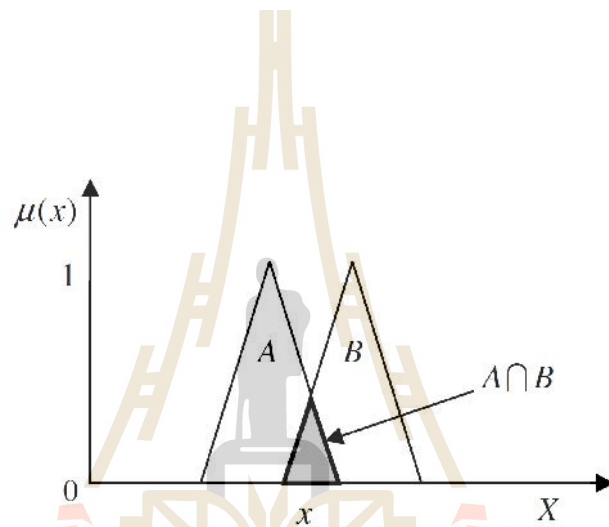
$$0 < \sim_A(x) < 1$$



$$(A \cap B)$$

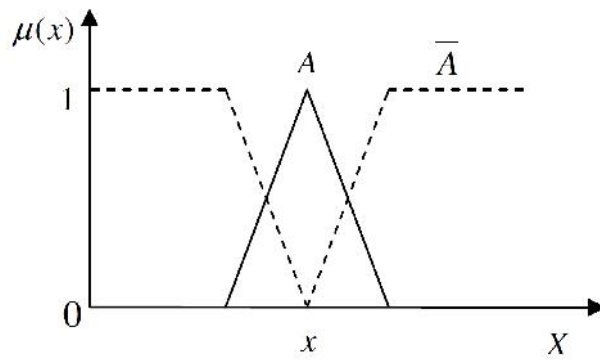
$$\sim_{A \cap B}(x) = \sim_A(x) \wedge \sim_B(x) = \min(\sim_A(x), \sim_B(x))$$

\wedge



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (A)

$$\sim_{\bar{A}}(x) = 1 - \sim_A(x)$$



$$A \cup B = B \cup A$$

$$A \cap B = B \cap A$$

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap C$$

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup C$$

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$$

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$$

$$A \cup A = A$$

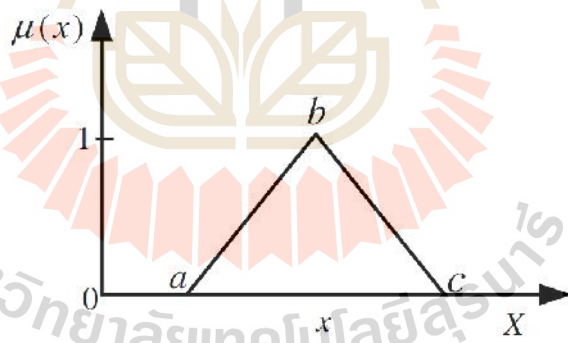
$$A \cap A = A$$

$$A \cup U = U$$

$$A \cap \emptyset = A$$

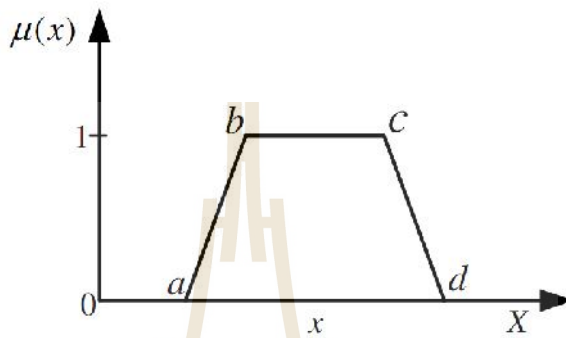
$$\overline{\overline{A}} = A$$

$$\mu(x) = \text{trimf}(x, [a \ b \ c]) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \\ (x-a)/(b-a) & ; a < x < b \\ 1 & ; x = b \\ (c-x)/(c-b) & ; b < x < c \\ 0 & ; x \geq c \end{cases}$$



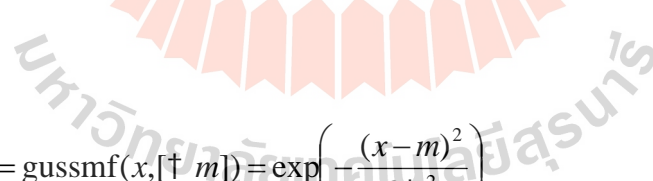
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

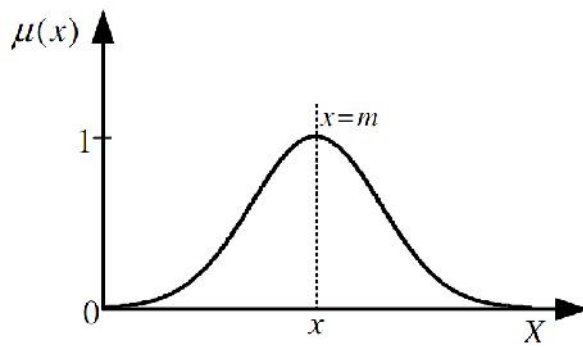
$$\mu(x) = \text{trapezoidal}(x, [a \ b \ c \ d]) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \\ (x-a)/(b-a) & ; a < x < b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c) & ; c < x < d \\ 0 & ; x \geq d \end{cases}$$



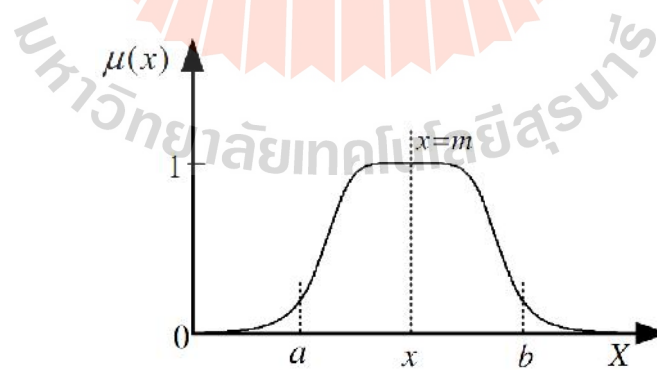
†

$$\mu(x) = \text{gaussian}(x, [\sigma \ m]) = \exp\left(-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right)$$





$$\mu(x) = \text{gbellmf}(x, [a \ b \ m]) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-m}{a} \right|^{2b}}$$



3.5.4 ตัวแปรทางภาษาและค่าเชิงภาษา

ตัวแปรทางภาษา (linguistic variables) หมายถึง ตัวแปรที่มีการให้ค่าตัวเลขเป็นค่าหรือประโยค เช่น อุณหภูมิ (การให้ค่าแก่อุณหภูมิอาจเป็น “เย็น” หรือ “ร้อน”) และอายุ (การให้ค่าแก่อายุอาจเป็น “เด็ก” หรือ “แก่”) เป็นต้น นอกจากนี้ ตัวแปรภาษาจะถูกกำหนดให้มีระดับค่าต่าง ๆ ในรูปแบบภาษาที่แตกต่างกัน เช่น “มาก” “ปานกลาง” หรือ “น้อย” เป็นต้น ซึ่งระดับค่าของตัวแปรภาษาเหล่านี้จะเรียกว่า ค่าเชิงภาษา (linguistic value)

3.5.5 กฎของฟัซซี

กฎของฟัซซี คือ เงื่อนไขและข้อปฏิบัติในการควบคุมของตัวควบคุมฟัซซี เป็นวิธีการนำเอาความรู้ของมนุษย์มาใส่ในระบบฟัซซีลอจิก ซึ่งประกอบด้วยส่วนของตัวแปรเงื่อนไข และส่วนของตัวแปรผลลัพธ์ เป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อสมรรถนะการควบคุม กฎของฟัซซีจะถูกออกแบบและกำหนดขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญในระบบที่พิจารณา โดยรูปแบบกฎของฟัซซีจะประกอบด้วย เงื่อนไขและข้อปฏิบัติ (IF-THEN) ดังนี้

IF x is A

THEN y is B

โดยที่ x และ y คือ ตัวแปรภาษา

A และ B คือ ค่าเชิงภาษา

ในแต่ละส่วนของเงื่อนไขและข้อปฏิบัติ สามารถมีได้หลายเงื่อนไขและข้อปฏิบัติด้วยกัน ดังนั้น จึงเชื่อมประโยคด้วยปฏิบัติการทางเซต AND หรือ OR เพื่อแก้ปัญหาสำหรับระบบควบคุมหลายอินพุตหลายเอาต์พุต ดังนี้

IF x is A AND y is B OR z is C

THEN p is D

จากรูปแบบกฎของฟัซซี ทุกเงื่อนไขจะถูกตรวจสอบไปพร้อมกัน และจะรวมกันด้วยการดำเนินการทางฟัซซีเซต โดยถ้าเงื่อนไขทั้งหมดเป็นจริง ส่วนข้อปฏิบัติจะถูกนำไปประเมินตามหลักการอนุมานฟัซซี ดังนั้น จำนวนกฎของฟัซซีที่ใช้ควบคุมไม่ควรกำหนดให้มากเกินไป โดย

ควรเลือกใช้กฎเท่าที่จำเป็นเท่านั้น เพื่อลดความซับซ้อนของตัวควบคุมฟัซซี ซึ่งอาจจะส่งผลต่อความเร็วในการประมวลผลได้

3.5.6 การอนุมานฟัซซีแบบ Takagi-Sugeno

การอนุมานฟัซซี (fuzzy inference) คือ กระบวนการส่งค่าอินพุตของระบบที่พิจารณาไปเป็นค่าเอาต์พุต โดยใช้ทฤษฎีทางฟัซซี วิธีการอนุมานฟัซซีที่ใช้ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์คือ การอนุมานฟัซซีแบบ Takagi-Sugeno เนื่องจากการอนุมานฟัซซีแบบ Takagi-Sugeno แตกต่างจาก Mamdani ในส่วนของรูปแบบของฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต โดย Takagi-Sugeno ได้ใช้ฟังก์ชันเส้นตรงโทนที่มีลักษณะเป็นค่าคงที่ แทนการใช้ฟังก์ชันสมาชิกภาพแบบฟัซซีเซต ทำให้การคำนวณหาค่าความเป็นสมาชิกของตำแหน่งตัวแปรสมาชิกฟัซซีไม่ซับซ้อน ซึ่งการอนุมานฟัซซีแบบ Takagi-Sugeno ในส่วนกฎของฟัซซีสามารถเขียนได้ดังนี้

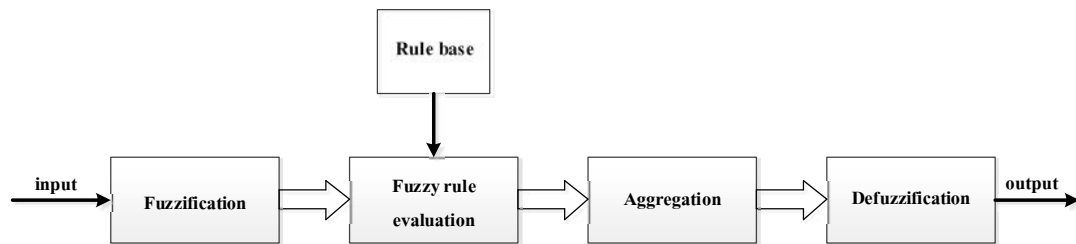
IF x is A AND y is B
THEN z is $f(x,y)$

โดยที่ x y และ z คือ ตัวแปรภาษา
 A และ B คือ ค่าเชิงภาษา
 $f(x, y)$ คือ ฟังก์ชันเส้นตรง

สำหรับฟังก์ชัน $f(x,y)$ ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย คือ ฟังก์ชันแบบจำลองฟัซซีของ Takagi-Sugeno อันดับศูนย์ (zero order Takagi-Sugeno fuzzy model) ซึ่งฟังก์ชันดังกล่าวจะเป็นเพียงค่าคงที่เส้นตรงโทน (k) เท่านั้น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ค่อนข้างสะดวกและง่ายในขั้นตอนการรวมกฎ รูปแบบกฎของฟัซซีที่ใช้แบบจำลองฟัซซีของ Takagi-Sugeno อันดับศูนย์ มีลักษณะดังนี้

IF x is A AND y is B
THEN z is k

หลักการอนุมานฟัซซี จะประกอบด้วย 4 ส่วนที่สำคัญ คือ การทำฟัซซี การประเมินกฎของฟัซซี การรวมกฎ และการทำดีฟัซซี ดังแผนภาพรูปที่ 3.14 โดยในส่วนของ การประเมินกฎของฟัซซีต้องอาศัยฐานกฎ (rule base) ที่ออกแบบไว้ใน การวิเคราะห์ร่วมด้วย



รูปที่ 3.14 หลักการอนุมานฟัซซี

การทำฟัซซี (fuzzification) คือ การระบุค่าเชิงภาษา และการคำนวณหาค่าระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรอินพุตของระบบที่ต้องการควบคุม โดยค่าระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรอินพุตจะสามารถคำนวณหาได้จากฟังก์ชันสมาชิกภาพที่ถูกเลือกใช้

การประเมินกฎของฟัซซี (fuzzy rule evaluation) คือ การตรวจสอบค่าเชิงภาษาของตัวแปรอินพุตทุกตัวภายในระบบควบคุมว่าอยู่ในกฎหรือเงื่อนไขในข้อใด และด้วยค่าความเป็นสมาชิกเท่าไร จากนั้นจะดำเนินการกำหนดค่าเอาต์พุตเชิงภาษาตามส่วนของข้อปฏิบัติในกฎนั้น ๆ

การรวมกฎ (aggregation) คือ การหาผลลัพธ์ฟังก์ชันสมาชิกเอาต์พุตจากกฎที่ได้รับการประเมินแล้ว (กฎที่เงื่อนไขเป็นจริง) โดยจะรวมฟัซซีเซตของค่าเชิงภาษาของเอาต์พุตทุกกฎที่เป็นจริงให้เป็นเซตเดียวกันเพียงหนึ่งเซต ทั้งนี้เนื่องจากค่าของตัวแปรอินพุตหนึ่งค่าสามารถอยู่ในเงื่อนไขของกฎได้หลายกฎพร้อมกัน

การทำดีฟัซซี (defuzzification) คือ ขั้นตอนการแปลงค่าผลลัพธ์ฟังก์ชันสมาชิกเอาต์พุตจากผลการรวมกฎให้อยู่ในรูปของค่าเอาต์พุตชัดเจน โดยการอนุมานฟัซซีแบบ Takagi-Sugeno จะทำดีฟัซซีด้วยวิธีค่าน้ำหนักเฉลี่ย (Weighted Average : WA) ดังการคำนวณตามสมการที่ (3-11)

$$x_{WA} = \frac{\sum_{m=1}^m \sim(k_m) \times k_m}{\sum_{m=1}^m \sim(k_m)} \quad (3-11)$$

โดยที่ $\sim(k_m)$ คือ ค่าความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันสมาชิกเอาต์พุต

k_m คือ ค่าคงที่ของเอาต์พุตที่เป็นเส้นตรง

3.6 สรุป

บทนี้ได้นำเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องรีดยางไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก ซึ่งประกอบด้วยทฤษฎีต่าง ๆ ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร วงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี แบบเตอร์รี่ และทฤษฎีของพีซี การทำความเข้าใจในทฤษฎีดังกล่าวมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นพื้นฐานความรู้ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ออกแบบและสร้างเครื่องรีดยางไฟฟ้าอัจฉริยะ โดยรายละเอียดการสร้างเครื่องรีดยางไฟฟ้าดังกล่าวจะนำเสนอในบทต่อไป



บทที่ 4

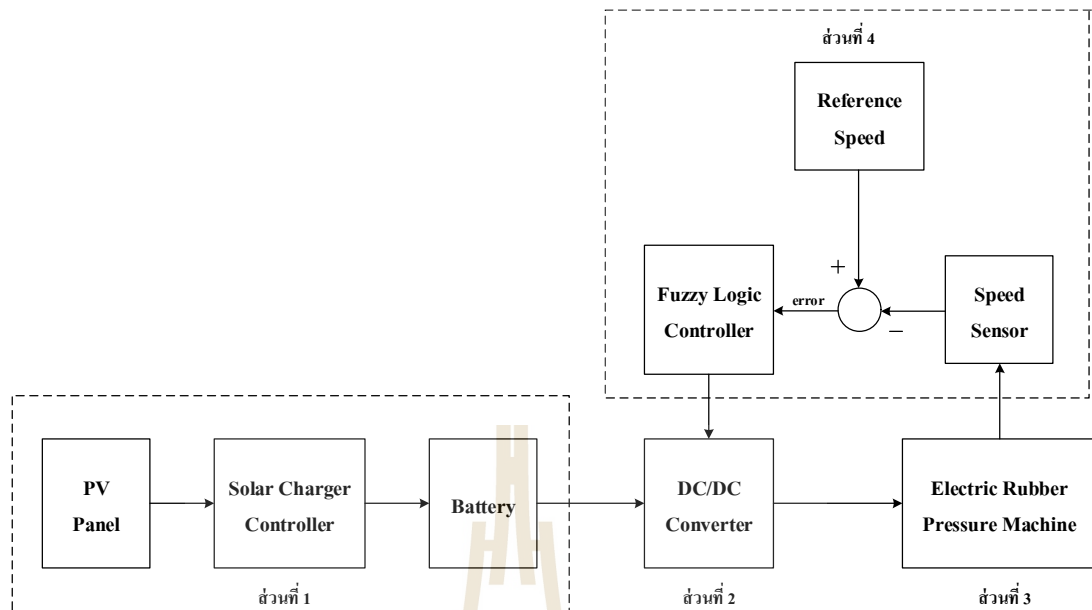
การควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมพีซีลจิก

4.1 กล่าวนำ

การควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราที่จะนำเสนอในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ จะนำเสนอการประยุกต์ใช้ตัวควบคุมพีซีลจิกในการควบคุมแรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี โดยแรงดันเอาต์พุตดังกล่าวจะใช้เป็นแรงดันอินพุตของมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนลูกรีดของเครื่องรีดยางพารา ทำให้สามารถควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราได้ตามต้องการ เนื้อหาในบทนี้จะอธิบายถึงการออกแบบและสร้างชุดควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมพีซีลจิกอย่างละเอียด รวมไปถึงการติดตั้งชุดควบคุมและมอเตอร์ไฟฟ้ากับเครื่องรีดยางพารา นอกจากนี้ยังได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมพีซีลจิกจากชุดทดสอบที่สร้างขึ้น

4.2 ระบบที่พิจารณา

ระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลจิกประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 แหล่งพลังงานของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้า ส่วนที่ 2 วงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี ส่วนที่ 3 เครื่องรีดยางพาราที่ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้า และส่วนที่ 4 วงจรควบคุมและสร้างค่าวัฏจักรหน้าที่ แสดงได้ดังรูปที่ 4.1 หลักการทำงานของระบบดังกล่าว จะมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า จากนั้นจะส่งพลังงานไฟฟ้าที่ได้ให้กับตัวควบคุมประจุแสงอาทิตย์ เพื่ออัดประจุไฟฟ้าลงแบตเตอรี่ ซึ่งพลังงานจากแบตเตอรี่จะเป็นพลังงานอินพุตของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซีที่มีการควบคุมด้วยตัวควบคุมพีซีลจิก เพื่อควบคุมแรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี และแรงดันเอาต์พุตดังกล่าวจะใช้เป็นแรงดันอินพุตของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องรีดยางพารา



รูปที่ 4.1 ระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก

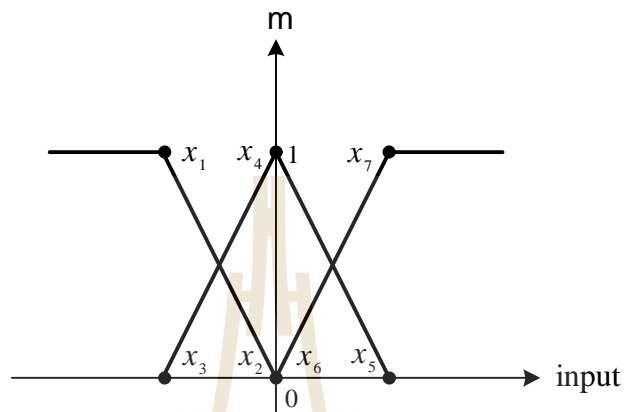
4.3 การออกแบบและสร้างตัวควบคุมฟัซซีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา

การนำตัวควบคุมฟัซซีลอจิกมาประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา ในเบื้องต้น ผู้วิจัยจะพิจารณาการออกแบบโครงสร้างของตัวควบคุมฟัซซีลอจิก ได้แก่ การเลือกใช้รูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพ การออกแบบตัวแปรเชิงภาษาและค่าเชิงภาษา และการออกแบบกฎของฟัซซี ภายใต้วิธีการอนุมานฟัซซีแบบ Takagi-Sugeno จากนั้นจะสร้างตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่ออกแบบไว้บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยรายละเอียดต่าง ๆ สามารถอธิบายได้ดังนี้

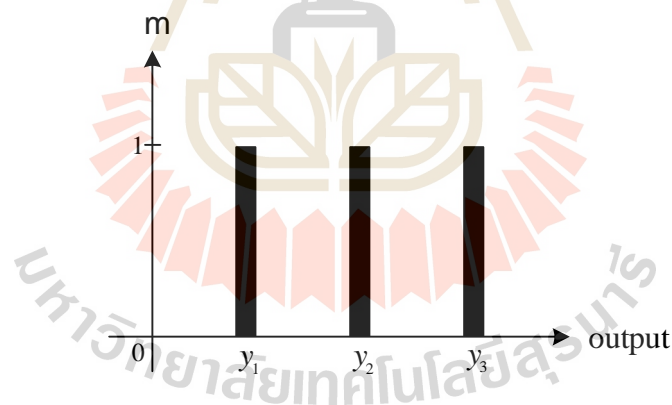
4.3.1 รูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพ

การออกแบบตัวควบคุมฟัซซีลอจิกจะต้องมีการเลือกรูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพ อินพุตและเอาต์พุต การเลือกรูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของระบบที่พิจารณา หรือจะถูกกำหนดจากผู้ออกแบบ โดยงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่มีฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุตรูปสามเหลี่ยม แสดงได้ดังรูปที่ 4.2 เนื่องจากเป็นรูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพที่มีค่าพารามิเตอร์ตำแหน่ง 3 ค่า และมีการคำนวณค่าความเป็นสมาชิกที่ง่ายและสะดวกในการเขียนโปรแกรมลงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุตจะเลือกรูปร่างตรงโทนตามหลักการอนุมานฟัซซีแบบ Takagi-Sugeno เนื่องจากการอนุมาน

ฟuzzy แบบ Takagi-Sugeno ใช้ฟังก์ชันเส้นตรงโทนที่มีลักษณะเป็นค่าคงที่ แทนการใช้ฟังก์ชันสมาชิกภาพแบบฟuzzyเซต ทำให้การคำนวณหาค่าความเป็นสมาชิกของตำแหน่งตัวแปรสมาชิกฟuzzyไม่ซับซ้อน แสดงได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 ฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุตรูปสามเหลี่ยม

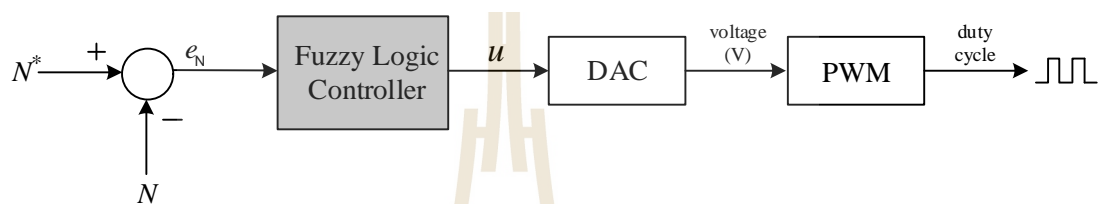


รูปที่ 4.3 ฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุตรูปแท่งตรงโทน

4.3.2 การออกแบบตัวแปรทางภาษาและค่าเชิงภาษา

ระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิก มีการออกแบบตัวแปรทางภาษาและค่าเชิงภาษาของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกพิจารณาได้จากรูปที่ 4.4 จากรูปดังกล่าวจะเห็นได้ว่า อินพุตของการควบคุม คือ ค่าความผิดพลาดของความเร็ว (e_N) ซึ่งคำนวณได้จากผลต่างระหว่างค่าความเร็วอ้างอิงหรือความเร็วที่ต้องการ (N^*) กับความเร็วจริง (N) ดังสมการที่ (4-1) สำหรับเอาต์พุตของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกจะกำหนดให้เป็นค่าแรงดันไฟฟ้าใน

รูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต (u) ค่าแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบดิจิทัลจะถูกป้อนให้กับวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก สัญญาณแอนะล็อกที่ได้จะเข้าสู่วงจรสร้างสัญญาณ PWM เพื่อนำไปขับสวิตช์ของวงจรแปลงผันดีซีเป็นดีซี การออกแบบตัวแปรทางภาษาและค่าเชิงภาษาของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกจะมีผลต่อสมรรถนะ และความซับซ้อนของระบบควบคุม ดังนั้น การออกแบบตัวแปรทางภาษาและค่าเชิงภาษา ควรจะออกแบบตามความเหมาะสมของระบบที่พิจารณา และความพึงพอใจในสมรรถนะตัวควบคุมของผู้ออกแบบ



รูปที่ 4.4 ระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก

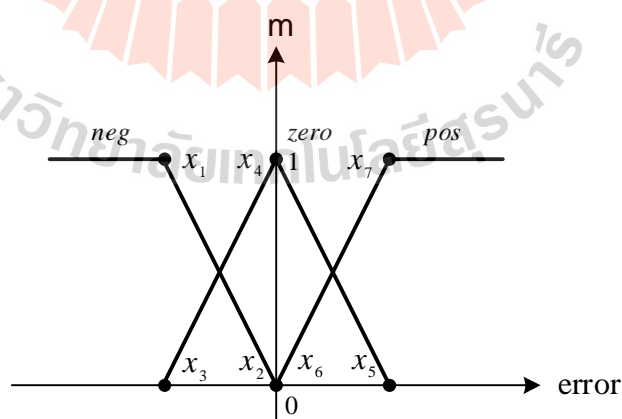
$$e_N = N^* - N \quad (4-1)$$

ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์จะทำการออกแบบตัวแปรทางภาษาและค่าเชิงภาษาเพื่อให้เหมาะสมกับระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา โดยเริ่มต้นออกแบบให้มีค่าเชิงภาษาจำนวน 3 ค่าเชิงภาษา สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

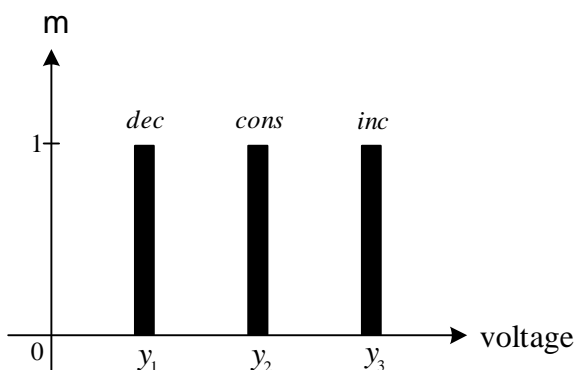
ตารางที่ 4.1 ตัวแปรทางภาษาและค่าเชิงภาษาของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารากรณี 3 ค่าเชิงภาษา

ค่าของระบบ	ตัวแปรภาษาและความหมาย		ค่าเชิงภาษาและความหมาย	
	ตัวแปรภาษา	ความหมาย	ค่าเชิงภาษา	ความหมาย
อินพุต	error (e_N)	ค่าความผิดพลาด ของความเร็ว	<i>neg</i> (negative)	$N^* < N$ (น้อยกว่า)
			<i>zero</i>	$N^* = N$ (เท่ากับ)
			<i>pos</i> (positive)	$N^* > N$ (มากกว่า)
เอาต์พุต	voltage (u)	ค่าแรงดันไฟฟ้า ในรูปแบบตัวเลข ดิจิทัล 12 บิต	<i>dec</i> (decrease)	ลดลง
			<i>cons</i> (constant)	คงที่
			<i>inc</i> (increase)	เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4.1 อินพุต error เป็นตัวแปรทางภาษาของตัวควบคุมฟuzzyลอจิก มีค่าเชิงภาษา 3 ค่า คือ “*neg*” “*zero*” และ “*pos*” ซึ่งแสดงเป็นฟังก์ชันสมาชิกภาพได้ดังรูปที่ 4.5 และเอาต์พุต voltage เป็นตัวแปรทางภาษาของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกเช่นกัน มีค่าเชิงภาษา 3 ค่า คือ “*dec*” “*cons*” และ “*inc*” ซึ่งแสดงเป็นฟังก์ชันสมาชิกภาพได้ดังรูปที่ 4.6 โดยความหมายของค่าเชิงภาษาดังกล่าวสามารถดูได้จากตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.5 ฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error กรณี 3 ค่าเชิงภาษา



รูปที่ 4.6 ฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage กรณี 3 ค่าเชิงภาษา

การกำหนดค่าเชิงภาษาจำนวน 3 ค่า ถือเป็นพื้นฐานของการออกแบบโครงสร้างของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้า โดยผลการทดสอบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา กรณี 3 ค่าเชิงภาษา จะนำเสนอในหัวข้อที่ 4.6

4.3.3 การออกแบบกฎของฟัซซี

จำนวนกฎของฟัซซี ที่ใช้ในการควบคุมไม่ควรกำหนดให้มากเกินไป โดยควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับระบบนั้น ๆ เพื่อลดความซับซ้อนของตัวควบคุมฟัซซีลอจิก และกฎของฟัซซีอาจมีผลต่อเวลาในการประมวลผลด้วย โดยในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการออกแบบกฎของฟัซซีตามจำนวนค่าเชิงภาษาของตัวควบคุมฟัซซีลอจิก ดังนั้น กฎของฟัซซีที่ใช้จึงมีจำนวน 3 กฎ ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

กฎข้อที่ 1	IF error = <i>neg</i>	THEN voltage = <i>inc</i>
กฎข้อที่ 2	IF error = <i>zero</i>	THEN voltage = <i>cons</i>
กฎข้อที่ 3	IF error = <i>pos</i>	THEN voltage = <i>dec</i>

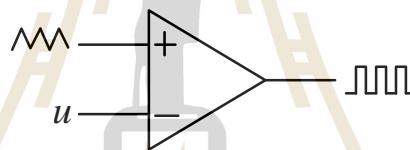
จากกฎของฟัซซีที่ได้ออกแบบสำหรับใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา ทั้ง 3 กฎ อธิบายความหมายได้ดังนี้

ความหมายของกฎข้อที่ 1 ถ้าค่าอินพุต error มีค่าเท่ากับ *neg* แล้ว กำหนดให้ค่าเอาต์พุต voltage เท่ากับ *inc* ซึ่งหมายความว่า ถ้าความเร็วอ้างอิง (N^*) น้อยกว่าค่าความเร็วจริง (N) จะกำหนดให้ลดค่าแรงดันอินพุตของมอเตอร์ โดยการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต เพื่อลดค่าวัฏจักรหน้าที่

ความหมายของกฎข้อที่ 2 ถ้าค่าอินพุต error มีค่าเท่ากับ zero แล้ว กำหนดให้ค่าเอาต์พุต voltage เท่ากับ *cons* ซึ่งหมายความว่า ถ้าความเร็วอ้างอิง (N^*) เท่ากับค่าความเร็วจริง (N) จะกำหนดให้คงค่าแรงดันอินพุตของมอเตอร์ โดยการคงค่าระดับแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต เพื่อคงค่าวัฏจักรหน้าที่

ความหมายของกฎข้อที่ 3 ถ้าค่าอินพุต error มีค่าเท่ากับ *pos* แล้ว กำหนดให้ค่าเอาต์พุต voltage เท่ากับ *dec* ซึ่งหมายความว่า ถ้าความเร็วอ้างอิง (N^*) มากกว่าค่าความเร็วจริง (N) จะกำหนดให้เพิ่มค่าแรงดันอินพุตของมอเตอร์ โดยการลดระดับแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต เพื่อเพิ่มค่าวัฏจักรหน้าที่

การเปลี่ยนแปลงค่าวัฏจักรหน้าที่ของสัญญาณ PWM ตามการออกแบบกฎของฟิชซีในข้อที่ 1 – 3 เกิดจากการเปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณรูปสามเหลี่ยมและสัญญาณของแรงดันแอนะล็อกที่ได้จากวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต เป็นแอนะล็อก (u) โดยการเปรียบเทียบสัญญาณเพื่อสร้างสัญญาณ PWM แสดงได้ดังรูปที่ 4.7



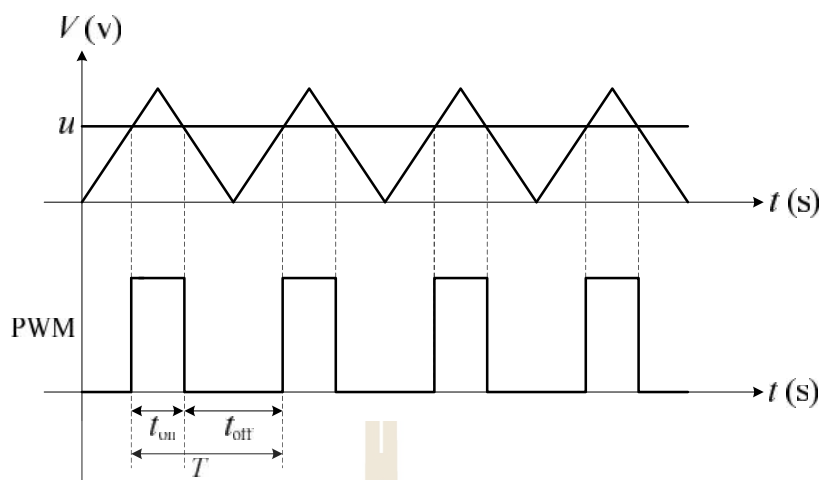
รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบสัญญาณ

จากการเปรียบเทียบสัญญาณเพื่อสร้างสัญญาณ PWM ตามรูปที่ 4.7 พบว่า การเปรียบเทียบสัญญาณรูปสามเหลี่ยมกับสัญญาณของแรงดันไฟฟ้า u มีลักษณะ คือ เมื่อระดับของสัญญาณรูปสามเหลี่ยมสูงกว่าระดับของสัญญาณแรงดันไฟฟ้า u จะทำให้ได้ระดับของสัญญาณ PWM เป็น on แต่เมื่อระดับของสัญญาณรูปสามเหลี่ยมต่ำกว่าระดับของสัญญาณแรงดันไฟฟ้า u จะทำให้ได้ระดับของสัญญาณ PWM เป็น off ซึ่งลักษณะการเปรียบเทียบสัญญาณดังกล่าวแสดงได้ดังรูปที่ 4.8 สำหรับการคำนวณค่าวัฏจักรหน้าที่ (d) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4-2)

$$d = \frac{t_{on}}{T} \times 100\% \quad (4-2)$$

โดยที่ t_{on} คือ ช่วงเวลาที่ระดับของสัญญาณ PWM เป็น on

T คือ คาบเวลา



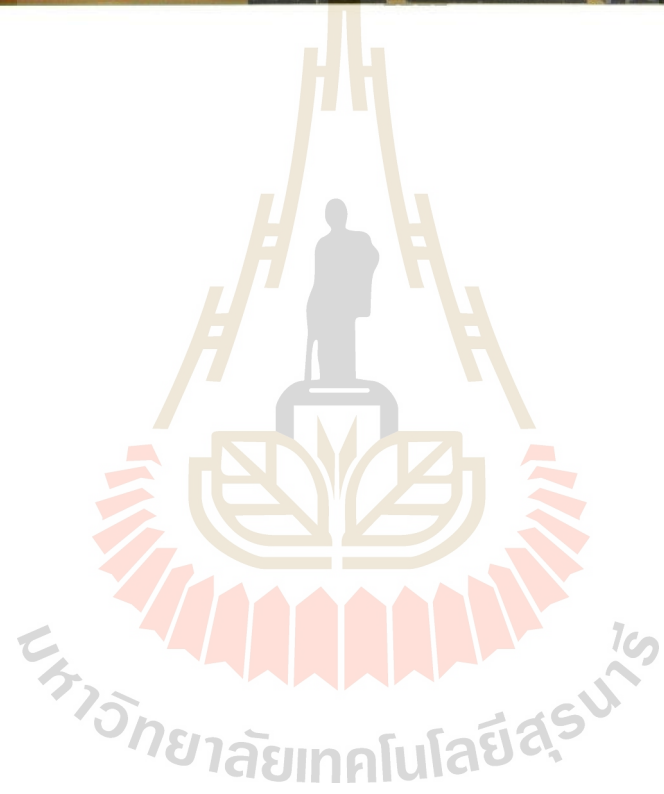
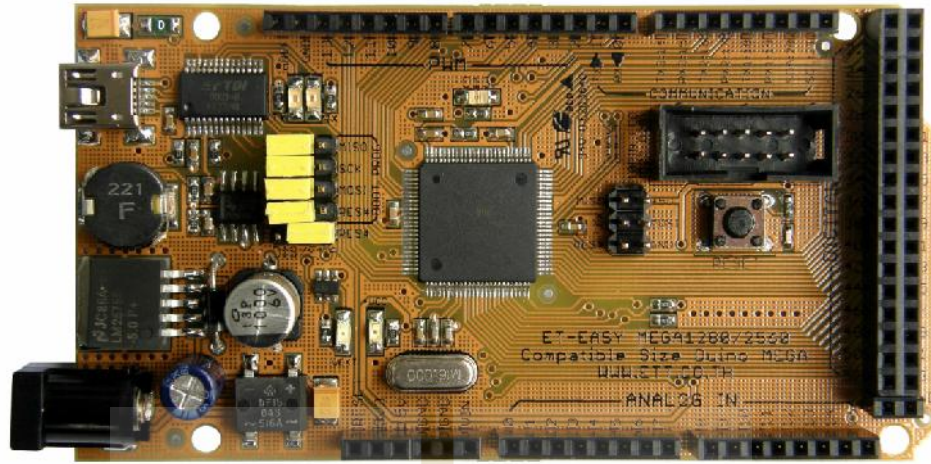
รูปที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบสัญญาณเพื่อสร้างสัญญาณ PWM

การออกแบบตัวควบคุมพีชชีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราที่กล่าวมาข้างต้น จะนำไปสร้างตัวควบคุมพีชชีลอจิกบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งการสร้างตัวควบคุมพีชชีลอจิกดังกล่าวอธิบายได้ในหัวข้อถัดไป

4.3.4 การสร้างตัวควบคุมพีชชีลอจิกบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR

สัญญาณ PWM ที่ใช้ขับสวิทช์ของวงจรแปลงผันดีซีเป็นดีซี เพื่อควบคุมแรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงผันดีซีเป็นดีซี โดยสัญญาณ PWM จะควบคุมค่าวัฏจักรหน้าที่ด้วยตัวควบคุมพีชชีลอจิกที่สร้างขึ้นบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้น การสร้างตัวควบคุมพีชชีลอจิกจะต้องมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในงานวิจัยวิทยานิพนธ์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ET-EASY MEGA 1280 เพื่อสร้างตัวควบคุมพีชชีลอจิก

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ET - EASY MEGA 1280 ผลิตขึ้นโดยบริษัทที่ที่ใช้ชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA 1280 ตระกูล AVR ของบริษัท Atmel บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดนี้รองรับการเขียนโปรแกรมภาษาซีของ Arduino และสามารถรองรับการใช้งานได้หลากหลาย เนื่องจากมีการปรับปรุงโปรแกรมให้ใช้ชิพ AVR รุ่นใหญ่ขึ้นเพื่อให้มีจำนวนพอร์ตอินพุต พอร์ตเอาต์พุต พอร์ตดิจิตอล พอร์ตแอนะล็อก พอร์ตสร้างสัญญาณ PWM และพอร์ตสื่อสารอนุกรม มีจำนวนมากขึ้น ซึ่งบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ET - EASY MEGA 1280 แสดงได้ดังรูปที่ 4.9



สัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลหรือ ADC (analog to digital converter) ความละเอียด 10 บิต ที่แรงดัน 5 โวลต์ ซึ่งหมายความว่าเมื่อแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลจะได้ค่าตัวเลขอยู่ระหว่าง 0 – 1023 โดยมีพอร์ตแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลจำนวน 16 ช่องสัญญาณ คือ ADC0 – ADC15 สำหรับการใช้งานในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ผู้วิจัยจะใช้ 2 ช่องสัญญาณ คือ ช่องสัญญาณ ADC3 สำหรับการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่ได้จากวงจรแปลงความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้า (ความเร็วจริง) และ ช่องสัญญาณ ADC4 สำหรับการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่ได้จากวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า (ความเร็วอ้างอิง) การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4-3)

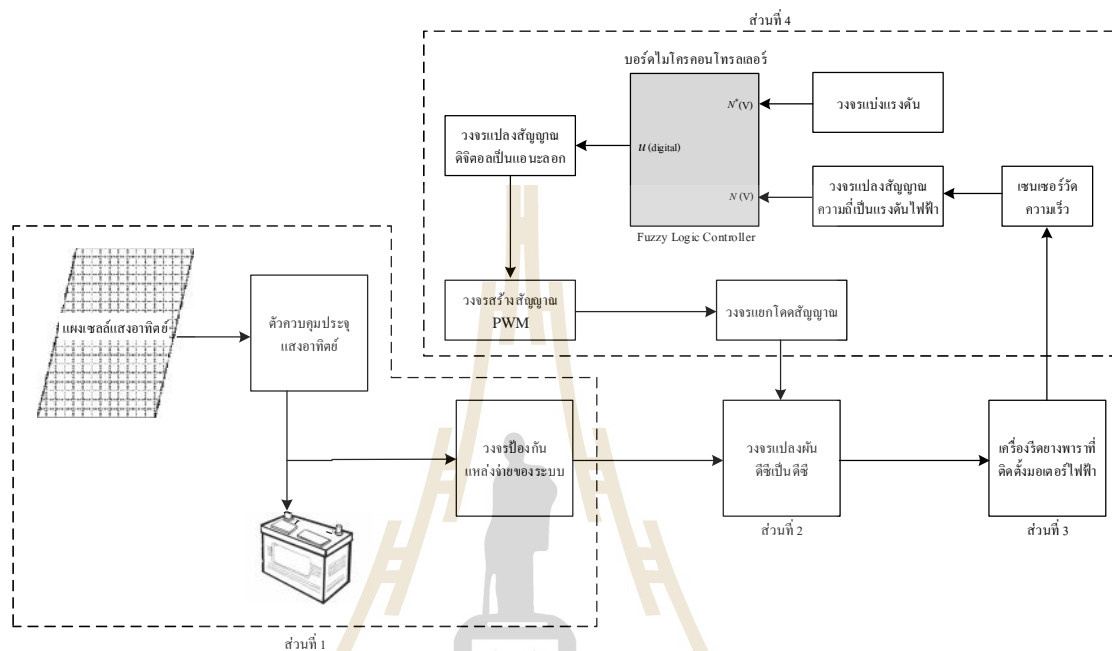
$$ADC = \frac{V_{IN} \times 1024}{V_{REF}} \quad (4-3)$$

เมื่อ V_{IN} คือ แรงดันทางด้านอินพุต
 V_{REF} คือ แรงดันอ้างอิงของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ กำหนดไว้ที่ 5 โวลต์

การใช้งานพอร์ตสัญญาณดิจิทัลในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ จะใช้สำหรับการส่งค่าแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิตที่ได้จากการคำนวณด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก ไปยังวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก เพื่อส่งต่อไปยังวงจรสร้างสัญญาณ PWM สำหรับควบคุมสวิตช์ของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี โดยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีพอร์ตส่งข้อมูลดิจิทัลหรือ DAC (digital to analog converter) ความละเอียด 12 บิต ซึ่งหมายความว่าบอร์ดสามารถส่งสัญญาณดิจิทัลที่ค่าตัวเลขอยู่ระหว่าง 0 – 4095 โดยมีพอร์ตดิจิทัล จำนวน 54 ช่องสัญญาณ คือ DAC0 – DAC53 สำหรับการใช้งานในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ผู้วิจัยจะใช้ 5 ช่องสัญญาณ คือ ช่องสัญญาณ DAC8 DAC10 DAC11 DAC12 และ DAC52 สำหรับการส่งค่าแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิตที่ได้จากการคำนวณไปยังวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก

4.4 การสร้างชุดควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก

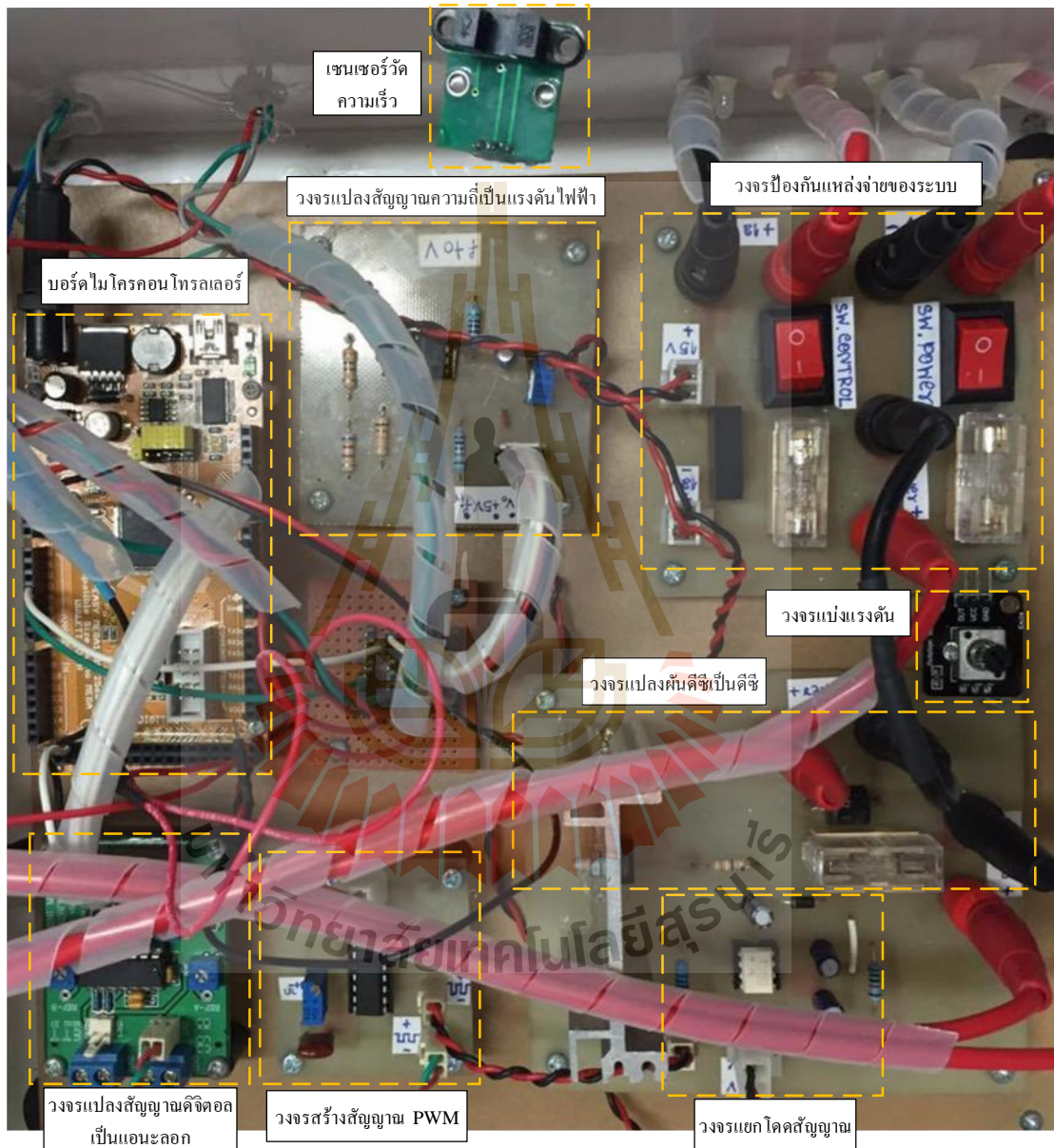
การสร้างชุดควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก จะทำการสร้างชุดควบคุมความเร็วที่มีโครงสร้างแสดงได้ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ระบบชุดควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก

ระบบชุดควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก ประกอบด้วย เซนเซอร์วัดความเร็วทำหน้าที่วัดความเร็วของเครื่องรีดยางพารา ค่าที่วัดได้มีลักษณะเป็นสัญญาณความถี่ จากนั้นจะส่งสัญญาณความถี่ที่วัดได้ให้กับวงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้า ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากวงจรดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์กับความเร็วของเครื่องรีดยางพารา เรียกแรงดันนี้ว่า ความเร็วจริง (N) และวงจรแบ่งแรงดันจะทำหน้าที่แบ่งแรงดันไฟฟ้าเพื่อเป็นค่าความเร็วอ้างอิง (N^*) จากนั้นทำการป้อนค่าความเร็วจริงและความเร็วอ้างอิงในรูปแบบแรงดันไฟฟ้าให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมฟัซซีลอจิก เพื่อคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้า (u) ในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต ค่าแรงดันไฟฟ้างี้ดังกล่าวจะถูกป้อนให้กับวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก สัญญาณแอนะล็อกที่ได้จะเข้าสู่วงจรสร้างสัญญาณ PWM ผ่านวงจรแยกโคตสัญญาณ เพื่อนำไปขับสวิตช์ของวงจรแปลงผันคิซึเป็นคิซึที่มีอินพุตเป็นแบตเตอรี่ที่ได้รับการประจุไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และแรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงผันคิซึเป็นคิซึจะเป็นแรงดันอินพุตของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งกับเครื่องรีดยางพารา เพื่อควบคุมความเร็ว

ของเครื่องรีดยางพาราได้ตามต้องการ โดยภาพรวมของชุดควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมพีซีซีลอจิกที่ใช้งานจริงแสดงได้ดังรูปที่ 4.11 และจะอธิบายการทำงาน การออกแบบ รวมถึงผลการทดสอบไว้ในหัวข้อถัดไป

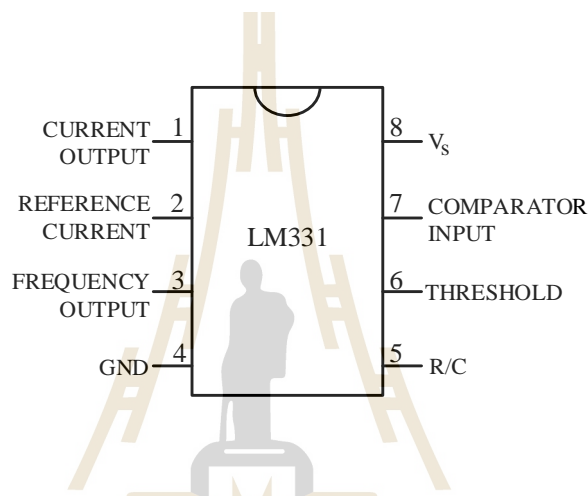


รูปที่ 4.11 ชุดควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมพีซีซีลอจิก

4.4.1 วงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้า

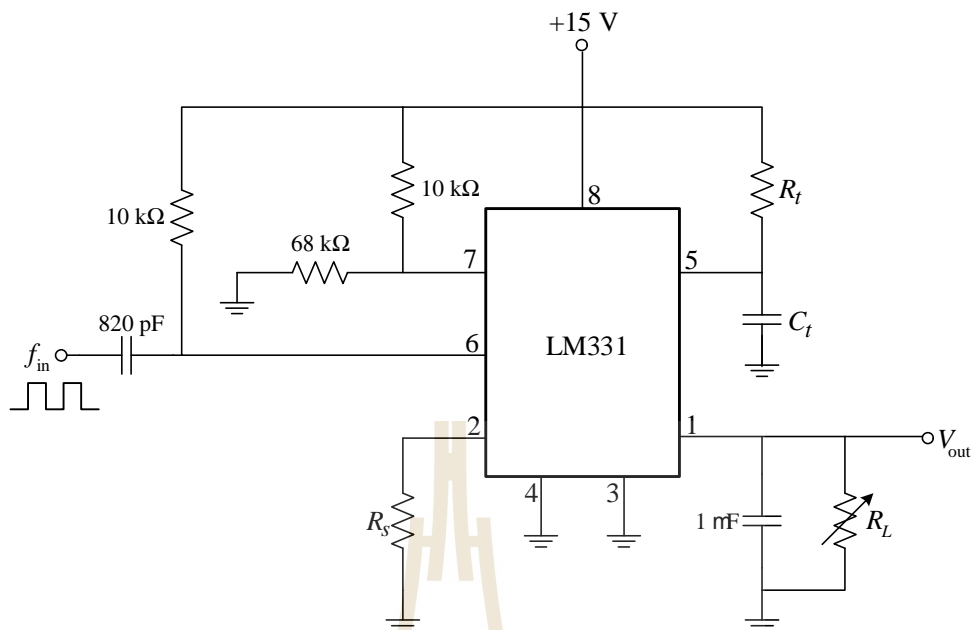
ชุดควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก มีเซนเซอร์วัดความเร็วทำหน้าที่วัดความเร็วของเครื่องรีดยางพารา ความเร็วจริงจะเป็นสัญญาณความถี่รูปคลื่นสี่เหลี่ยม ทำให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถอ่านค่าความเร็วจริงได้โดยตรง จึงมีความจำเป็นต้องแปลงสัญญาณความถี่รูปคลื่นสี่เหลี่ยมเป็นแรงดันไฟฟ้า ดังนั้น ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์จะใช้ไอซีเบอร์ LM331 ในการสร้างวงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้า แสดงได้ดังรูปที่

4.12



รูปที่ 4.12 ไอซีเบอร์ LM331

การใช้ไอซีเบอร์ LM331 มาสร้างเป็นวงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้า สามารถแสดงการต่อวงจรเพื่อใช้งานได้ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 วงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้า

การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้าสามารถออกแบบได้ตามสมการต่อไปนี้

$$V_{out} = 2.09 \times f_{in} \times \frac{R_L}{R_s} \times (R_f C_f) \quad (4-4)$$

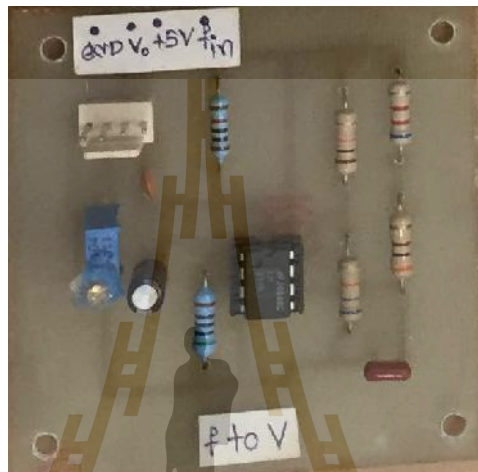
โดยที่ V_{out} คือ แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต (โวลต์)
 f_{in} คือ สัญญาณความถี่อินพุต (เฮิรตซ์)

การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้าในงานวิจัยวิทยานิพนธ์กำหนดให้ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตมีค่า 5 โวลต์ ($V_{out} = 5 \text{ V}$) เมื่อสัญญาณความถี่มีค่า 1000 เฮิรตซ์ ($f_{in} = 1000 \text{ Hz}$) และการออกแบบจะกำหนดให้ค่าตัวเก็บประจุในวงจรมีค่าเท่ากับ 0.01 ไมโครฟารัด ($C_f = 0.01 \text{ } \mu\text{F}$) ค่าตัวต้านทาน $R_f = 6.5 \text{ k}\Omega$ และ $R_s = 500 \Omega$ ดังนั้น การคำนวณหาค่าความต้านทานปรับค่าได้ (R_L) จะพิจารณาจากสมการที่ (4-4) จะได้ค่าความต้านทานปรับค่าได้ในย่านที่ครอบคลุม 18.40 กิโลโอห์ม จากการออกแบบวงจรดังกล่าวผู้วิจัยได้เลือกค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อสร้างวงจรสำหรับใช้งานจริง ดังนี้

$$C_t = 0.01 \text{ ~F}$$

$$R_t = 6.5 \text{ k}\Omega \quad R_s = 500 \Omega$$

$$R_L = 0 - 100 \text{ k}\Omega$$



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบวงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้าที่สภาวะไม่มีโหลด

V_{motor} (V)	f_{in} (Hz)	V_{out} (V)	N (RPM)
3.00	64.55	0.393	279
4.00	101.20	0.587	436
5.00	154.80	0.899	608
6.00	202.30	1.041	756
7.00	252.86	1.176	855
8.00	286.40	1.393	1023
9.00	341.60	1.547	1119
10.00	372.60	1.711	1339
11.00	464.00	1.957	1437
12.00	480.30	2.155	1571
13.00	527.30	2.332	1703
14.00	616.10	2.503	1845
15.00	652.00	2.734	2019
16.00	684.40	2.925	2175
17.00	717.70	3.098	2286
18.00	761.30	3.227	2542
19.00	793.60	3.472	2613
20.00	847.10	3.700	2753
21.00	854.70	3.907	2912
22.00	879.80	4.14	3090
23.00	906.20	4.21	3154
24.00	946.50	4.35	3219

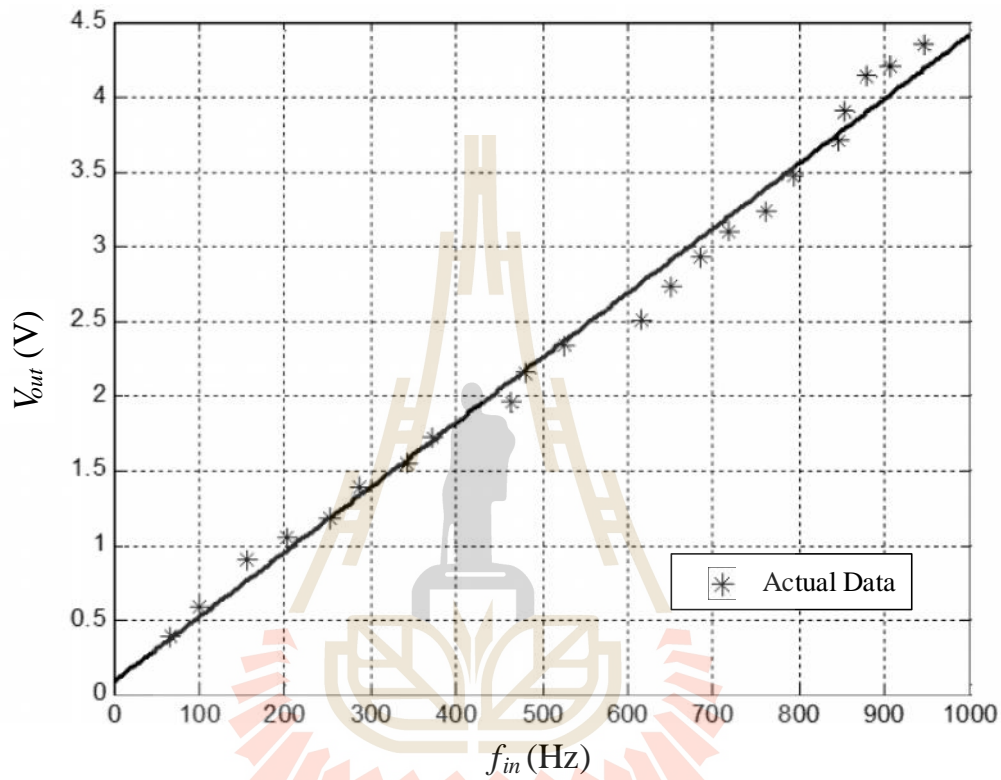
เมื่อ V_{motor} คือ แรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ (V)

f_{in} คือ ความถี่อินพุตที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความเร็ว (Hz)

V_{out} คือ แรงดันเอาต์พุตที่วัดได้จากวงจร (V)

N คือ ความเร็วของมอเตอร์ (RPM)

จากตารางที่ 4.2 นำผลการทดสอบวงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้ามาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่อินพุตที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความเร็ว และแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่วัดได้จากวงจร แสดงได้ดังรูปที่ 4.15 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของมอเตอร์ และแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่วัดได้ แสดงได้ดังรูปที่ 4.16



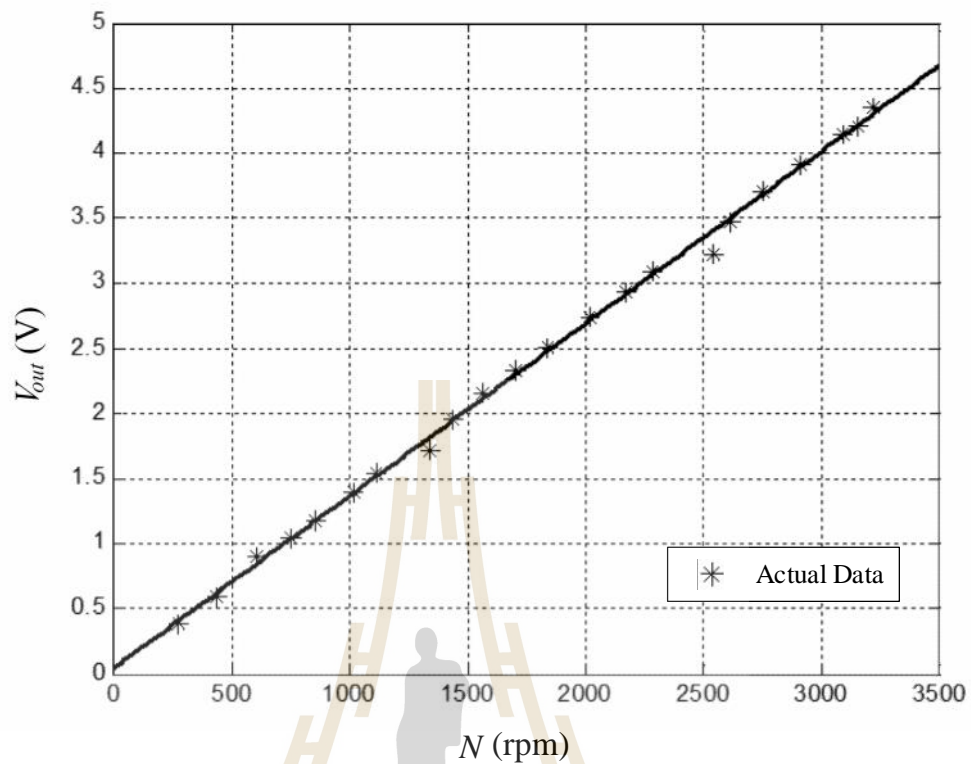
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่อินพุตที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความเร็ว และแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่วัดได้จากวงจร

จากกราฟรูปที่ 4.15 สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่อินพุตที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความเร็ว และแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่วัดได้จากวงจร ได้ดังสมการที่ (4-5)

$$V_{out} = 0.00433f_{in} + 0.0864 \quad (4-5)$$

โดยที่ V_{out} คือ แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่วัดได้จากวงจร (V)

f_{in} คือ ความถี่อินพุตที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความเร็ว (Hz)



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของมอเตอร์ และแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่วัดได้

จากกราฟรูปที่ 4.16 สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของมอเตอร์ และแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่วัดได้ ได้ดังสมการที่ (4-6)

$$V_{out} = 0.001296N + 0.03786 \quad (4-6)$$

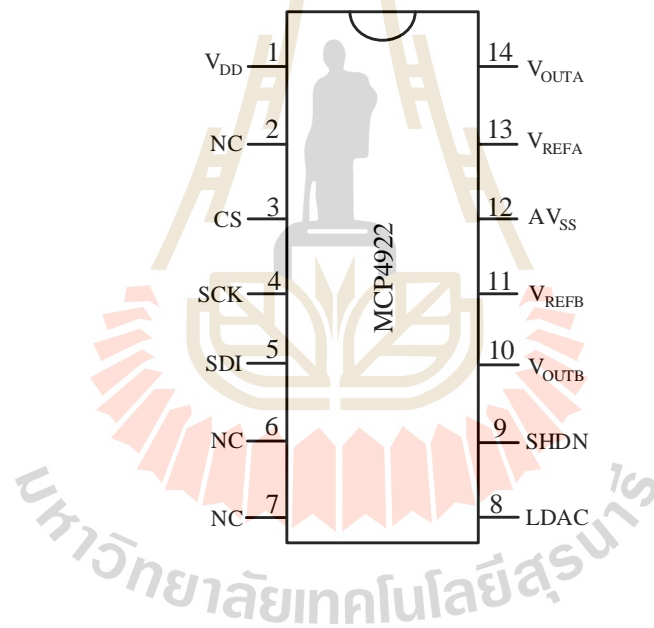
โดยที่ V_{out} คือ แรงดันเอาต์พุตที่วัดได้จากวงจร (V)
 N คือ ความเร็วของมอเตอร์ (RPM)

ผลการทดสอบวงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าสมการเส้นตรงระหว่างความเร็วของมอเตอร์ และแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่วัดได้ เป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของมอเตอร์ในหน่วยรอบต่อนาทีและความเร็วมอเตอร์ในหน่วยโวลต์ ดังนั้น ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่วัดได้จากวงจร คือ ค่าความเร็วจริง (N) ในหน่วยโวลต์ตามระบบชุดควบคุม

ความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมพีชชีลอจิกในรูปที่ 4.10 เพื่อป้อนให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

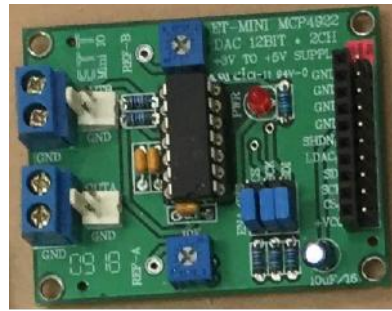
4.4.2 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก

วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก ทำหน้าที่แปลงข้อมูลดิจิทัลของค่าเอาต์พุต voltage จากการควบคุมด้วยตัวควบคุมพีชชีลอจิกที่คำนวณด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นค่าเอาต์พุตที่มีลักษณะสัญญาณแบบแอนะล็อก เพื่อส่งต่อไปยังวงจรสร้างสัญญาณ PWM ในการควบคุมสวิตช์ของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี โดยงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้ไอซีแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก เบอร์ MCP4922 ซึ่งมีความแยกชัด 12 บิต โดยไอซีดังกล่าวแสดงได้ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ไอซีเบอร์ MCP4922

ไอซีชนิดนี้ทางบริษัท ETT ได้นำมาสร้างเป็นโมดูลแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกที่สามารถนำมาต่อใช้งานกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างสะดวก โดยรูปร่างของโมดูลแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกดังกล่าว สามารถดูได้จากรูปที่ 4.18 ดังนี้

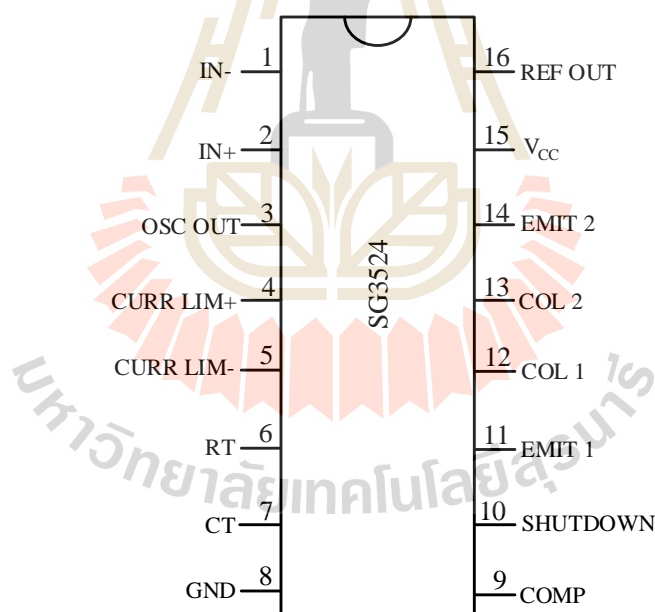


$$V_{OUTA} = \frac{V_D \times V_{REF}}{4095}$$

- โดยที่ V_{OUTA} คือ แรงดันแอนะล็อกเพื่อส่งต่อไปยังวงจรสร้างสัญญาณ PWM
 V_D คือ ตัวเลขคิติดอลของค่าเอาต์พุต voltage จากตัวควบคุมพีชชีลอจิก
 V_{REF} คือ แรงดันอ้างอิง กำหนดไว้ที่ 5 โวลต์

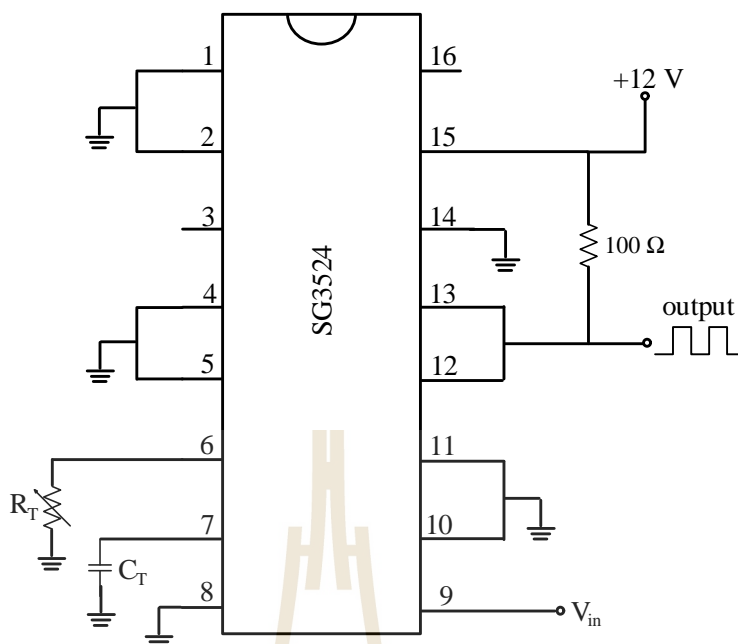
4.4.3 วงจรสร้างสัญญาณ PWM

วงจรสร้างสัญญาณ PWM สำหรับใช้ควบคุมสวิตช์ของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์จะใช้ไอซีเบอร์ SG3524 ซึ่งไอซีชนิดดังกล่าวจะทำงาน 2 ส่วน คือ สร้างสัญญาณพาห้รูปสามเหลี่ยม (triangular carrier) และเปรียบเทียบสัญญาณ (comparator) ระหว่างสัญญาณพาห้รูปสามเหลี่ยมและสัญญาณของแรงดันแอนะล็อกที่ได้จากวงจรแปลงสัญญาณคิติดอลเป็นแอนะล็อกในหัวข้อที่ 4.4.2 เพื่อสร้างสัญญาณ PWM โดยไอซีเบอร์ SG3524 แสดงได้ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 ไอซีเบอร์ SG3524

การใช้ไอซีเบอร์ SG3524 มาสร้างเป็นวงจรสร้างสัญญาณ PWM สามารถแสดงการต่อวงจรเพื่อใช้งานได้ดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 วงจรสร้างสัญญาณ PWM

การออกแบบวงจรสร้างสัญญาณ PWM สามารถออกแบบได้ ดังสมการที่ (4-8)

ดังนี้

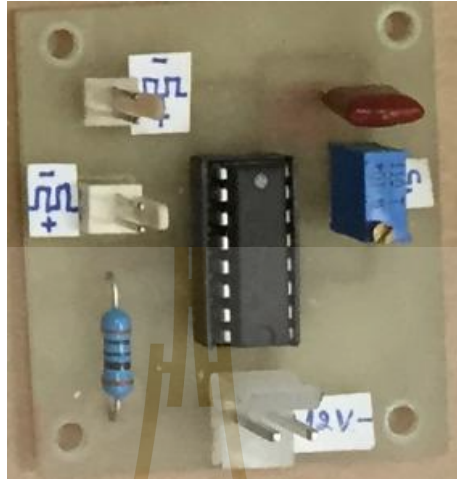
$$f_s = \frac{1}{2fR_T C_T} \quad (4-8)$$

โดยที่ f_s คือ ความถี่การสวิตช์ (เฮิรตซ์)

การออกแบบวงจรสร้างสัญญาณ PWM ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์ กำหนดให้แหล่งจ่ายแรงดันไฟเลี้ยงของวงจรมีค่า 12 โวลต์ ($V_{CC} = 12\text{ V}$) แรงดันไฟฟ้าอินพุตมีค่า 0 – 5 โวลต์ ($V_{in} = 0 - 5\text{ V}$) เพื่อเป็นสัญญาณเปรียบเทียบในการสร้างสัญญาณ PWM และการออกแบบจะกำหนดให้ความถี่ในการสวิตช์มีค่าต่ำสุดที่ 50 เฮิรตซ์ ($f_{s,\min} = 50\text{ Hz}$) ค่าตัวเก็บประจุในวงจรมีค่าเท่ากับ 0.047 ไมโครฟารัด ($C_T = 0.047\text{ }\mu\text{F}$) ดังนั้น การคำนวณหาค่าความต้านทานปรับค่าได้ (R_T) จะพิจารณาจากสมการที่ (4-8) จะได้ค่าความต้านทานปรับค่าได้ในย่านครอบคลุม 64.73 กิโลโอห์ม จากการออกแบบวงจรดังกล่าวผู้วิจัยได้เลือกค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อสร้างวงจรสำหรับใช้งานจริง ดังนี้

- ตัวเก็บประจุ $C_T = 0.047\text{ }\mu\text{F}$

$$R_T = 0-100k\Omega$$

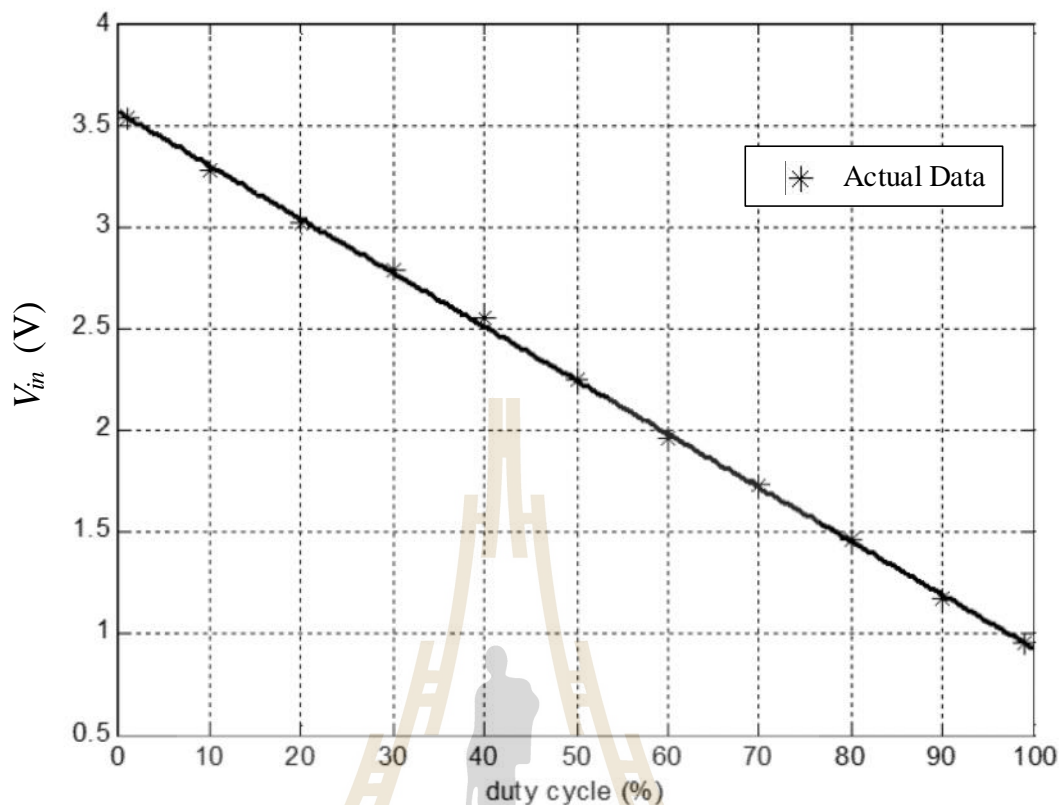


ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบวงจรสร้างสัญญาณ PWM

d (%)	V_{in} (V)
1	3.537
10	3.282
20	3.016
30	2.787
40	2.552
50	2.268
60	2.201
70	1.730
80	1.456
90	1.175
99	0.950

เมื่อ d คือ ค่าวัฏจักรหน้าที่ (%)
 V_{in} คือ แรงดันไฟฟ้าอินพุต (V)

จากตารางที่ 4.3 นำผลการทดสอบวงจรมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
 ค่าวัฏจักรหน้าที่ และแรงดันอินพุต แสดงได้ดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าวัฏจักรหน้าที่ และแรงดันอินพุต

จากกราฟรูปที่ 4.22 สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าวัฏจักรหน้าที่ และแรงดันอินพุตของวงจรสร้างสัญญาณ PWM ได้ดังสมการที่ (4-9)

$$V_{in} = -0.02637d + 3.564 \quad (4-9)$$

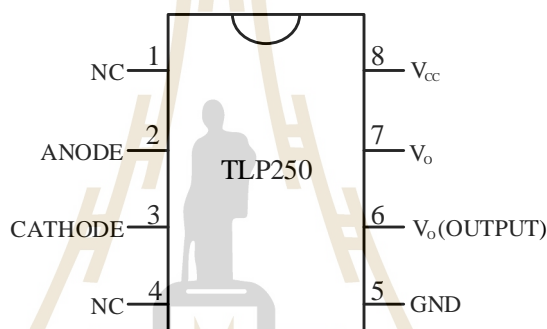
โดยที่ V_{in} คือ แรงดันไฟฟ้าอินพุต (V)
 d คือ ค่าวัฏจักรหน้าที่ (%)

จากผลการทดสอบการทำงานของวงจรสร้างสัญญาณ PWM พบว่า แรงดันไฟฟ้าอินพุตมีผลต่อค่าวัฏจักรหน้าที่ตามสมการที่ (4-9) สำหรับงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้แรงดันไฟฟ้าอินพุตที่ป้อนให้กับวงจรสร้างสัญญาณ PWM จะใช้สัญญาณแอนะล็อกจากช่องสัญญาณ OUTA ($V_{in} = V_{OUTA}$) เพื่อสร้างสัญญาณ PWM ซึ่งสัญญาณ PWM ดังกล่าวจะนำไปขับสวิตช์ของวงจร

แปลงพัลส์ซีเป็นดีซี โดยก่อนนำไปขับสวิทช์จะต้องผ่านวงจรแยกโคคสัญญาณ ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อถัดไป

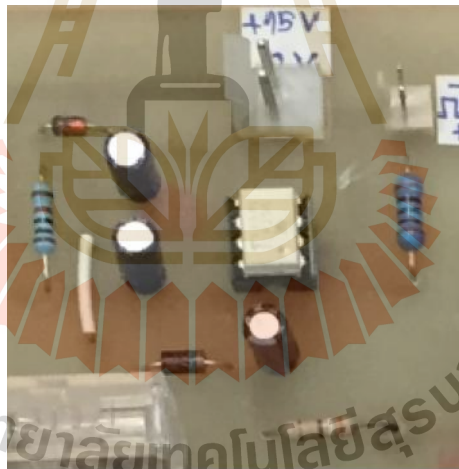
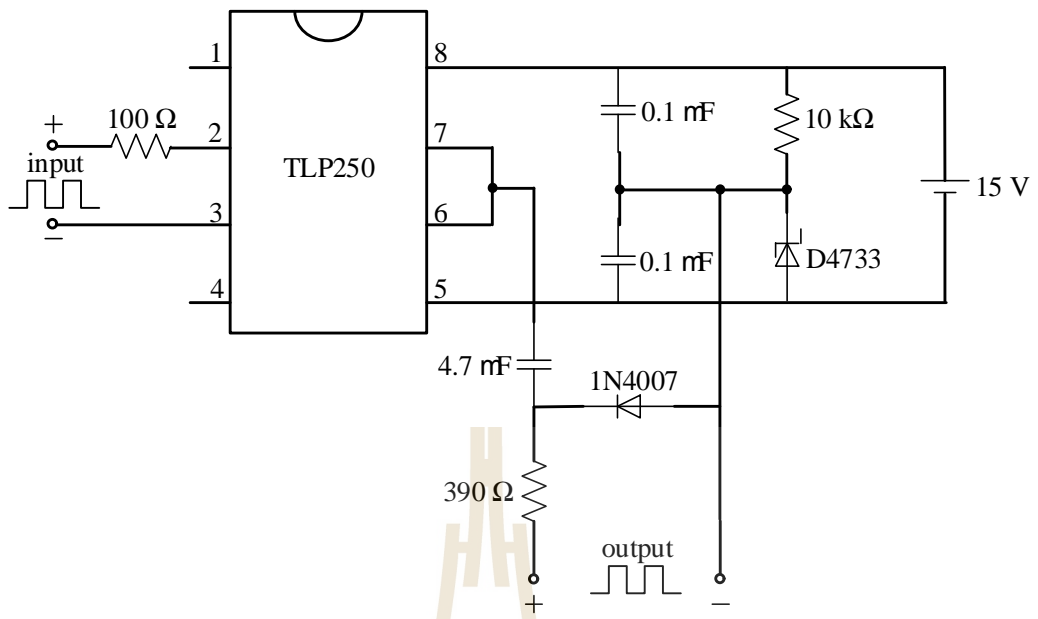
4.4.4 วงจรแยกโคคสัญญาณ

วงจรแยกโคคสัญญาณเป็นวงจรที่ใช้สำหรับแยกกราวด์ของสัญญาณใด ๆ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้จะใช้วงจรแยกโคคสัญญาณในการแยกกราวด์ระหว่างวงจรแปลงพัลส์ซีเป็นดีซีและวงจรสร้างสัญญาณ PWM โดยใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงหรือที่เรียกว่า ออปโตคัปปลิง (opto-coupling) ดังนั้น ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์จะใช้ไอซีเบอร์ TLP250 ในการสร้างวงจรแยกโคคสัญญาณ แสดงได้ดังรูปที่ 4.23

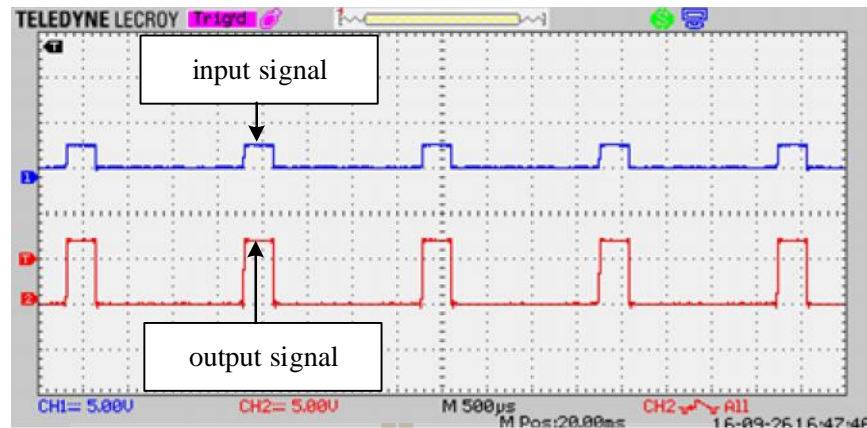


รูปที่ 4.23 ไอซีเบอร์ TLP250

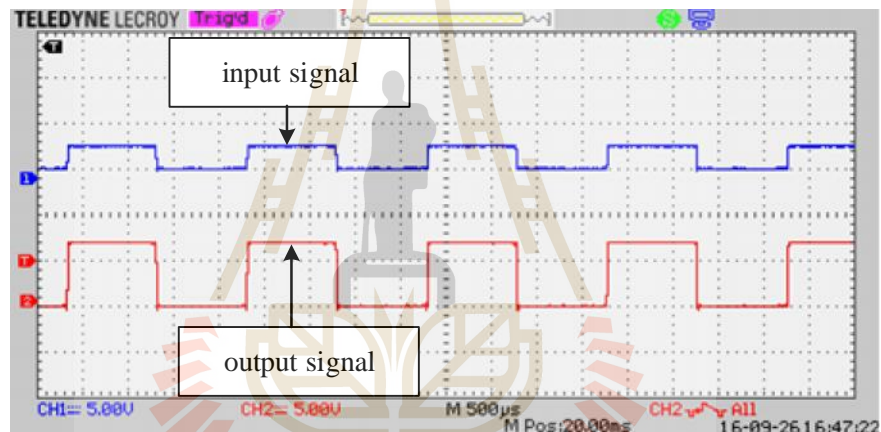
การใช้ไอซีเบอร์ TLP250 มาสร้างเป็นวงจรแยกโคคสัญญาณ สามารถแสดงการต่อวงจรเพื่อใช้งานได้ดังรูปที่ 4.24 และวงจรแยกโคคสัญญาณที่นำมาใช้งานจริง แสดงได้ดังรูปที่ 4.25



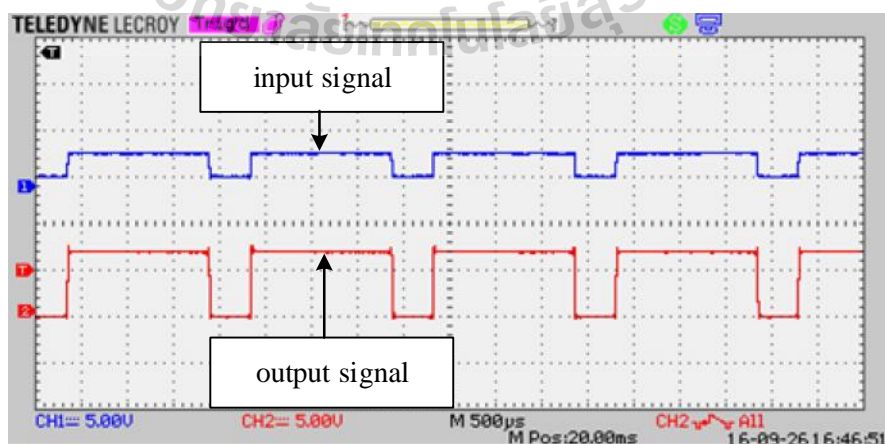
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.26 ผลการทดสอบวงจรแยกโคดสัญญาณกรณีที่ 1 มีค่าวัฏจักรหน้าที่ 25%



รูปที่ 4.27 ผลการทดสอบวงจรแยกโคดสัญญาณกรณีที่ 2 มีค่าวัฏจักรหน้าที่ 50%



รูปที่ 4.28 ผลการทดสอบวงจรแยกโคดสัญญาณกรณีที่ 3 มีค่าวัฏจักรหน้าที่ 75%

จากรูปที่ 4.26 - 4.28 ช่องสัญญาณที่ 1 คือ สัญญาณอินพุตของวงจรแยกโศดสัญญาณ ช่องสัญญาณที่ 2 คือ สัญญาณเอาต์พุตของวงจรแยกโศดสัญญาณ จากผลการทดสอบวงจรแยกโศดสัญญาณจะทำให้กราวด์ของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซีแยกจากกราวด์ของวงจรสร้างสัญญาณ PWM นอกจากนี้ เฟสของสัญญาณอินพุต และเฟสของสัญญาณเอาต์พุต PWM ของวงจรแยกโศดสัญญาณมีเฟสตรงกัน ทำให้สามารถนำสัญญาณ PWM ที่ผ่านการแยกโศดสัญญาณไปขับสวิตช์ของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซีต่อไป

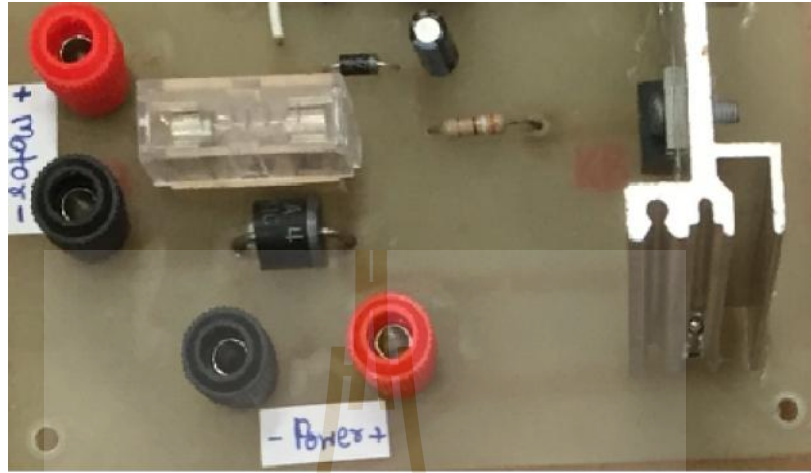
4.4.5 วงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี

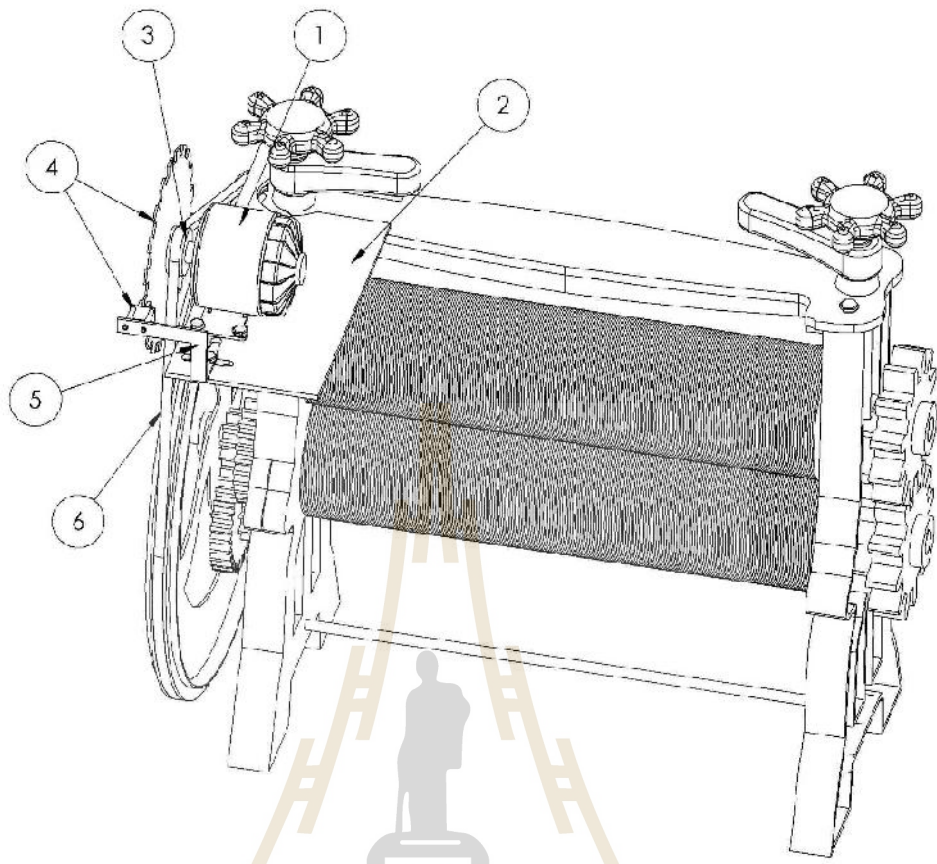
หัวข้อนี้จะกล่าวถึงการเลือกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาใช้ในวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี (ทฤษฎีของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซีอธิบายไว้ในหัวข้อ 3.3) วงจรดังกล่าวจะประกอบด้วย มอสเฟต และไดโอด โดยการออกแบบอุปกรณ์แต่ละตัวในวงจรจะต้องคำนึงถึงพิกัดแรงดันและกระแสเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ภายในวงจร ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์จะใช้วงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซีที่มีการควบคุมค่าแรงดันเอาต์พุต โดยแรงดันเอาต์พุตดังกล่าวจะเป็นแรงดันอินพุตของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องรีดขางพารา ด้วยเหตุนี้การเลือกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซีจึงคำนึงถึงค่าพิกัดแรงดันและกระแสของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในสภาวะทำงานโหลดเต็มพิกัด ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้มีพิกัดแรงดัน 24 โวลต์ และพิกัดกระแส 19.2 แอมแปร์ที่สภาวะทำงานโหลดเต็มพิกัด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อสร้างวงจรสำหรับใช้งานจริง ดังนี้

- มอสเฟต ชนิด N-Channel เบอร์ FQP50N06 มีพิกัดแรงดัน 60 โวลต์ และพิกัดกระแส 50 แอมแปร์

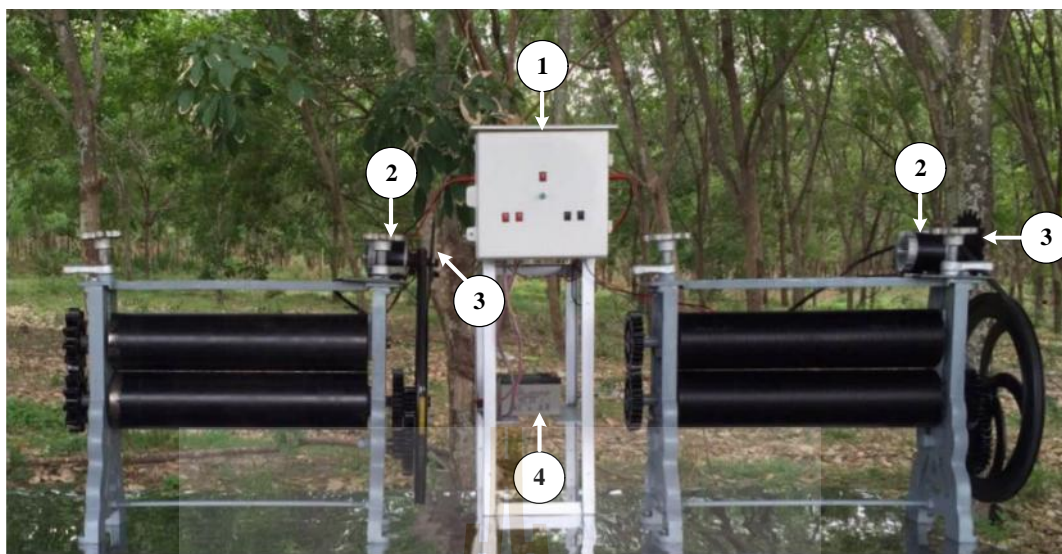
- ไดโอด เบอร์ D92-02 มีพิกัดแรงดัน 200 โวลต์ และพิกัดกระแส 20 แอมแปร์

วงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซีที่นำมาใช้งานจริง แสดงได้ดัง รูปที่ 4.29





มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



① กล่องควบคุม ② มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ③ เซ็นเซอร์วัดความเร็ว ④ แบริดเตอร์

รูปที่ 4.31 การติดตั้งชุดควบคุมและมอเตอร์ไฟฟ้ากับเครื่องรีดยางพารา

4.6 การทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา

การทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา จะทำการทดสอบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมพีชชีลอจิก ซึ่งตัวควบคุมพีชชีลอจิกที่ใช้ในการทดสอบ มีค่าเชิงภาษาจำนวน 3 ค่า แสดงได้ดังตารางที่ 4.1 สำหรับโครงสร้างส่วนอื่น ๆ เช่น รูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต voltage แสดงได้ดังรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 ตามลำดับ กฎของพีชชีมีจำนวน 3 กฎ และวิธีการอนุมานพีชชีจะใช้วิธีการอนุมานแบบ Takagi-Sugeno ที่มีการทำดีพีชชีด้วยวิธีหาค่าน้ำหนักเฉลี่ย ซึ่งอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 3.5.6 สำหรับตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพที่ใช้ในการทดสอบ แสดงได้ดังตารางที่ 4.4

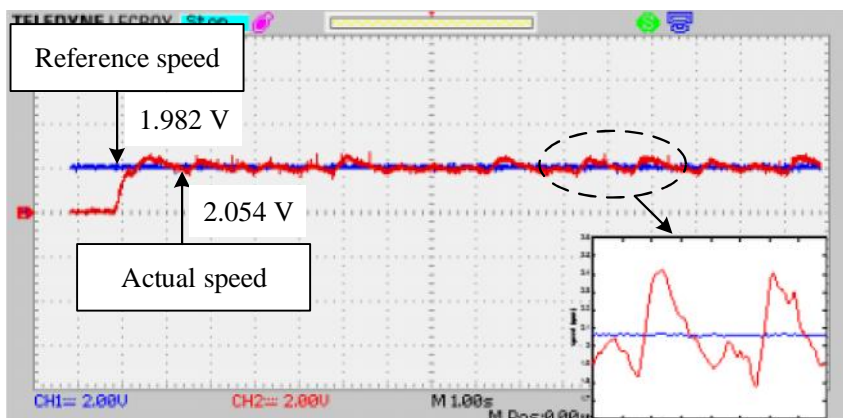
ตารางที่ 4.4 ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต voltage ที่ใช้ในการทดสอบกรณี
ใช้ค่าเชิงภาษา 3 ค่า

ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกอินพุต error						
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
-0.5	0	-0.5	0	0.5	0	0.5
ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกเอาต์พุต voltage						
$N^* = 2500\text{rpm}$	y_1	y_2	y_3			
	1475	1966	2457			
$N^* = 2000\text{rpm}$	y_1	y_2	y_3			
	1720	2130	2539			
$N^* = 1500\text{rpm}$	y_1	y_2	y_3			
	1966	2294	2621			

หมายเหตุ : ค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต ได้มาจากวิธีลองผิดลองถูก

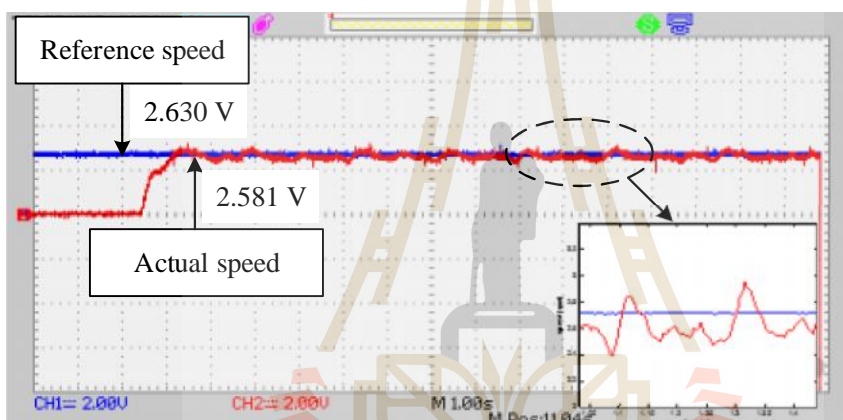
ผลการทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราของจักรกลั่นและจักรดอก โดยใช้
ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกกรณีกี่กำหนดให้อินพุต error และเอาต์พุต voltage มีค่าเชิงภาษา 3 ค่า แสดง
ได้ดังรูปที่ 4.32 และรูปที่ 4.33 ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



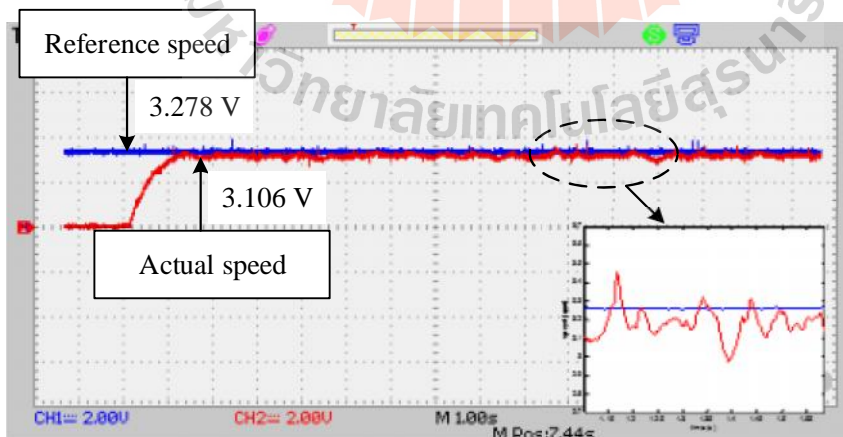
(ก) ความเร็วอ้างอิง 1500 rpm

$N^* = 1500 \text{ rpm}$
 $N = 1556 \text{ rpm}$
 error = 3.73 %
 $T_s = 0.8 \text{ s}$



(ข) ความเร็วอ้างอิง 2000 rpm

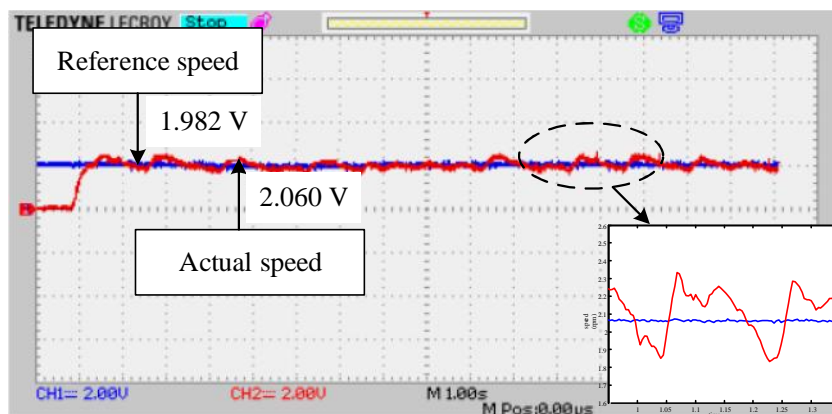
$N^* = 2000 \text{ rpm}$
 $N = 1962 \text{ rpm}$
 error = 1.90 %
 $T_s = 0.8 \text{ s}$



(ค) ความเร็วอ้างอิง 2500 rpm

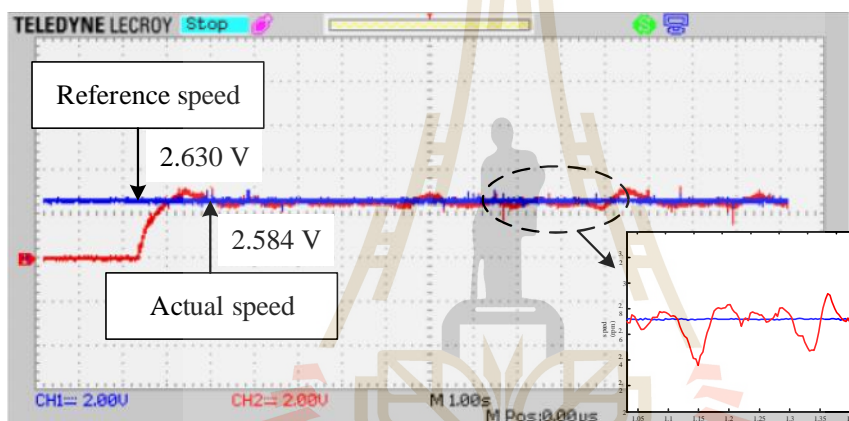
$N^* = 2500 \text{ rpm}$
 $N = 2368 \text{ rpm}$
 error = 5.28 %
 $T_s = 0.8 \text{ s}$

รูปที่ 4.32 ผลการทดสอบตัวควบคุมพีชซีลจิกของจักรลั่นกรณีใช้ค่าเชิงภาษา 3 ค่า



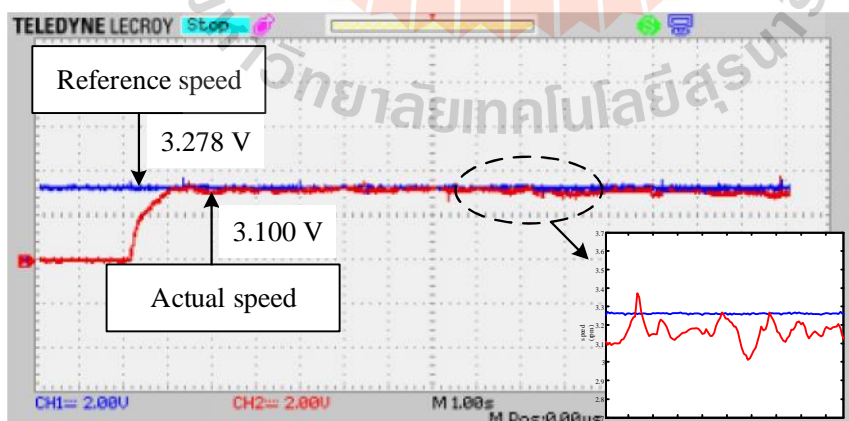
$N^* = 1500 \text{ rpm}$
 $N = 1560 \text{ rpm}$
 error = 4.00 %
 $T_s = 0.8 \text{ s}$

(ก) ความเร็วอ้างอิง 1500 rpm



$N^* = 2000 \text{ rpm}$
 $N = 1965 \text{ rpm}$
 error = 1.75 %
 $T_s = 0.8 \text{ s}$

(ข) ความเร็วอ้างอิง 2000 rpm



$N^* = 2500 \text{ rpm}$
 $N = 2363 \text{ rpm}$
 error = 5.48 %
 $T_s = 0.8 \text{ s}$

(ค) ความเร็วอ้างอิง 2500 rpm

รูปที่ 4.33 ผลการทดสอบตัวควบคุมพีชซีลอจิกของจักรดอกกรณีใช้ค่าเชิงภาษา 3 คำ

จากรูปที่ 4.32 และรูปที่ 4.33 สังเกตได้ว่า กรณีตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่กำหนดใช้จำนวนค่าเชิงภาษาของอินพุต error และเอาต์พุต voltage เท่ากับ 3 ค่า มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความเร็วเท่ากับ 3.64 % ในขณะที่ช่วงเวลาเข้าที่ (settling time) จะใช้เวลาเท่ากับ 0.8 วินาที และเมื่อพิจารณาเส้นกราฟความเร็วจริง จะเห็นได้ว่า มีการกวัดแกว่งของความเร็วจริงสูง ซึ่งจะส่งผลให้แผ่นยางพารามีความบางไม่สม่ำเสมอ ดังนั้น ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่มีจำนวนค่าเชิงภาษาของอินพุต error และเอาต์พุต voltage เท่ากับ 3 ค่า จึงไม่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา ผู้วิจัยจึงทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าวเพื่อให้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกมีโครงสร้างเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราให้ดีขึ้นกว่าเดิม

4.7 การแก้ไขปัญหของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกเพื่อให้มีโครงสร้างเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา

การแก้ไขปัญหของตัวควบคุมฟัซซีลอจิก จะทำการแก้ไขโครงสร้างของตัวควบคุมฟัซซีลอจิก 2 ส่วน คือ จำนวนค่าเชิงภาษา และกฎของฟัซซี เพื่อให้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา โดยรายละเอียดต่าง ๆ สามารถอธิบายได้ดังนี้

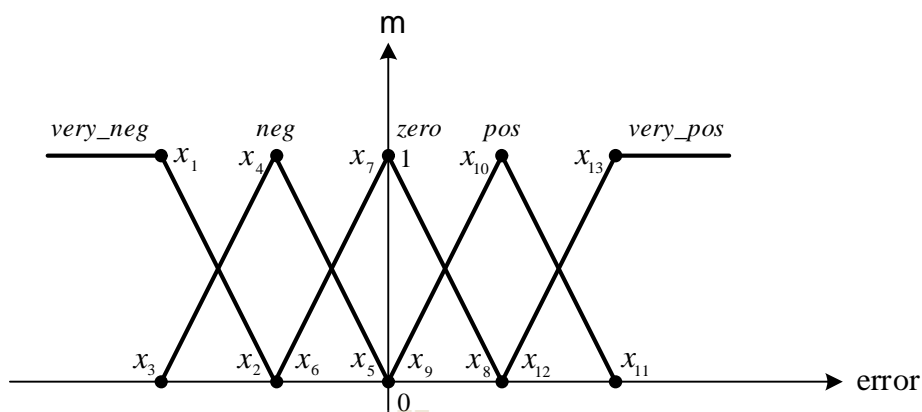
4.7.1 จำนวนค่าเชิงภาษา

จากการทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราในหัวข้อที่ 4.6 โดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่มีจำนวนค่าเชิงภาษาของอินพุต error และเอาต์พุต voltage เท่ากับ 3 ค่า ไม่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา เนื่องจากมีการกวัดแกว่งของความเร็วจริงสูง ซึ่งจะส่งผลให้แผ่นยางพาราที่มีความบางไม่สม่ำเสมอ เพื่อให้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกมีจำนวนค่าเชิงภาษาที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา ผู้วิจัยจึงได้ทำการเพิ่มจำนวนค่าเชิงภาษาเป็น 5 ค่าเชิงภาษา ดังนั้น อินพุต error จะมีค่าเชิงภาษาจำนวน 5 ค่าเชิงภาษา ประกอบด้วย “very_neg” “neg” “zero” “pos” และ “very_pos” ซึ่งแสดงเป็นฟังก์ชันสมาชิกภาพได้ดังรูปที่ 4.34 จากการเพิ่มจำนวนค่าเชิงภาษาส่งผลให้จำนวนค่าเชิงภาษาของเอาต์พุต voltage เพิ่มขึ้นเป็น 5 ค่าเชิงภาษาเช่นเดียวกัน ประกอบด้วย “very_dec” “dec” “cons” “inc” และ “very_inc” ซึ่งแสดงเป็นฟังก์ชันสมาชิกภาพได้ดังรูปที่ 4.35 สำหรับ

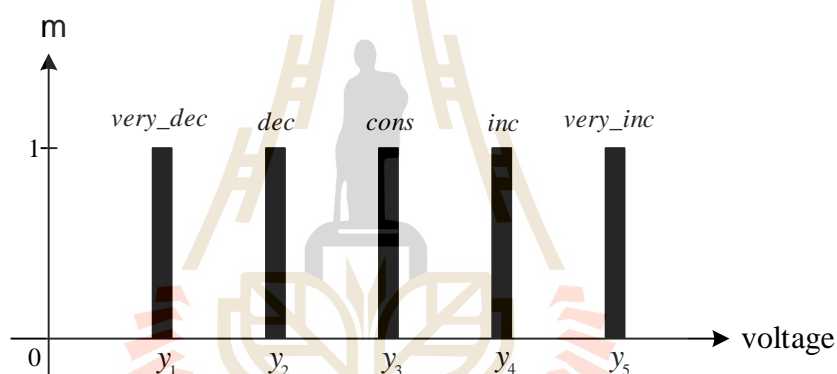
ความหมายของค่าเชิงภาษาของอินพุต error และเอาต์พุต voltage กรณี 5 ค่าเชิงภาษา แสดงได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตัวแปรทางภาษาและค่าเชิงภาษาของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารากรณี 5 ค่าเชิงภาษา

ค่าของระบบ	ตัวแปรภาษาและความหมาย		ค่าเชิงภาษาและความหมาย	
	ตัวแปรภาษา	ความหมาย	ค่าเชิงภาษา	ความหมาย
อินพุต	error (e_N)	ค่าความผิดพลาด ของความเร็ว	<i>very_neg</i> (very negative)	$N^* \ll N$ (น้อยกว่ามาก ๆ)
			<i>neg</i> (negative)	$N^* < N$ (น้อยกว่า)
			<i>zero</i>	$N^* = N$ (เท่ากับ)
			<i>pos</i> (positive)	$N^* > N$ (มากกว่า)
			<i>very_pos</i> (very positive)	$N^* \gg N$ (มากกว่ามาก ๆ)
เอาต์พุต	voltage (u)	ค่าแรงดันไฟฟ้า ในรูปแบบตัวเลข ดิจิทัล 12 บิต	<i>very_dec</i> (very decrease)	ลดลงมาก ๆ
			<i>dec</i> (decrease)	ลดลง
			<i>cons</i> (constant)	คงที่
			<i>inc</i> (increase)	เพิ่มขึ้น
			<i>very_inc</i> (very increase)	เพิ่มขึ้นมาก ๆ



รูปที่ 4.34 ฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error กรณี 5 ค่าเชิงภาษา



รูปที่ 4.35 ฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage กรณี 5 ค่าเชิงภาษา

โดยผลการทดสอบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา กรณี 5 ค่าเชิงภาษา จะนำเสนอในหัวข้อที่ 4.7.3

4.7.2 กฎของฟuzzy

การออกแบบกฎของฟuzzyในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้จะออกแบบตามจำนวนค่าเชิงภาษา จากการแก้ไขปัญหาของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกเพื่อให้มีโครงสร้างเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา มีการเพิ่มจำนวนค่าเชิงภาษาเป็น 5 ค่าเชิงภาษา ดังนั้น กฎของฟuzzyที่ออกแบบขึ้นใหม่จึงมีจำนวน 5 กฎ ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

กฎข้อที่ 1	IF error = <i>very_neg</i>	THEN voltage = <i>very_inc</i>
กฎข้อที่ 2	IF error = <i>neg</i>	THEN voltage = <i>inc</i>
กฎข้อที่ 3	IF error = <i>zero</i>	THEN voltage = <i>cons</i>
กฎข้อที่ 4	IF error = <i>pos</i>	THEN voltage = <i>dec</i>
กฎข้อที่ 5	IF error = <i>very_pos</i>	THEN voltage = <i>very_dec</i>

จากกฎของฟuzzyที่ได้ออกแบบสำหรับใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา ทั้ง 5 กฎ อธิบายความหมายได้ดังนี้

ความหมายของกฎข้อที่ 1 ถ้าค่าอินพุต error มีค่าเท่ากับ *very_neg* แล้ว กำหนดให้ค่าเอาต์พุต voltage เท่ากับ *very_inc* ซึ่งหมายความว่า ถ้าความเร็วอ้างอิง (N^*) น้อยกว่าค่าความเร็วจริง (N) มาก ๆ จะกำหนดให้ลดค่าแรงดันอินพุตของมอเตอร์มาก ๆ โดยการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต มาก ๆ เพื่อลดค่าวัฏจักรหน้าที่ให้มีค่าลดลงมาก ๆ

ความหมายของกฎข้อที่ 2 3 และ 4 มีความหมายเหมือนกับกรณีกฎของฟuzzy จำนวน 3 กฎ ตามที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 4.3.3

ความหมายของกฎข้อที่ 5 ถ้าค่าอินพุต error มีค่าเท่ากับ *very_pos* แล้ว กำหนดให้ค่าเอาต์พุต voltage เท่ากับ *very_dec* ซึ่งหมายความว่า ถ้าความเร็วอ้างอิง (N^*) มากกว่าค่าความเร็วจริง (N) มาก ๆ จะกำหนดให้เพิ่มค่าแรงดันอินพุตของมอเตอร์มาก ๆ โดยการลดระดับแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต มาก ๆ เพื่อเพิ่มค่าวัฏจักรหน้าที่ให้มีค่าเพิ่มขึ้นมาก ๆ

การแก้ไขปัญหาของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกเพื่อให้มีโครงสร้างเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา มีการแก้ไขโครงสร้างของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกในส่วนค่าเชิงภาษาจากจำนวน 3 ค่า เป็น 5 ค่า และกฎของฟuzzyจากจำนวน 3 กฎ เป็น 5 กฎ ดังนั้น การสร้างตัวควบคุมฟuzzyลอจิกจะต้องทำการแก้ไขโปรแกรมบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ให้มีค่าเชิงภาษาจำนวน 5 ค่า และกฎของฟuzzyจำนวน 5 กฎ

4.7.3 การทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราหลังจากการแก้ไข

การทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา จะทำการทดสอบสมรรถนะของการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิกสำหรับระบบที่พิจารณาดังรูปที่ 4.1 โดยใช้ตัวควบคุมฟuzzyลอจิกที่กำหนดให้อินพุต error และเอาต์พุต voltage มี

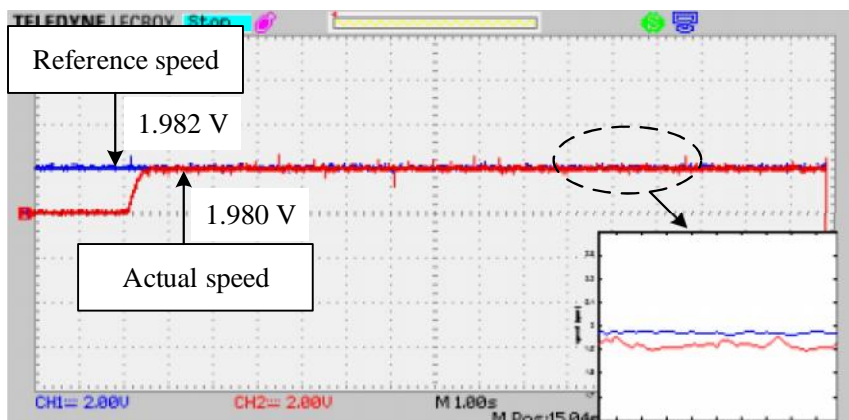
ค่าเชิงภาษา 5 ค่า แสดงได้ดังตารางที่ 4.5 สำหรับ โครงสร้างส่วนอื่น ๆ ของตัวควบคุมฟัซซีลอจิก เช่น รูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต voltage กรณีใช้ค่าเชิงภาษา 5 ค่า แสดงได้ ดังรูปที่ 4.34 และรูปที่ 4.35 ตามลำดับ โดยใช้กฎของฟัซซีจำนวน 5 กฎ และวิธีการอนุมานฟัซซีจะใช้วิธีการอนุมานแบบ Takagi-Sugeno ที่มีการทำดีฟัซซีด้วยวิธีหาค่าน้ำหนักเฉลี่ย ซึ่งอธิบายไว้ใน หัวข้อที่ 3.5.6 สำหรับตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพที่ใช้ในการทดสอบ แสดงได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต voltage ที่ใช้ในการทดสอบกรณี ใช้ค่าเชิงภาษา 5 ค่า

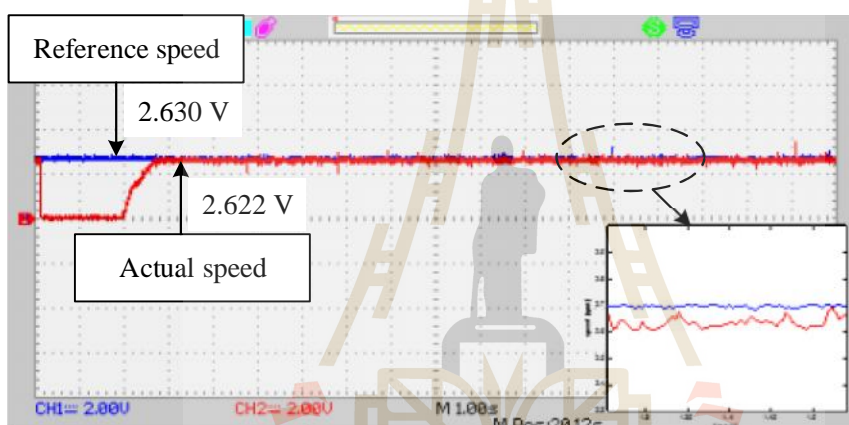
ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกอินพุต error												
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}
-1.0	-0.5	-1.0	-0.5	0	-0.5	0	0.5	0	0.5	1.0	0.5	1.0
ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกเอาต์พุต voltage												
$N^* = 2500$ rpm	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5							
	983	1475	1966	2457	2949							
$N^* = 2000$ rpm	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5							
	1311	1720	2130	2539	2949							
$N^* = 1500$ rpm	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5							
	1638	1966	2294	2621	2949							

หมายเหตุ : ค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต ได้มาจากวิธีลองผิดลองถูก

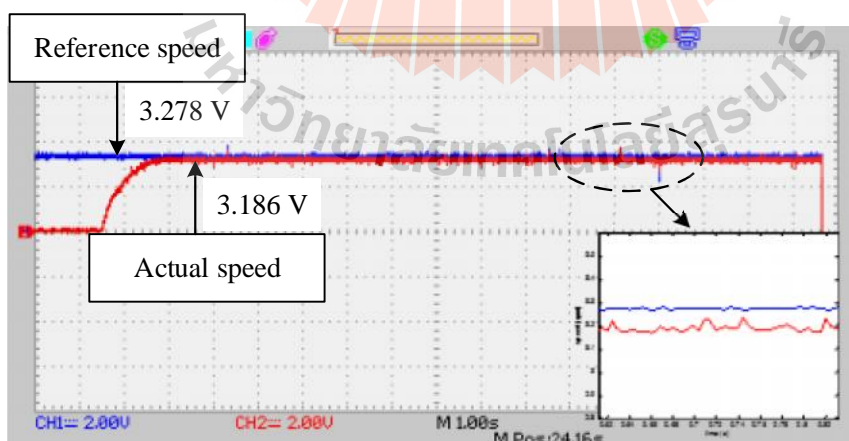
ผลการทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราของจักรกลั่นและจักรคอก โดยใช้ ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกกรณีที่กำหนดให้อินพุต error และเอาต์พุต voltage มีค่าเชิงภาษา 5 ค่า แสดง ได้ดังรูปที่ 4.36 และรูปที่ 4.37 ตามลำดับ



(ก) ความเร็วอ้างอิง 1500 rpm

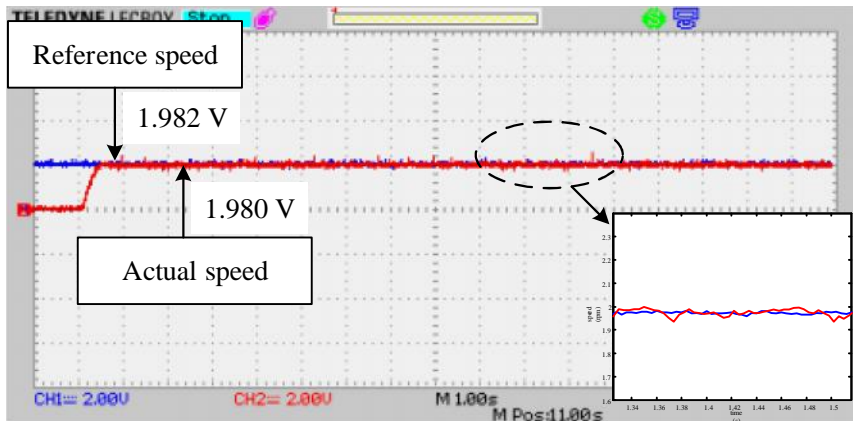


(ข) ความเร็วอ้างอิง 2000 rpm



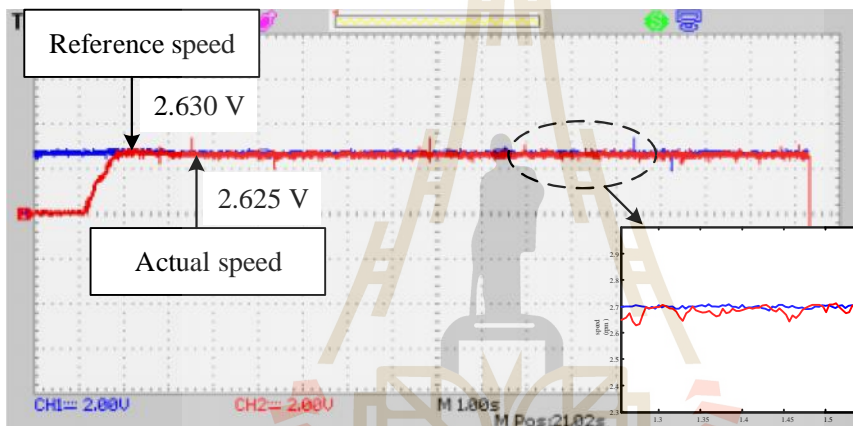
(ค) ความเร็วอ้างอิง 2500 rpm

รูปที่ 4.36 ผลการทดสอบตัวควบคุมพีชซีลอจิกของจักรลั่นกรณีใช้ค่าเชิงภาษา 5 ค่า



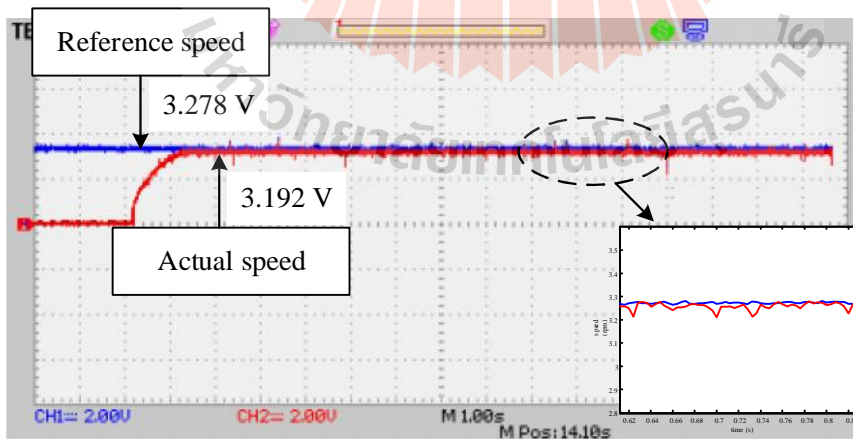
$N^* = 1500 \text{ rpm}$
 $N = 1498 \text{ rpm}$
 error = 0.13 %
 $T_s = 0.9 \text{ s}$

(ก) ความเร็วอ้างอิง 1500 rpm



$N^* = 2000 \text{ rpm}$
 $N = 1996 \text{ rpm}$
 error = 0.20 %
 $T_s = 0.9 \text{ s}$

(ข) ความเร็วอ้างอิง 2000 rpm



$N^* = 2500 \text{ rpm}$
 $N = 2433 \text{ rpm}$
 error = 2.68 %
 $T_s = 0.9 \text{ s}$

(ค) ความเร็วอ้างอิง 2500 rpm

รูปที่ 4.37 ผลการทดสอบตัวควบคุมพีชซีลจิกของจักรคอกกรณีใช้ค่าเชิงภาษา 5 ค่า

จากรูปที่ 4.36 และรูปที่ 4.37 สังเกตได้ว่า กรณีตัวควบคุมพีชชีลอจิกที่กำหนดใช้จำนวนค่าเชิงภาษาของอินพุต error และเอาต์พุต voltage เท่ากับ 5 ค่า มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความเร็วเท่ากับ 1.09 % และสำหรับช่วงเวลาเข้าที่จะใช้เวลาเท่ากับ 0.9 วินาที และเมื่อพิจารณาเส้นกราฟความเร็วจริง จะเห็นได้ว่า มีการกวัดแกว่งของความเร็วจริงน้อยมาก ซึ่งจะส่งผลให้แผ่นยางพาราที่มีความบางสม่ำเสมอ

4.7.4 การเปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราของตัวควบคุมพีชชีลอจิกกรณีใช้ค่าเชิงภาษา 3 ค่า กับกรณีที่ใช้ค่าเชิงภาษาจำนวน 5 ค่า

จากผลการทดสอบตัวควบคุมพีชชีลอจิกกรณีที่กำหนดให้อินพุต error และเอาต์พุต voltage มีค่าเชิงภาษา 3 ค่า ในรูปที่ 4.32 และ 4.33 และกรณีที่กำหนดให้อินพุต error และเอาต์พุต voltage มีค่าเชิงภาษา 5 ค่า ในรูปที่ 4.36 และ 4.37 โดยตัวควบคุมพีชชีลอจิกทั้ง 2 กรณี มีค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต voltage ของค่าเชิงภาษา “neg” “zero” และ “pos” เหมือนกัน โดยผลการทดสอบดังกล่าวสามารถนำมาสรุปเป็นตารางการเปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมพีชชีลอจิก กรณีที่กำหนดให้อินพุต error และเอาต์พุต voltage มีค่าเชิงภาษา 3 ค่า กับกรณีที่ใช้ค่าเชิงภาษาจำนวน 5 ค่า ดังนี้

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราของตัวควบคุมพีชชีลอจิกกรณีใช้ค่าเชิงภาษา 3 ค่า กับกรณีที่ใช้ค่าเชิงภาษาจำนวน 5 ค่า

จำนวนกฎของพีชชี	จำนวนค่าเชิงภาษา	ค่าความคลาดเคลื่อนของความเร็ว (%)				ช่วงเวลาเข้าที่ (วินาที)
		1500 rpm	2000 rpm	2500 rpm	เฉลี่ย	
3	3	3.73	1.90	5.28	3.64	0.8
5	5	0.13	0.30	2.84	1.09	0.9

จากตารางที่ 4.7 สังเกตได้ว่า กรณีตัวควบคุมพีชชีลอจิกที่กำหนดใช้จำนวนค่าเชิงภาษาของอินพุต error และเอาต์พุต voltage กรณี 5 ค่าเชิงภาษา มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความเร็วต่ำกว่าโดยเท่ากับ 1.09 % ในขณะที่กรณี 3 ค่าเชิงภาษา มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความเร็วเท่ากับ 3.64 % สำหรับช่วงเวลาเข้าที่ พบว่า กรณี 5 ค่าเชิงภาษา ใช้เวลาเท่ากับ 0.9 วินาที ส่วนกรณี 3 ค่าเชิงภาษาใช้นานน้อยกว่าโดยเท่ากับ 0.8 วินาที และจากรูปที่ 4.30 สังเกตได้ว่า กรณี 3 ค่าเชิง

ภาษา จะมีการกวัดแกว่งของความเร็วจริงสูงกว่ากรณี 5 ค่าเชิงภาษา ซึ่งจะส่งผลให้แผ่นยางพารา มีความบางไม่สม่ำเสมอ แต่เนื่องจากงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ได้ให้ความสำคัญที่ค่าความคลาดเคลื่อนของความเร็ว และการกวัดแกว่งของความเร็วจริงเป็นหลัก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่มีจำนวนค่าเชิงภาษาของอินพุต error และเอาต์พุต voltage เท่ากับ 5 ค่า สำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราต่อไป

4.8 สรุป

เนื้อหาในบทนี้นำเสนอการควบคุมความเร็วด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก ซึ่งประกอบไปด้วยการออกแบบตัวควบคุมฟัซซีลอจิก ได้แก่ การเลือกใช้รูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพ การออกแบบตัวแปรทางภาษาและค่าเชิงภาษา และการออกแบบกฎของฟัซซี ภายใต้วิธีการอนุมานฟัซซีแบบ Takagi-Sugeno และสร้างชุดควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการสร้างตัวควบคุมฟัซซีลอจิกทำงานร่วมกับอุปกรณ์แอนะล็อก โดยการนำเสนอคืออธิบายการออกแบบไปพร้อมกับการสร้างวงจรเพื่อทดสอบสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้การควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา จากนั้นจะนำชุดควบคุมที่สร้างขึ้นมาติดตั้งกับเครื่องรีดยางพารา ซึ่งรูปแบบการติดตั้งดังกล่าว ได้มีการยื่นจดสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์ เลขที่คำขอ 1602003083 นอกจากนี้ ยังได้นำเสนอการทดสอบการควบคุมความเร็วของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมความเร็ว ซึ่งจากผลการทดสอบ พบว่า การใช้ฟังก์ชันสมาชิกภาพรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าเชิงภาษาของอินพุต error จำนวน 5 ค่า และค่าเชิงภาษาของเอาต์พุต voltage จำนวน 5 ค่า โดยมีกฎฟัซซี 5 กฎ ภายใต้วิธีการอนุมานฟัซซีแบบ Takagi-Sugeno ที่มีการทำดีฟัซซีแบบการหาค่านำหนักเฉลี่ย ให้ผลการทดสอบการควบคุมความเร็วที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่มีโครงสร้างตามที่ได้จากการทดสอบดังกล่าวสำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราต่อไป แต่การนำเสนอในบทนี้ยังไม่ได้พิจารณาถึงตำแหน่งต่าง ๆ ของฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุตและเอาต์พุตของตัวควบคุมฟัซซีลอจิก ซึ่งตำแหน่งดังกล่าวมีผลอย่างมากต่อสมรรถนะการควบคุมความเร็ว การนำเสนอการออกแบบตำแหน่งของฟังก์ชันสมาชิกภาพดังกล่าวจะได้นำเสนอในบทต่อไป

บทที่ 5

การออกแบบตัวควบคุมฟuzzyลอจิกด้วยวิธีการใหม่

5.1 กล่าวนำ

การออกแบบตัวควบคุมฟuzzyลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราในบทที่ผ่านมา ได้นำเสนอการออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกด้วยวิธีลองผิดลองถูก ซึ่งวิธีดังกล่าวไม่มีหลักการพิจารณาค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมฟuzzyลอจิก และใช้เวลานานในการปรับแต่งค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเพื่อให้ได้ค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพที่เหมาะสม นอกจากนี้ การออกแบบด้วยวิธีลองผิดลองถูก จำเป็นต้องอาศัยความชำนาญและเข้าใจระบบเป็นอย่างดีในการออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุม ดังนั้น ในบทนี้ผู้วิจัยจึงได้คิดค้นและนำเสนอวิธีการใหม่สำหรับการออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกเพื่อใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา รายละเอียดการออกแบบตัวควบคุมฟuzzyลอจิกด้วยวิธีการใหม่สำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา จะนำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 5.2 สำหรับการทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมฟuzzyลอจิกที่ออกแบบด้วยวิธีการใหม่สามารถดูได้จากหัวข้อที่ 5.3

5.2 การออกแบบตัวควบคุมฟuzzyลอจิกสำหรับใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยวิธีการใหม่

5.2.1 การออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error ของตัวควบคุมฟuzzyลอจิก

การออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ x_1 ถึง x_{13} ของอินพุต error ในรูปที่ 4.34 ของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกด้วยวิธีการใหม่ จะใช้การคำนวณที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และไม่จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบ ซึ่งสามารถแบ่งการออกแบบเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่าความเร็วอ้างอิงกึ่งกลาง (N_{mean}^*) ดังสมการที่ (5-1)

$$N_{\text{mean}}^* = \frac{N_{\text{max}}^* - N_{\text{min}}^*}{2} \quad (5-1)$$

โดยที่ N_{max}^* คือ ความเร็วอ้างอิงสูงสุด (rpm)

N_{min}^* คือ ความเร็วอ้างอิงต่ำสุด (rpm)

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า (V_{mean}^*) โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์วัดความเร็ว (ได้จากการทดสอบในหัวข้อที่ 4.4.1 ของบทที่ 4) ดังสมการที่ (5-2)

$$V_{\text{mean}}^* = 0.001296N_{\text{mean}}^* + 0.03786 \quad (5-2)$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าความผิดพลาดสูงสุด (e_{max}) โดยใช้สมการที่ (5-3) เพื่อกำหนดขอบเขตความกว้างของตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกของอินพุต error

$$e_{\text{max}} = \frac{V_{\text{mean}}^*}{2} \quad (5-3)$$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพแบบสมมาตร x_1 ถึง x_{13} ของอินพุต error โดยอาศัยค่า e_{max} ที่ได้จากจำนวน แสดงได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error ของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกด้วยวิธีการใหม่

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}
$-e_{\text{max}}$	$\frac{-e_{\text{max}}}{2}$	$-e_{\text{max}}$	$\frac{-e_{\text{max}}}{2}$	0	$\frac{-e_{\text{max}}}{2}$	0	$\frac{e_{\text{max}}}{2}$	0	$\frac{e_{\text{max}}}{2}$	e_{max}	$\frac{e_{\text{max}}}{2}$	e_{max}

5.2.2 การออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมฟuzzy ลอจิก

การออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมฟuzzy ลอจิกที่มีวิธีการอนุมานฟuzzyแบบ Takagi-Sugeno จะมีรูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุตแบบแท่งตรงโทน แสดงได้ดังรูปที่ 4.35 ซึ่งการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ y_1 ถึง y_5 ด้วยวิธีการใหม่เป็นวิธีการคำนวณที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และไม่จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบ สามารถแบ่งการออกแบบเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่าแรงดันอินพุตของวงจรสร้างสัญญาณ PWM ที่ทำให้ค่าวัฏจักรหน้าที่เท่ากับ 0% (u_{\max}) และที่ค่าวัฏจักรหน้าที่เท่ากับ 100% (u_{\min}) โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวัฏจักรหน้าที่ และแรงดันอินพุตของวงจรสร้างสัญญาณ PWM ที่ได้จากทดสอบในหัวของที่ 4.4.3 ของบทที่ 4 แสดงได้ดังสมการที่ (5-4)

$$u = -0.02637d + 3.564 \quad (5-4)$$

โดยที่ u คือ ค่าแรงดันอินพุตของวงจรสร้างสัญญาณ PWM (โวลต์)
 d คือ ค่าวัฏจักรหน้าที่ (%)

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าตัวประกอบ D ค่าดังกล่าว คือ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอ้างอิงในรูปแรงดันไฟฟ้า (V^*) กับความเร็วสูงสุดในรูปแรงดันไฟฟ้า (V_{\max}^*) โดยค่าความเร็วในรูปแรงดันไฟฟ้างกล่าว จะใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์วัดความเร็ว ดังนั้นสามารถคำนวณค่าตัวประกอบ D ได้ดังสมการที่ (5-5)

$$D = \frac{V^*}{V_{\max}^*} \quad (5-5)$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าตัวประกอบปรับคูณตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต (U) ดังสมการที่ (5-6)

$$U = \left[\frac{u_{\max} - u_{\min}}{4} \right] D \quad (5-6)$$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ y_1 ถึง y_5 ของเอาต์พุต voltage โดยอาศัยค่า u_{\max} และ U ที่ได้จากการคำนวณในรูปสัญญาณดิจิทัล 12 บิต แสดงได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกด้วยวิธีการใหม่

y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
$u_{\max} - 4U$	$u_{\max} - 3U$	$u_{\max} - 2U$	$u_{\max} - U$	u_{\max}
$\frac{(u_{\max} - 4U) \times 4095}{5}$	$\frac{(u_{\max} - 3U) \times 4095}{5}$	$\frac{(u_{\max} - 2U) \times 4095}{5}$	$\frac{(u_{\max} - U) \times 4095}{5}$	$\frac{u_{\max} \times 4095}{5}$

หมายเหตุ : สัญญาณแอนะล็อกขนาด 5 โวลต์ เท่ากับสัญญาณดิจิทัลตัวเลข 4095

จากขั้นตอนการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกด้วยวิธีการใหม่ข้างต้น ลำดับต่อมาจะอธิบายการออกแบบตัวควบคุมฟuzzyลอจิกด้วยวิธีการใหม่สำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา โดยรายละเอียดต่าง ๆ อธิบายไว้ในหัวข้อถัดไป

5.2.3 การออกแบบตัวควบคุมฟuzzyลอจิกด้วยวิธีการใหม่สำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา

การออกแบบตัวควบคุมฟuzzyลอจิกด้วยวิธีการใหม่ตามที่ได้นำเสนอในหัวข้อที่ 5.2.1 และหัวข้อที่ 5.2.2 จะนำมาใช้ออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกสำหรับใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราในระบบที่พิจารณาดังรูปที่ 4.10 เมื่อทำการทดสอบระบบดังกล่าว พบว่า ความเร็วของเครื่องรีดยางพาราจะมีความเร็วสูงสุด 3105 rpm และความเร็วต่ำสุด 0 rpm จากข้อมูลความเร็วที่ได้จากการทดสอบข้างต้น สามารถดำเนินการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ x_1 ถึง x_{13} ของอินพุต error และตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ y_1 ถึง y_5 ของเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกด้วยวิธีการใหม่ ได้ดังต่อไปนี้

การออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error ของตัวควบคุมฟuzzyลอจิก

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่าความเร็วอ้างอิงกึ่งกลาง โดยจากการทดสอบพบว่า เครื่องรีดยางพารามีความเร็วสูงสุด เท่ากับ 3105 rpm และความเร็วต่ำสุด เท่ากับ 0 rpm ดังนั้น จากสมการที่ (5-1) จะได้ว่า ความเร็วอ้างอิงกึ่งกลางมีค่าเท่ากับ 1552.5 rpm แสดงได้ดังนี้

$$N_{\text{mean}}^* = \frac{3105 - 0}{2} = 1552.5 \text{ rpm}$$

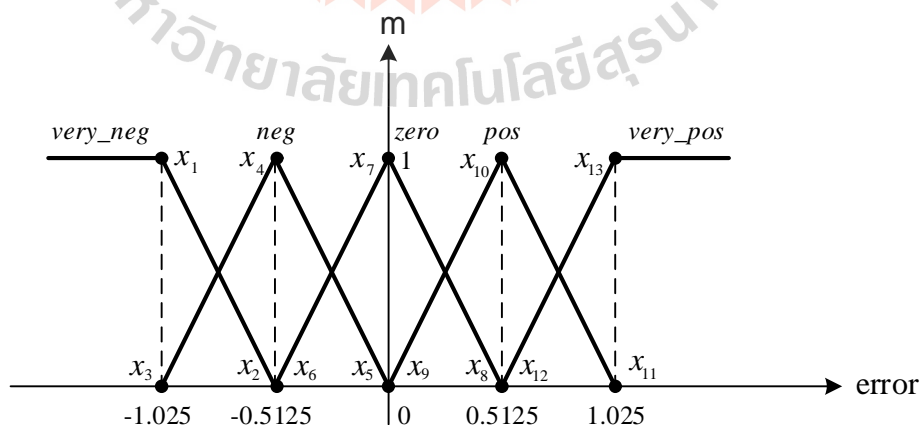
ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าแรงดันไฟฟ้า V_{mean}^* ด้วยความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์วัดความเร็ว โดยแทนค่าความเร็วอ้างอิงเท่ากับ 1552.5 rpm ลงในสมการที่ (5-2) จะได้ V_{mean}^* มีค่าเท่ากับ 2.05 V

$$V_{\text{mean}}^* = (0.001296 \times 1552.5) + 0.03786 = 2.05 \text{ V}$$

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่าความผิดพลาดสูงสุด โดยแทนค่าแรงดันไฟฟ้า V_{mean}^* เท่ากับ 2.05 โวลต์ ลงในสมการที่ (5-3) จะได้ค่าความผิดพลาดสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1.025 เพื่อใช้กำหนดขอบเขตความกว้างของตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error

$$e_{\text{max}} = \frac{2.05}{2} = 1.025$$

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพแบบสมมาตร x_1 ถึง x_{13} ของอินพุต error โดยแทนค่าความผิดพลาดสูงสุดเท่ากับ 1.025 ลงในตารางที่ 5.1 ซึ่งจะได้ผลการออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ x_1 ถึง x_{13} ดังรูปที่ 5.1 ($x_1 = x_3 = -1.025$, $x_2 = x_4 = x_6 = -0.5125$, $x_5 = x_7 = x_9 = 0$, $x_8 = x_{10} = x_{12} = 0.5125$, $x_{11} = x_{13} = 1.025$)



รูปที่ 5.1 ผลการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error ด้วยวิธีการใหม่

การออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมฟัซซี่
ลอจิก

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่าแรงดันอินพุตของวงจรสร้างสัญญาณ PWM ที่ทำให้ค่า
วัฏจักรหน้าที่เท่ากับ 0% และที่ค่าวัฏจักรหน้าที่เท่ากับ 100% โดยแทนค่าวัฏจักรหน้าที่เท่ากับ
0 และ 100 ลงในสมการที่ (5-3) จะได้ u_{\max} เท่ากับ 3.564 โวลต์ และ u_{\min} เท่ากับ 0.927 โวลต์
แสดงได้ดังนี้

$$u_{\max} = (-0.02637)(0) + 3.564 = 3.564 \text{ V}$$

$$u_{\min} = (-0.02637)(100) + 3.564 = 0.927 \text{ V}$$

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าตัวประกอบ D ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอ้างอิงใน
รูปแรงดันไฟฟ้ากับความเร็วสูงสุดในรูปแรงดันไฟฟ้า ยกตัวอย่างการควบคุมเครื่องรีดยางพาราที่
ความเร็วอ้างอิง 2500 rpm ดังนั้น ความเร็วอ้างอิงในรูปแรงดันไฟฟ้า และความเร็วสูงสุดในรูป
แรงดันไฟฟ้า สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์
วัดความเร็ว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.278 โวลต์ และ 4.1 โวลต์ ตามลำดับ จากนั้นทำการแทนค่า V^* เท่ากับ
3.278 โวลต์ และ V_{\max}^* เท่ากับ 4.1 โวลต์ ลงในสมการที่ (5-5) ผลการคำนวณจะได้ค่าตัวประกอบ
 D เท่ากับ 0.7995 แสดงได้ดังนี้

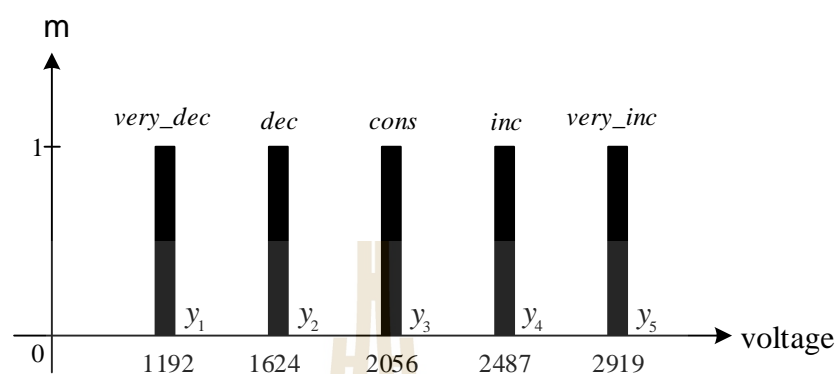
$$D = \frac{3.278}{4.1} = 0.7995$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าตัวประกอบปรับคูณตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต
voltage โดยแทนค่า u_{\max} เท่ากับ 3.564 โวลต์ u_{\min} เท่ากับ 0.927 โวลต์ และค่าตัวประกอบ D
เท่ากับ 0.7995 ลงในสมการที่ (5-6) จะได้ค่าตัวประกอบ U เท่ากับ 0.5271 แสดงได้ดังนี้

$$U = \left[\frac{3.564 - 0.927}{4} \right] 0.7995 = 0.5271$$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ y_1 ถึง y_5 ของเอาต์พุต
voltage โดยการแทนค่า u_{\max} เท่ากับ 3.564 โวลต์ และค่าตัวประกอบ U เท่ากับ 0.5271 โวลต์ ลง

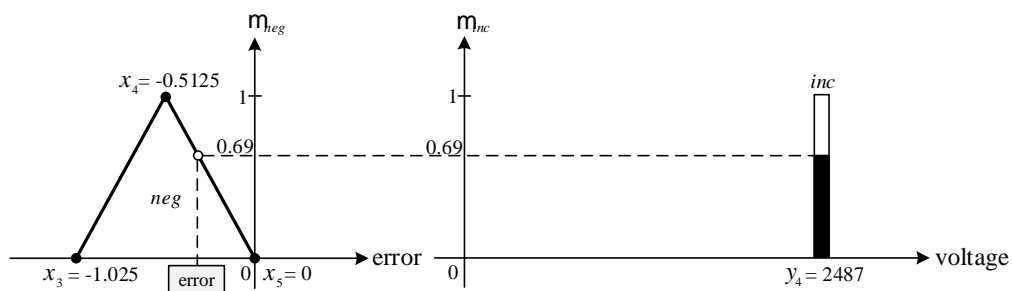
ในตารางที่ 5.2 ผลการออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ y_1 ถึง y_5 ดังรูปที่ 5.2 ($y_1 = 1192$, $y_2 = 1624$, $y_3 = 2056$, $y_4 = 2487$, $y_5 = 2919$)



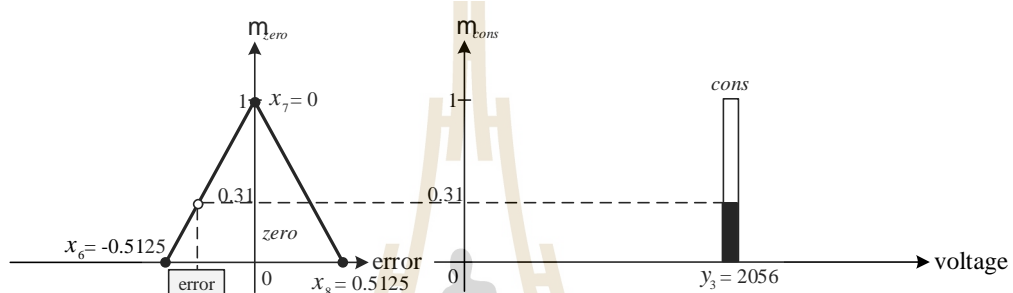
รูปที่ 5.2 ผลการออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ด้วยวิธีการใหม่

5.3 การทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟuzzy ลอจิกที่ออกแบบด้วยวิธีการใหม่

การทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา จะทำการทดสอบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมฟuzzy ลอจิกที่ออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพด้วยวิธีการใหม่ ซึ่งตัวควบคุมฟuzzy ลอจิกที่ใช้ในการทดสอบจะกำหนดให้อินพุต error และเอาต์พุต voltage มีค่าเชิงภาษาจำนวน 5 ค่า แสดงได้ดังตารางที่ 4.5 สำหรับโครงสร้างส่วนอื่นๆ ของตัวควบคุมฟuzzy ลอจิก เช่น รูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต voltage แสดงได้ดังรูปที่ 4.34 และรูปที่ 4.35 ตามลำดับ โดยใช้กฎของฟuzzy จำนวน 5 กฎ และวิธีการอนุมานฟuzzy จะใช้วิธีการอนุมานแบบ Takagi-Sugeno ที่มีการทำดีฟuzzy ด้วยวิธีหาค่าน้ำหนักเฉลี่ย สำหรับตัวอย่างการอนุมานฟuzzy ด้วยวิธี Takagi-Sugeno แสดงได้ดังรูปที่ 5.3 จากรูปดังกล่าว ได้พิจารณาในช่วงค่าความเร็ว N^* น้อยกว่า N ($N^* < N$) ซึ่งส่งผลให้ค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของอินพุต error อยู่ในกฎข้อที่ 2 และข้อที่ 3 ดังนั้น อินพุต error จึงมีค่าความเป็นสมาชิกภาพของอินพุตอยู่ในเซต *neg* และเซต *zero* โดยมีค่าความเป็นสมาชิกภาพในแต่ละเซตขึ้นอยู่กับฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยมดังสมการที่ (3-7) จากกฎของฟuzzy ที่ผู้ออกแบบได้กำหนดขึ้น ทำให้ได้ค่าความเป็นสมาชิกของเอาต์พุต voltage อยู่ในเซต *inc* และเซต *cons* ตามลำดับ ในกรณีอินพุตเดียวค่าระดับความเป็นสมาชิกภาพของเส้นตรงโทนขึ้นอยู่กับระดับค่าความเป็นสมาชิกภาพของอินพุต error แต่ถ้าวิจารณากรณีหลายอินพุตเงื่อนไขของแต่ละอินพุตจะถูกประเมินค่าความเป็นสมาชิกภาพด้วย

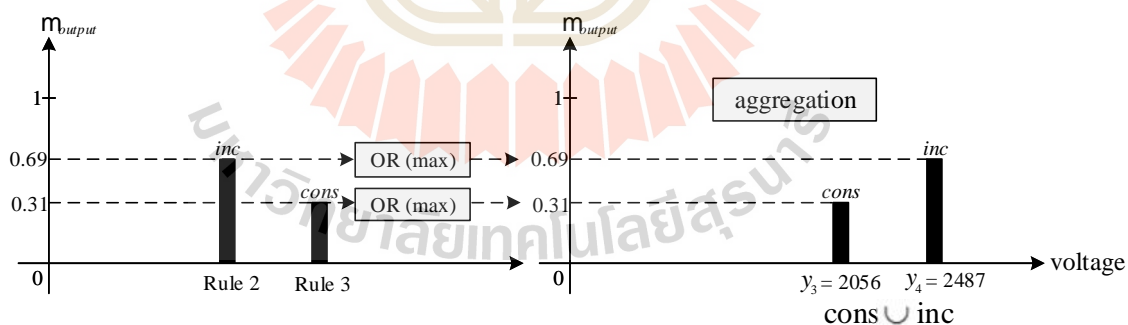


Rule 2: IF error = *neg* THEN voltage = *inc*



Rule 3: IF error = *zero* THEN voltage = *cons*

รูปที่ 5.3 การอนุมานฟัซซีด้วยวิธี Takagi-Sugeno



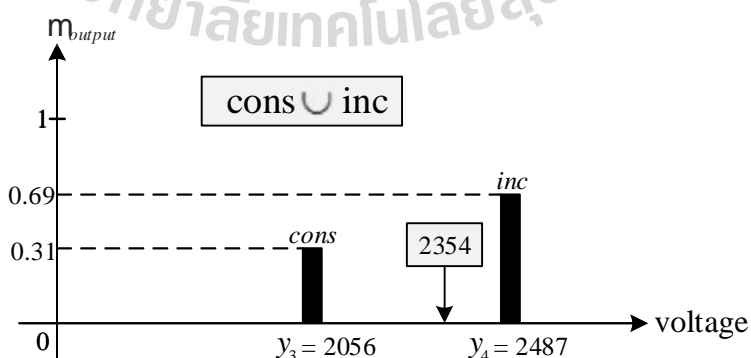
รูปที่ 5.4 การรวมกฎด้วยการอนุมานฟัซซีด้วยวิธี Takagi-Sugeno

ตัวกระทำของฟัซซีเซต เช่น AND หรือ OR ซึ่งในตัวอย่างดังกล่าวมีค่าของเซต *inc* และเซต *cons* ตรงกับค่าคงที่ y_4 และ y_3 ตามลำดับ จากนั้นดำเนินการรวมกฎ (aggregation) ได้ดังรูปที่ 5.4 การรวมกฎมีขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรก ทำการประมวลค่าความเป็นสมาชิกภาพของเอาต์พุตสำหรับแต่ละเซต (*inc*, *cons*) โดยใช้ตัวกระทำ OR เพื่อหาค่าความเป็นสมาชิกภาพของ

เอาต์พุตสูงสุดสำหรับแต่ละเซต ขั้นตอนที่สอง ทำการรวมผลลัพธ์ค่าความเป็นสมาชิกของเอาต์พุต สำหรับแต่ละเซตเข้าด้วยกันเป็นเซตเดียวด้วยตัวกระทำฟัซซีแบบยูเนียน เมื่อผ่านการรวมกฎเรียบร้อยแล้วจะทำหาค่าเอาต์พุตชัดเจน โดยทำดีฟัซซีด้วยวิธีค่าน้ำหนักเฉลี่ย สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (5-7) การคำนวณอ้างอิงผลจากการรวมกฎตามรูปที่ 5.4 และกำหนดให้ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage มีค่าตามการออกแบบด้วยวิธีใหม่ตามรูปที่ 5.3 ดังนั้น ผลเฉลยของค่าเอาต์พุตชัดเจน มีค่าเท่ากับ 2354 ซึ่งแสดงฟังก์ชันสมาชิกภาพของเอาต์พุต voltage ได้ ดังรูปที่ 5.5 ผลดังกล่าว อธิบายได้ว่า ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกได้ปรับเพิ่มค่าระดับแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต ให้มีค่า 2354 เพื่อลดค่าความเร็วจริง (N) ให้มีค่าใกล้เคียงกับความเร็วอ้างอิง (N^*)

$$\begin{aligned}
 x_{WA} &= \frac{\sum_{m=1}^m \sim(y_m) \times y_m}{\sum_{m=1}^m \sim(y_m)} & (5-7) \\
 &= \frac{(\sim(y_3) \times y_3) + (\sim(y_4) \times y_4)}{\sim(y_3) + \sim(y_4)} \\
 &= \frac{(0.31 \times 2056) + (0.69 \times 2487)}{0.31 + 0.69} \\
 &= 2354
 \end{aligned}$$

โดยที่ $\sim(y_m)$ คือ ค่าความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันสมาชิกเอาต์พุต
 y_m คือ ค่าคงของเอาต์พุตที่เป็นเส้นตรงโทน

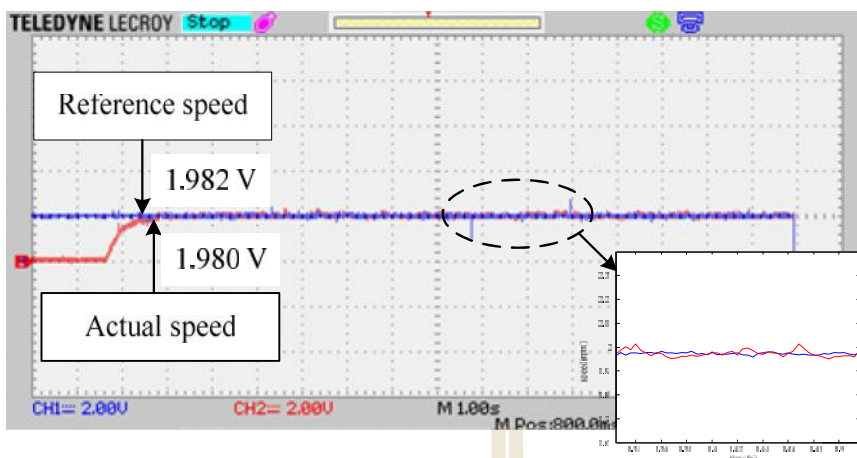


รูปที่ 5.5 ผลเฉลยการทำดีฟัซซีด้วยวิธีค่าน้ำหนักเฉลี่ย

การทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา จะใช้ค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่ได้จากการออกแบบด้วยวิธีการใหม่ แสดงได้ดังตารางที่ 5.3 โดยผลการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกในตารางที่ 5.3 สังเกตได้ว่า เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วอ้างอิงจะไม่ส่งผลต่อค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error เนื่องจากขั้นตอนการออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุตทั้ง 4 ขั้นตอนที่ได้นำเสนอมาข้างต้น ไม่ได้นำความเร็วอ้างอิงมาใช้ในการออกแบบ แต่ในกรณีของค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage จะเปลี่ยนแปลงตามความเร็วอ้างอิง เนื่องจากการออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุตในขั้นตอนที่ 2 มีการนำความเร็วอ้างอิงที่เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้ามาใช้ในการหาค่าตัวประกอบ U ซึ่งค่าตัวประกอบดังกล่าวจะส่งผลต่อค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ voltage จากการออกแบบตัวควบคุมฟัซซีลอจิกด้วยวิธีการที่นำเสนอข้างต้น สามารถนำไปสร้างตัวควบคุมฟัซซีลอจิกบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-MEGA 1280 โปรแกรมการควบคุมแสดงไว้ในภาคผนวก ข. เพื่อทดสอบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา โดยผลการทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราของจักรกลันและจักรดอก แสดงได้ดังรูปที่ 5.6 และรูปที่ 5.7 ตามลำดับ

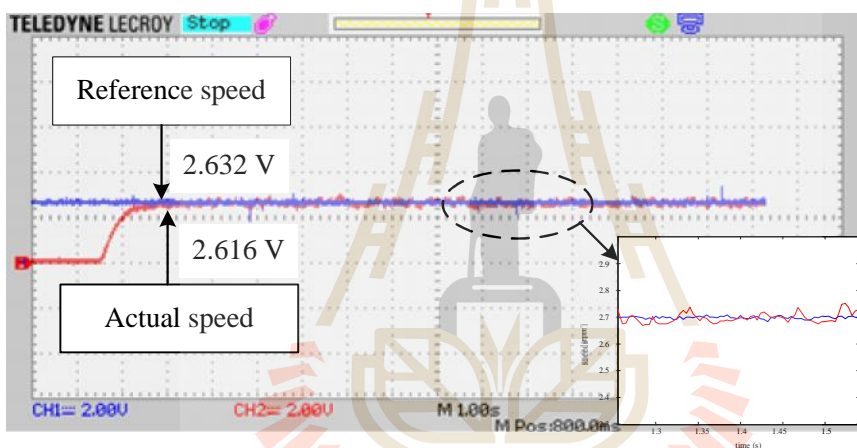
ตารางที่ 5.3 ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่ออกแบบด้วยวิธีการใหม่

ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error												
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}
-1.025	-0.5125	-1.025	-0.5125	0	-0.5125	0	0.5125	0	0.5125	1.025	0.5125	1.025
ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage												
$N^* = 2500$ rpm	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5							
	1192	1624	2056	2487	2919							
$N^* = 2000$ rpm	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5							
	1534	1880	2226	2573	2919							
$N^* = 1500$ rpm	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5							
	1875	2136	2397	26858	2919							



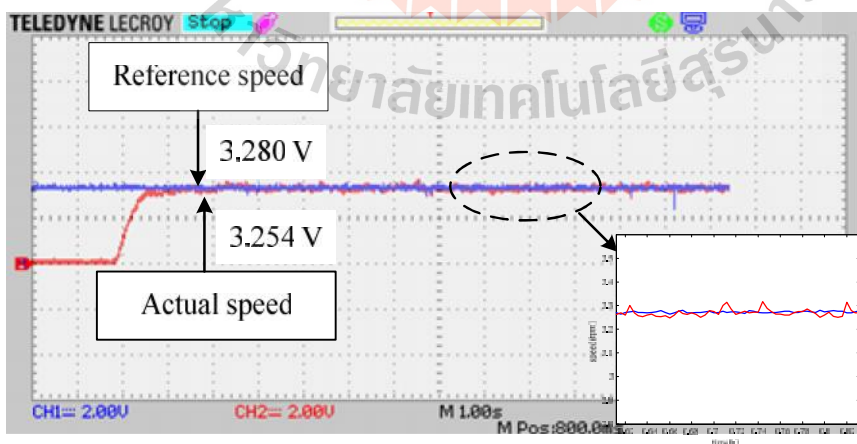
$N^* = 1500 \text{ rpm}$
 $N = 1499 \text{ rpm}$
 error = 0.067 %
 $T_s = 1.0 \text{ s}$

(ก) ความเร็วอ้างอิง 1500 rpm



$N^* = 2000 \text{ rpm}$
 $N = 1989 \text{ rpm}$
 error = 0.55 %
 $T_s = 1.0 \text{ s}$

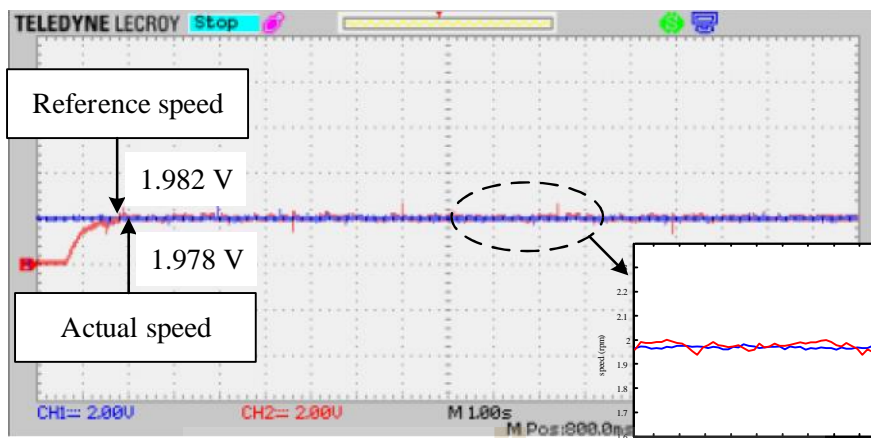
(ข) ความเร็วอ้างอิง 2000 rpm



$N^* = 2500 \text{ rpm}$
 $N = 2482 \text{ rpm}$
 error = 0.72 %
 $T_s = 1.0 \text{ s}$

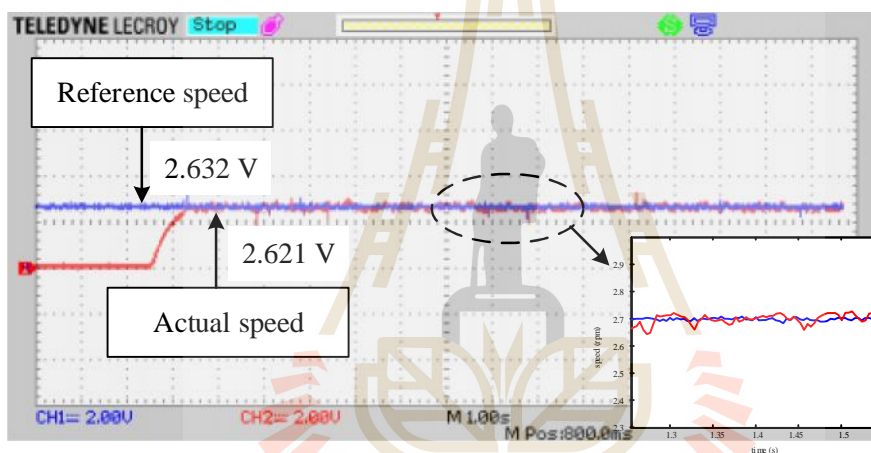
(ค) ความเร็วอ้างอิง 2500 rpm

รูปที่ 5.6 ผลการทดสอบตัวควบคุมพีซีลจิกของจักรลั่นที่ออกแบบด้วยวิธีการใหม่



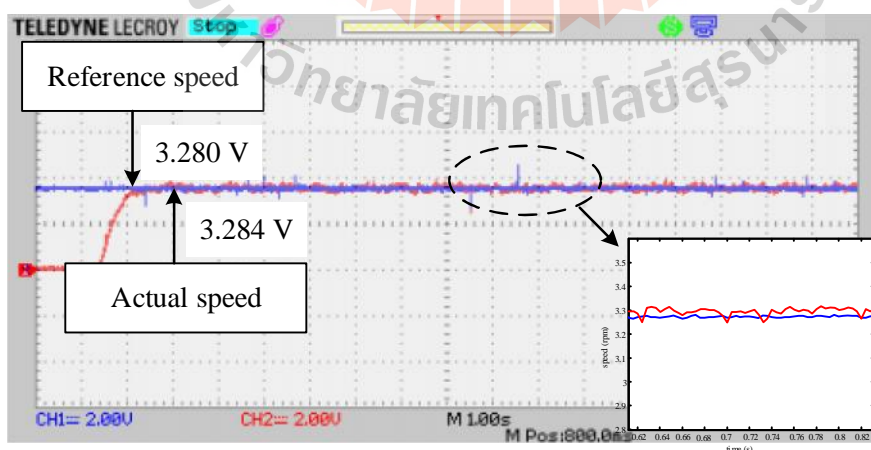
$N^* = 1500 \text{ rpm}$
 $N = 1497 \text{ rpm}$
 error = 0.20 %
 $T_s = 1.0 \text{ s}$

(ก) ความเร็วอ้างอิง 1500 rpm



$N^* = 2000 \text{ rpm}$
 $N = 1993 \text{ rpm}$
 error = 0.35 %
 $T_s = 1.0 \text{ s}$

(ข) ความเร็วอ้างอิง 2000 rpm

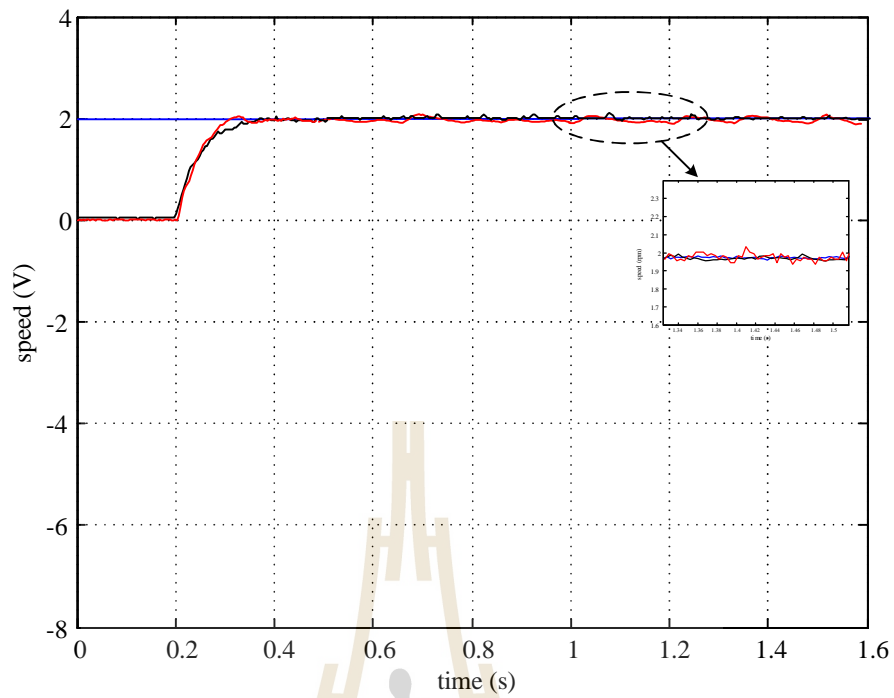


$N^* = 2500 \text{ rpm}$
 $N = 2505 \text{ rpm}$
 error = 0.20 %
 $T_s = 1.0 \text{ s}$

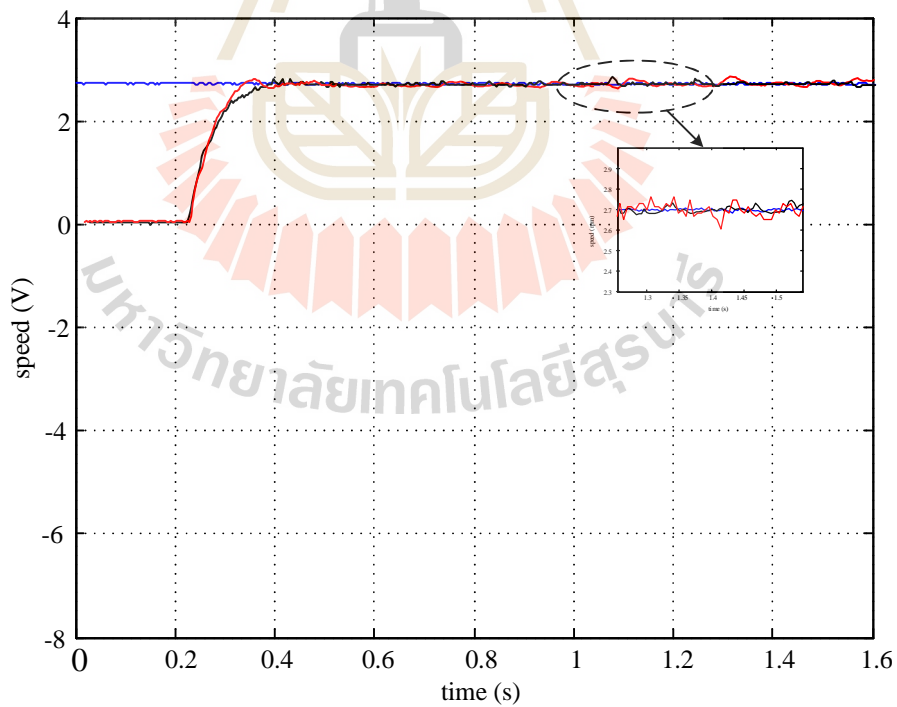
(ค) ความเร็วอ้างอิง 2500 rpm

รูปที่ 5.7 ผลการทดสอบตัวควบคุมพีชซีลอจิกของจักรดอกที่ออกแบบด้วยวิธีการใหม่

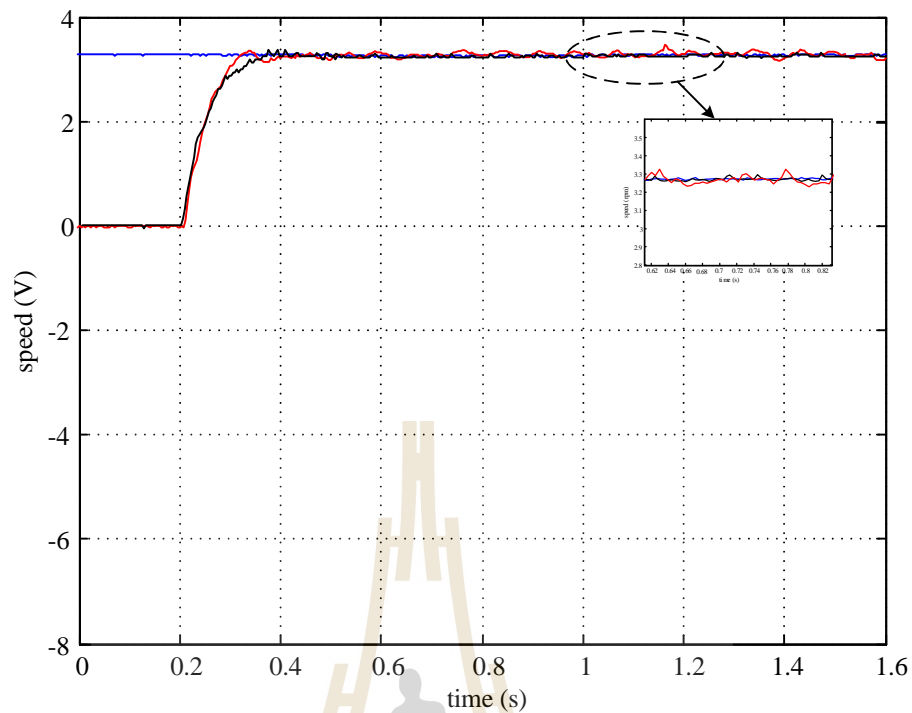
ผลการทดสอบในรูปที่ 5.6 สังเกตได้ว่า ผลการทดสอบที่ความเร็วอ้างอิงมีค่าเท่ากับ 1500 rpm ตามรูปที่ 5.6 (ก) พบว่า ผลตอบสนองที่สภาวะอยู่ตัวของความเร็วจริง (Actual speed) มีรูปสัญญาณที่ใกล้เคียงกับรูปสัญญาณความเร็วอ้างอิง (Reference speed) โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของความเร็วเท่ากับ 0.067 % และมีช่วงเวลาเข้าที่ (T_s) เท่ากับ 1.0 วินาที เมื่อพิจารณารูปสัญญาณแบบขยาย พบว่า รูปสัญญาณความเร็วจริงมีการกวัดแกว่งน้อยมาก ส่งผลให้แผ่นยางพารามีความบางสม่ำเสมอ สำหรับผลการทดสอบที่ความเร็วอ้างอิงมีค่าเท่ากับ 2000 rpm ตามรูปที่ 5.6 (ข) พบว่า ผลตอบสนองที่สภาวะอยู่ตัวของความเร็วจริง มีรูปสัญญาณที่ใกล้เคียงกับรูปสัญญาณความเร็วอ้างอิง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของความเร็วเท่ากับ 0.55 % และมีช่วงเวลาเข้าที่เท่ากับ 1.0 วินาที เมื่อพิจารณารูปสัญญาณแบบขยาย พบว่า รูปสัญญาณความเร็วจริงมีการกวัดแกว่งน้อยมาก ส่งผลให้แผ่นยางพารามีความบางสม่ำเสมอเช่นกัน และผลการทดสอบที่ความเร็วอ้างอิงมีค่าเท่ากับ 2500 rpm ตามรูปที่ 5.6 (ค) พบว่า ผลตอบสนองที่สภาวะอยู่ตัวของความเร็วจริง มีรูปสัญญาณที่ใกล้เคียงกับรูปสัญญาณความเร็วอ้างอิง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของความเร็วเท่ากับ 0.72 % และมีช่วงเวลาเข้าที่เท่ากับ 1.0 วินาที เมื่อพิจารณารูปสัญญาณแบบขยาย พบว่า รูปสัญญาณความเร็วจริงมีการกวัดแกว่งน้อยมาก ส่งผลให้แผ่นยางพารามีความบางสม่ำเสมอเช่นกัน จากผลการทดสอบควบคุมพีซีลอจิกที่ออกแบบด้วยวิธีการใหม่ตามรูปที่ 5.6 สามารถนำมาเปรียบเทียบกับสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารากรณีการออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีซีลอจิกด้วยวิธีการใหม่กับกรณีการออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีซีลอจิกด้วยวิธีลองผิดลองถูก แสดงได้ดังรูปที่ 5.8 โดยเส้นสีน้ำเงินแสดงรูปสัญญาณความเร็วอ้างอิง เส้นสีดำแสดงรูปสัญญาณความเร็วจริงกรณีการออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีซีลอจิกด้วยวิธีการใหม่ และเส้นสีแดงแสดงรูปสัญญาณความเร็วจริงกรณีการออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีซีลอจิกด้วยวิธีลองผิดลองถูก



(ก) ความเร็วอ้างอิง 1500 rpm



(ข) ความเร็วอ้างอิง 2000 rpm



(ค) ความเร็วอ้างอิง 2500 rpm

รูปที่ 5.8 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารากรณีการ
ออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกด้วยวิธีการใหม่กับกรณีการ
ออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกด้วยวิธีลองผิดลองถูก

ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกในรูปที่ 5.8 สามารถนำมาสรุปเป็น
ตารางการเปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารากรณีการออกแบบ
ฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกด้วยวิธีการใหม่กับกรณีการออกแบบฟังก์ชันสมาชิก
ภาพของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกด้วยวิธีลองผิดลองถูก ดังนี้

ตารางที่ 5.4 การเปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา กรณีการออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกด้วยวิธีการใหม่กับกรณีการออกแบบฟังก์ชันสมาชิกของภาพตัวควบคุมฟัซซีลอจิกด้วยวิธีลอมฟิดลอมถูก

วิธีการออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพ	ค่าความคลาดเคลื่อนของความเร็ว (%)				ช่วงเวลาเข้าที่ (วินาที)
	1500 rpm	2000 rpm	2500 rpm	เฉลี่ย	
วิธีลอมฟิดลอมถูก	0.13	0.30	2.84	1.09	0.9
วิธีการใหม่	0.067	0.55	0.72	0.45	1.0

จากตารางที่ 5.4 สังเกตได้ว่า การควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา กรณีตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่ออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต voltage ด้วยวิธีการใหม่ มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความเร็วต่ำกว่าโดยเท่ากับ 0.45 % ในขณะที่กรณีการออกแบบด้วยวิธีลอมฟิดลอมถูกมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความเร็วเท่ากับ 1.09 % สำหรับช่วงเวลาเข้าที่ พบว่า กรณีการออกแบบด้วยวิธีการใหม่ใช้เวลาเท่ากับ 1.0 วินาที ส่วนกรณีการออกแบบด้วยวิธีลอมฟิดลอมถูกใช้เวลาน้อยกว่าโดยเท่ากับ 0.9 วินาที และจากรูปที่ 5.8 จะเห็นได้ว่า กรณีการออกแบบด้วยวิธีการใหม่มีการกวัดแกว่งของความเร็วจริงน้อยกว่ากรณีการออกแบบด้วยวิธีลอมฟิดลอมถูก ส่งผลให้แผ่นยางพารามีความบางสม่ำเสมอ ในส่วนของช่วงเวลาเข้าที่การออกแบบด้วยวิธีการใหม่และการออกแบบด้วยวิธีลอมฟิดลอมถูกใช้เวลาใกล้เคียงกันไม่ต่างกันมาก โดยในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ได้ให้ความสำคัญที่ค่าความคลาดเคลื่อนของความเร็ว และการกวัดแกว่งของความเร็วจริงเป็นหลัก ดังนั้น การควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา โดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่ได้จากการออกแบบด้วยวิธีการใหม่ จึงมีสมรรถนะที่ดีในการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา และเป็นวิธีการออกแบบที่เหมาะสมกับระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราที่พิจารณา

5.4 สรุป

บทนี้ได้นำเสนอการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกด้วยวิธีการใหม่สำหรับนำไปใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา โดยการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพด้วยวิธีการใหม่นี้ มีข้อดี คือ วิธีการคำนวณง่าย ไม่ซับซ้อน และไม่จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบ ซึ่งตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่ออกแบบด้วยวิธีการดังกล่าว จะใช้ในการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา เพื่อให้แผ่นยางพารามีความหนาสม่ำเสมอ และลดภาระในเรื่องกำลังคนในการรีดยางพารา

นอกจากนี้ ได้นำเสนอการทดสอบการควบคุมความเร็วของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกที่ออกแบบด้วยวิธีการใหม่ เพื่อทดสอบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา และมีการเปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา กรณีการออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกด้วยวิธีการใหม่กับกรณีการออกแบบฟังก์ชันสมาชิกของภาพตัวควบคุมฟuzzyลอจิกด้วยวิธีลองผิดลองถูก โดยผลการทดสอบ พบว่า ตัวควบคุมฟuzzyลอจิกที่ได้จากการออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพด้วยวิธีการใหม่สามารถให้สมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราที่ดีกว่าตัวควบคุมฟuzzyลอจิกที่ได้จากการออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพด้วยวิธีลองผิดลองถูก โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของความเร็ว และการกวัดแกว่งของความเร็วจริงเป็นตัวชี้วัดสมรรถนะในการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา



บทที่ 6

การควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก แบบปรับตัว

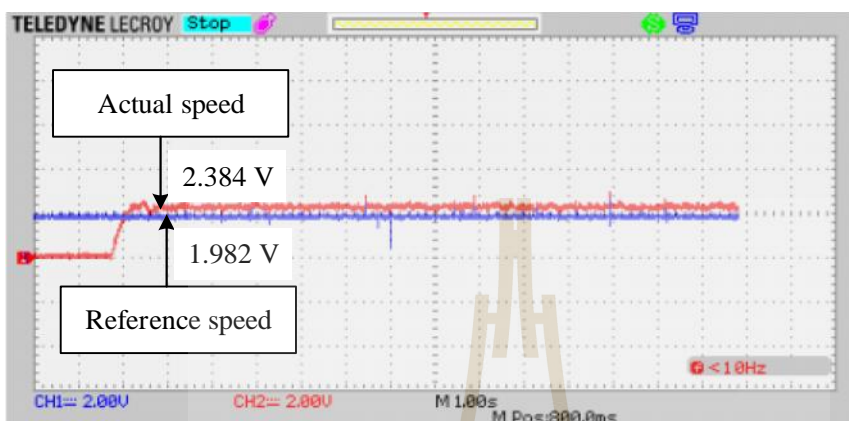
6.1 กล่าวนำ

การใช้งานเครื่องรีดยางพาราของเกษตรกรใช้ความเร็วในการรีดแผ่นยางพาราที่แตกต่างกันตามความถนัดของเกษตรกร ซึ่งความเร็วในการใช้งานที่แตกต่างกันจะทำให้ความเร็วอ้างอิงในการออกแบบตัวควบคุมพีซีลอจิกเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้การออกแบบตัวควบคุมพีซีลอจิกด้วยวิธีการใหม่ จะต้องทำการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีซีลอจิกใหม่ทุกครั้งที่ความเร็วอ้างอิงเปลี่ยนแปลง หากไม่มีการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีซีลอจิกใหม่ จะทำให้ความคลาดเคลื่อนระหว่างความเร็วอ้างอิงกับความเร็วจริงมีค่าสูง ส่งผลให้สมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราต่ำลง ด้วยเหตุนี้ จึงนำเสนอการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิกแบบปรับตัว ที่สามารถรองรับการใช้งานของเกษตรกรในการรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วแตกต่างกัน โดยไม่จำเป็นต้องออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีซีลอจิกใหม่ ตัวควบคุมพีซีลอจิกแบบปรับตัวดังกล่าวประกอบด้วย ตัวควบคุมพีซีลอจิก (ตามที่น่าสนใจในบทที่ 5) และพีซีช่วย โครงสร้างระบบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมพีซีลอจิกแบบปรับตัวจะนำเสนอในหัวข้อที่ 6.2 การออกแบบพีซีช่วยจะนำเสนอในหัวข้อที่ 6.3 สำหรับการทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมพีซีลอจิกแบบปรับตัวสามารถรายละเอียดได้ในหัวข้อที่ 6.4

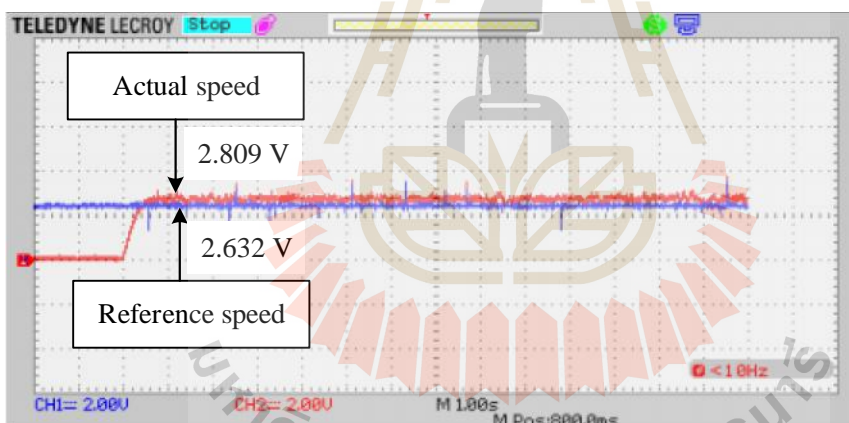
6.2 การควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมพีซีลอจิกแบบปรับตัว

การควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมพีซีลอจิกที่ออกแบบด้วยวิธีการใหม่ตามที่น่าสนใจในบทที่ 5 พบว่า เมื่อความเร็วอ้างอิงเปลี่ยนแปลงจะต้องออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมพีซีลอจิกใหม่ทุกครั้ง เนื่องจากค่าตัวประกอบปรับคูณตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต (U) มีการเปลี่ยนแปลง หากไม่มีการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ใหม่ จะทำให้ความคลาดเคลื่อนระหว่าง

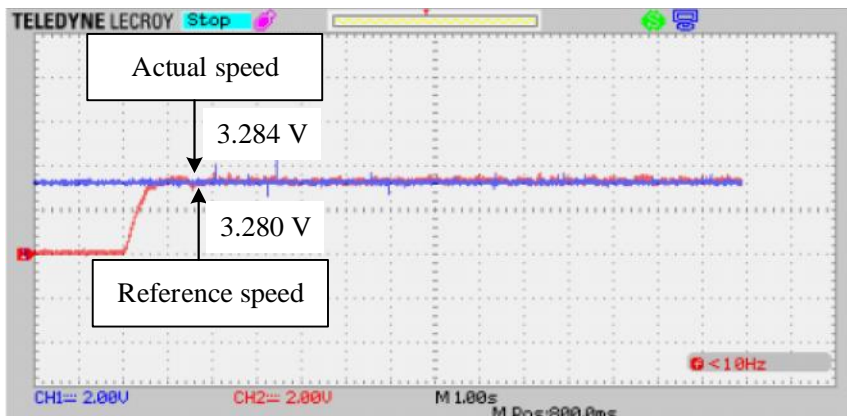
ความเร็วอ้างอิงกับความเร็วจริงมีค่าสูง แสดงได้คั้งผลการทดสอบรูปที่ 6.1 ซึ่งการทดสอบในรูปที่ 6.1 เป็นการทดสอบการควบคุมความเร็วของตัวควบคุมพีชซีลอจิกเมื่อออกแบบตัวควบคุมที่ความเร็วอ้างอิงเท่ากับ 2500 rpm



(ก) ความเร็วอ้างอิง 1500 rpm



(ข) ความเร็วอ้างอิง 2000 rpm



$$N^* = 2500 \text{ rpm}$$

$$N = 2505 \text{ rpm}$$

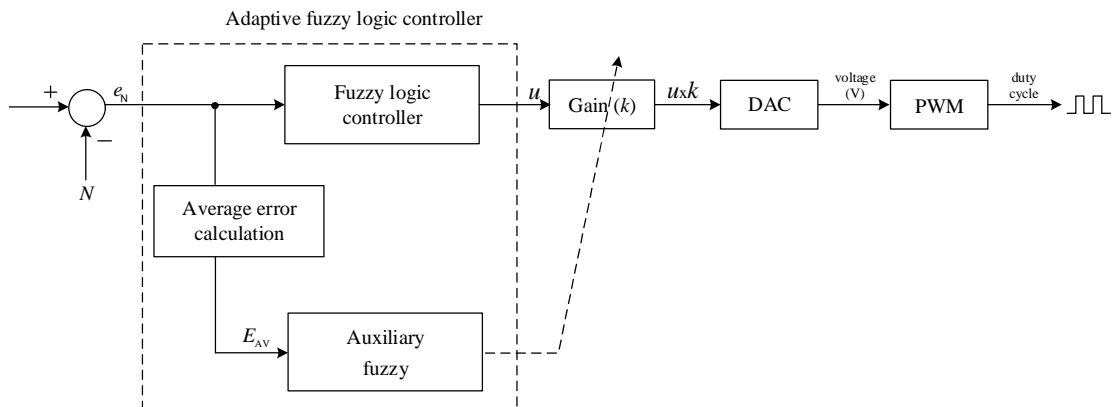
$$\text{error} = 0.20 \%$$

$$T_s = 1.0 \text{ s}$$

(ค) ความเร็วอ้างอิง 2500 rpm

รูปที่ 6.1 ผลการทดสอบการควบคุมความเร็วของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกเมื่อออกแบบตัวควบคุมที่ความเร็วอ้างอิงเท่ากับ 2500 rpm

จากรูปที่ 6.1 สังเกตได้ชัดว่าความคลาดเคลื่อนระหว่างความเร็วอ้างอิงกับความเร็วจริงที่ความเร็ว 1500 rpm และ 2000 rpm มีค่ามาก เนื่องจากค่าความเร็วอ้างอิงเปลี่ยนแปลงไปจากค่าความเร็วอ้างอิงที่ออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ไว้จากตอนเริ่มต้น เป็นผลให้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกมีสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราต่ำลง ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกแบบปรับตัว สำหรับรองรับการใช้งานของเกษตรกรในการรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วแตกต่างกัน โดยไม่จำเป็นต้องออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกใหม่ทุกครั้งเมื่อความเร็วอ้างอิงเปลี่ยนแปลง ซึ่งตัวควบคุมดังกล่าวทำให้สมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราดีขึ้นเมื่อความเร็วอ้างอิงมีการเปลี่ยนแปลง โดยตัวควบคุมฟัซซีลอจิกแบบปรับตัว (Adaptive fuzzy logic controller) ประกอบด้วย ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก (Fuzzy logic controller) และฟัซซีช่วย (Auxiliary fuzzy) ดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 ระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกแบบปรับตัว

จากรูปที่ 6.2 ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกจะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมหลักในการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา (การออกแบบตัวควบคุมฟัซซีลอจิกสำหรับระบบที่พิจารณาสามารถดูได้จากหัวข้อที่ 5.2.4 ในบทที่ 5) ส่วนฟัซซีช่วยจะทำหน้าที่ปรับค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมฟัซซีลอจิก (u) โดยการคำนวณหาค่าอัตราขยาย (k) เพื่อนำมาคูณกับแรงดันเอาต์พุตของตัวควบคุมฟัซซีลอจิก ค่าแรงดันไฟฟ้าง่ายจะถูกป้อนให้กับวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก สัญญาณแอนะล็อกที่ได้จะเข้าสู่วงจรสร้างสัญญาณ PWM เพื่อนำไปขับสวิตช์ของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี การทำงานของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกแบบปรับตัวจะเพิ่มสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราให้ดีขึ้นเมื่อความเร็วอ้างอิงมีการเปลี่ยนแปลง โดยแนวคิดการปรับค่าเอาต์พุตด้วยอัตราขยายได้มาจากการพิจารณาค่าตัวประกอบปรับคูณตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต (U) ที่เปลี่ยนแปลงตามความเร็วอ้างอิง สำหรับอินพุตของฟัซซีช่วย คือ ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของความเร็วทุก ๆ การทำงาน 5 รอบ (E_{AV}) เนื่องจากกำหนดให้ฟัซซีช่วยทำงานทุก ๆ 5 รอบ ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (6-1)

$$E_{AV} = \frac{\sum_{n=1}^N e_N(n)}{N} \quad (6-1)$$

โดยที่ N คือ จำนวนรอบการทำงาน สำหรับงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ใช้ N เท่ากับ 5

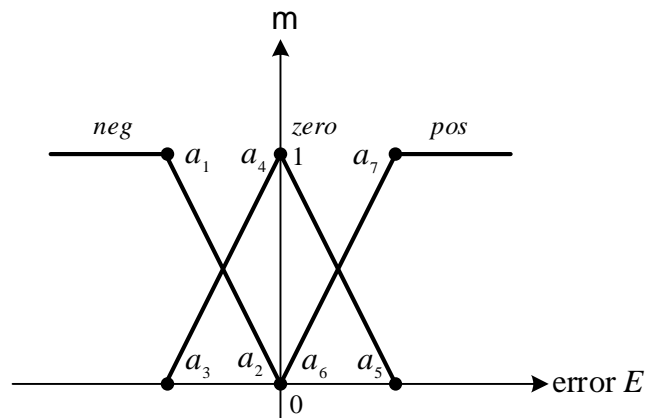
จากระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมฟuzzyลอจิกแบบปรับตัวข้างต้น มีรายละเอียดการออกแบบตัวควบคุมฟuzzyลอจิกแบบปรับตัว ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การออกแบบตัวควบคุมฟuzzyลอจิก และการออกแบบฟuzzyช่วย โดยการออกแบบตัวควบคุมฟuzzyลอจิกจะใช้หลักการออกแบบด้วยวิธีการใหม่ที่น่าสนใจไว้ในหัวข้อที่ 5.2.4 โดยกำหนดให้ค่าตัวประกอบ D มีค่าเท่ากับ 1 สำหรับการออกแบบฟuzzyช่วย จะมีรายละเอียดการออกแบบโครงสร้างและตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของฟuzzyช่วย อธิบายได้ในหัวข้อถัดไป

6.3 การออกแบบฟuzzyช่วย

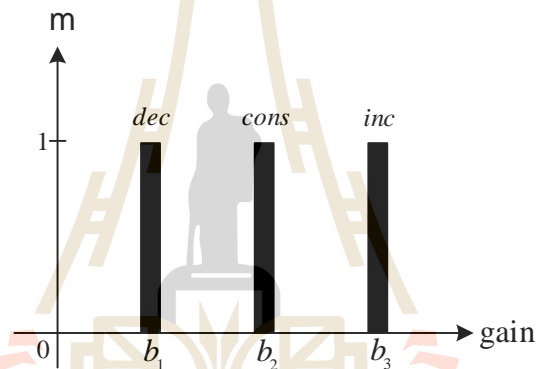
การออกแบบฟuzzyช่วยสำหรับคำนวณหาค่าอัตราขยาย เพื่อทำหน้าที่ปรับค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมฟuzzyลอจิก จะประกอบด้วย การออกแบบโครงสร้างของฟuzzyช่วย และการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของฟuzzyช่วย ซึ่งการออกแบบดังกล่าวจะพิจารณาให้ฟuzzyช่วยทำงานร่วมกับตัวควบคุมฟuzzyลอจิก และช่วยเพิ่มสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราเมื่อความเร็วอ้างอิงมีค่าเปลี่ยนแปลง รายละเอียดการออกแบบฟuzzyช่วยสามารถอธิบายได้ดังนี้

6.3.1 การออกแบบโครงสร้างของฟuzzyช่วย

การออกแบบโครงสร้างของฟuzzyช่วยจะยังคงเลือกใช้รูปแบบการอนุมานฟuzzyแบบ Takagi-Sugeno โดยประกอบด้วย ฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต $error E$ ที่มีรูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพรูปสามเหลี่ยม และฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต $gain$ ที่มีรูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพรูปแท่งตรง โทนตามหลักการอนุมานฟuzzyแบบ Takagi-Sugeno สำหรับค่าเชิงภาษาของฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต $error E$ ได้ทำการออกแบบให้มีจำนวน 3 ค่าเชิงภาษา ประกอบด้วย “neg” “zero” และ “pos” ส่วนค่าเชิงภาษาของฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต $gain$ จะออกแบบให้มีจำนวน 3 ค่าเชิงภาษาเช่นกัน คือ “dec” “cons” และ “inc” ดังแสดงในรูปที่ 6.3 และ 6.4 ตามลำดับ โดยความหมายของค่าเชิงภาษาดังกล่าวสามารถดูได้จากตารางที่ 6.1



รูปที่ 6.3 ฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error E ของฟัซซีช่วย



รูปที่ 6.4 ฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต gain ของฟัซซีช่วย

ตารางที่ 6.1 ตัวแปรทางภาษาและค่าเชิงภาษาของฟัซซีช่วย

ค่าของระบบ	ตัวแปรภาษาและความหมาย		ค่าเชิงภาษาและความหมาย	
	ตัวแปรภาษา	ความหมาย	ค่าเชิงภาษา	ความหมาย
อินพุต	error E (E_{AV})	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย ของความเร็วทุก ๆ การ ทำงาน 5 รอบ	<i>neg</i> (negative)	error $E < 0$ (น้อยกว่า)
			<i>zero</i>	error $E = 0$ (เท่ากับ)
			<i>pos</i> (positive)	error $E > 0$ (มากกว่า)
เอาต์พุต	gain (k)	ค่าอัตราขยาย	<i>dec</i> (decrease)	ลดลง
			<i>cons</i> (constant)	คงที่
			<i>inc</i> (increase)	เพิ่มขึ้น

การออกแบบกฎของฟuzzyช่วยสำหรับใช้คำนวณหาค่าอัตราขยาย ได้ออกแบบกฎของฟuzzyตามจำนวนค่าเชิงภาษาของฟuzzyช่วย ดังนั้น กฎของฟuzzyช่วยที่ใช้จึงมีจำนวน 3 กฎ ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

กฎข้อที่ 1	IF error = <i>neg</i>	THEN gain = <i>inc</i>
กฎข้อที่ 2	IF error = <i>zero</i>	THEN gain = <i>cons</i>
กฎข้อที่ 3	IF error = <i>pos</i>	THEN gain = <i>dec</i>

จากกฎของฟuzzyที่ได้ออกแบบสำหรับใช้คำนวณหาค่าอัตราขยายทั้ง 3 กฎ อธิบายความหมายได้ดังนี้

ความหมายของกฎข้อที่ 1 ถ้าค่าอินพุต error E มีค่าเท่ากับ *neg* แล้ว กำหนดให้ค่าเอาต์พุต gain เท่ากับ *inc* ซึ่งหมายความว่า ถ้า error E น้อยกว่า 0 จะกำหนดให้ลดค่าแรงดันอินพุตของมอเตอร์ โดยการเพิ่มอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต เพื่อลดค่าวัฏจักรหน้าที

ความหมายของกฎข้อที่ 2 ถ้าค่าอินพุต error E มีค่าเท่ากับ *zero* แล้ว กำหนดให้ค่าเอาต์พุต gain เท่ากับ *cons* ซึ่งหมายความว่า ถ้า error E เท่ากับ 0 จะกำหนดให้คงค่าแรงดันอินพุตของมอเตอร์ โดยการคงค่าอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต เพื่อคงค่าวัฏจักรหน้าที

ความหมายของกฎข้อที่ 3 ถ้าค่าอินพุต error E มีค่าเท่ากับ *pos* แล้ว กำหนดให้ค่าเอาต์พุต gain เท่ากับ *dec* ซึ่งหมายความว่า ถ้า error E มากกว่า 0 จะกำหนดให้เพิ่มค่าแรงดันอินพุตของมอเตอร์ โดยการลดอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต เพื่อเพิ่มค่าวัฏจักรหน้าที

หลังจากผ่านกระบวนการประเมินและรวมกฎของฟuzzyตามที่ได้ออกแบบไว้ข้างต้น การคำนวณหาค่าเอาต์พุตชัดเจนของอัตราขยาย จะใช้การทำฟuzzyแบบวิธีการหาค่าน้ำหนักเฉลี่ย ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (6-2) ดังนี้

$$\text{gain} = \frac{\sum_{m=1}^3 \sim(b_m) \times b_m}{\sum_{m=1}^3 \sim(b_m)} \quad (6-2)$$

โดยที่ $\sim(b_m)$ คือ ค่าความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต gain

k_m คือ ค่าคงที่ของเอาต์พุต gain ที่เป็นเส้นตรงโทน

6.3.2 การออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของฟuzzyช่วย

การออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ a_1 ถึง a_7 ของอินพุต error E ในรูปที่ 6.3 และตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ b_1 ถึง b_3 ของเอาต์พุต gain ในรูปที่ 6.4 ของฟuzzyช่วย จะใช้วิธีการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพแบบสมมาตร ซึ่งสามารถอธิบายขั้นตอนการออกแบบได้ดังต่อไปนี้

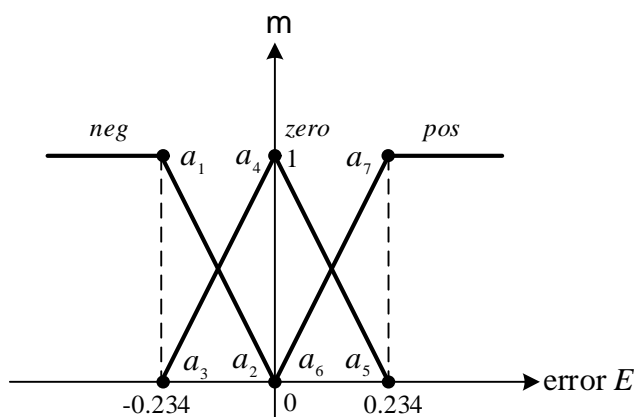
ขั้นตอนที่ 1 คำนวณขนาดค่าความผิดพลาดสูงสุด (E_{\max}) แสดงได้ดังสมการที่ (6-3) ซึ่งพิจารณาจากความเร็วอ้างอิงสูงสุด (N_{\max}^*) และความเร็วจริงสูงสุด (N_{\max}) จากการทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราที่ความเร็วอ้างอิงสูงสุด โดยใช้ตัวควบคุมฟuzzyลอจิกที่ออกแบบไว้ข้างต้น

$$E_{\max} = \frac{N_{\max}^* - N_{\max}}{N_{\max}^*} \quad (6-3)$$

การควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิกที่ได้ ออกแบบไว้ข้างต้น เมื่อกำหนดความเร็วอ้างอิงสูงสุดมีค่าเท่ากับ 3105 rpm ผลการควบคุมความเร็ว โดยใช้ตัวควบคุมฟuzzyลอจิกจะมีค่าความเร็วจริงสูงสุดเท่ากับ 2380 rpm ดังนั้น การคำนวณค่า คำนวณขนาดค่าความผิดพลาดสูงสุด สำหรับใช้ออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error E ของฟuzzyช่วย ตามสมการที่ (6-3) มีค่าเท่ากับ 0.234 แสดงได้ดังนี้

$$E_{\max} = \frac{3105 - 2380}{3105} = 0.234$$

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพแบบสมมาตร a_1 ถึง a_7 ของอินพุต error E โดยแทนค่าความผิดพลาดสูงสุดเท่ากับ 0.234 ลงในตารางที่ 6.2 ซึ่งจะได้ผลการออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ a_1 ถึง a_7 ดังรูปที่ 6.5 ($a_1 = a_3 = -0.234$, $a_2 = a_4 = a_6 = 0$, $a_5 = a_7 = 0.234$)



รูปที่ 6.5 ผลการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error E ของฟัซซี่ช่วย

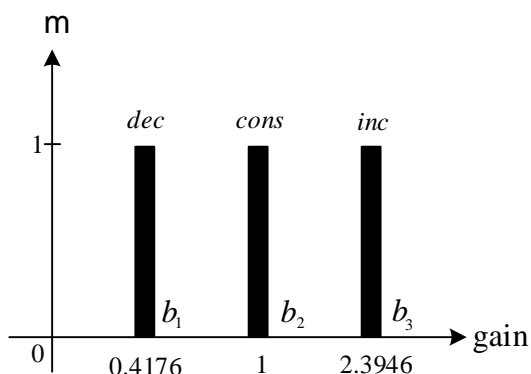
ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าอัตราขยายน้อยที่สุด ($gain_{min}$) สำหรับใช้กำหนดเป็นขอบเขตต่ำสุดของตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต gain ดังสมการที่ (6-4) ซึ่งพิจารณาจากตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ค่ากึ่งกลาง (y_{mean}) และค่าต่ำสุด (y_{min}) จากการออกแบบตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิกที่ออกแบบไว้ข้างต้น

$$gain_{min} = \frac{y_{min}}{y_{mean}} \quad (6-4)$$

จากการออกแบบตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิก จะได้ค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage กึ่งกลางเท่ากับเท่ากับ y_3 ซึ่งมีค่า 1863 และค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ต่ำสุดเท่ากับเท่ากับ y_1 ซึ่งมีค่า 778 ดังนั้น การคำนวณค่าอัตราขยายน้อยที่สุด สำหรับใช้กำหนดเป็นขอบเขตต่ำสุดของตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต gain ตามสมการที่ (6-4) มีค่าเท่ากับ 0.4176 แสดงได้ดังนี้

$$gain_{min} = \frac{788}{1863} = 0.4176$$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ b_1 ถึง b_3 ของเอาต์พุต gain โดยแทนค่าอัตราขยายน้อยที่สุดเท่ากับ 0.4176 โวลต์ ลงในตารางที่ 6.2 ซึ่งจะได้ผลการออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ b_1 ถึง b_3 ดังรูปที่ 6.6 ($b_1 = 0.4176, b_2 = 1, b_3 = 2.3946$)



รูปที่ 6.6 ผลการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต gain ของฟuzzyช่วย

ตารางที่ 6.2 ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุตและเอาต์พุตของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกแบบปรับตัว

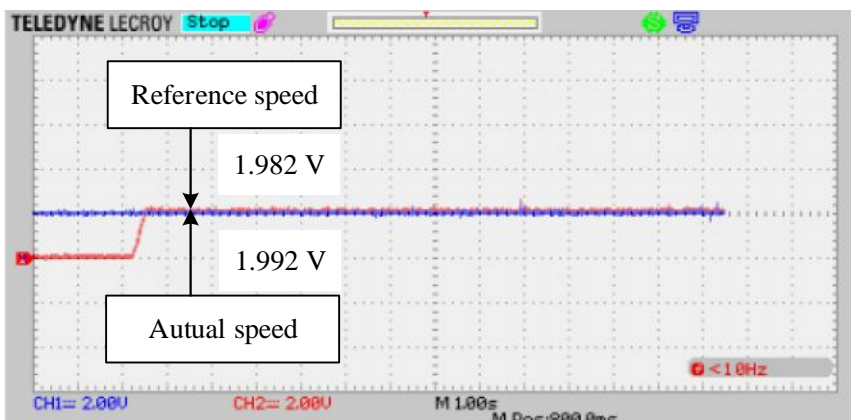
ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error ของตัวควบคุมฟuzzyลอจิก												
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}
-1.025	-0.5125	-1.025	-0.5125	0	-0.5125	0	0.5125	0	0.5125	1.025	0.5125	1.025
ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมฟuzzyลอจิก												
y_1		y_2		y_3		y_4		y_5				
778		1321		1863		2406		2949				
ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error E ของฟuzzyช่วย												
a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7						
$-E_{\max}$	0	$-E_{\max}$	0	E_{\max}	0	E_{\max}						
-0.234	0	-0.234	0	0.234	0	0.234						
ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต gain ของฟuzzyช่วย												
b_1		b_2				b_3						
gain _{min}		1				1/gain _{min}						
0.4176		1				2.3946						

จากผลการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุตและเอาต์พุตของตัวควบคุมฟuzzyลอจิกแบบปรับตัวในตารางที่ 6.2 สามารถนำไปสร้างตัวควบคุมฟuzzyลอจิกแบบปรับตัวบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-MEGA 1280 (โปรแกรมการควบคุมแสดงไว้ในภาคผนวก ค.) เพื่อ

ทดสอบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา โดยการทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมพีซีลจิกแบบปรับตัว สามารถอธิบายรายละเอียดได้ในหัวข้อถัดไป

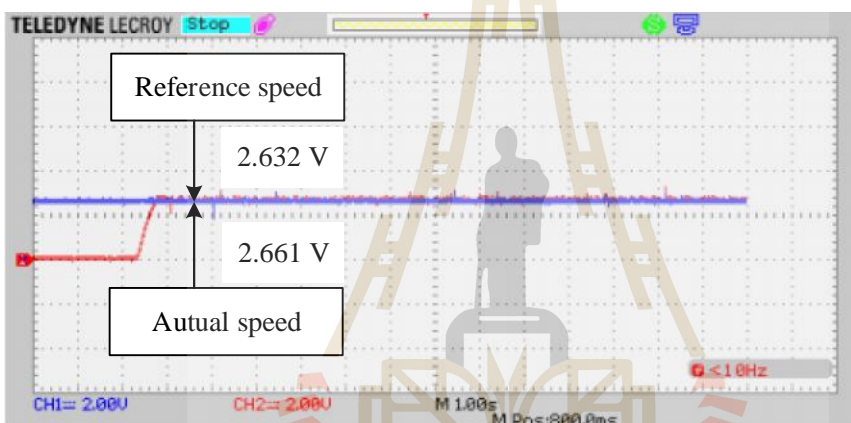
6.4 การทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมพีซีลจิกแบบปรับตัว

การทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา จะทำการทดสอบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมพีซีลจิกแบบปรับตัว ซึ่งตัวควบคุมพีซีลจิกแบบปรับตัวที่ใช้ในการทดสอบ มีโครงสร้างของตัวควบคุมพีซีลจิกที่ออกแบบไว้ในบทที่ 5 และโครงสร้างของพีซีช่วยที่ออกแบบไว้ในหัวข้อที่ 6.3.1 สำหรับค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิก ภาพอินพุตและเอาต์พุตของตัวควบคุมพีซีลจิกแบบปรับตัว จะกำหนดให้มีค่าตามผลการออกแบบในตารางที่ 6.2 ผลการทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราของจักรลื่นและจักรดอก โดยใช้ตัวควบคุมพีซีลจิกแบบปรับตัว แสดงได้ดังรูปที่ 6.7 และรูปที่ 6.8 ตามลำดับ



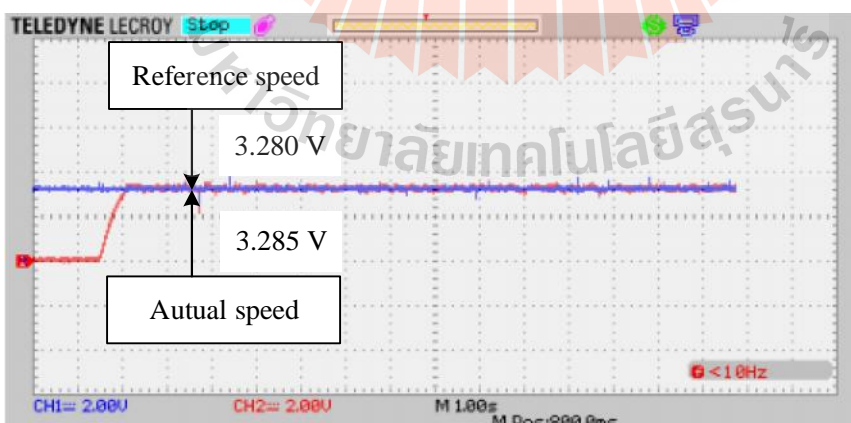
$N^* = 1500 \text{ rpm}$
 $N = 1508 \text{ rpm}$
 error = 0.53 %
 $T_s = 1.0 \text{ s}$

(ก) ความเร็วอ้างอิง 1500 rpm



$N^* = 2000 \text{ rpm}$
 $N = 2024 \text{ rpm}$
 error = 1.2 %
 $T_s = 1.0 \text{ s}$

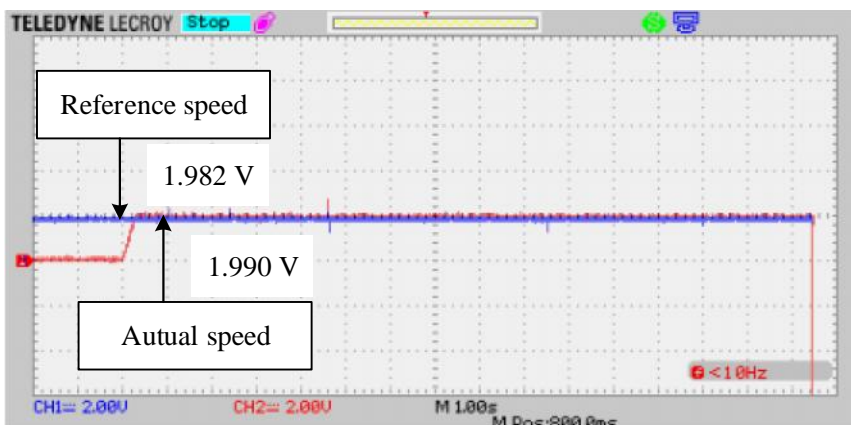
(ข) ความเร็วอ้างอิง 2000 rpm



$N^* = 2500 \text{ rpm}$
 $N = 2506 \text{ rpm}$
 error = 0.24 %
 $T_s = 1.0 \text{ s}$

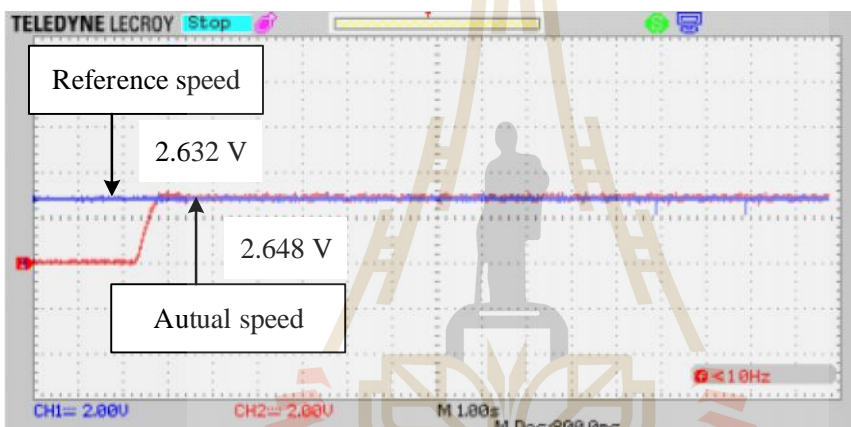
(ค) ความเร็วอ้างอิง 2500 rpm

รูปที่ 6.7 ผลการทดสอบตัวควบคุมพีชซีลอจิกแบบปรับตัวของจักรลื่น



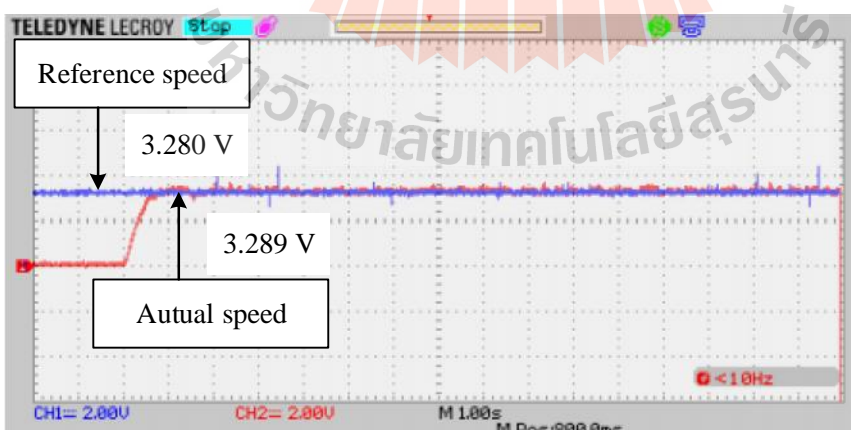
$N^* = 1500 \text{ rpm}$
 $N = 1506 \text{ rpm}$
 error = 0.40 %
 $T_s = 1.0 \text{ s}$

(ก) ความเร็วอ้างอิง 1500 rpm



$N^* = 2000 \text{ rpm}$
 $N = 2014 \text{ rpm}$
 error = 0.70 %
 $T_s = 1.0 \text{ s}$

(ข) ความเร็วอ้างอิง 2000 rpm



$N^* = 2500 \text{ rpm}$
 $N = 2509 \text{ rpm}$
 error = 0.36 %
 $T_s = 1.0 \text{ s}$

(ค) ความเร็วอ้างอิง 2500 rpm

รูปที่ 6.8 ผลการทดสอบตัวควบคุมฟuzzyลอจิกแบบปรับตัวของจักรดอก

จากผลการทดสอบในรูปที่ 6.7 และรูปที่ 6.8 สามารถนำมาสรุปเป็นตารางการเปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา กรณีใช้ตัวควบคุมพีชชีลจิกที่ออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีชชีลจิกด้วยวิธีการใหม่เมื่อออกแบบตัวควบคุมที่ความเร็วอ้างอิงเท่ากับ 2500 rpm กับกรณีใช้ตัวควบคุมพีชชีลจิกแบบปรับตัว ดังนี้

ตารางที่ 6.3 การเปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา กรณีใช้ตัวควบคุมพีชชีลจิกที่ออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีชชีลจิกด้วยวิธีการใหม่กรณีใช้ตัวควบคุมพีชชีลจิกแบบปรับตัว

ชนิดตัวควบคุม	ค่าความคลาดเคลื่อนของความเร็ว (%)				ช่วงเวลาเข้าที่ (วินาที)
	1500 rpm	2000 rpm	2500 rpm	เฉลี่ย	
ตัวควบคุมพีชชีลจิกด้วยวิธีการใหม่	20.67	6.90	0.20	9.26	1.0
ตัวควบคุมพีชชีลจิกแบบปรับตัว	0.53	1.20	0.24	0.66	1.0

จากตารางที่ 6.3 สังเกตได้ว่า การควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา กรณีใช้ตัวควบคุมพีชชีลจิกแบบปรับตัว มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความเร็วน้อยกว่าโดยเท่ากับ 0.66 % ในขณะที่กรณีใช้ตัวควบคุมพีชชีลจิกที่ออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีชชีลจิกด้วยวิธีการใหม่ มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความเร็วเท่ากับ 9.26 % และสำหรับช่วงเวลาเข้าที่พบว่า กรณีใช้ตัวควบคุมพีชชีลจิกแบบปรับตัวใช้เวลาเท่ากับกับกรณีใช้ตัวควบคุมพีชชีลจิกที่ออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีชชีลจิกด้วยวิธีการใหม่ โดยเท่ากับ 1.0 วินาที และจากรูปที่ 6.7 จะเห็นได้ว่า กรณีใช้ตัวควบคุมพีชชีลจิกแบบปรับตัวมีการกวัดแกว่งของความเร็วจริงน้อยมาก ส่งผลให้แผ่นยางพาราที่มีความบางสม่ำเสมอ และตัวควบคุมพีชชีลจิกแบบปรับตัวที่นำเสนอให้สมรรถนะที่ดีในการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราเมื่อความเร็วอ้างอิงมีการเปลี่ยนแปลง โดยไม่จำเป็นต้องออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพใหม่ เมื่อความเร็วรอบอ้างอิงมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น ตัวควบคุมพีชชีลจิกแบบปรับตัวที่สร้างขึ้นเหมาะสมกับระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราที่พิจารณา และสามารถรองรับการใช้งานของเกษตรกรในการรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วแตกต่างกัน

6.5 สรุป

การใช้งานเครื่องรีดยางพาราของเกษตรกรมีการใช้ความเร็วในการรีดแผ่นยางพาราที่แตกต่างกันตามความถนัดของเกษตรกร จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องอาศัยการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราที่สามารถปรับตัวได้ ทั้งนี้เพื่อให้การควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารามีประสิทธิภาพที่ดี และรองรับการใช้งานของเกษตรกรในการรีดแผ่นยางพารา โดยไม่จำเป็นต้องทำการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพใหม่ทุกครั้งเมื่อความเร็วอ้างอิงเปลี่ยนแปลง ในบทนี้ได้นำเสนอการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกแบบปรับตัว ประกอบด้วย ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกและฟัซซีช่วย นอกจากนี้ ยังได้นำเสนอการทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกแบบปรับตัว เพื่อทดสอบสมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา ผลการทดสอบระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราที่พิจารณา พบว่า ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกแบบปรับตัวให้สมรรถนะที่ดีในการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราเมื่อความเร็วอ้างอิงมีการเปลี่ยนแปลง โดยไม่จำเป็นต้องออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพใหม่ ดังนั้น ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกแบบปรับตัวที่สร้างขึ้นจึงเหมาะสมกับระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราที่พิจารณา และสามารถรองรับการใช้งานของเกษตรกรในการรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วแตกต่างกัน

บทที่ 7

การหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา

7.1 กล่าวนำ

การรีดแผ่นยางพาราของเกษตรกรไม่สามารถควบคุมความหนาของแผ่นยางพาราได้โดยตรง เนื่องจากเกษตรกรควบคุมความหนาของแผ่นยางพาราโดยการปรับระยะระหว่างลูกรีดของเครื่องรีดยางพารา แต่ความหนาของแผ่นยางพารานั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับระยะระหว่างลูกรีดของเครื่องรีดยางพาราเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับความเร็วของลูกรีดด้วย เนื่องจากความเร็วในการหมุนของลูกรีด ทำให้เกิดการแกว่งของลูกรีดทำให้ระยะระหว่างลูกรีดแคบลง ส่งผลให้แผ่นยางพาราที่รีดบางลงด้วย ซึ่งความบางของแผ่นยางพาราสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะความบางของแผ่นยางพารามีผลต่อราคาซื้อขายแผ่นยางพาราตามท้องตลาด ดังนั้น ในบทนี้ได้นำเสนอการหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา โดยใช้วิธีการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบตาบูลูเชิงปรับตัว โดยมีวัตถุประสงค์การค้นหา คือ ความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการขับเคลื่อนมอเตอร์ของเครื่องรีดยางพารา เพื่อให้ได้กำไรในการขายแผ่นยางพารามากที่สุด โดยพลังงานที่ใช้ต้องคุ้มค่าที่สุด ซึ่งค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการค้นหาด้วยวิธีตาบูลูเชิงปรับตัว จะใช้เป็นความเร็วอ้างอิงของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าที่ควบคุมด้วยตัวควบคุมพีซีซีลอจิก ดังนั้นจึงเรียกเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าง่าว่า เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ โดยวิธีการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบตาบูลูเชิงปรับตัวจะนำเสนอในหัวข้อที่ 7.2 การหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพาราโดยใช้วิธีการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบตาบูลูเชิงปรับตัวจะนำเสนอในหัวข้อที่ 7.3 สำหรับการทดสอบรีดแผ่นยางพาราโดยใช้ค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการค้นหาแบบตาบูลูเชิงปรับตัวจะนำเสนอในหัวข้อที่ 7.4

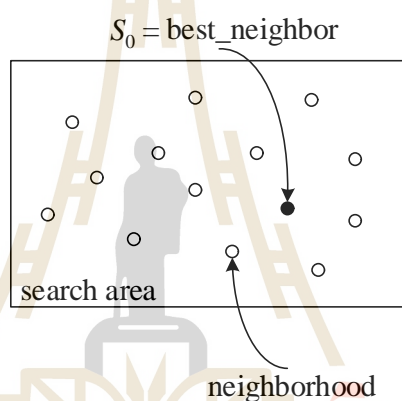
7.2 วิธีการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบตาบูลูเชิงปรับตัว

การค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบตาบูลูเชิงปรับตัว (Adaptive Tabu Search : ATS) เป็นวิธีการค้นหาค่าพารามิเตอร์ทางปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent : AI) ที่พัฒนามาจากวิธีการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบตาบูลู (Tabu Search : TS) เพื่อเพิ่มสมรรถนะการค้นหาให้ดียิ่งขึ้น วิธีการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบตาบูลูเชิงปรับตัวได้นำเสนอและพัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2545 โดย กองพัน อารีรักษ์ และสราวุฒิ สุจิตจร โดยทำการเพิ่มสองกลไกที่สำคัญเข้าไปในขั้นตอนการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบตาบูลู คือ การเดินย้อนรอย (back tracking) และการปรับค่ารัศมีการค้นหา (adaptive search

radius) กลไกการเดินทางย้อนรอยเป็นกลไกที่ทำให้การค้นหาสามารถย้อนกลับไปค้นหาบริเวณพื้นที่เดิมที่ถูกค้นหามาก่อน ซึ่งการค้นหาดังกล่าวอาจส่งผลให้ค้นพบคำตอบใหม่ที่ดีกว่าเดิมและหลุดออกจากคำตอบที่ดีที่สุดแบบวงแคบเฉพาะถิ่นได้ สำหรับกลไกการปรับค่ารัศมีการค้นหา เป็นกลไกการปรับลดรัศมีในระหว่างการค้นหาจนกระทั่งการค้นหาเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด เพื่อให้พื้นที่การค้นหาแคบลงเมื่อเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุดแบบวงกว้าง ซึ่งจะส่งผลให้การค้นหาสามารถค้นพบคำตอบได้เร็วขึ้น โดยรายละเอียดวิธีการค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัวสามารถอธิบายได้ดังนี้

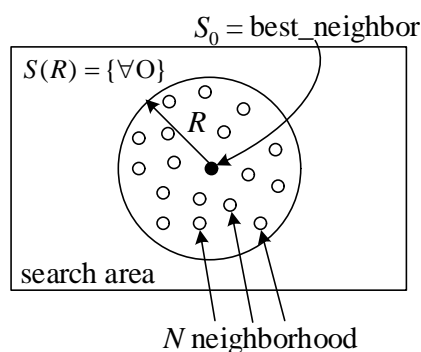
ขั้นตอนที่ 1 กำหนดพื้นที่การค้นหา รัศมีการค้นหา และจำนวนรอบสูงสุดในการค้นหา

ขั้นตอนที่ 2 ทำการสุ่มคำตอบเริ่มต้น (S_0) ภายในพื้นที่การค้นหา (search area) และกำหนดให้ S_0 เป็นค่าคำตอบที่ดีที่สุดแบบวงแคบเฉพาะถิ่น (best_neighbor) ดังแสดงในรูปที่ 7.1



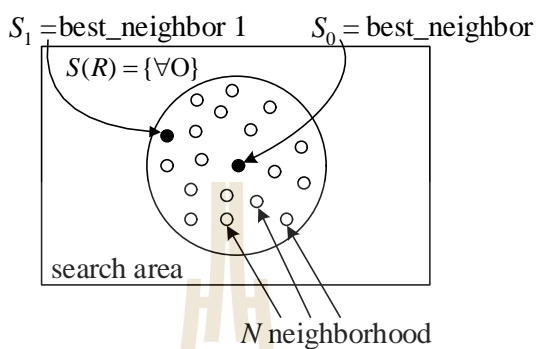
รูปที่ 7.1 การสุ่มคำตอบเริ่มต้นภายในพื้นที่การค้นหา

ขั้นตอนที่ 3 ทำการสุ่มค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการค้นหารอบ ๆ S_0 ภายในพื้นที่รัศมีการค้นหา R จำนวน N คำตอบ (N neighborhood) และกำหนดให้ $S(R)$ เป็นเซตของคำตอบรอบข้างจำนวน N คำตอบ แสดงได้ดังรูปที่ 7.2



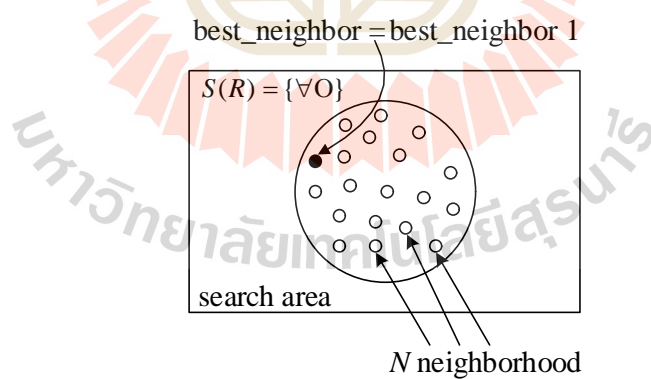
รูปที่ 7.2 คำตอบรอบข้างภายในพื้นที่รัศมีการค้นหา

ขั้นตอนที่ 4 ทำการประเมินค่าตอบด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแต่ละสมาชิกใน $S(R)$ โดยกำหนดให้ S_1 เป็นคำตอบที่ดีที่สุด (best_neighbor 1) ใน $S(R)$ แสดงได้ดังรูปที่ 7.3

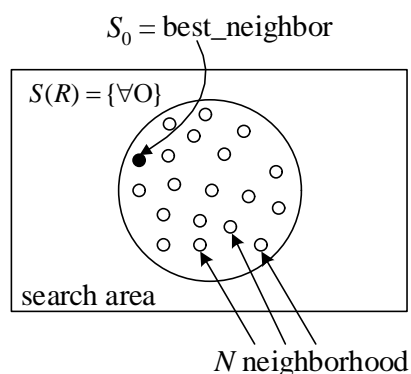


รูปที่ 7.3 การประเมินค่าตอบ S_1

ขั้นตอนที่ 5 ถ้าค่าคำตอบ S_1 มีค่าดีกว่าค่า S_0 จะกำหนดให้ค่า $S_0 = S_1$ และเก็บค่า S_0 ในรายการตามดังแสดงในรูปที่ 7.4 และ 7.5 ตามลำดับ (แต่ถ้าค่าคำตอบ S_1 ไม่ดีกว่าค่า S_0 จะกำหนดให้ใช้ค่า S_0 ค่าเดิม)

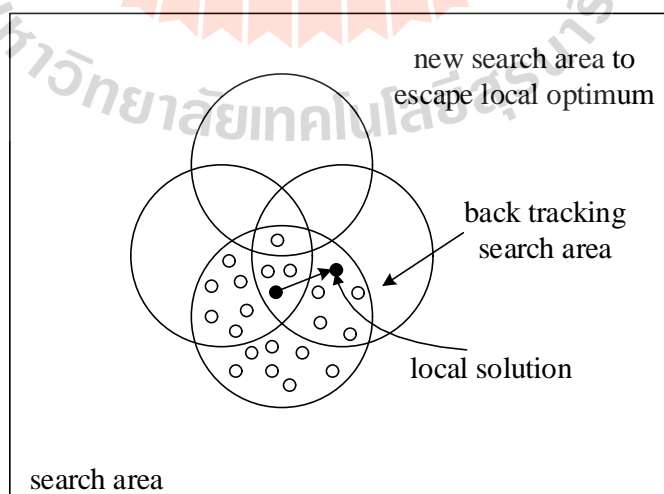


รูปที่ 7.4 การกำหนดค่าใกล้เคียงใหม่

รูปที่ 7.5 การกำหนดค่า S_0 ใหม่

ขั้นตอนที่ 6 ถ้า $count$ น้อยกว่า $count_{max}$ ให้กลับไปเริ่มขั้นตอนที่ 3 ใหม่ และทำการค้นหาจนกระทั่งได้คำตอบที่พอใจ โดยที่ค่า S_0 คือ คำตอบที่ดีที่สุด แต่ถ้า $count$ มากกว่า $count_{max}$ จะหยุดกระบวนการค้นหา และใช้คำตอบที่ดีที่สุด S_0 ที่ได้จากการค้นหาจำนวน $count_{max}$ รอบ เป็นคำตอบในการค้นหา

ขั้นตอนที่ 7 จะเข้าสู่กลไกการเดินย้อนรอย เมื่อจำนวนคำตอบในแต่ละรอบไม่หลุดออกจากคำตอบที่เป็นวงแคบเฉพาะถิ่น (local solution) เป็นจำนวนเท่ากับจำนวนคำตอบสูงสุดที่กำหนดไว้ กลไกดังกล่าวจะเลือกคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากการค้นหาในพื้นที่การค้นหาเดิมของรายการตามลำดับสำหรับใช้เป็นคำตอบเริ่มต้นในการค้นหารอบถัดไป ซึ่งจะทำให้คำตอบที่ได้หลุดออกจากคำตอบที่เป็นวงแคบเฉพาะถิ่น แสดงได้ดังรูปที่ 7.6



รูปที่ 7.6 กลไกการเดินย้อนรอย

ขั้นตอนที่ 8 จะเข้าสู่กลไกการปรับค่ารัศมีการค้นหา โดยจะปรับลดรัศมีลงเรื่อย ๆ เพื่อ กระชับพื้นที่การค้นหาให้แคบลงเมื่อเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุดแบบวงกว้าง ตามความสัมพันธ์ดัง สมการที่ (7-1)

$$radius_{new} = \frac{radius_{old}}{DF} \quad (7-1)$$

โดยที่ DF คือ ตัวประกอบปรับลดค่ารัศมี (Decreasing Factor)

7.3 การหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพาราโดยใช้วิธีการค้นหา ค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัว

การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัวในงานวิจัย วิทยานิพนธ์นี้ จะทำการหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการขับเคลื่อนมอเตอร์ของเครื่องรีดยางพารา เพื่อให้ได้กำไรในการขายแผ่นยางพารามากที่สุด โดยพลังงานที่ใช้ต้องคุ้มค่าที่สุด โดยจะ ดำเนินการค้นหาความเร็วที่เหมาะสมที่สุด 2 ค่าด้วยกัน คือ ความเร็วของจักรกล (Machine A) ที่ใช้ สำหรับรีดแผ่นยางพาราให้บางลง และความเร็วของจักรดอก (Machine B) ที่ใช้สำหรับรีดแผ่น ยางพาราให้มีลวดลายเพื่อรีดน้ำออกจากแผ่นยาง การหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่น ยางพารามีขั้นตอนในการดำเนินงานดังต่อไปนี้

7.3.1 การทดสอบรีดแผ่นยางพาราสำหรับหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุด

การทดสอบรีดแผ่นยางพาราเพื่อเป็นข้อมูลในการค้นหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดใน การรีดแผ่นยางพารา จะทำการทดสอบด้วยกัน 8 ชุดข้อมูล คือ 7 ชุดข้อมูลเป็นการทดสอบขณะรีด แผ่นยางพาราที่ความเร็วจักรดอกคงที่ 2000 rpm 1750 rpm 1500 rpm 1250 rpm 1000 rpm 750 rpm และ 500 rpm โดยให้ความเร็วของจักรกลมีค่าเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 500 – 2500 rpm และอีก 1 ชุด ข้อมูลเป็นการทดสอบขณะเดินเครื่องรีดยางตัวเปล่าของจักรกลและจักรดอกที่ความเร็ว 500 – 2500 rpm ซึ่งการทดสอบทั้ง 8 ชุดข้อมูล จะทำการบันทึกผลกำลังไฟฟ้าของจักรกล เวลาในการรีดแผ่น ยางพาราของจักรกล กำลังไฟฟ้าของจักรดอก เวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรดอก และความ หนาของแผ่นยางพารา ที่ความเร็วจักรดอกคงที่และความเร็วจักรกลมีค่าเปลี่ยนแปลง สำหรับชุด ทดสอบรีดแผ่นยางพาราแสดงได้ดังรูปที่ 7.7



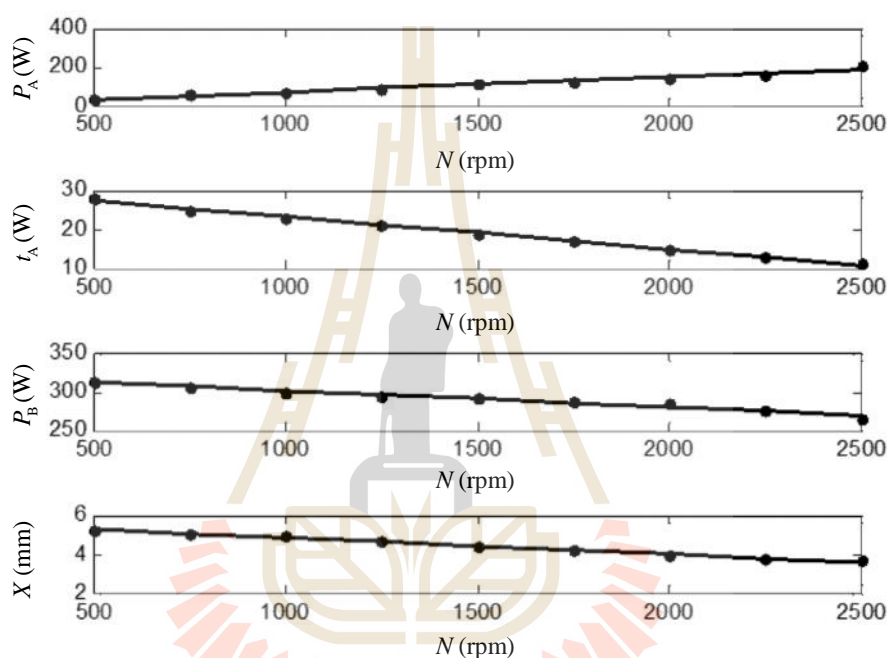
รูปที่ 7.7 ชุดทดสอบรีดแผ่นยางพารา

การทดสอบรีดแผ่นยางพาราทั้ง 8 ชุดข้อมูลดังกล่าว ได้ทำการวัดค่ากำลังไฟฟ้าของจักรลั่น กำลังไฟฟ้าของจักรดอก เวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลั่น เวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรดอก และความหนาของแผ่นยางพารา ซึ่งผลการทดสอบรีดแผ่นยางพาราแสดงได้ดังตารางที่ 7.1 – 7.7

ตารางที่ 7.1 ผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 2000 รอบต่อนาที (rpm)

ความเร็วจักรลั่น (rpm)	2500	2250	2000	1750	1500	1250	1000	750	500
กำลังไฟฟ้าจักรลั่น (วัตต์)	201.82	160.33	144.83	127.21	111.58	90.67	69.31	55.45	35.77
เวลาในการรีดแผ่นยางจักรลั่น (วินาที)	11	13	15	17	19	21	23	25	28
กำลังไฟฟ้าจักรดอก (วัตต์)	265.10	276.21	285.12	288.41	291.38	294.94	299.45	305.98	313.24
เวลาในการรีดแผ่นยางจักรดอก(วินาที)	8	8	8	9	9	9	10	10	10
ความหนาแผ่นยาง (มิลลิเมตร)	3.64	3.76	3.97	4.21	4.42	4.67	4.92	5.08	5.26

จากตารางที่ 7.1 สามารถนำผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 2000 รอบต่อนาที มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วย กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลั่น (N) และกำลังไฟฟ้าของจักรลั่น (P_A) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลั่นและเวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลั่น (t_A) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลั่นและกำลังไฟฟ้าของจักรดอก (P_B) และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลั่นและความหนาของแผ่นยาง (X) แสดงได้ดังรูปที่ 7.8 ตามลำดับ



รูปที่ 7.8 กราฟแสดงผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 2000 รอบต่อนาที

จากกราฟรูปที่ 7.8 สังเกตได้ว่า เมื่อความเร็วจักรลั่นมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าของจักรลั่นเพิ่มขึ้น เนื่องจากแผ่นยางพาราก่อนรีดด้วยจักรลั่นมีความหนาเท่ากัน ดังนั้นกำลังไฟฟ้าของจักรลั่นจะขึ้นอยู่กับความเร็วของจักรลั่น แต่กำลังไฟฟ้าของจักรดอกจะลดลงเมื่อความเร็วของจักรลั่นเพิ่มขึ้น เนื่องจากความเร็วของจักรดอกมีค่าคงที่ และแผ่นยางพาราก่อนรีดด้วยจักรดอกมีความหนาไม่เท่ากัน โดยความหนาของแผ่นยางพาราก่อนเข้าจักรดอกมีค่าลดลงตามความเร็วของจักรลั่นที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น กำลังไฟฟ้าของจักรดอกจึงมีค่าลดลงเมื่อความเร็วจักรลั่นเพิ่มขึ้นเพราะแผ่นยางพาราหนาน้อยลง สำหรับเวลาที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลั่นจะลดลงตามความเร็วของจักรลั่นที่เพิ่มขึ้น และความหนาของแผ่นยางพาราที่ได้จะมีค่าลดลงตามความเร็วของจักรลั่น จากกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าว สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า

ของจักรลั่นและความเร็วของจักรลั่น เวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลั่นและความเร็วของจักรลั่น กำลังไฟฟ้าของจักรดอกและความเร็วของจักรลั่น เวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรดอกและความเร็วของจักรลั่น ความหนาของแผ่นยางพาราและความเร็วของจักรลั่น แสดงได้ดังสมการที่ (7-1) - (7-5) ตามลำดับ

$$P_A = 0.077761N - 5.8676 \quad (7-1)$$

$$t_A = \frac{-0.0082667 N + 31.511}{3600} \quad (7-2)$$

$$P_B = -0.021137N + 322.8 \quad (7-3)$$

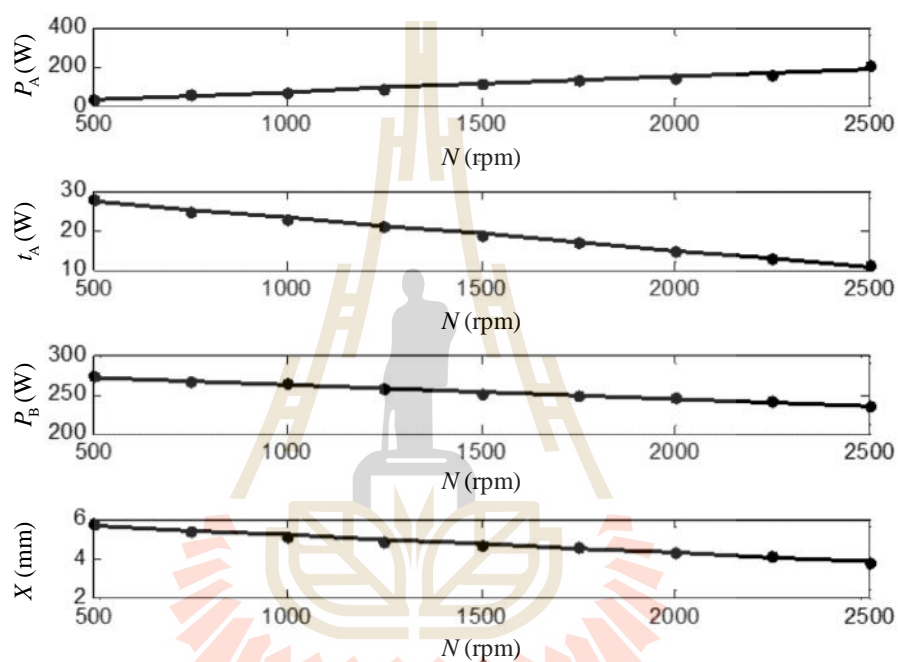
$$t_B = \begin{cases} 8/3600 & ; N \geq 2000 \\ 9/3600 & ; 1000 < N < 2000 \\ 10/3600 & ; N \leq 1000 \end{cases} \quad (7-4)$$

$$X = -0.0008533 N + 5.7167 \quad (7-5)$$

ตารางที่ 7.2 ผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 1750 รอบต่อนาที

ความเร็วจักรลั่น (rpm)	2500	2250	2000	1750	1500	1250	1000	750	500
กำลังไฟฟ้า จักรลั่น (วัตต์)	202.14	157.21	143.90	129.54	109.40	90.89	67.47	56.92	34.98
เวลาในการรีดแผ่น ยางจักรลั่น (วินาที)	11	13	15	17	19	21	23	25	28
กำลังไฟฟ้า จักรดอก(วัตต์)	234.95	240.91	247.08	249.31	251.52	258.05	263.98	267.64	272.87
เวลาในการรีดแผ่น ยางจักรลั่น (วินาที)	9	9	9	10	10	10	11	11	11
ความหนาแผ่นยาง (มิลลิเมตร)	3.80	4.15	4.28	4.56	4.65	4.90	5.10	5.45	5.76

จากผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 1750 รอบต่อนาที ในตารางที่ 7.2 สามารถสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วย กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลั่นและกำลังไฟฟ้าของจักรลั่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลั่นและเวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลั่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลั่นและกำลังไฟฟ้าของจักรดอก และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลั่นและความหนาของแผ่นยาง แสดงได้ดังรูปที่ 7.9 ตามลำดับ



รูปที่ 7.9 กราฟแสดงผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 1750 รอบต่อนาที

จากผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 1750 รอบต่อนาที ในกราฟรูปที่ 7.9 สังเกตได้ว่า กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลั่นและกำลังไฟฟ้าของจักรลั่นจะมีลักษณะใกล้เคียงกับกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวในรูปที่ 7.8 เนื่องจากการทดสอบที่ความเร็วของจักรลั่น 500 – 2500 รอบต่อนาที และความหนาของแผ่นยางพาราก่อนรีดด้วยจักรลั่นมีความหนาเท่ากัน โดยความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลั่นและกำลังไฟฟ้าของจักรลั่น แสดงได้ดังสมการที่ (7-6) ในส่วนของกำลังไฟฟ้าของจักรดอกจะลดลงเมื่อความเร็วของจักรลั่นเพิ่มขึ้น เนื่องจากความเร็วของจักรดอกมีค่าคงที่ ทำให้กำลังไฟฟ้าของจักรดอกขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นยางพาราก่อนเข้าจักรดอก และความหนาของแผ่นยางพาราก่อนเข้าจักรดอกจะขึ้นอยู่กับความเร็วจักรลั่น ดังนั้น กำลังไฟฟ้าของจักรดอกจึงมีค่าลดลงเมื่อความเร็วจักรลั่นเพิ่มขึ้นเพราะแผ่นยางพาราหนา

น้อยลง แสดงได้ดังสมการที่ (7-7) สำหรับเวลาที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลื่นจะลดลงตามความเร็วของจักรลื่นที่เพิ่มขึ้น แสดงได้ดังสมการ (7-8) เวลาที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพาราของจักรดอกจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วจักรลื่นลดลง แสดงได้ดังสมการที่ (7-9) และความหนาของแผ่นยางพาราที่ได้จะมีค่าลดลงตามความเร็วของจักรลื่น แสดงได้ดังสมการที่ (7-10)

$$P_A = 0.077401N - 5.8298 \quad (7-6)$$

$$t_A = \frac{-0.0082667 N + 31.511}{3600} \quad (7-7)$$

$$P_B = -0.018294N + 281.48 \quad (7-8)$$

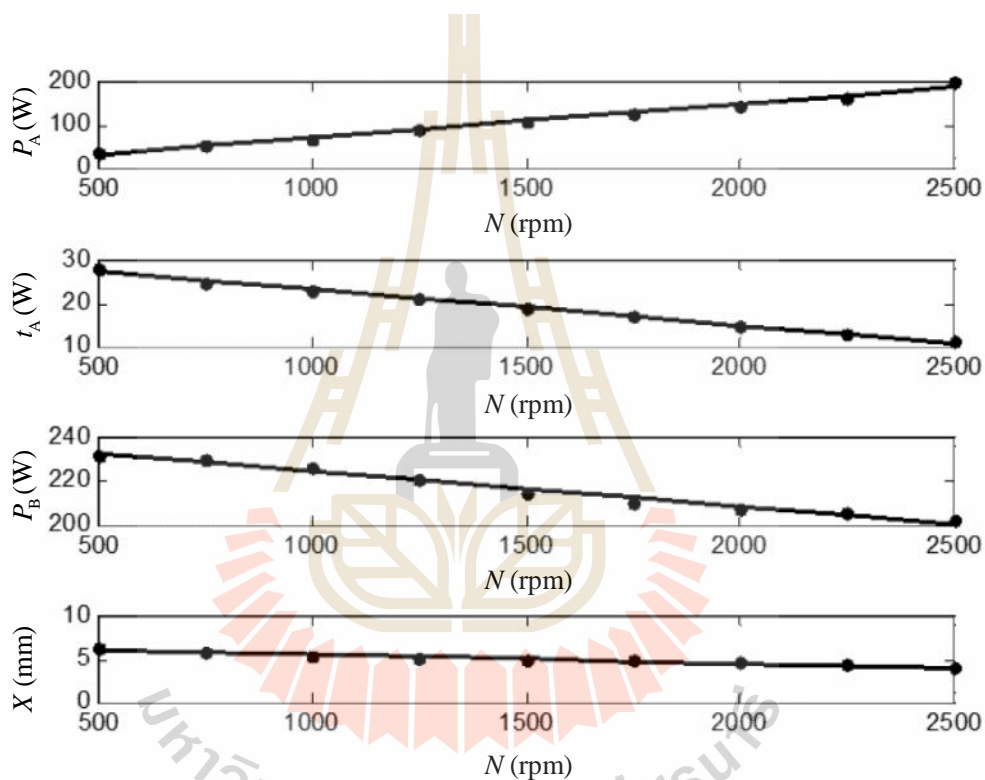
$$t_B = \begin{cases} 9/3600 & ; N \geq 2000 \\ 10/3600 & ; 1000 < N < 2000 \\ 11/3600 & ; N \leq 1000 \end{cases} \quad (7-9)$$

$$X = -0.00091467 N + 6.1109 \quad (7-10)$$

ตารางที่ 7.3 ผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 1500 รอบต่อนาที

ความเร็วจักรลื่น (rpm)	2500	2250	2000	1750	1500	1250	1000	750	500
กำลังไฟฟ้า จักรลื่น (วัตต์)	199.67	162.18	142.74	125.72	108.94	87.97	66.77	53.85	34.90
เวลาในการรีดแผ่น ยางจักรลื่น (วินาที)	11	13	15	17	19	21	23	25	28
กำลังไฟฟ้า จักรดอก (วัตต์)	202.29	205.46	207.84	210.65	215.07	221.09	225.99	229.94	231.47
เวลาในการรีดแผ่น ยางจักรดอก(วินาที)	10	10	10	11	11	11	12	12	12
ความหนาแผ่นยาง (มิลลิเมตร)	3.94	4.32	4.64	4.82	4.98	5.15	5.25	5.75	6.21

ผลการทดสอบในตารางที่ 7.3 เป็นการทดสอบรีดแผ่นยางพาราด้วยความเร็วจักรดอกกึ่งที่ 1500 รอบต่อนาที สามารถนำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการค้นหาความเร็วเหมาะที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา ซึ่งประกอบด้วย กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลื่นและกำลังไฟฟ้าของจักรลื่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลื่นและเวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลื่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลื่นและกำลังไฟฟ้าของจักรดอก และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลื่นและความหนาของแผ่นยาง แสดงได้ดังรูปที่ 7.10 ตามลำดับ



รูปที่ 7.10 กราฟแสดงผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกกึ่งที่ 1500 รอบต่อนาที

จากกราฟรูปที่ 7.10 สังเกตได้ว่า กราฟกำลังไฟฟ้าของจักรลื่นและความเร็วของจักรลื่น และกราฟเวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลื่นและความเร็วของจักรลื่น มีลักษณะเดียวกันกับกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวในรูปที่ 7.8 และ 7.9 เนื่องจากการทดสอบที่ความหนาของแผ่นยางพาราก่อนรีดด้วยจักรลื่นมีค่าเท่ากัน และใช้ความเร็วของจักรลื่นเท่ากัน แสดงได้ตามสมการที่ (7-11) – (7-12) ตามลำดับ ในส่วนของกำลังไฟฟ้าของจักรดอก เวลาที่ใช้ในการรีดแผ่น

ยางพาราของจักรดอก แสดงได้ดังสมการที่ (7-13) – (7-14) ตามลำดับ และความหนาของแผ่นยางพาราที่ได้จะมีค่าลดลงตามตามความเร็วของจักรลื่น แสดงได้ดังสมการที่ (7-15)

$$P_A = 0.078251N - 8.1827 \quad (7-11)$$

$$t_A = \frac{-0.0082667 N + 31.511}{3600} \quad (7-12)$$

$$P_B = -0.015793N + 240.33 \quad (7-13)$$

$$t_B = \begin{cases} 10/3600 & ; N \geq 2000 \\ 11/3600 & ; 1000 < N < 2000 \\ 12/3600 & ; N \leq 1000 \end{cases} \quad (7-14)$$

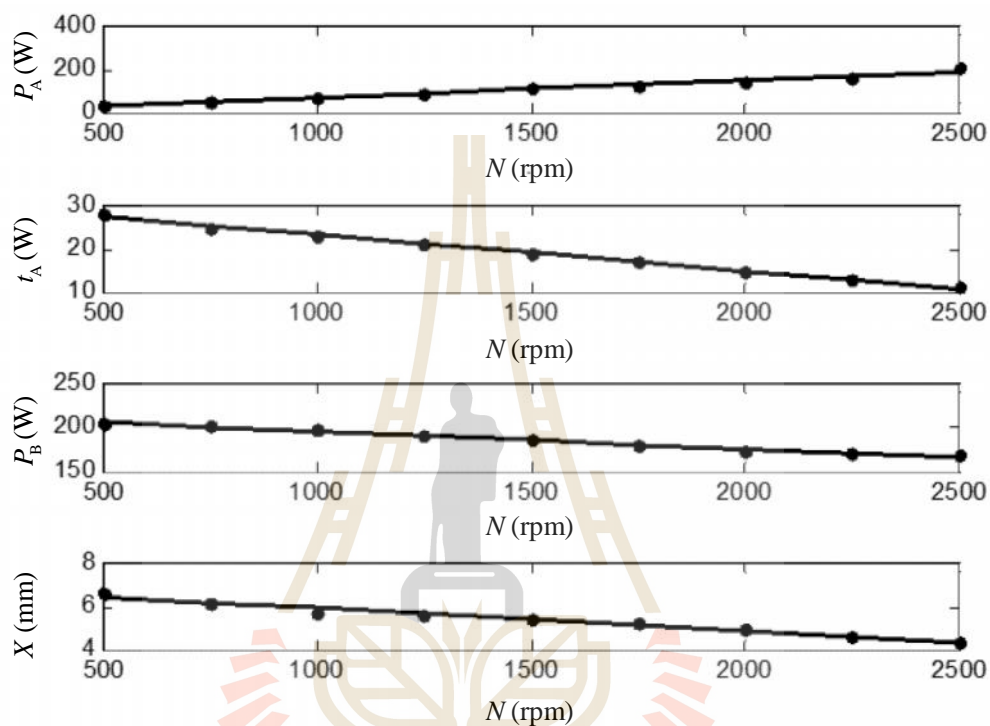
$$X = -0.00099467 N + 6.4987 \quad (7-15)$$

ตารางที่ 7.4 ผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 1250 รอบต่อนาที

ความเร็วจักรลื่น (rpm)	2500	2250	2000	1750	1500	1250	1000	750	500
กำลังไฟฟ้า จักรลื่น (วัตต์)	202.11	163.31	144.45	123.44	110.22	88.40	65.35	52.15	33.21
เวลาในการรีดแผ่น ยางจักรลื่น (วินาที)	11	13	15	17	19	21	23	25	28
กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	168.58	170.43	172.95	180.01	185.56	190.96	197.20	201.75	205.52
เวลาในการรีดแผ่น ยางจักรดอก(วินาที)	12	12	12	13	13	13	14	14	14
ความหนาแผ่นยาง (มิลลิเมตร)	4.28	4.58	4.92	5.20	5.39	5.56	5.72	6.15	6.60

จากตารางที่ 7.4 สามารถนำผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 1250 รอบต่อนาที มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วย กราฟแสดง

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลั่นและกำลังไฟฟ้าของจักรลั่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลั่นและเวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลั่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลั่นและกำลังไฟฟ้าของจักรดอก และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลั่นและความหนาของแผ่นยาง แสดงได้ดังรูปที่ 7.11 ตามลำดับ



รูปที่ 7.11 กราฟแสดงผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 1250 รอบต่อนาที

จากกราฟรูปที่ 7.11 จะเห็นได้ว่า กราฟความสัมพันธ์ต่าง ๆ ประกอบด้วย กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของจักรลั่นและความเร็วของจักรลั่น กราฟความสัมพันธ์เวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลั่นและความเร็วของจักรลั่น กราฟความสัมพันธ์กำลังไฟฟ้าของจักรดอกและความเร็วของจักรลั่น กราฟความสัมพันธ์เวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรดอกและความเร็วของจักรลั่น และกราฟความสัมพันธ์ความหนาของแผ่นยางพาราและความเร็วของจักรลั่น โดยลักษณะกราฟต่าง ๆ ดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์เช่นเดียวกับกราฟในรูปที่ 7.8-7.10 ดังนั้นสามารถหาความสัมพันธ์ของกราฟได้ดังสมการที่ (7-16) - (7-20)

$$P_A = 0.080155N - 11.05 \quad (7-16)$$

$$t_A = \frac{-0.0082667N + 31.511}{3600} \quad (7-17)$$

$$P_B = -0.020078N + 216 \quad (7-18)$$

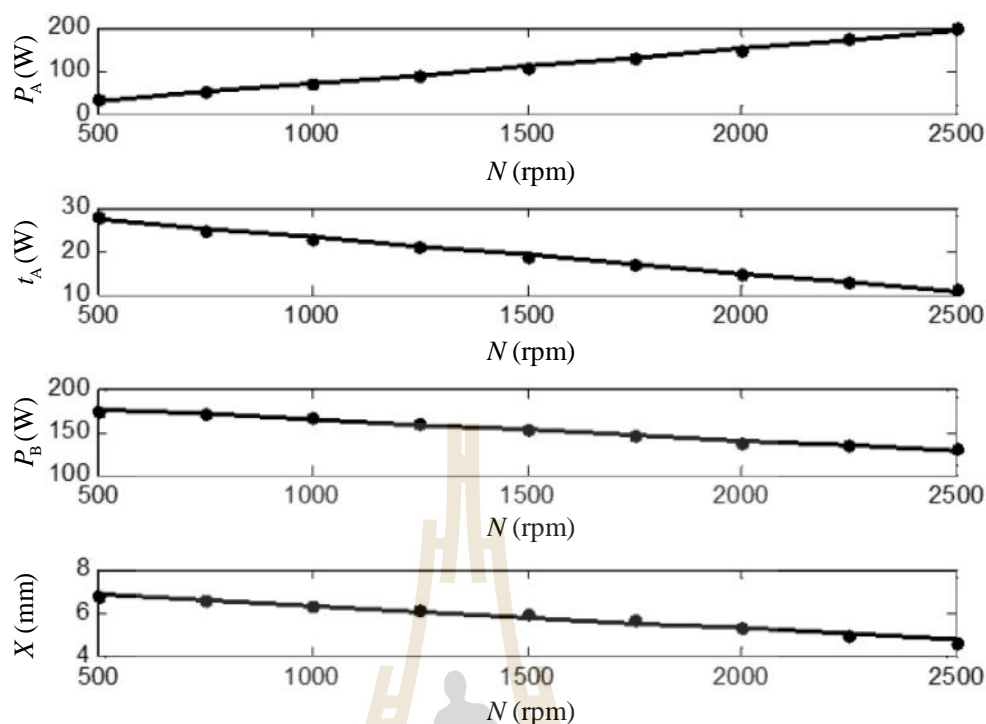
$$t_B = \begin{cases} 12/3600 & ; N \geq 2000 \\ 13/3600 & ; 1000 < N < 2000 \\ 14/3600 & ; N \leq 1000 \end{cases} \quad (7-19)$$

$$X = -0.0010633N + 6.9728 \quad (7-20)$$

ตารางที่ 7.5 ผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 1000 รอบต่อนาที

ความเร็วจักรลื่น (rpm)	2500	2250	2000	1750	1500	1250	1000	750	500
กำลังไฟฟ้า จักรลื่น(วัตต์)	197.52	174.05	148.99	128.17	106.52	87.86	70.76	52.39	34.12
เวลาในการรีดแผ่น ยางจักรลื่น (วินาที)	11	13	15	17	19	21	23	25	28
กำลังไฟฟ้า จักรดอก (วัตต์)	130.37	134.25	137.75	146.03	153.62	160.44	168.06	170.81	173.45
เวลาในการรีดแผ่น ยางจักรดอก(วินาที)	14	14	14	15	15	15	16	16	16
ความหนาแผ่นยาง (มิลลิเมตร)	4.62	4.97	5.28	5.66	5.95	6.15	6.31	6.57	6.78

จากผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 1000 รอบต่อนาที ในตารางที่ 7.5 สามารถสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลื่นและกำลังไฟฟ้าของจักรลื่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลื่นและเวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลื่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลื่นและกำลังไฟฟ้าของจักรดอก และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลื่นและความหนาของแผ่นยาง แสดงได้ดังรูปที่ 7.12 ตามลำดับ



รูปที่ 7.12 กราฟแสดงผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 1000 รอบต่อนาที

จากกราฟแสดงผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 1000 รอบต่อนาที ในรูปที่ 7.12 สังเกตได้ว่า ความสัมพันธ์ของกราฟมีลักษณะเช่นเดียวกันกับกราฟในรูป 7.8 – 7.11 ดังนั้น สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของจักรลั่นและความเร็วของจักรลั่นแสดงได้ดังสมการที่ (7-21) เวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลั่นและความเร็วของจักรลั่นแสดงได้ดังสมการที่ (7-22) กำลังไฟฟ้าของจักรดอกและความเร็วของจักรลั่นแสดงได้ดังสมการที่ (7-23) เวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรดอกและความเร็วของจักรลั่นแสดงได้ดังสมการที่ (7-24) และความหนาของแผ่นยางพาราและความเร็วของจักรลั่นแสดงได้ดังสมการที่ (7-25)

$$P_A = 0.081023N - 10.382 \quad (7-21)$$

$$t_A = \frac{-0.0082667 N + 31.511}{3600} \quad (7-22)$$

$$P_B = -0.029802N + 188.46 \quad (7-23)$$

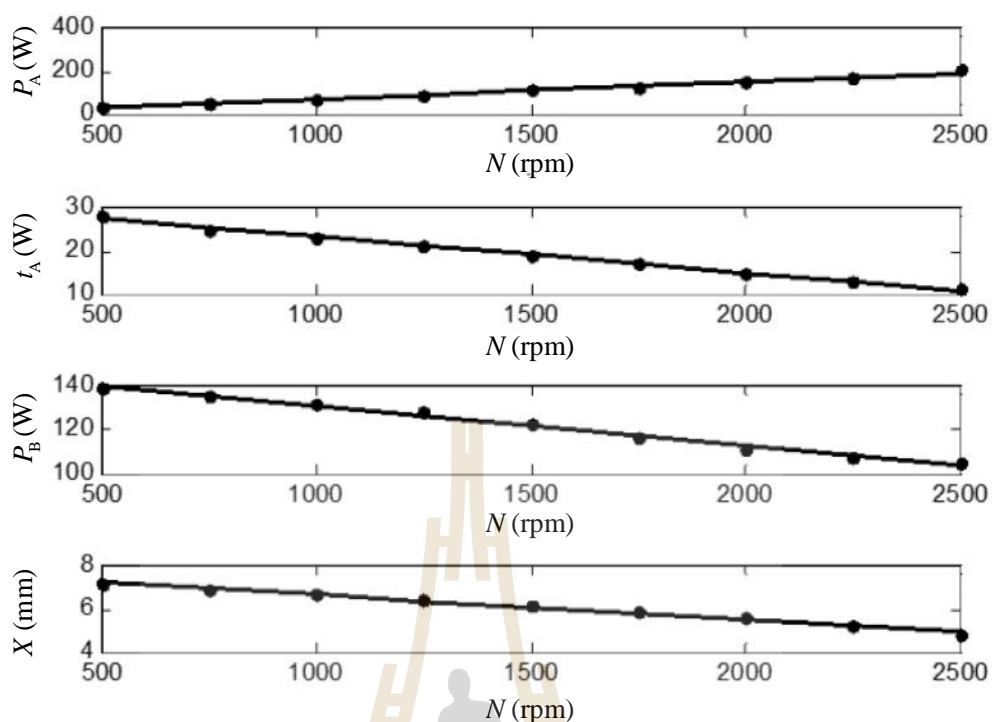
$$t_B = \begin{cases} 14/3600 & ; N \geq 2000 \\ 15/3600 & ; 1000 < N < 2000 \\ 16/3600 & ; N \leq 1000 \end{cases} \quad (7-24)$$

$$X = -0.001066 N + 7.409 \quad (7-25)$$

ตารางที่ 7.6 ผลการทดสอบบริดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 750 รอบต่อนาที

ความเร็วจักรลื่น (rpm)	2500	2250	2000	1750	1500	1250	1000	750	500
กำลังไฟฟ้า จักรลื่น (วัตต์)	201.48	165.13	145.50	120.95	113.15	87.30	67.47	51.55	33.28
เวลาในการรีดแผ่น ยางจักรลื่น (วินาที)	11	13	15	17	19	21	23	25	28
กำลังไฟฟ้า จักรดอก (วัตต์)	104.65	107.45	110.84	116.84	122.85	127.94	131.53	135.42	138.75
เวลาในการรีดแผ่น ยางจักรดอก(วินาที)	16	16	16	17	17	17	18	18	18
ความหนาแผ่นยาง (มิลลิเมตร)	4.80	5.20	5.57	5.85	6.15	6.42	6.67	6.90	7.11

ผลการทดสอบในตารางที่ 7.6 เป็นการทดสอบบริดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 750 รอบต่อนาที สามารถนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลื่นและกำลังไฟฟ้าของจักรลื่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลื่นและเวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลื่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลื่นและกำลังไฟฟ้าของจักรดอก และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลื่นและความหนาของแผ่นยาง แสดงได้ดังรูปที่ 7.13 ตามลำดับ



รูปที่ 7.13 กราฟแสดงผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 750 รอบต่อนาที

จากความสัมพันธ์ต่าง ๆ ในกราฟรูปที่ 7.13 สามารถหาความสัมพันธ์ของ กำลังไฟฟ้าของจักรต้นและความเร็วของจักรต้น ความสัมพันธ์ของเวลาในการรีดแผ่นยางพาราของ จักรต้นและความเร็วของจักรต้น กำลังไฟฟ้าของจักรดอกและความเร็วของจักรต้น เวลาในการรีด แผ่นยางพาราของจักรดอกและความเร็วของจักรต้น ความหนาของแผ่นยางพาราและความเร็วของ จักรต้น แสดงได้ดังสมการที่ (7-26) - (7-30) ตามลำดับ

$$P_A = 0.080217N - 10.791 \quad (7-26)$$

$$t_A = \frac{-0.0082667 N + 31.511}{3600} \quad (7-27)$$

$$P_B = -0.018186N + 149.09 \quad (7-28)$$

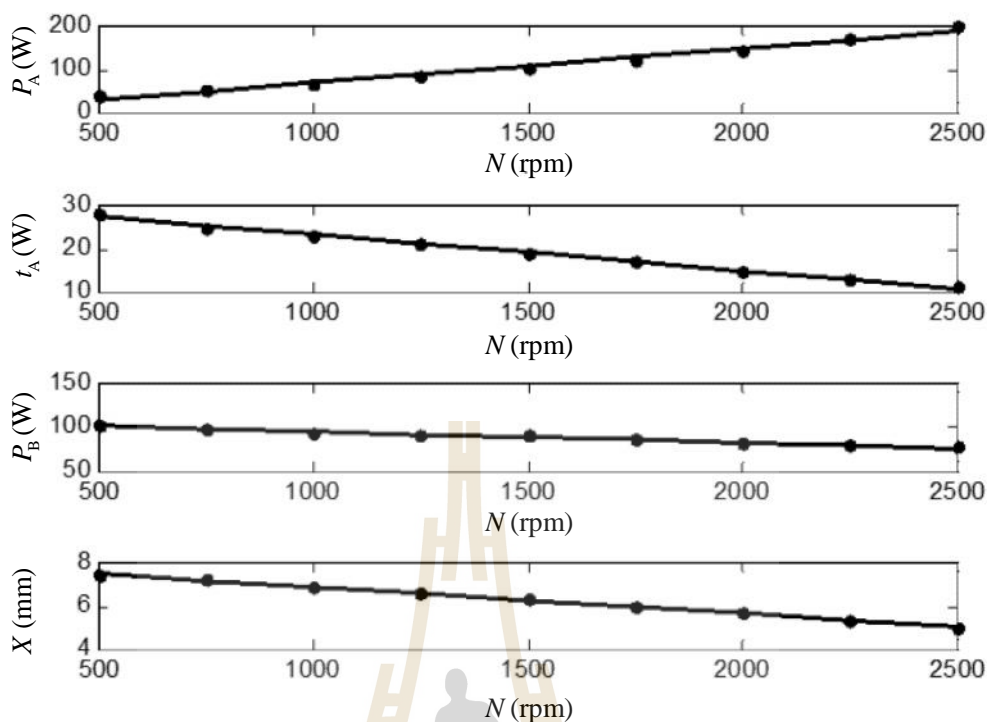
$$t_B = \begin{cases} 16/3600 & ; N \geq 2000 \\ 17/3600 & ; 1000 < N < 2000 \\ 18/3600 & ; N \leq 1000 \end{cases} \quad (7-29)$$

$$X = -0.0011407N + 7.7854 \quad (7-30)$$

ตารางที่ 7.7 ผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 500 รอบต่อนาที

ความเร็วจักรลื่น (rpm)	2500	2250	2000	1750	1500	1250	1000	750	500
กำลังไฟฟ้า จักรลื่น (วัตต์)	197.63	170.95	140.96	121.91	102.85	84.09	65.33	51.75	37.02
เวลาในการรีดแผ่น ยางจักรลื่น (วินาที)	11	13	15	17	19	21	23	25	28
กำลังไฟฟ้า จักรดอก (วัตต์)	76.95	78.97	82.59	86.25	90.45	91.03	92.65	97.87	103.10
เวลาในการรีดแผ่น ยางจักรดอก(วินาที)	19	19	19	20	20	20	21	21	21
ความหนาแผ่นยาง (มิลลิเมตร)	4.99	5.35	5.67	6.00	6.32	6.55	6.84	7.20	7.45

จากตารางที่ 7.7 สามารถนำผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 500 รอบต่อนาที มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วย กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลื่นและกำลังไฟฟ้าของจักรลื่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลื่นและเวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลื่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลื่นและกำลังไฟฟ้าของจักรดอก และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรลื่นและความหนาของแผ่นยาง แสดงได้ดังรูปที่ 7.14 ตามลำดับ



รูปที่ 7.14 กราฟแสดงผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารากรณีความเร็วจักรดอกคงที่ 500 รอบต่อนาที

จากกราฟรูปที่ 7.14 สังเกตได้ว่า ความสัมพันธ์ของกราฟมีลักษณะเช่นเดียวกันกับกราฟในรูป 7.8 – 7.14 คือ เมื่อความเร็วจักรล้นมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าของจักรล้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากแผ่นยางพาราก่อนรีดด้วยจักรล้นมีความหนาเท่ากัน ดังนั้นกำลังไฟฟ้าของจักรล้นจะขึ้นอยู่กับความเร็วของจักรล้น แต่กำลังไฟฟ้าของจักรดอกจะลดลงเมื่อความเร็วของจักรล้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากความเร็วของจักรดอกมีค่าคงที่ และแผ่นยางพาราก่อนรีดด้วยจักรดอกมีความหนาไม่เท่ากัน โดยความหนาของแผ่นยางพาราก่อนเข้าจักรดอกมีค่าลดลงตามความเร็วของจักรล้นที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น กำลังไฟฟ้าของจักรดอกจึงมีค่าลดลงเมื่อความเร็วจักรล้นเพิ่มขึ้นเพราะแผ่นยางพาราหนาน้อยลง สำหรับเวลาที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพาราของจักรล้นจะลดลงตามความเร็วของจักรล้นที่เพิ่มขึ้น และความหนาของแผ่นยางพาราที่ได้จะมีค่าลดลงตามความเร็วของจักรล้น จากกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าว สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของจักรล้นและความเร็วของจักรล้น เวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรล้นและความเร็วของจักรล้น กำลังไฟฟ้าของจักรดอกและความเร็วของจักรล้น เวลาในการรีดแผ่นยางพาราของจักรดอกและความเร็วของจักรล้น ความหนาของแผ่นยางพาราและความเร็วของจักรล้น แสดงได้ดังสมการที่ (7-31) - (7-35) ตามลำดับ

$$P_A = 0.079275N - 10.858 \quad (7-31)$$

$$t_A = \frac{-0.0082667 N + 31.511}{3600} \quad (7-32)$$

$$P_B = -0.012413N + 107.49 \quad (7-33)$$

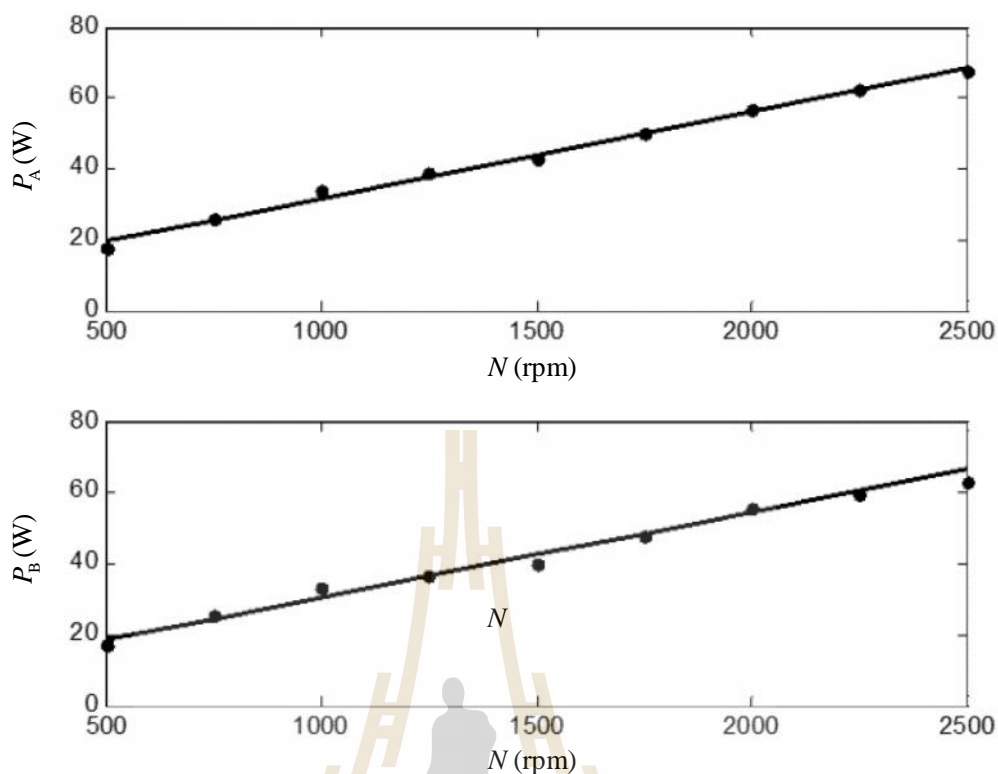
$$t_B = \begin{cases} 19/3600 & ; N \geq 2000 \\ 20/3600 & ; 1000 < N < 2000 \\ 21/3600 & ; N \leq 1000 \end{cases} \quad (7-34)$$

$$X = -0.0012187 N + 8.0913 \quad (7-35)$$

ตารางที่ 7.8 ผลการทดสอบการเดินเครื่องรีดยางพาราตัวเปล่า

ความเร็วจักรกล (rpm)	2500	2250	2000	1750	1500	1250	1000	750	500
กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	67.30	62.25	56.93	50.05	43.02	39.13	34.08	25.80	17.42
ความเร็วจักรดอก (rpm)	2500	2250	2000	1750	1500	1250	1000	750	500
กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	62.85	59.63	55.89	47.85	39.97	36.74	33.30	25.25	17.11

การเดินเครื่องตัวเปล่าของเครื่องรีดยางพารา จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาหยุดของการรีดแผ่นยางพาราแต่ละแผ่นของจักรกลและจักรดอก โดยช่วงเวลาดังกล่าวจะมีค่าประมาณ 5 วินาที ช่วงเวลาเดินเครื่องตัวเปล่าของเครื่องรีดยางพาราจะมีผลต่อการใช้พลังงานของเครื่องรีดยางพารา ดังนั้น จึงได้ทำการทดสอบการเดินเครื่องรีดยางพาราตัวเปล่า ซึ่งแสดงผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 7.8 จากผลการทดสอบดังกล่าวสามารถนำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรกลและกำลังไฟฟ้าของจักรกล และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรดอกและกำลังไฟฟ้าของจักรดอก แสดงได้ดังรูปที่ 7.15 ตามลำดับ



รูปที่ 7.15 กราฟแสดงผลการทดสอบทดสอบการเดินเครื่องรีดยางพาราตัวเปล่า

จากกราฟรูปที่ 7.15 สังเกตได้ว่า เมื่อความเร็วมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทั้งจักรกลและจักรดอก เนื่องจากการทดสอบขณะเดินเครื่องรีดยางพาราตัวเปล่า ไม่มีการรีดแผ่นยางพารา ดังนั้น กำลังไฟฟ้าของจักรกลและจักรดอกจะขึ้นอยู่กับความเร็วเพียงอย่างเดียว จากกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าว สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรกลและกำลังไฟฟ้าของจักรกล และความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจักรดอกและกำลังไฟฟ้าของจักรดอก แสดงได้ดังสมการที่ (7-36) และ (7-37) ตามลำดับ

$$P_A = 0.024366N + 7.4488 \quad (7-36)$$

$$P_B = 0.02403N + 6.5496 \quad (7-37)$$

การทดสอบรีดแผ่นยางพาราทั้ง 8 ชุดข้อมูล จะเห็นได้ว่า ความเร็วจักรกลและจักรดอกมีผลต่อพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องรีดยางพารา เมื่อความเร็วของจักรกลและจักรดอกเพิ่มขึ้นจะทำให้พลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องรีดยางพาราสูงขึ้นด้วย นอกจากความเร็วของ

จักรกลันและจักรดอกยังมีผลต่อความหนาของแผ่นยางพารา เมื่อความเร็วของจักรกลันและจักรดอกเพิ่มขึ้นจะทำให้แผ่นยางพารามีความหนาน้อยลง ดังนั้น การทดสอบทั้ง 8 ชุดข้อมูลดังกล่าว จะใช้เป็นข้อมูลสำหรับนำไปใช้ในการค้นหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพาราด้วยวิธีการค้นหาแบบตาบู่เชิงปรับตัว โดยข้อมูลที่ได้จากการทดสอบดังกล่าวจะนำไปใช้งานร่วมกับฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา ซึ่งฟังก์ชันวัตถุประสงค์สำหรับการหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพาราจะอธิบายในหัวข้อถัดไป

7.3.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์สำหรับการหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา

การหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา โดยใช้วิธีการค้นหาที่เหมาะสมที่สุดแบบตาบู่เชิงปรับตัว มีวัตถุประสงค์การค้นหา คือ ความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการขับเคลื่อนมอเตอร์ของเครื่องรีดยางพารา เพื่อให้ได้กำไรในการขายแผ่นยางพารามากที่สุด โดยพลังงานที่ใช้ต้องคุ้มค่าที่สุด โดยจะดำเนินการค้นหาความเร็วที่เหมาะสมที่สุด 2 ค่าด้วยกัน คือ ความเร็วของจักรกลัน (Machine A) และความเร็วของจักรดอก (Machine B) ดังนั้น ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการค้นหาความเร็วที่เหมาะสมที่สุดแสดงได้ดังสมการที่ (7-38)

$$\text{กำไร} = \text{ราคาขาย} - \text{ต้นทุนการผลิต} \quad (7-38)$$

การพิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ใช้สำหรับการค้นหาด้วยวิธีตาบู่เชิงปรับตัว จะทำการค้นหาโดยอ้างอิงแผ่นยางพาราจำนวน 100 แผ่น (1 แผ่น มีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม) เมื่อพิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในสมการที่ (7-38) จะได้ว่า ราคาแผ่นยางพารามีค่าขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นยางพารา แสดงได้ดังตารางที่ 7.9 ซึ่งความหนาของแผ่นยางพารามีค่าขึ้นอยู่กับความเร็วของจักรกลันและความเร็วของจักรดอก จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจะได้ว่า ราคาขายแผ่นยางพารามีความสัมพันธ์กับความเร็วของจักรกลันและความเร็วของจักรดอก โดยราคาขายแผ่นยางพาราแสดงได้ดังสมการที่ (7-39) สำหรับต้นทุนการผลิตจะมีค่าขึ้นอยู่กับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการรีดยางแผ่นยางพาราของจักรกลันและจักรดอก และค่าตัวประกอบต้นทุนแสงอาทิตย์ (k) มีค่าเท่ากับ 0.246 บาท/Wh (การคำนวณหาค่าตัวประกอบต้นทุนแสงอาทิตย์แสดงไว้ในภาคผนวก ง.) โดยต้นทุนการผลิตแสดงได้ดังสมการที่ (7-40)

$$\text{ราคาขาย} = \text{จำนวนแผ่นยางพารา} \times \text{ราคา} \quad (7-39)$$

$$\text{ต้นทุนการผลิต} = \text{จำนวนแผ่นยางพารา} \times \text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้} \times k \quad (7-40)$$

ตารางที่ 7.9 ราคาขายแผ่นยางตามท้องตลาด

ชนิดแผ่นยาง	ความหนาแผ่นยางพารา (X)	ราคา (บาท/กิโลกรัม)
ยางแผ่นดิบชั้น 1	$X \leq 4 \text{ mm}$	45.72
ยางแผ่นดิบชั้น 2	$4 < X \leq 6 \text{ mm}$	44.00
ยางแผ่นดิบชั้น 3	$6 < X \leq 8 \text{ mm}$	41.00
ยางแผ่นดิบไม่มีคุณภาพ (ยางรวม)	$X > 8 \text{ mm}$	37.15

หมายเหตุ : ราคาขางพาราอ้างอิงตลาดกลางสุราษฎร์ธานี วันที่ 25 มีนาคม 2558

7.3.3 การค้นหาความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา

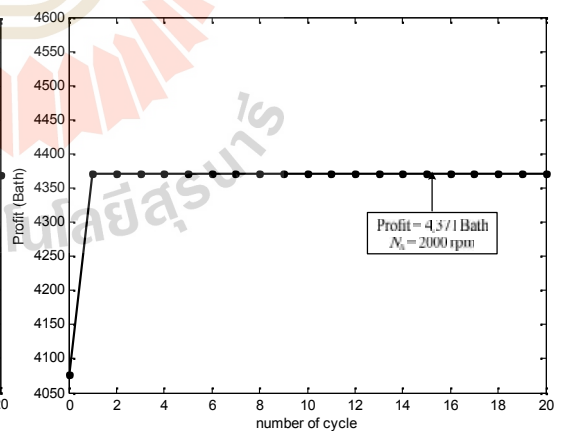
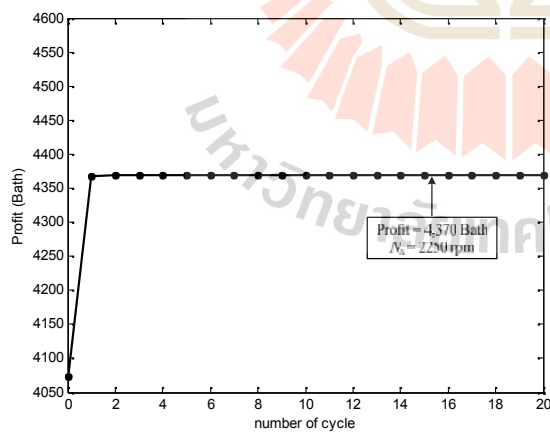
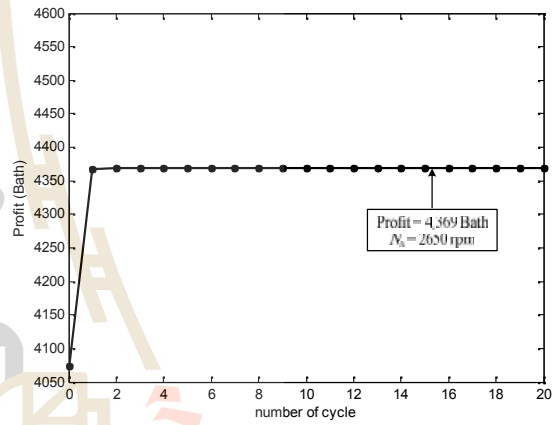
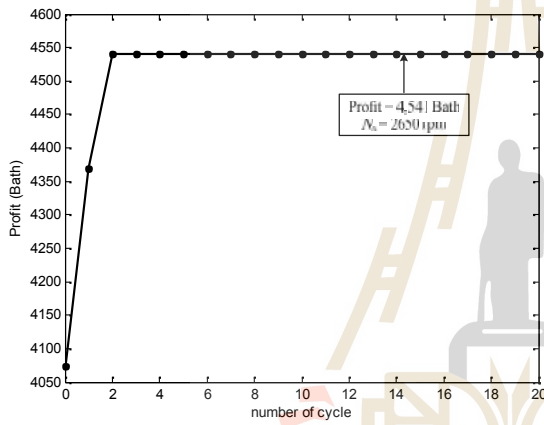
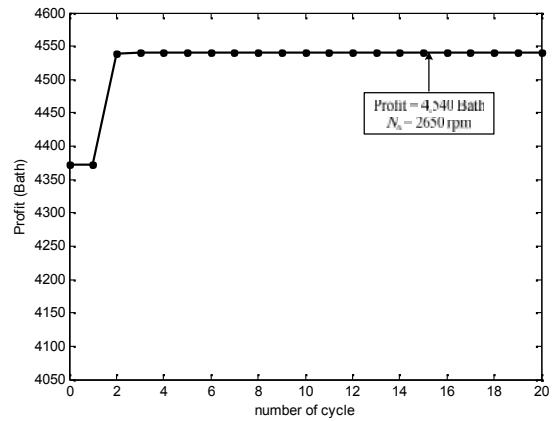
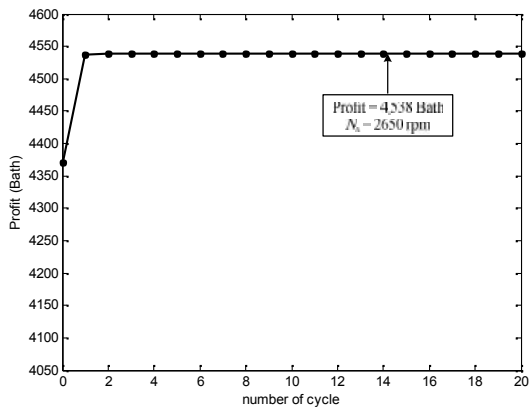
การค้นหาความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพาราโดยใช้วิธีการค้นหาที่เหมาะสมที่สุดแบบตามเชิงปรับตัว มีค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญด้วยกัน 4 ค่า ได้แก่ จำนวนคำตอบเริ่มต้น จำนวนคำตอบรอบข้าง รัศมีเริ่มต้น และตัวประกอบปรับลดรัศมี โดยในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้จะกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวมีค่าตามตารางที่ 7.10 (ได้จากการทดสอบค่าพารามิเตอร์ของ ATS สำหรับหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพาราแสดงไว้ในภาคผนวก จ.) สำหรับขอบเขตการค้นหาหาค่าความเร็วของจักรกลัน 500 – 2650 รอบต่อนาที เนื่องจากความเร็ว 500 รอบต่อนาที เป็นความเร็วต่ำสุดที่สามารถรีดแผ่นยางพาราด้วยจักรกลัน และความเร็ว 2650 รอบต่อนาที เป็นความเร็วสูงสุดที่สามารถรีดแผ่นยางพาราด้วยจักรกลัน ส่วนความเร็วจักรดอกมีค่า 500 – 2000 รอบต่อนาที เนื่องจากเป็นความเร็วต่ำสุดและความเร็วสูงสุดที่สามารถรีดแผ่นยางพาราได้ด้วยจักรดอก และจำนวนรอบในการค้นหาสูงสุดเท่ากับ 20 รอบ แสดงได้ดังตารางที่ 7.10

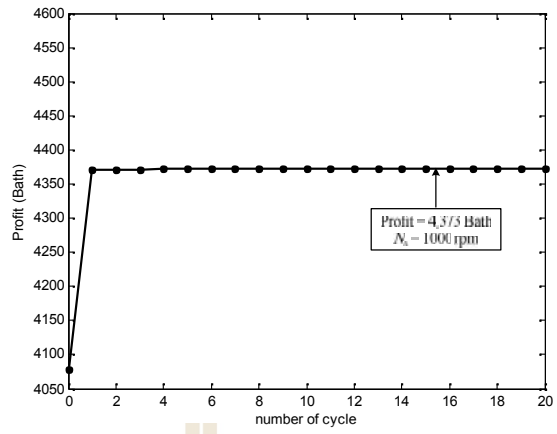
ตารางที่ 7.10 ค่าพารามิเตอร์ของ ATS ที่ใช้สำหรับหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่น

ยางพารา

ชนิดพารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ของ ATS ที่ใช้ในการค้นหา
จำนวนคำตอบเริ่มต้น	3
จำนวนคำตอบรอบข้าง	10
รัศมีเริ่มต้น	5
ตัวประกอบปรับลดรัศมี	1.2
ขอบเขตการค้นหาของจักรลื่น	500 – 2650 rpm
ขอบเขตการค้นหาของจักรดอก	500 – 2000 rpm
จำนวนรอบในการค้นหา	20

เมื่อทำการทดสอบค่าพารามิเตอร์ของ ATS ให้เหมาะสมกับการค้นหาเรียบร้อยแล้ว ลำดับต่อไปจะเข้าสู่กระบวนการค้นหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพาราตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยกระบวนการค้นหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพาราด้วยวิธีการค้นหาแบบตามูเชิงปรับตัว จะดำเนินการโดยใช้โปรแกรม M-file ของซอฟต์แวร์ MATLAB กระบวนการค้นหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพาราเริ่มจากการป้อนข้อมูลที่ได้จากการทดสอบรีดแผ่นยางพารา ซึ่งข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วย กำลังงานที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลื่น (P_A) กำลังงานที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพาราของจักรดอก (P_B) เวลาที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลื่น (t_A) เวลาที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพาราของจักรดอก (t_B) และความหนาของแผ่นยางพารา (X) จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการค้นหาด้วย ATS ตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยการค้นหาด้วย ATS จะให้ผลลัพธ์เป็นค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดของจักรลื่น (N_A) ที่ทำให้ได้กำไรสูงสุด (Profit_{\max}) ซึ่ง ATS จะทำการค้นหาตามจำนวนรอบในการค้นหาที่กำหนดไว้ เมื่อทำการค้นหาครบตามจำนวนรอบในการค้นหา ATS จะส่งค่าความเร็วของจักรลื่นที่ทำให้กำไรมีค่าสูงสุด เป็นค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา ผลการค้นหาค่าสามารถแสดงผลการลู่เข้าของค่ากำไร (Profit) สูงสุดได้ดังรูปที่ 7.16

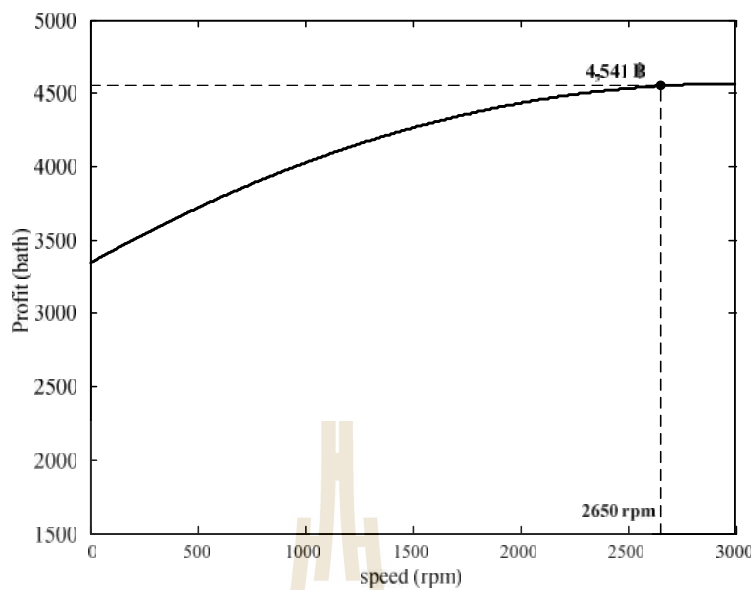




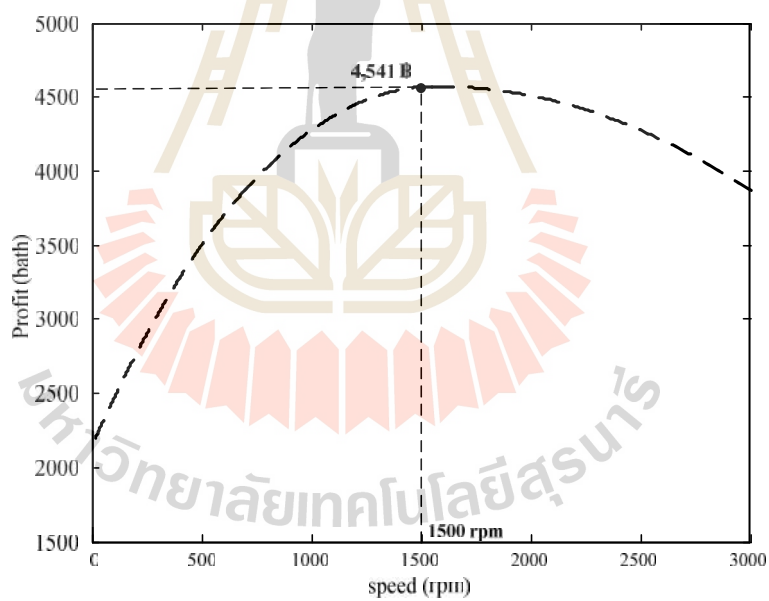
กรณีที่ 6 การรีดแผ่นยางพาราด้วยความเร็วจักรดอกคองที่ 750 rpm ดังรูป (ฉ) พบว่า ค่าไรสูงสุดที่ได้มีค่าเท่ากับ 4,371 บาท โดยมีค่าความเร็วของจักรลื่นที่ได้จากการค้นหาเท่ากับ 2000 rpm

กรณีที่ 7 แผ่นยางพาราที่รีดด้วยความเร็วจักรดอกคองที่ 500 rpm ดังรูป (ซ) มีค่า ค่าไรสูงสุดที่ได้มีค่าเท่ากับ 4,373 บาท โดยมีค่าความเร็วของจักรลื่นที่ได้จากการค้นหาเท่ากับ 1000 rpm

จากผลการค้นหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดแบบตามเชิงปรับตัว เพื่อให้ได้กำไรในการขายแผ่นยางพาราสูงสุด พบว่า ค่ากำไรสูงสุดเกิดขึ้นในกรณีที่ 3 มีค่าเท่ากับ 4,541 บาท ที่รอบการค้นหาเท่ากับ 7 รอบ โดยค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในรีดแผ่นยางพาราที่ได้จากการค้นหาแบบตามเชิงปรับตัว คือ ความเร็วของจักรลื่น (Machine A) มีค่า 2650 รอบต่อนาที (ความเร็วสูงสุดในการรีดยางพาราของจักรลื่น) และความเร็วของจักรดอก (Machine B) มีค่า 1500 รอบต่อนาที ผลการค้นหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพาราสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.17 จากรูปดังกล่าว สังเกตได้ว่า ในรูปที่ 7.17 (ก) เป็นการรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วจักรดอกคองที่ 1500 รอบต่อนาที พบว่า การรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วจักรลื่นเท่ากับ 2650 รอบต่อนาที จะทำให้ได้กำไรสูงสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 4,541 บาท และในรูปที่ 7.17 (ข) เป็นการรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วจักรลื่นคองที่ 2650 รอบต่อนาที พบว่า การรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วจักรดอกเท่ากับ 1500 รอบต่อนาที จะทำให้ได้กำไรสูงสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 4,541 บาท ดังนั้น การรีดแผ่นยางพาราด้วยความเร็วของจักรลื่นเท่ากับ 2650 รอบต่อนาที และความเร็วจักรดอกเท่ากับ 1500 รอบต่อนาที จะทำให้ขายแผ่นยางพาราได้กำไรสูงสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 4,541 บาท

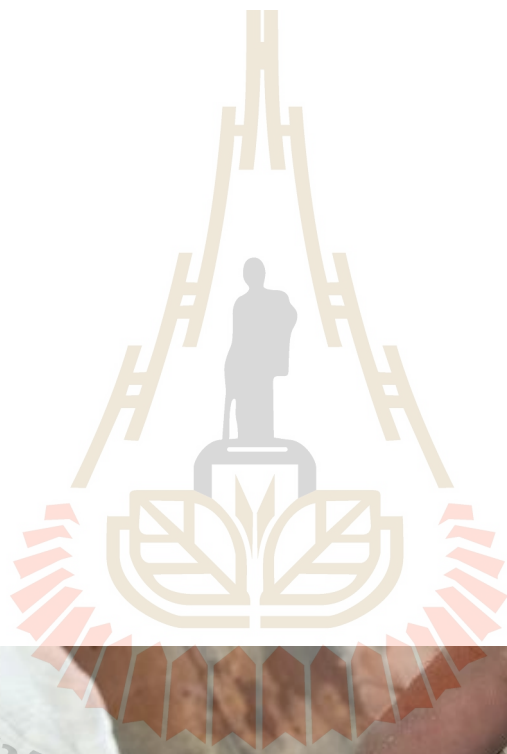


(ก) การรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วจักรดอกคงที่ 1500 รอบต่อนาที



(ข) การรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วจักรลื่นคงที่ 2650 รอบต่อนาที

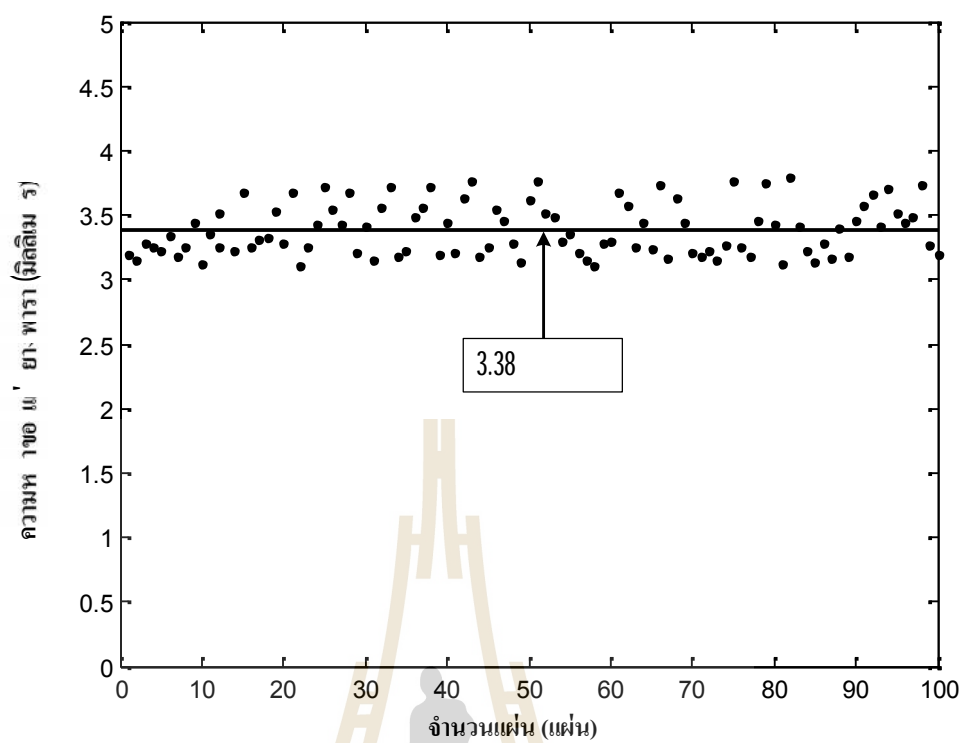
รูปที่ 7.17 ผลการค้นหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลื่น และจักรดอก



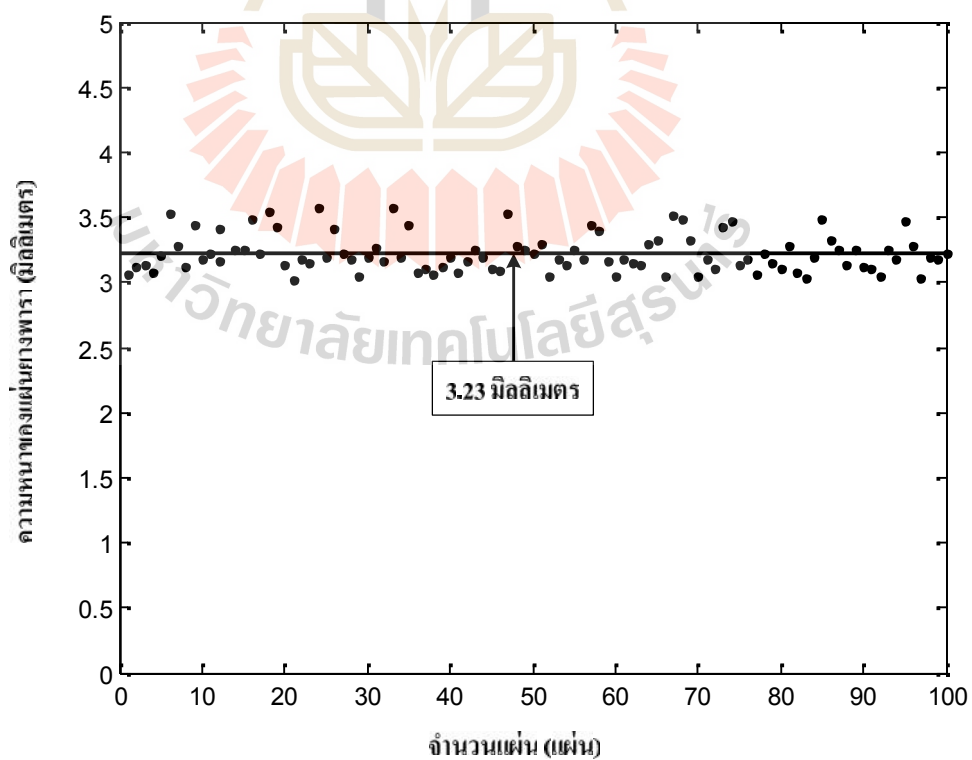
กรณีที่ 1 ทดสอบรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วที่เหมาะสมที่สุดจากการค้นหาด้วยวิธี ATS ซึ่งมีค่าความเร็วจักรกล 2650 รอบต่อนาที และความเร็วจักรดอก 1500 รอบต่อนาที เมื่อทำการรีดแผ่นยางพาราด้วยความเร็วดังกล่าว พบว่า แผ่นยางพาราที่ผ่านการรีดมีความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 3.38 มิลลิเมตร แสดงได้ดังรูปที่ 7.19 ซึ่งความหนาของแผ่นยางพาราดังกล่าวมีค่าน้อยกว่า 4 มิลลิเมตร ทำให้เป็นแผ่นยางพาราชนิดยางแผ่นดิบชั้น 1 ขายได้ราคา 45.72 บาท/กิโลกรัม ซึ่งเป็นราคาสูงสุดในการขายแผ่นยางพารา และพลังงานที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพาราของจักรกลและจักรดอก มีค่าเท่ากับ 134.19 วัตต์-ชั่วโมง โดยใช้เวลาในการรีดแผ่นยางพารา 100 นาที เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตของพลังงานที่ใช้จากสมการที่ (7-40) จะมีค่าเท่ากับ 33.01 บาท ดังนั้น ถ้าไรที่ได้จากการขายแผ่นยางพารามีค่าเท่ากับ 4,539.99 บาท

กรณีที่ 2 ทำการทดสอบรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วจักรกลมีค่าสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2600 รอบต่อนาที และความเร็วจักรดอกมีค่าสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2000 รอบต่อนาที เมื่อทำการรีดแผ่นยางพาราด้วยความเร็วดังกล่าว พบว่า แผ่นยางพาราที่ได้มีค่าความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 3.23 มิลลิเมตร แสดงผลการทดสอบได้ดังรูปที่ 7.20 ความหนาของแผ่นยางพาราในกรณีดังกล่าวมีค่าน้อยกว่า 4 มิลลิเมตร จึงจัดเป็นยางแผ่นดิบชั้น 1 ขายได้ราคาสูงสุดซึ่งเท่ากับ 45.72 บาท/กิโลกรัม และพลังงานที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพาราของจักรกลและจักรดอก มีค่าเท่ากับ 154.3 วัตต์-ชั่วโมง โดยใช้เวลาในการรีดแผ่นยางพารา 80 นาที ในส่วนของต้นทุนการผลิตตามสมการที่ (7-40) จะมีค่าเท่ากับ 37.96 บาท ดังนั้น ถ้าไรที่ได้จากการขายแผ่นยางพารามีค่าเท่ากับ 4,534.04 บาท

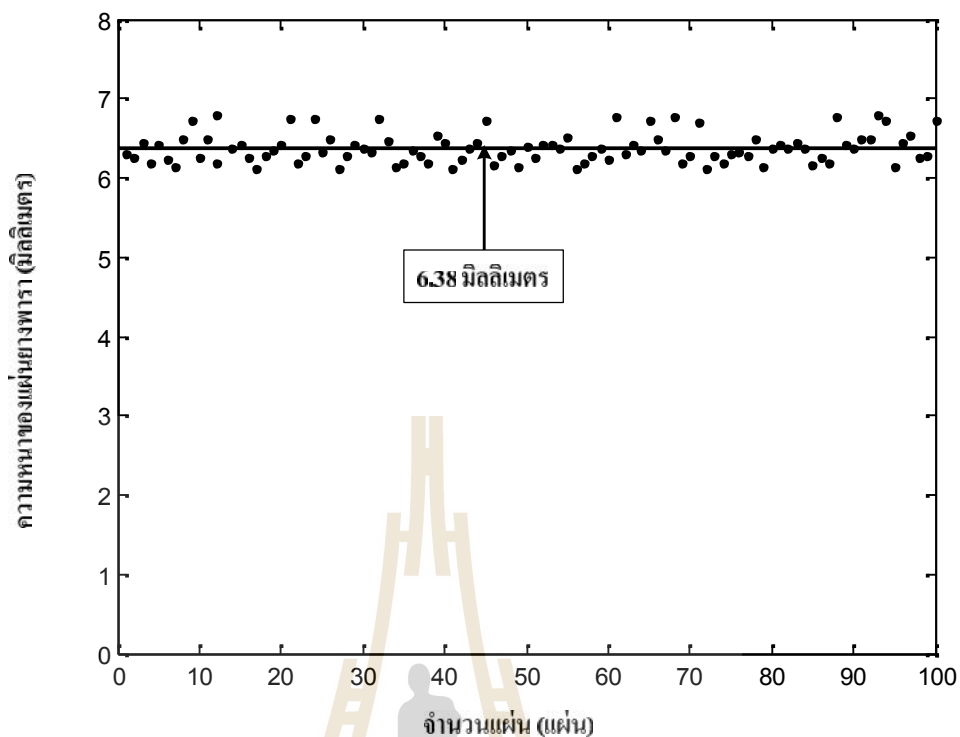
กรณีที่ 3 ทดสอบรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วใช้งานของเกษตรกร มีค่าความเร็วจักรกลเท่ากับ 1000 รอบต่อนาที และความเร็วจักรดอก 1000 รอบต่อนาที โดยผลการทดสอบรีดแผ่นยางพารา พบว่า แผ่นยางพาราที่ผ่านการรีดมีความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 6.38 มิลลิเมตร แสดงได้ดังรูปที่ 7.21 ทำให้แผ่นยางพาราที่ผ่านการรีดเป็นแผ่นยางพาราชนิดยางแผ่นดิบชั้น 3 ขายได้ราคา 41.00 บาท/กิโลกรัม สำหรับพลังงานที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพาราของจักรกลและจักรดอก มีค่า 129.26 วัตต์-ชั่วโมง และใช้เวลาในการรีดแผ่นยางพารา 135 นาที เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตของพลังงานที่ใช้ตามสมการที่ (7-40) มีค่าเท่ากับ 31.80 บาท ดังนั้น ถ้าไรที่ได้จากการขายแผ่นยางพารามีค่าเท่ากับ 4,068.20 บาท



รูปที่ 7.19 ความหนาของแผ่นยางพาราที่ผ่านการรีดด้วยความเร็วในกรณีที่ 1



รูปที่ 7.20 ความหนาของแผ่นยางพาราที่ผ่านการรีดด้วยความเร็วในกรณีที่ 2



รูปที่ 7.21 ความหนาของแผ่นยางพาราที่ผ่านการรีดด้วยความเร็วในกรณีที่ 3

การทดสอบรีดแผ่นยางพาราโดยใช้ความเร็วของจักรกลันและจักรดอกทั้ง 3 กรณี สามารถนำมาสรุปเป็นตารางการเปรียบเทียบผลการทดสอบรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วเหมาะสมที่สุดจากการค้นหาด้วยวิธี ATS การทดสอบรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วสูงสุด และการทดสอบรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วใช้งานของเกษตรกร ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.11 การเปรียบเทียบผลการทดสอบรีดแผ่นยางพาราทั้ง 3 กรณี

กรณีการทดสอบ	ความหนาของแผ่นยางพารา (mm)	กำไรที่ได้จากการขายแผ่นยางพารา (บาท)	พลังงานที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพารา (Wh)
กรณีที่ 1	3.38	4,539.99	134.19
กรณีที่ 2	3.23	4,534.04	154.30
กรณีที่ 3	6.38	4,068.20	129.29

จากตารางที่ 7.11 เมื่อพิจารณาความหนาของแผ่นยางพารา สังเกตได้ว่า การรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วเหมาะสมที่สุดจากการค้นหาด้วยวิธี ATS (กรณีที่ 1) มีค่าความหนาของแผ่นยางพาราน้อยกว่า 4 มิลลิเมตร ซึ่งความหนาของแผ่นยางพาราดังกล่าวอยู่ในช่วงเดียวกันกับความ

หนาของแผ่นยางพาราที่ได้จากการรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วสูงสุด (กรณีที่ 2) ทำให้แผ่นยางพาราที่รีดด้วยความเร็วทั้ง 2 กรณี เป็นยางแผ่นดิบชั้น 1 มีราคาในการขายแผ่นยางพาราสูงสุด ในส่วนของการรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วใช้งานของเกษตรกร (กรณีที่ 3) จะมีความหนามากที่สุด ส่งผลให้เป็นยางแผ่นดิบชั้น 3 มีราคาขายแผ่นยางพาราน้อยกว่าในกรณีที่ 1 และ กรณีที่ 2 และเมื่อพิจารณากำไรที่ได้จากการขายแผ่นยางพารา พบว่า การรีดแผ่นยางพาราในกรณีที่ 1 มีกำไรสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4,539.99 บาท เนื่องจากการรีดแผ่นยางพาราในกรณีที่ 1 จะขายแผ่นยางพาราได้ราคาเท่ากับการรีดแผ่นยางพาราด้วยกรณีที่ 2 แต่ต้นทุนการผลิตของกรณีที่ 1 มีค่า 33.01 บาท ซึ่งมีค่าน้อยกว่ากรณีที่ 2 ที่มีค่า 37.96 บาท ส่งผลให้การรีดแผ่นยางพาราด้วยกรณีที่ 1 มีกำไรสูงสุดสำหรับกรณีที่ 3 มีกำไรในการขายแผ่นยางพาราน้อยที่สุด เพราะว่ามีราคาขายแผ่นยางพาราน้อยกว่าในกรณีที่ 1 และ กรณีที่ 2 และสุดท้ายเมื่อพิจารณาพลังงานที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพารา พบว่าการรีดแผ่นยางพาราในกรณีที่ 3 มีการใช้พลังงานน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 129.29 วัตต์-ชั่วโมง แต่การรีดแผ่นยางพาราด้วยกรณีที่ 3 มีราคาขายแผ่นยางพาราน้อยที่สุด ดังนั้น ความคุ้มค่าของพลังงานที่ทำให้ได้ราคาขายแผ่นยางพาราสูงสุดจะไม่พิจารณากรณีที่ 3 แต่จะพิจารณากรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 ที่มีราคาขายแผ่นยางพาราเท่ากัน ซึ่งสังเกตได้ว่าการรีดแผ่นยางพาราในกรณีที่ 1 มีการใช้พลังงาน 134.19 วัตต์-ชั่วโมง มีค่าน้อยกว่าในกรณีที่ 2 ที่มีค่า 154.30 วัตต์-ชั่วโมง ส่งผลให้การรีดแผ่นยางพาราในกรณีที่ 1 มีการใช้พลังงานที่คุ้มค่าที่สุด นอกจากนี้ ถ้าพิจารณากำไรที่ได้จากการขายแผ่นยางพาราจากตารางที่ 7.11 ในกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 สังเกตได้ว่า กำไรที่ได้จากการขายแผ่นยางพารามีค่าต่างกันไม่มากนัก เนื่องจากการพิจารณาในบทนี้พิจารณาการรีดแผ่นยางพาราจำนวน 100 แผ่น ซึ่งยังไม่พิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งการพิจารณาด้านการคุ้มทุนจากกรณีดังกล่าว จะนำเสนออย่างละเอียดในบทที่ 8 จากการเปรียบเทียบผลการทดสอบรีดแผ่นยางพาราทั้ง 3 กรณี สามารถยืนยันได้ว่า การรีดแผ่นยางพาราด้วยตัวควบคุมพีชซีลอจิกแบบปรับตัวโดยใช้ความเร็วอ้างอิงจากการค้นหาด้วยวิธีการค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัว ทำให้แผ่นยางพาราที่ได้ขายได้กำไรสูงสุด โดยพลังงานที่ใช้คุ้มค่าที่สุดด้วยเช่นกัน

7.5

ในบทนี้ได้นำเสนอ การหาค่าความเร็วเหมาะที่สุดในการรีดแผ่นยางพาราโดยใช้วิธีการค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัว (ATS) โดยมีวัตถุประสงค์การค้นหา คือ ความเร็วเหมาะที่สุดในการขับเคลื่อนมอเตอร์ของเครื่องรีดยางพารา เพื่อให้ได้กำไรในการขายแผ่นยางพารามากที่สุด โดยพลังงานที่ใช้ต้องคุ้มค่าที่สุด ซึ่งดำเนินการค้นหาความเร็วเหมาะที่สุดของจักรกลที่ค่าความเร็วต่าง ๆ ของจักรดอก ผลการค้นหาด้วยวิธีการค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัว

พบว่า ความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา มีค่าความเร็วของจักรลื่นเท่ากับ 2650 รอบต่อนาที ที่ความเร็วจักรดอกคงที่ 1500 รอบต่อนาที โดยความเร็วดังกล่าวจะทำให้ขายแผ่นยางพาราได้กำไรสูงสุด ซึ่งเท่ากับ 4,541 บาท นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบรีดแผ่นยางพาราโดยใช้เครื่องรีดยางไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีซีลอจิกที่สร้างขึ้น และกำหนดให้ความเร็วอ้างอิงของจักรลื่นมีค่าเท่ากับ 2650 รอบต่อนาที และความเร็วของจักรดอกมีค่าเท่ากับ 1500 รอบต่อนาที พบว่า ความหนาของแผ่นยางพาราที่ผ่านการรีดมีค่าเฉลี่ย 3.38 มิลลิเมตร ความหนาของแผ่นยางพาราในกรณีดังกล่าวจัดเป็นยางแผ่นดิบชั้น 1 ที่ขายได้ราคาสูงสุดซึ่งเท่ากับ 45.72 บาท/กิโลกรัม พลังงานที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพาราของจักรลื่นและจักรดอก มีค่าเท่ากับ 134.19 วัตต์-ชั่วโมง ซึ่งเป็นพลังงานที่คุ้มค่าที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา และกำไรที่ได้จากการขายแผ่นยางพารามีค่าเท่ากับ 4,539.99 บาท เป็นค่ากำไรสูงสุด ดังนั้น เครื่องรีดยางไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีซีลอจิกจะใช้ความเร็วของจักรลื่นมีค่าเท่ากับ 2650 รอบต่อนาที และความเร็วของจักรดอกมีค่าเท่ากับ 1500 รอบต่อนาที ในการรีดแผ่นยางพารา เพื่อให้เกษตรกรได้กำไรสูงสุดในการขายแผ่นยางพารา และ พลังงานที่ใช้จะคุ้มค่าที่สุด

บทที่ 8

การออกแบบแหล่งพลังงานและการประเมินทางเศรษฐศาสตร์

8.1 กล่าวนำ

เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิกมีแหล่งพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า จากนั้นจะส่งพลังงานไฟฟ้าที่ได้ให้กับตัวควบคุมประจุแสงอาทิตย์ เพื่ออัดประจุไฟฟ้าลงแบตเตอรี่ ซึ่งพลังงานจากแบตเตอรี่จะเป็นพลังงานสำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ติดตั้งกับเครื่องรีดยางพาราในการรีดแผ่นยางพารา เพื่อให้การใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะมีพลังงานเพียงพอต่อการรีดแผ่นยางพาราของเกษตรกรในแต่ละวัน จึงได้นำเสนอการออกแบบแหล่งพลังงานของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะไว้ในหัวข้อที่ 8.2 นอกจากนี้ในบทนี้ ได้อธิบายถึงแนวทางการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะเพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดในการใช้งานของเกษตรกรจะนำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 8.3 และในหัวข้อที่ 8.4 ได้ทำการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะที่สร้างขึ้นเพื่อพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการใช้งาน

8.2 การออกแบบแหล่งพลังงาน

แหล่งพลังงานสำหรับเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิกประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ตัวควบคุมประจุแสงอาทิตย์ ทำหน้าที่อัดประจุไฟฟ้าลงแบตเตอรี่ และแบตเตอรี่ ทำหน้าที่จัดเก็บและจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำหรับใช้ในการรีดแผ่นยางพารา โดยการออกแบบแหล่งพลังงานจะสอดคล้องกับการใช้งานเครื่องรีดยางพาราของเกษตรกรในภาคครัวเรือน ดังนั้น ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้จะออกแบบแหล่งพลังงานให้สามารถรีดแผ่นยางพาราได้จำนวน 100 แผ่นต่อวัน รายละเอียดต่าง ๆ ในการออกแบบและทดสอบแหล่งพลังงานสำหรับเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ สามารถอธิบายได้ดังนี้

$$Ah = \frac{134.19}{24 \times 0.5 \times 0.7} = 15.975 \text{ Ah}$$



8.2.2 การออกแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า และสามารถนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาเก็บไว้ที่แบตเตอรี่ เพื่อเก็บสะสมพลังงานไว้ใช้ หรือนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยตรง เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการใช้พลังงานทดแทน จากคุณสมบัติของพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยได้เห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ที่จะได้รับอย่างคุ้มค่าจากการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานร่วมกับเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ ด้วยตัวควบคุมพีซีซีลอจิก เพราะพื้นที่สวนยางพาราส่วนใหญ่เป็นพื้นที่โล่ง และมีแสงแดดเข้าถึง จึงมีความเหมาะสมที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งาน แต่การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะนำมาใช้งานร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จึงทำการออกแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เหมาะสมกับการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ การออกแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (8-2)

$$P_{solar} = \frac{Demandload}{PSH \times y_{solar}} \quad (8-2)$$

โดยที่ PSH คือ ปริมาณแสงอาทิตย์สูงสุดโดยไม่มีเมฆบังในหนึ่งวัน (h-day)

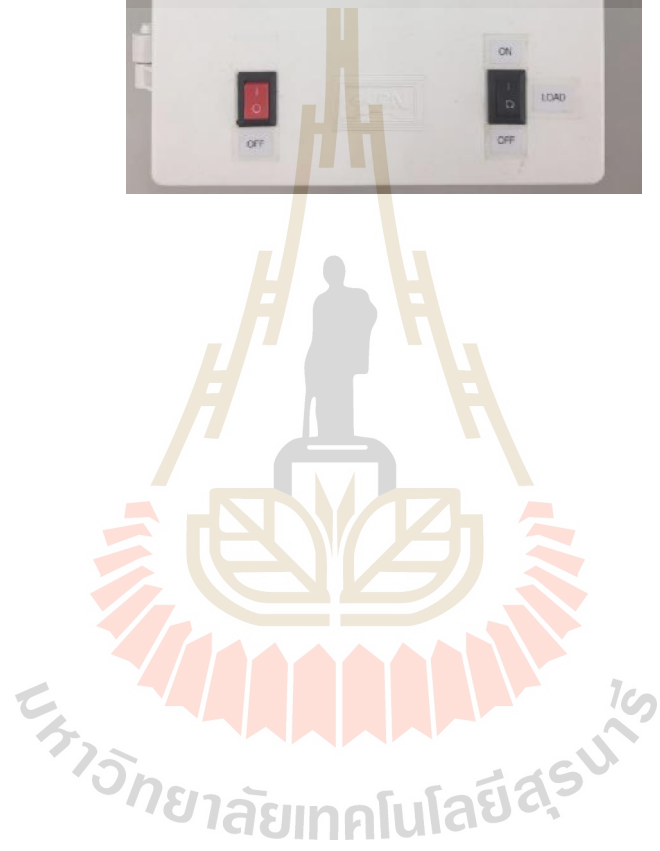
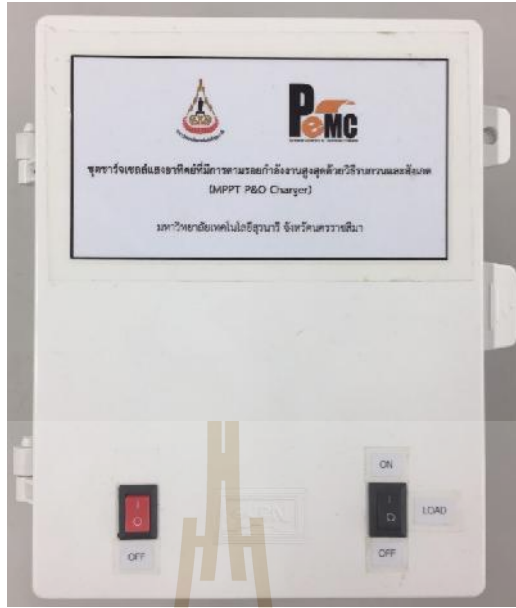
y_{solar} คือ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์จะเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมโพลี (poly crystalline) ที่มีประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 70% ปริมาณแสงอาทิตย์สูงสุดโดยไม่มีเมฆบังในหนึ่งวัน โดยเฉลี่ยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่า 4.5 ชั่วโมง-วัน (ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, 2010) และต้องการพลังงาน 432 วัตต์-ชั่วโมง (พลังงานสูงสุดของแบตเตอรี่) จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาเก็บสะสมไว้ที่แบตเตอรี่ ดังนั้น สามารถคำนวณหาขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังสมการที่ (8-3)

$$P_{solar} = \frac{432}{4.5 \times 0.7} = 137.14 \text{ W} \quad (8-3)$$

การเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้มีขนาดเพียงพอต่อการรีดแผ่นยางพาราในภาคครัวเรือน ควรเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 137.14 วัตต์ ดังนั้น ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้จึงเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมโพลีขนาด 50 วัตต์ จำนวน



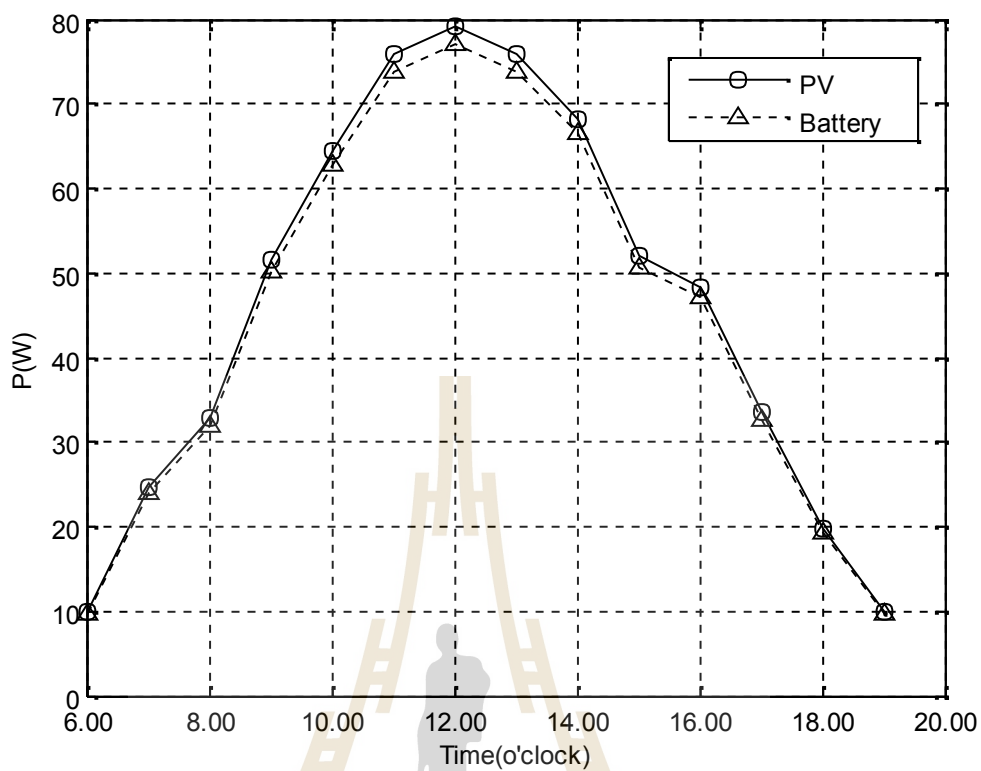


ตารางที่ 8.1 ผลการทดสอบแหล่งพลังงานของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ

เวลา	ความเข้มแสง		กำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าที่ประจุลงแบตเตอรี่ (วัตต์)
	lux	W/m ²		
06.00 น.	250	2.5	10.00	9.74
07.00 น.	4826	48.26	24.70	24.05
08.00 น.	16920	169.20	32.79	31.93
09.00 น.	42680	426.80	51.64	50.28
10.00 น.	67000	670.00	64.40	62.71
11.00 น.	79000	790.00	75.82	73.83
12.00 น.	86500	865.00	79.10	77.02
13.00 น.	78600	786.00	75.82	73.83
14.00 น.	66100	661.00	68.30	66.51
15.00 น.	46320	463.20	52.00	50.63
16.00 น.	30440	304.40	48.36	47.09
17.00 น.	22000	220.00	33.61	32.72
18.00 น.	5430	54.30	19.80	19.28
19.00 น.	1070	10.70	10.00	9.74

หมายเหตุ : ผลการทดสอบวันที่ 11 สิงหาคม 2559

จากผลการทดสอบในตารางที่ 8.1 สามารถนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในเวลา 1 วัน และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับกำลังไฟฟ้าที่ประจุลงแบตเตอรี่ในเวลา 1 วัน แสดงได้ดังรูปที่ 8.4



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ครัวเรือน เนื่องจากพลังงานที่ได้จากการแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการประจุลงแบตเตอรี่มีค่ามากกว่า พลังงานที่ต้องการประจุลงแบตเตอรี่ โดยมีค่าเท่ากับ 619.62 วัตต์-ชั่วโมง ส่วนพลังงานที่ต้องการ ประจุลงแบตเตอรี่เพื่อใช้ในการรีดแผ่นยางพาราของเกษตรกรมีค่าเท่ากับ 432 วัตต์-ชั่วโมง ดังนั้น แหล่งพลังงานของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีซีลอจิกมีค่าเท่ากับ 143.43 เปรอร์เซ็นต์ของพลังงานที่ต้องการใช้

8.3 แนวทางการใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีซีลอจิก

การใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะใน 1 ชั่วโมง จะใช้พลังงาน 80.4 วัตต์-ชั่วโมง (จากการทดสอบรีดแผ่นยางพาราในบทที่ 7) สามารถรีดแผ่นยางพาราได้จำนวน 60 แผ่น และในแต่ละช่วงเวลาจะมีการประจุไฟฟ้าเพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับเครื่องรีดยางพาราแตกต่างกัน ดังนั้น เพื่อให้การใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะเกิดประโยชน์สูงสุดต่อเกษตรกร ในงานวิจัย วิทยานิพนธ์นี้ จึงมีแนวทางทางการใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีซีลอจิก ด้วยกัน 3 แนวทาง คือ การใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานเต็ม และไม่มีการประจุพลังงานลงแบตเตอรี่ การใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่ แบตเตอรี่มีพลังงานเต็มและมีการประจุพลังงานลงแบตเตอรี่ และการใช้งานเครื่องรีดยางพารา ไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานไม่เพียงพอในการรีดแผ่นยางพารา โดยแนวทางการใช้ งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าทั้ง 3 กรณี แสดงได้ดังตารางที่ 8.2 - 8.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 8.2 แนวทางการใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานเต็มและไม่มีการประจุพลังงานลงแบตเตอรี่

ช่วงเวลา (น.)	แผนภาพ	จำนวนแผ่นยางพาราที่รีด
06.00 ถึง 07.00		60

ตารางที่ 8.2 แนวทางการใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานเต็มและไม่มี การประจุพลังงานลงแบตเตอรี่ (ต่อ)

ช่วงเวลา (น.)	แผนภาพ	จำนวนแผ่นยางพาราที่รีด
07.00 ถึง 08.00	<p>Battery 135.6 Wh Electric Rubber Pressure Machine -80.4 Wh</p>	60
08.00 ถึง 09.00	<p>Battery 55.2 Wh Electric Rubber Pressure Machine -80.4 Wh</p>	41
09.00 ถึง 10.00	<p>Battery 0 Wh Electric Rubber Pressure Machine -80.4 Wh</p>	0
จำนวนแผ่นยางพาราทั้งหมดที่รีดได้มีค่าเท่ากับ 161 แผ่น/วัน		

จากตารางที่ 8.2 สังเกตได้ว่า การใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานเต็มและไม่มี การประจุพลังงานลงแบตเตอรี่ จะสามารถรีดแผ่นยางพาราได้จำนวน 161 แผ่น/วัน เมื่อแบตเตอรี่หมดพลังงานจะต้องนำแบตเตอรี่ไปประจุไฟฟ้าใหม่จนเต็มก่อนนำกลับมาใช้เป็นแหล่งพลังงานของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะในการรีดแผ่นยางพาราครั้งต่อไป ซึ่งแนวทางการใช้งานดังกล่าว สามารถใช้งานกับเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะได้โดยไม่ต้องติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แต่จะต้องนำแบตเตอรี่ไปประจุไฟฟ้ากับไฟบ้านก่อนนำมาใช้งานกับเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ

ตารางที่ 8.3 แนวทางการใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานเต็มและมีการประจุพลังงานลงแบตเตอรี่

ช่วงเวลา (น.)	แผนภาพ	จำนวนแผ่น ยางพาราที่รีด
06.00 ถึง 07.00	<p>PV Panel Solar Charger Controller Battery Electric Rubber Pressure Machine</p>	60
07.00 ถึง 08.00	<p>PV Panel Solar Charger Controller Battery Electric Rubber Pressure Machine</p>	60
08.00 ถึง 09.00	<p>PV Panel Solar Charger Controller Battery Electric Rubber Pressure Machine</p>	60
09.00 ถึง 10.00	<p>PV Panel Solar Charger Controller Battery Electric Rubber Pressure Machine</p>	60
10.00 ถึง 11.00	<p>PV Panel Solar Charger Controller Battery Electric Rubber Pressure Machine</p>	60

ตารางที่ 8.3 แนวทางการใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่มีพลังงานเต็มและมีการประจุพลังงานลงแบตเตอรี่ (ต่อ)

ช่วงเวลา (น.)	แผนภาพ	จำนวนแผ่น ยางพาราที่รีด
11.00 ถึง 12.00	<p>PV Panel Solar Charger Controller Battery Electric Rubber Pressure Machine</p>	0
12.00 ถึง 13.00	<p>PV Panel Solar Charger Controller Battery Electric Rubber Pressure Machine</p>	0
13.00 ถึง 14.00	<p>PV Panel Solar Charger Controller Battery Electric Rubber Pressure Machine</p>	60
14.00 ถึง 15.00	<p>PV Panel Solar Charger Controller Battery Electric Rubber Pressure Machine</p>	60
15.00 ถึง 16.00	<p>PV Panel Solar Charger Controller Battery Electric Rubber Pressure Machine</p>	0

ตารางที่ 8.3 แนวทางการใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่มีแบตเตอรี่มีพลังงานเต็มและมีการประจุพลังงานลงแบตเตอรี่ (ต่อ)

ช่วงเวลา (น.)	แผนภาพ	จำนวนแผ่น ยางพาราที่รีด
16.00 ถึง 17.00		0
17.00 ถึง 18.00		0
18.00 ถึง 19.00		0
จำนวนแผ่นยางพาราทั้งหมดที่รีดมีค่าเท่ากับ 420 แผ่น/วัน		

จากแนวทางการใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่มีแบตเตอรี่มีพลังงานเต็มและมีการประจุพลังงานลงแบตเตอรี่ในตารางที่ 8.3 สังเกตได้ว่าการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะตามแนวทางดังกล่าว จะสามารถรีดแผ่นยางพาราได้จำนวน 420 แผ่น/วัน โดยมีลักษณะการใช้งาน คือ ในช่วงเวลา 06.00 -11.00 น. จะทำการรีดแผ่นยางพาราต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง ซึ่งสามารถรีดแผ่นยางพาราได้จำนวน 300 แผ่น จากนั้นในช่วงเวลา 11.00 – 13.00 น. จะหยุดรีดแผ่นยางพาราเพื่อรอให้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประจุลงแบตเตอรี่จนเต็ม หลังจากนั้นในช่วง 13.00 – 15.00 น. จะทำการรีดแผ่นยางพาราอีก 2 ชั่วโมง ทำให้รีดแผ่นยางพาราได้เพิ่มขึ้นอีกจำนวน 120 แผ่น และในช่วงเวลาที่เหลือของวันจะไม่มีกรีดยางพาราเพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประจุไฟฟ้าลงแบตเตอรี่จนเต็ม สำหรับใช้งานกับเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะในวันต่อไป

ตารางที่ 8.4 แนวทางการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานไม่เพียงพอในการรีดแผ่นยางพารา

ช่วงเวลา (น.)	แผนภาพ	จำนวนแผ่นยางพาราที่รีด
06.00 ถึง 07.00	<p>PV Panel → 17.35 Wh → Solar Charger Controller → 16.90 Wh → Battery → 16.9 Wh → Electric Rubber Pressure Machine (0 Wh)</p>	0
07.00 ถึง 08.00	<p>PV Panel → 28.75 Wh → Solar Charger Controller → 27.99 Wh → Battery → 44.9 Wh → Electric Rubber Pressure Machine (0 Wh)</p>	0
08.00 ถึง 09.00	<p>PV Panel → 42.22 Wh → Solar Charger Controller → 41.11 Wh → Battery → 86.0 Wh → Electric Rubber Pressure Machine (0 Wh)</p>	0
09.00 ถึง 10.00	<p>PV Panel → 58.02 Wh → Solar Charger Controller → 56.45 Wh → Battery → 142.5 Wh → Electric Rubber Pressure Machine (0 Wh)</p>	0
10.00 ถึง 11.00	<p>PV Panel → 70.11 Wh → Solar Charger Controller → 68.27 Wh → Battery → 210.8 Wh → Electric Rubber Pressure Machine (0 Wh)</p>	0

ตารางที่ 8.4 แนวทางการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานไม่เพียงพอในการรีดแผ่นยางพารา (ต่อ)

ช่วงเวลา (น.)	แผนภาพ	จำนวนแผ่นยางพาราที่รีด
11.00 ถึง 12.00	<p>PV Panel → 77.46 Wh → Solar Charger Controller → 75.43 Wh → Battery → 216 Wh → Electric Rubber Pressure Machine (-80.4 Wh)</p>	60
12.00 ถึง 13.00	<p>PV Panel → 77.46 Wh → Solar Charger Controller → 75.43 Wh → Battery → 211.0 Wh → Electric Rubber Pressure Machine (-80.4 Wh)</p>	60
13.00 ถึง 14.00	<p>PV Panel → 72.06 Wh → Solar Charger Controller → 70.17 Wh → Battery → 200.8 Wh → Electric Rubber Pressure Machine (-80.4 Wh)</p>	60
14.00 ถึง 15.00	<p>PV Panel → 60.15 Wh → Solar Charger Controller → 58.57 Wh → Battery → 179.0 Wh → Electric Rubber Pressure Machine (-80.4 Wh)</p>	60
15.00 ถึง 16.00	<p>PV Panel → 50.18 Wh → Solar Charger Controller → 48.86 Wh → Battery → 147.4 Wh → Electric Rubber Pressure Machine (-80.4 Wh)</p>	60

ตารางที่ 8.4 แนวทางการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานไม่เพียงพอในการรีดแผ่นยางพารา (ต่อ)

ช่วงเวลา (น.)	แผนภาพ	จำนวนแผ่นยางพาราที่รีด
16.00 ถึง 17.00		60
17.00 ถึง 18.00		39
18.00 ถึง 19.00		0
จำนวนแผ่นยางพาราทั้งหมดที่รีดมีค่าเท่ากับ 399 แผ่น/วัน		

จากตารางที่ 8.4 สังกัดได้ว่า แนวทางการใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานไม่เพียงพอในการรีดแผ่นยางพารา สามารถรีดแผ่นยางพาราได้จำนวน 399 แผ่น/วัน โดยมีลักษณะการใช้งาน คือ ในช่วงเวลา 06.00 -11.00 น. จะไม่มีการรีดแผ่นยางพารา เนื่องจากจะต้องรอให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประจุไฟฟ้าลงแบตเตอรี่จนเต็ม เมื่อแบตเตอรี่มีพลังงานไฟฟ้าที่เพียงพอในการรีดแผ่นยางพาราแล้วในช่วงเวลา 11.00 – 17.00 น. จะทำการรีดแผ่นยางพาราต่อเนื่องเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทำให้รีดได้แผ่นยางพาราได้จำนวน 360 แผ่น และในช่วงเวลา 17.00 – 18.00 น. สามารถรีดแผ่นยางพาราได้อีกจำนวน 39 แผ่น จากนั้นแบตเตอรี่จะไม่สามารถรีดแผ่นยางพาราด้วยความเร็วเหมาะสมที่สุดได้ ดังนั้น แนวทางดังกล่าว สามารถรีดแผ่นยางพาราได้จำนวน 399 แผ่น/วัน จากการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะทั้ง 3 แนวทาง มีลักษณะที่แตกต่างกันไป โดยพบว่า การใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานเต็มและไม่มี

การประจุพลังงานลงแบตเตอรี่ เหมาะสมกับการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะเมื่อไม่มีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ต้องนำแบตเตอรี่ไปประจุไฟฟ้ากับไฟฟ้าบ้านทุกครั้งหลังรีดแผ่นยางพารา ซึ่งสามารถรีดแผ่นยางพาราได้จำนวน 161 แผ่น/วัน ในส่วนแนวทางการใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานเต็มและมีการประจุพลังงานลงแบตเตอรี่ เป็นแนวทางที่ผู้วิจัยแนะนำให้เกษตรกรใช้งาน เนื่องจากเป็นแนวทางการใช้งานที่สามารถรีดแผ่นยางพาราได้จำนวนสูงสุด ซึ่งรีดแผ่นยางพาราได้จำนวน 420 แผ่น/วัน และแบตเตอรี่มีพลังงานเต็มหลังใช้งาน สามารถนำไปใช้งานได้ในวันต่อไป และการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานไม่เพียงพอในการรีดแผ่นยางพารา สามารถรีดแผ่นยางพาราได้จำนวน 399 แผ่น/วัน แต่การใช้งานกรณีดังกล่าวต้องรอให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประจุไฟฟ้าจนมีพลังงานเพียงพอจึงสามารถรีดแผ่นยางพาราได้ การใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะทั้ง 3 แนวทาง มีลักษณะที่แตกต่างกันไป ดังนั้น เกษตรกรควรเลือกใช้งานเครื่องรีดยางพาราตามแนวทางการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะตามความเหมาะสมในการรีดแผ่นยางพาราของตนเอง เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อเกษตรกรชาวสวนยางพารา

8.4 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการประเมินความคุ้มค่าของการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ ซึ่งในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้จะทำการประเมินราคา และประเมินจุดคุ้มทุนของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะที่สร้างขึ้น โดยรายละเอียดต่าง ๆ ในการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ แสดงได้ดังต่อไปนี้

8.4.1 การประเมินราคาของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก

การประเมินราคาของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ จะพิจารณาราคาของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาติดตั้งกับเครื่องรีดยางพารา โดยจะไม่พิจารณาราคาของเครื่องรีดยางพาราเนื่องจากเกษตรกรชาวสวนยางในภาคครัวเรือนส่วนใหญ่จะมีเครื่องรีดยางพาราในการรีดแผ่นยางพาราอยู่แล้วจำนวน 1 ชุด คือ จักรกลั่น และจักรดอก ดังนั้น การประเมินราคาของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะนั้นจะพิจารณาเฉพาะราคาอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพิ่มเติมจากส่วนที่มีอยู่แล้ว โดยราคาของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ 1 ชุด มีค่าเท่ากับ 23,450 บาท สำหรับรายละเอียดการประเมินของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ แสดงได้ดังตารางที่ 8.5

ตารางที่ 8.5 รายละเอียดการประเมินของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ

ลำดับ	รายการ	ราคา (บาท)
1	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจำนวน 2 ตัว	3,400
2	แผ่นเหล็กติดตั้งมอเตอร์จำนวน 2 แผ่น	1,500
3	มุลย์ติดมอเตอร์	400
4	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 50 วัตต์ จำนวน 3 แผง	4,500
5	ตัวควบคุมประจุแสงอาทิตย์	4,500
6	แบตเตอรี่ขนาด 12 V 18 Ah จำนวน 2 ก้อน	3,000
7	สายพานจำนวน 2 เส้น	400
8	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	4,000
9	กล่องใส่วงจรควบคุม	350
10	แผ่นอะคิลิก	400
11	ฐานวางชุดควบคุม	1,000
ราคารวม		23,450

8.4.2 การประเมินจุดคุ้มทุน

การประเมินจุดคุ้มทุน จะพิจารณากรณีตัวอย่าง 2 กรณี คือ กรณีพิจารณาค่าขนส่งน้ำยางดิบจากสวนยางพารามาผลิตแผ่นยางพาราที่บ้านของเกษตรกรสวนยางพารา และกรณีพิจารณาค่าไรที่เพิ่มขึ้นของเกษตรกรเมื่อใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ การพิจารณาจุดคุ้มทุนทั้ง 2 กรณี มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 พิจารณาค่าขนส่งน้ำยางดิบจากสวนยางพารามาผลิตแผ่นยางพาราที่บ้านของเกษตรกรสวนยางพารา โดยจะพิจารณาจากกรณีตัวอย่างของคุณสิทธิพร มณีจินดา อาศัยอยู่บ้านเลขที่ 115 หมู่ที่ 8 ตำบลช้างซ้าย อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี (แบบฟอร์มการให้ข้อมูลของเกษตรกรแสดงไว้ในภาคผนวก จ.) ซึ่งมีสวนยางพาราที่อยู่ห่างจากบ้าน เป็นระยะทาง 12 กิโลเมตร โดยเกษตรกรจะนำน้ำยางดิบมาผลิตแผ่นยางพาราที่บ้าน ซึ่งใช้รถกระบะในการขนส่ง ทำให้ในหนึ่งวันจะต้องเสียค่าน้ำมันรถ 100 บาท และใน 1 ปี เกษตรกรสามารถรีดยางพาราได้ 9 เดือน เนื่องจากจะต้องหยุดรีดยางพาราในช่วงฤดูฝนประมาณ 2 เดือน และช่วงต้นยางพาราผลัดใบประมาณ 1 เดือน และใน 1 เดือนจะสามารถรีดยางพาราได้ 20 วัน ดังนั้น 1 ปี จะรีดยางได้ 180 วัน ทำให้ใน 1 ปี มีต้นทุนค่าขนส่ง 18,000 บาท เพราะฉะนั้นระยะเวลาคืนทุนของกรณีค่าขนส่งมี

ค่าเท่ากับ 1 ปี 3 เดือน 19 วัน แสดงได้ดังสมการที่ (8-2) และเมื่อผ่านระยะเวลาคืนทุนจะทำให้ชาวสวนยางพารามีรายได้เพิ่มขึ้นปีละ 18,000 บาท

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \frac{\text{ต้นทุนของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ}}{\text{ต้นทุนค่าขนส่งใน 1 ปี}} \\ &= \frac{23,450}{18,000} \\ &= 1.3028 \text{ ปี (1 ปี 3 เดือน 19 วัน)} \end{aligned} \quad (8-2)$$

กรณีที่ 2 พิจารณาค่าไรที่เพิ่มขึ้นของเกษตรกรเมื่อใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ โดยพิจารณาราคายางแผ่นยางพาราของเกษตรกรจำนวน 100 แผ่น/วัน จากการสอบถามคุณสิทธิพร มุณีจินดา เกษตรกรชาวสวนยางพาราที่ขายแผ่นยางพาราในพื้นที่ตำบลช้างซ้าย อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า แผ่นยางพาราของเกษตรกรที่ใช้เครื่องรีดยางพาราทั่วไปในการรีดแผ่นยางพาราจะเป็นยางแผ่นดิบชั้น 2 ซึ่งมีราคา 44 บาท (ราคายางแผ่นยางดิบในท้องตลาดแสดงไว้ในตารางที่ 7.9) ทำให้เกษตรกรมีรายได้ 4,400 บาท/วัน หากเกษตรกรใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะในการรีดแผ่นยางพารา จะทำให้แผ่นยางพาราที่ได้เป็นยางแผ่นดิบชั้น 1 ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ 4,539.99 บาท/วัน ดังนั้น การใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะทำให้เกษตรกรมีกำไรเพิ่มขึ้น 139.99 บาท/วัน และใน 1 ปี เกษตรกรสามารถรีดยางพาราได้ 180 วัน ทำให้ใน 1 ปี มีกำไรเพิ่มขึ้น 25,198.2 บาท เพราะฉะนั้นระยะเวลาคืนทุนของกรณีพิจารณาค่าไรที่เพิ่มขึ้นของเกษตรกรเมื่อใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะมีค่าเท่ากับ 11 เดือน 5 วัน แสดงได้ดังสมการที่ (8-3) และเมื่อผ่านระยะเวลาคืนทุนดังกล่าวจะส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น 25,198.2 บาทต่อปี

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \frac{\text{ต้นทุนของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ}}{\text{กำไรที่เพิ่มขึ้นใน 1 ปี}} \\ &= \frac{23,450}{25,198.2} \\ &= 0.9306 \text{ ปี (11 เดือน 5 วัน)} \end{aligned} \quad (8-3)$$

จากการประเมินจุดคุ้มทุน สังเกตได้ว่า ในกรณีพิจารณาค่าขนส่งน้ำยางดิบจากสวนยางพารามาผลิตแผ่นยางพาราที่บ้านของเกษตรกรสวนยางพาราจะมีระยะเวลาคืนทุนเร็ว

ขึ้น เมื่อระยะทางในการขนส่งน้ำยางดิบมาผลิตแผ่นยางพาราไกลขึ้น ดังนั้น ถ้านำเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะไปใช้กับเกษตรกรที่สวนยางพารามีระยะทางไกลจากบ้านเรือนมาก ๆ จะยิ่งทำให้มีความคุ้มค่าที่เร็วขึ้น และในกรณีพิจารณากำไรที่เพิ่มขึ้นของเกษตรกรเมื่อใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะจะมีระยะเวลาคืนทุนที่เร็วขึ้น เมื่อเกษตรกรสามารถรีดแผ่นยางพาราใน 1 วัน ได้จำนวนมากกว่า 100 แผ่น ซึ่งการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะตามแนวทางการใช้งานสามารถรีดแผ่นยางพาราได้สูงสุดถึง 420 แผ่น/วัน ดังนั้น ถ้าเกษตรกรสามารถผลิตแผ่นยางพาราได้จำนวนมากขึ้น จะยิ่งทำให้มีความคุ้มค่าที่เร็วขึ้น เพราะฉะนั้น เมื่อเกษตรกรชาวสวนยางพาราหันมาใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะจะทำให้ลดต้นทุนการผลิตในด้านการขนส่งปีละ 18,000 บาท และมีกำไรในการขายแผ่นยางพาราเพิ่มขึ้นปีละ 25,198.2 บาท หลังจากผ่านระยะเวลาคืนทุน ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น

8.5 สรุป

ในบทนี้ได้นำเสนอการออกแบบแหล่งพลังงานของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ เพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานของเกษตรกรในภาคครัวเรือน ซึ่งพบว่า พลังงานที่ใช้สำหรับเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะประกอบด้วย แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 18 แอมแปร์-ชั่วโมง จำนวน 2 ก้อน ต่ออนุกรมกัน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมโพลีขนาด 50 วัตต์ จำนวน 3 แผง ต่ออนุกรมกัน และตัวควบคุมประจุแสงอาทิตย์ชนิด MPPT P&O ซึ่งผลการทดสอบแหล่งพลังงานดังกล่าวยืนยันได้ว่า แหล่งพลังงานของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีชชีลอจิกที่ออกแบบมีค่าเท่ากับ 143.43 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่ต้องการใช้ ทำให้แหล่งพลังงานที่ออกแบบมีค่าเพียงพอต่อการใช้งาน นอกจากนี้ในบทนี้ยังได้นำเสนอแนวทางการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ ซึ่งพบว่า แนวทางการใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานเต็มและมีการประจุพลังงานลงแบตเตอรี่จะสามารถรีดแผ่นยางพาราได้สูงถึง 420 แผ่น/วัน แต่การใช้งานในแต่ละแนวทางมีลักษณะที่แตกต่างกัน เกษตรกรควรเลือกแนวทางในการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะตามความเหมาะสมในการรีดแผ่นยางพารา เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อเกษตรกรชาวสวนยางพารา อีกทั้งในบทนี้ได้ทำการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งสังเกตได้ว่า เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะที่สร้างขึ้นจะมีระยะเวลาคืนทุนที่เร็วขึ้น เมื่อระยะทางในการขนส่งน้ำยางดิบจากสวนยางมาผลิตแผ่นยางพาราที่บ้านของของเกษตรกรมีระยะทางไกลขึ้น หรือเกษตรกรสามารถผลิตแผ่นยางพาราได้จำนวนมากขึ้น ดังนั้น เมื่อเกษตรกรชาวสวนยางพาราหันมาใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะจะทำให้ลดต้นทุนการผลิตในด้านการขนส่ง มีกำไรในการขายแผ่นยางพาราเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น

บทที่ 9

สรุปและข้อเสนอแนะ

9.1 สรุป

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ ด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิก เพื่อให้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะสามารถควบคุมความหนาของแผ่นยางพาราให้ขายได้กำไรสูงสุด และพลังงานที่ใช้คุ้มค่าที่สุด โดยงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ได้เริ่มจากการค้นคว้าปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิก ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิก และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิกแบบปรับตัว นอกจากนี้ยังได้ค้นคว้าปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบดาบุงเชิงปรับตัว ซึ่งผลงานวิจัยที่ได้ศึกษาค้นคว้าทั้งหมดได้นำเสนอไว้ในบทที่ 2

การศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีพื้นฐานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ ซึ่งประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร สำหรับใช้ติดตั้งกับเครื่องรีดยางพารา เพื่อขับเคลื่อนลูกรีดของเครื่องรีดยางพารา วงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี ที่ใช้ควบคุมแรงดันไฟฟ้าอินพุตของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งกับเครื่องรีดยางพารา และแบตเตอรี่ ที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้า อีกทั้งได้ทำการศึกษาทฤษฎีของฟuzzy ซึ่งการทำความเข้าใจในทฤษฎีของฟuzzyมีความสำคัญมากสำหรับการออกแบบ และสร้างตัวควบคุมฟuzzyลอจิกเพื่อให้สามารถควบคุมความเร็วเครื่องรีดยางพารา ซึ่งรายละเอียดการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิกได้นำเสนอไว้ในบทที่ 3

การควบคุมด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิกเป็นวิธีการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ เหมาะสำหรับระบบควบคุมที่มีความซับซ้อน คลุมเครือ ไม่เป็นเชิงเส้น และเป็นการควบคุมที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แม่นยำของระบบในการออกแบบตัวควบคุม ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา โดยการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิกในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ ได้ออกแบบและสร้างชุดควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิก พร้อมทั้งทำการติดตั้งชุดควบคุมและมอเตอร์ไฟฟ้ากับเครื่องรีดยางพารา ซึ่งในส่วนนี้ได้ทำการยื่นจดสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์ ชื่อผลงาน “ชุดติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากับเครื่องรีดยางพาราแบบมือหมุน” ซึ่งได้นำเสนอไว้ในบทที่ 4 นอกจากนี้ยังได้ทำ

การทดสอบรีดแผ่นยางพาราโดยใช้ชุดทดสอบที่สร้างขึ้น ซึ่งผลการทดสอบพบว่า ตัวควบคุมพีชชีลอจิกที่สร้างขึ้นสามารถควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราได้ตามต้องการ

การออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีชชีลอจิกสำหรับใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราในบทที่ 5 ได้นำเสนอการออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมพีชชีลอจิกด้วยวิธีการใหม่ที่ผู้วิจัยคิดค้นขึ้น ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้การคำนวณที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และที่สำคัญเป็นวิธีการที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบตัวควบคุม ผลการทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมพีชชีลอจิกที่ออกแบบด้วยวิธีการใหม่ สามารถให้ประสิทธิผลที่ดีในการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา

การใช้งานเครื่องรีดยางพาราของเกษตรกรจะใช้ความเร็วในการรีดแผ่นยางพาราที่แตกต่างกันตามความถนัดของเกษตรกร ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้จึงได้คิดค้น ออกแบบ และสร้างตัวควบคุมที่สามารถปรับตัวได้ตามความต้องการใช้งานของเกษตรกร โดยใช้ตัวควบคุมพีชชีลอจิกและพีชชีช่วย ซึ่งเรียกว่า ตัวควบคุมพีชชีลอจิกแบบปรับตัว ซึ่งผลการทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารากรณีที่มีความเร็วอ้างอิงของเครื่องรีดยางพาราเปลี่ยนแปลง พบว่า ตัวควบคุมพีชชีลอจิกแบบปรับตัวสามารถควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้ค่าความคลาดเคลื่อนของความเร็วน้อยลงเมื่อเทียบกับการควบคุมเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมพีชชีลอจิก รายละเอียดการออกแบบตัวควบคุมพีชชีลอจิกแบบปรับตัวรวมทั้งการทดสอบดังกล่าว ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 6

ความเร็วที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพาราของจักรกลันและจักรดอก มีผลอย่างมากต่อความหนาของแผ่นยางพารา ซึ่งความหนาของแผ่นยางพารามีผลต่อราคาขายแผ่นยางพาราในท้องตลาด อีกทั้งความเร็วในการรีดแผ่นยางพารายังมีผลต่อกำลังงานที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพารา ดังนั้น ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์จึงได้นำเสนอการหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้วิธีการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบตามูเชิงปรับตัว เพื่อให้ได้ความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา ซึ่งความเร็วดังกล่าวจะทำให้ขายแผ่นยางพาราได้กำไรสูงสุด โดยพลังงานที่ใช้คุ้มค่าที่สุด โดยผลการค้นหาพบว่า แผ่นยางพาราที่ผ่านการรีดด้วยความเร็วจักรกลันมีค่าเท่ากับ 2600 รอบต่อนาที และความเร็วจักรดอกมีค่าเท่ากับ 1500 รอบต่อนาที จะมีกำไรสูงสุด และพลังงานที่ใช้ในการรีดแผ่นยางพาราที่ความเร็วดังกล่าวเป็นพลังงานที่คุ้มค่าที่สุด สำหรับรายละเอียดการค้นหาความเร็วที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการค้นหาแบบตามูเชิงปรับตัว รวมทั้งการทดสอบรีดแผ่นยางพาราด้วยความเร็วดังกล่าว ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 7

งานวิจัยวิทยานิพนธ์ได้สังเกตเห็นถึงความสำคัญในการใช้พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานสะอาด ไม่มีมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และเหมาะสมกับพื้นที่สวนยางพาราที่เป็นที่โล่งแจ้ง

สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดี มาใช้เป็นแหล่งพลังงานของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก โดยการออกแบบแหล่งพลังงานดังกล่าว ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 8 นอกจากนี้ได้ทำการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อพิจารณาต้นทุนในการสร้างและประเมินจุดคุ้มทุนของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ พร้อมทั้งได้นำเสนอแนวทางการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ เพื่อให้การใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะของเกษตรกรเกิดประโยชน์สูงสุด เมื่อเกษตรกรชาวสวนยางพาราหันมาใช้เครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะ จะทำให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรสวนยางพาราในด้านต่าง ๆ เช่น ลดจำนวนคนในการผลิต เพิ่มอัตราการผลิต ทำให้เกษตรกรมีความสะดวกสบายมากขึ้น ช่วยลดต้นทุนการผลิต มีกำไรในการขายแผ่นยางพาราเพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร

9.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับปรุงและพัฒนา อุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่อาจเกิดจากการส่งแผ่นยางพาราด้วยมือเข้าสู่เครื่องรีดยางพารา และลดขนาดของชุดเซนเซอร์วัดความเร็วที่มีขนาดใหญ่
2. การพัฒนาเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิกเพื่อนำไปใช้งานในภาคอุตสาหกรรม ควรออกแบบให้แหล่งพลังงานที่ใช้ ซึ่งประกอบด้วย แบตเตอรี่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และตัวควบคุมประจุแสงอาทิตย์มีขนาดพิกัดมากขึ้น และเหมาะสมกับการใช้งาน

รายการอ้างอิง

- ทศพร ณรงค์ฤทธิ์. (2557). การออกแบบตัวควบคุมฟัซซีแบบปรับตัวสำหรับวงจรรองกำลัง แยกที่ฟแบบขนานในระบบสามเฟสสมดุล. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ปทุมพร วงศ์ใหญ่. (2558). ระบบควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการตามรอยจุดกำลังสูงสุดด้วยวิธี รมกวนและสังเกด. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ปราจรี ประสมศักดิ์. (2553). การประยุกต์ฟัซซีลอจิกสำหรับการควบคุมวงจรรองกำลังควบคุม แยกที่ฟแบบขนาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- วิไลพร เงินบาท. (2551). การชดเชยการเสียดทานและสภาพไม่เป็นเชิงเส้นในฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ขนาด จีด้วยฟัซซีลอจิก. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สถาบันวิจัยยางพารา การยางพาราแห่งประเทศไทย. (2557). ยางพาราในประเทศไทย [ออนไลน์].
ได้จาก: <http://www.rubberthai.com/index.php>
- อาทิตย์ ศรีแก้ว. (2552). ปัญญาเชิงคำนวณ. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- Ahmed, H., Singh, G., Bhardwaj, V., Saurav, S., and Agarwal, S. (2013). Controlling of D.C. Motor using Fuzzy Logic Controller. **Conference on Advances in Communication and Control Systems**. 8: 666-670.
- Aydemir, S., Sezen, S., and Ertunc, H. M. (2004). FUZZY LOGIC SPEED CONTROL OF A DC MOTOR. **Power Electronics and Motion Control Conference**. 2: 766-771.
- Bolognani, S., and Zigliotto, M. (1996). Fuzzy Logic Control of a Switched Reluctance Motor Drive. **IEEE Transactions on Industry Application**. 32(5): 1063-1068.
- Gilber, C. D. Sousa, and Bimal, K. Bose. (1994). A Fuzzy Set Theory Based Control of a Phase – Controlled Converter DC Machine Drive. **IEEE Transactions on Industry Application**. 30(1): 34-44.

- Guillemin, P. (1996). Fuzzy Logic Applied to Motor Control. **IEEE Transactions on Industry Application**. 32(1): 51-56.
- Hasan, A. Yousef, and Hanan, M. Khalil. (1995). A FUZZY LOGIC-BASED CONTROL OF SERIES DC MOTOR DRIVES. **IEEE Transactions on Industry Electronics**. 517-522.
- Hoang, Le-Huy, and Maher, H., (1993). Control of a Direct-Drive DC Motor by Fuzzy Logic. **IEEE Transactions on Industry Electronics**. 732-738.
- Narongrit, T., Areerak, K-L., and Areerak, K-N. (2016). Adaptive Fuzzy Control for Shunt Active Power Filters. **Electric Power Components and Systems**. 44(6): 646-657.
- Narongrit, T., Areerak, K-L., and Areerak, K-N. (2016). A New Design Approach of Fuzzy Controller for Shunt Active Power Filter. **Electric Power Components and Systems**. 48(6): 685-694.
- Nasar, S. A. (1995). Electric Machines and Power Systems. **Mc Graw-Hill**.
- Peter, F. Ryff, (1994). Electric Machinery. **Prentice Hall**.
- So, W. C., Tse, C. K., and Lee, Y. S. (1994). A Fuzzy Controller for DC – DC Converters. **Power Electronics Specialists Conference, PESC '94 Record., 25th Annual IEEE**. 1: 315-320.
- Sung-hoe, H., and Gwi-Tae, P. (1999). An Adaptive Fuzzy Controller for Power Converters. **IEEE International Fuzzy Systems Conference Proceedings**. 1: 434-439.
- Thepsatom, P., Numsomran, A., Tipsuwanporn, V., and Teanthong, T. (2006). DC Motor Speed Control using Fuzzy Logic based on LabVIEW. **SICE-ICASE International Joint Conference**. 3617-3620.
- Tipsuwan, Y., and Chow, M-Y. (1999). FUZZY LOGIC MICROCONTROLLER IMPLEMENTATION FOR DC MOTOR SPEED CONTROL. **Industrial Electronics Society, 1999. IECON '99 Proceedings. The 25th Annual Conference of the IEEE**. 3: 1271-1276.
- Yu-Long Cui, Hai-Long Lu, and Jian-Bo Fan. (2006). DESIGN AND SIMULATION OF CASCADE FUZZY SELF - ADAPTIVE PID SPEED CONTROL OF A THYRISTOR-DRIVEN DC MOTOR. **International Conference on Machine Learning and Cybernetics**. 1: 655-660.

ภาคผนวก ก.
บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ และการยื่นจดสิทธิบัตร
ในระหว่างศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

ชาคริต ปานแป้น กองพล อารีรักษ์ และกองพัน อารีรักษ์. การออกแบบตัวควบคุมสำหรับเครื่องรีด
ยางพาราอัตโนมัติด้วยพีซีลอจิกวิธีใหม่. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรี
นครินทรวิโรฒ ปีที่ 12, ฉบับที่ 1, มกราคม – มิถุนายน 2560, หน้า 61 – 71.

ชาคริต ปานแป้น กองพล อารีรักษ์ และกองพัน อารีรักษ์. การควบคุมเครื่องรีดยางพาราด้วยตัว
ควบคุมพีซีลอจิก. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 39, เพชรบุรี, 2 - 4
พฤศจิกายน 2559, vol 2, หน้า 501 – 504.



การยื่นจดสิทธิบัตรในระหว่างการศึกษา

สิทธิบัตรการประดิษฐ์, ผู้ถือสิทธิ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. ผู้ประดิษฐ์ : กองพล อารีรักษ์
ชาคริต ปานแป้น. ชุดควบคุมความหนาแน่นยางพาราแบบอัตโนมัติสำหรับเครื่องรีด
ยางพาราที่ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์. เลขที่คำขอรับสิทธิบัตร
1601004660, วันรับคำขอ 11 สิงหาคม 2559.

สิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์, ผู้ถือสิทธิ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. ผู้ประดิษฐ์ :
กองพล อารีรักษ์ และชาคริต ปานแป้น. ชุดติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากับเครื่องรีดยางพาราแบบ
มือหมุน. เลขที่คำขอรับสิทธิบัตร 1602003083, วันรับคำขอ 11 สิงหาคม 2559.



การออกแบบตัวควบคุมสำหรับเครื่องรีดยางพาราอัตโนมัติด้วยฟuzzyลอจิกวิธีใหม่ A Novel Design Approach of Fuzzy Logic Controller for Automatic Para Rubber Rolling Machine

ชาคริต ปานแป้น¹ กองพล อารีรักษ์^{2*} และกองพัน อารีรักษ์³
¹กลุ่มวิจัยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง พลังงาน เครื่องจักรกล และการควบคุม
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
²กลุ่มวิจัยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง พลังงาน เครื่องจักรกล และการควบคุม
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
³กลุ่มวิจัยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง พลังงาน เครื่องจักรกล และการควบคุม
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
*Corresponding author: E-mail: kongpol@aut.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมฟuzzyลอจิกวิธีใหม่สำหรับเครื่องรีดยางพาราอัตโนมัติ วัตถุประสงค์ของบทความนี้ คือ การควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราให้คงที่ เพื่อให้ความหนาของแผ่นยางพาราสม่ำเสมอ ด้วยการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้สำหรับขับเคลื่อนลูกรีดของเครื่องรีดยางพารา ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกควบคุมผ่านค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงผันดิซีสเป็นดิซีส ซึ่งอาศัยการควบคุมค่าวัฏจักรหน้าที่ยังด้วยตัวควบคุมฟuzzyลอจิก ตัวควบคุมดังกล่าวได้รับการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพด้วยวิธีการใหม่ นอกจากนี้ บทความนี้ได้นำเสนอการทดสอบระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยชุดฮาร์ดแวร์ที่สร้างขึ้น ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ตัวควบคุมฟuzzyลอจิกที่มีการออกแบบตามแนวทางที่นำเสนอ สามารถควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราได้ตามต้องการ

คำสำคัญ: เครื่องรีดยางพารา ตัวควบคุมฟuzzyลอจิก ฟังก์ชันสมาชิกภาพ การควบคุมความเร็ว

ABSTRACT

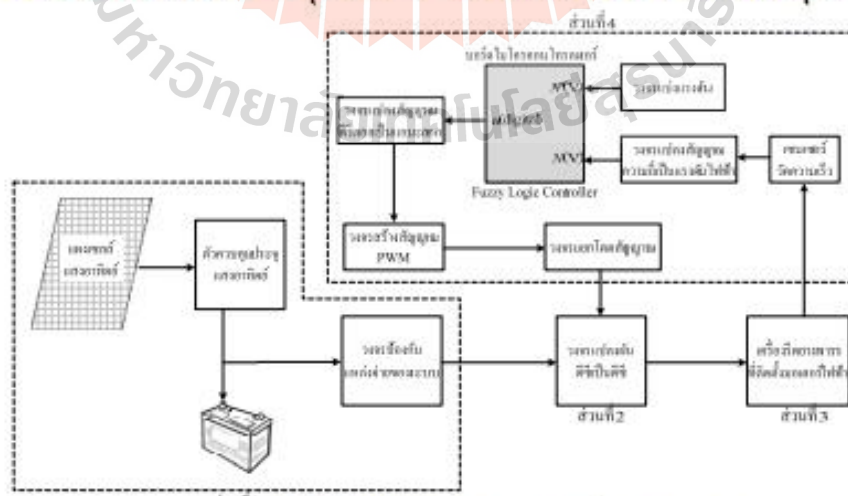
This paper presents a novel design of fuzzy logic controller for automatic Para rubber rolling machine. The speed control of Para rubber rolling machine is the aim of the paper. The constant speed can provide the constant thickness of the Para sheets. The DC motor connected with the Para rubber rolling machine is the considered system. The duty cycle controlled by fuzzy controller is used to regulate the output voltage of the DC/DC converter. This output voltage is used to control the speed of DC motor. The new design approach of the membership functions for the fuzzy logic controller is proposed in the paper. Moreover, the hardware implementation of the considered system is also presented. The experimental results show that the fuzzy logic controller can control the speed of the Para rubber rolling machine to the desired values.

Keyword: Para rubber rolling machine, Fuzzy logic controller, Membership function, Speed control

1. บทนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยจากสถิติ พบว่า ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดในโลก และมีพื้นที่ในการปลูกยางพาราประมาณ 18.46 ล้านไร่ [1] โดยส่วนใหญ่เกษตรกรที่ปลูกยางพารา เป็นชุมชนขนาดเล็กที่กระจายอยู่ตามพื้นที่ต่าง ๆ ในประเทศ โดยเฉพาะภาคใต้ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพปลูกยางพารา และเป็นชุมชนขนาดเล็กระดับครัวเรือน เกษตรกรกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะใช้เครื่องรีดยางพาราแบบมือหมุน ซึ่งมีภาระในเรื่องกำลังคนในการรีดยางพารา ใช้ระยะเวลานานในการรีดแผ่นยางพารา และแผ่นยางพาราที่ได้มีความหนาไม่สม่ำเสมอ ด้วยเหตุนี้ บทความนี้จึงได้นำเสนอการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก เพื่อใช้ขับเคลื่อนลูกรีดของเครื่องรีดยางพารา แทนการใช้มือหมุน ทั้งนี้ เพื่อลดภาระในเรื่องกำลังคนในการรีดยางพารา ใช้ระยะเวลาการรีดแผ่นยางพาราที่เร็วขึ้น และแผ่นยางพาราที่ได้มีความหนาสม่ำเสมอ แผนภาพระบบการควบคุมเครื่องรีดยางพาราแสดงได้ ดังรูปที่ 1 จากรูปดังกล่าวประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือ แหล่งพลังงานของระบบ ส่วนที่ 2 คือ วงจรแปลงผันลิซีเป็น ดีซี ส่วนที่ 3 คือ เครื่องรีดยางพาราที่ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และส่วนที่ 4 คือ ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก

จากการสำรวจบริษัทวิศวกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ข้อดีของตัวควบคุมฟัซซีลอจิก คือ การออกแบบตัวควบคุมดังกล่าวไม่จำเป็นต้องพึ่งพาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งกับการควบคุมเครื่องรีดยางพารา เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวมีลักษณะการทำงานแบบไม่เป็นเชิงเส้น รวมถึงตัวควบคุมฟัซซีลอจิกได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายในงานด้านระบบควบคุม เช่น การควบคุมค่าวัฏจักรหน้าทีของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้า โดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก [2-4] การออกแบบตัวควบคุมฟัซซีลอจิกแบบปรับค่าสำหรับระบบควบคุมกระแสขั้วของวงจรรอกกำลังแยกเฟสแบบขนาน [5] การหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอหรือพีไอดี โดยอาศัยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก [6-7] และการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ ด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก [8-11] เป็นต้น ผลจากการสำรวจบริษัทวิศวกรรมของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สังเกตได้ว่า ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกมีแนวทางการออกแบบที่หลากหลาย ซึ่งการออกแบบแต่ละแนวทางมีจุดเด่นจุดด้อยแตกต่างกันไป ตามความเหมาะสมของระบบที่พิจารณา ดังนั้น บทความนี้จะนำเสนอการออกแบบตัวควบคุมฟัซซีลอจิก วิธีการใหม่ที่มีหลักการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพด้วยวิธีการที่คิดค้นขึ้น โดยทั่วไปการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมฟัซซีลอจิก



รูปที่ 1 แผนภาพระบบการควบคุมเครื่องรีดยางพารา

จำเป็นต้องอาศัยความชำนาญ และความเข้าใจระบบเป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม การออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพด้วยวิธีการใหม่นี้ มีข้อดี คือ วิธีการคำนวณง่าย ไม่ซับซ้อน และไม่จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบ ซึ่งตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่ออกแบบด้วยวิธีการดังกล่าว จะใช้ในการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา เพื่อให้แผ่นยางพารามีความหนาสม่ำเสมอ และลดภาระในเรื่องกำลังคนในการรีดยางพารา

การนำเสนอเนื้อหาในบทความนี้ ประกอบด้วย การออกแบบตัวควบคุมฟัซซีลอจิกด้วยวิธีการใหม่ ซึ่งนำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 2 ส่วนหัวข้อที่ 3 เป็นการนำเสนอระบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการทดสอบ หัวข้อที่ 4 นำเสนอผลการทดสอบและอภิปรายผล และการสรุปผลดำเนินการของบทความนี้ได้นำเสนอไว้ในหัวข้อสุดท้าย

2. การออกแบบตัวควบคุมฟัซซีลอจิก

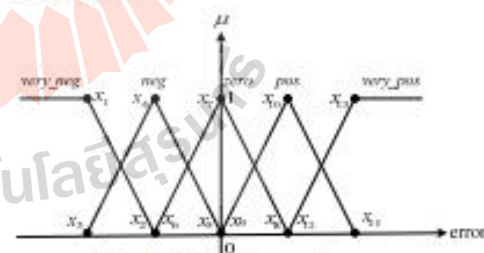
ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมแรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงมันดิซีเป็นดิซี แรงดันเอาต์พุตดังกล่าวจะถูกใช้เป็นแรงดันอินพุตของมอเตอร์กระแสตรงสำหรับขับเคลื่อนลูกรีด เพื่อให้สามารถควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราได้ตามต้องการ ระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิกแสดงได้ ดังรูปที่ 2 จากรูปดังกล่าวสังเกตได้ว่า อินพุตของระบบควบคุม คือ ค่าความผิดพลาดของความเร็ว (e_N) ซึ่งคำนวณได้จากผลต่างระหว่างค่าความเร็วอ้างอิง (N^*) กับความเร็วที่วัดได้จริง (N) ดังสมการที่ (1) เอาต์พุตของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกจะกำหนดให้เป็นค่าแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต (m) โดยค่าแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัลดังกล่าวจะถูกป้อนให้กับวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก สัญญาณแอนะล็อกที่ได้

$$e_N = N^* - N \quad (1)$$

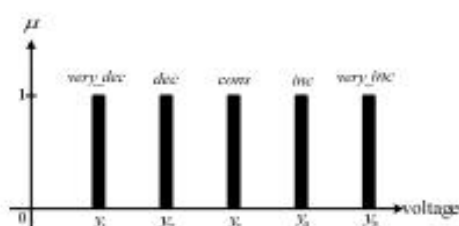
จะเข้าสู่วงจรสร้างสัญญาณ PWM เพื่อนำไปขับสวิตช์ของวงจรแปลงมันดิซีเป็นดิซี

2.1 การออกแบบโครงสร้างของตัวควบคุมฟัซซีลอจิก

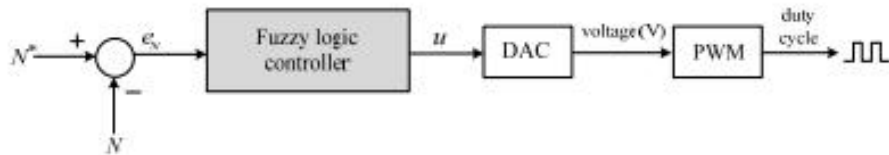
การออกแบบโครงสร้างของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกประกอบด้วยสองส่วนที่สำคัญ ได้แก่ การออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error ซึ่งจะใช้รูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพรูปสามเหลี่ยม เนื่องจากเป็นรูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพที่มีค่าพารามิเตอร์ตำแหน่ง 3 ค่า ทำให้มีการคำนวณค่าความเป็นสมาชิกที่ง่าย และสะดวกต่อการสร้างจริงในทางปฏิบัติ และการออกแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ซึ่งจะใช้รูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพรูปแท่งตรงโทน ตามหลักการอนุมานฟัซซีแบบ Takagi-Sugeno ค่าเชิงภาษาของฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error ได้ทำการออกแบบให้มีจำนวน 5 ค่าเชิงภาษา ประกอบด้วย "very_neg" "neg" "zero" "pos" และ "very_pos" ซึ่งแสดงเป็นฟังก์ชันสมาชิกภาพได้ ดังรูปที่ 3 ส่วนค่าเชิงภาษาของฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ถูกออกแบบให้มีจำนวน 5 ค่าเชิงภาษาเช่นกัน ซึ่งประกอบด้วย "very_dec" "dec" "cons" "inc" และ "very_inc" ซึ่งแสดงเป็นฟังก์ชันสมาชิกภาพได้ ดังรูปที่ 4 ความหมายของค่าเชิงภาษาดังกล่าวสามารถดูได้จากตารางที่ 1



รูปที่ 3 ฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error



รูปที่ 4 ฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage



รูปที่ 2 ระบบควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก

2.2 กฎของฟัซซี

จำนวนกฎของฟัซซีได้ถูกกำหนดโดยการทดสอบของผู้วิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้เริ่มทำการทดสอบที่จำนวน 3 กฎแล้วพบว่า ผลการควบคุมมีค่าความคลาดเคลื่อนของความเร็วสูงกว่าที่กำหนดไว้ จึงทำการเพิ่มจำนวนกฎของฟัซซีเป็น 5 กฎ ปรากฏว่า ผลการควบคุมมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าที่กำหนดไว้ ดังนั้นในบทความนี้จึงใช้กฎของฟัซซีจำนวน 5 กฎ ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ ดังนี้

กฎข้อที่ 1 IF error = *very_neg*

THEN voltage = *very_inc*

กฎข้อที่ 2 IF error = *neg*

THEN voltage = *inc*

กฎข้อที่ 3 IF error = *zero*

THEN voltage = *cons*

กฎข้อที่ 4 IF error = *pos*

THEN voltage = *dec*

กฎข้อที่ 5 IF error = *very_pos*

THEN voltage = *very_dec*

กฎของฟัซซีที่ได้ออกแบบสำหรับใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราทั้ง 5 กฎ สามารถอธิบายความหมายได้ ดังนี้

ตารางที่ 1 ตัวแปรทางภาษาและค่าเชิงภาษาของตัวควบคุมฟัซซีลอจิก

ค่าของระบบ	ตัวแปรภาษาและความหมาย		ค่าเชิงภาษาและความหมาย	
	ตัวแปรภาษา	ความหมาย	ค่าเชิงภาษา	ความหมาย
อินพุต	error (e_v)	ค่าความผิดพลาดของความเร็ว	<i>very_neg</i> (very negative)	$N^* \ll N$ (น้อยกว่ามาก ๆ)
			<i>neg</i> (negative)	$N^* < N$ (น้อยกว่า)
			<i>zero</i>	$N^* = N$ (เท่ากับ)
			<i>pos</i> (positive)	$N^* > N$ (มากกว่า)
			<i>very_pos</i> (very positive)	$N^* \gg N$ (มากกว่ามาก ๆ)
เอาต์พุต	voltage (u)	ค่าแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต	<i>very_dec</i> (very decrease)	ลดลงมาก ๆ
			<i>dec</i> (decrease)	ลดลง
			<i>cons</i> (constant)	คงที่
			<i>inc</i> (Increase)	เพิ่มขึ้น
			<i>very_inc</i> (very increase)	เพิ่มขึ้นมาก ๆ

ความหมายของกฎข้อที่ 1 คือ ถ้าค่าอินพุต error มีค่าเท่ากับ *very_neg* แล้ว กำหนดให้ค่าเอาต์พุต voltage เท่ากับ *very_inc* ซึ่งหมายความว่า ถ้าความเร็วช้าลงยิ่งน้อยกว่าค่าความเร็วที่วัดได้จริงมาก ๆ จะกำหนดให้ลดค่าแรงดันอินพุตของมอเตอร์มาก ๆ โดยการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต มาก ๆ เพื่อให้ค่าวัฏจักรหน้าที่มีค่าลดลงมาก ๆ

ความหมายของกฎข้อที่ 2 คือ ถ้าค่าอินพุต error มีค่าเท่ากับ *neg* แล้ว กำหนดให้ค่าเอาต์พุต voltage เท่ากับ *inc* ซึ่งหมายความว่า ถ้าความเร็วช้าลงยิ่งน้อยกว่าค่าความเร็วที่วัดได้จริง จะกำหนดให้ลดค่าแรงดันอินพุตของมอเตอร์ โดยการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต เพื่อให้ค่าวัฏจักรหน้าที่มีค่าลดลง

ความหมายของกฎข้อที่ 3 คือ ถ้าค่าอินพุต error มีค่าเท่ากับ *zero* แล้ว กำหนดให้ค่าเอาต์พุต voltage เท่ากับ *cons* ซึ่งหมายความว่า ถ้าความเร็วช้าลงยิ่งเท่ากับค่าความเร็วที่วัดได้จริง จะกำหนดให้คงค่าแรงดันอินพุตของมอเตอร์ โดยการคงค่าระดับแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต เพื่อให้ค่าวัฏจักรหน้าที่มีค่าคงที่

ความหมายของกฎข้อที่ 4 คือ ถ้าค่าอินพุต error มีค่าเท่ากับ *pos* แล้ว กำหนดให้ค่าเอาต์พุต voltage เท่ากับ *dec* ซึ่งหมายความว่า ถ้าความเร็วช้าลงยิ่งมากกว่าค่าความเร็วที่วัดได้จริง จะกำหนดให้เพิ่มค่าแรงดันอินพุตของมอเตอร์ โดยการลดระดับแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต เพื่อให้ค่าวัฏจักรหน้าที่มีค่าเพิ่มขึ้น

ความหมายของกฎข้อที่ 5 คือ ถ้าค่าอินพุต error มีค่าเท่ากับ *very_pos* แล้ว กำหนดให้ค่าเอาต์พุต voltage เท่ากับ *very_dec* ซึ่งหมายความว่า ถ้าความเร็วช้าลงยิ่งมากกว่าค่าความเร็วที่วัดได้จริงมาก ๆ จะกำหนดให้เพิ่มค่าแรงดันอินพุตของมอเตอร์มาก ๆ โดยการลดระดับแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิทัล 12 บิต มาก ๆ เพื่อให้ค่าวัฏจักรหน้าที่มีค่าเพิ่มขึ้นมาก ๆ

ภายหลังจากผ่านกระบวนการประเมิน และรวมกฎของฟัซซีตามที่ได้ออกแบบไว้ข้างต้น ค่าเอาต์พุตชัดเจน u จะได้รับการคำนวณผ่านการทำ

ดีฟัซซีด้วยวิธีค่าน้ำหนักเฉลี่ย (Weighted Average : WA) ดังสมการที่ (2) แนวทางการคำนวณดังกล่าวเป็นการอนุมานฟัซซีแบบ Takagi-Sugeno [12] ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายในขั้นตอนรวมกฎ และและสะดวกต่อการสร้างจริงในทางปฏิบัติ เนื่องจากวิธีการดังกล่าวมีฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุตเป็นค่าคงที่

$$u = \frac{\sum_{m=1}^5 \mu(y_m) \times y_m}{\sum_{m=1}^5 \mu(y_m)} \quad (2)$$

โดยที่ $\mu(y_m)$ คือ ค่าความเป็นสมาชิกภาพของเอาต์พุต

y_m คือ ค่าคงที่ของเอาต์พุตที่เป็นเส้นตรง

2.3 การออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิก

ภาพของตัวควบคุมฟัซซีบล็อก

บทความนี้มีแนวทางการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมฟัซซีบล็อกที่สามารถคำนวณได้ง่าย ไม่ซับซ้อน และไม่จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นวิธีการใหม่ที่น่าเสนอในบทความ การออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมฟัซซีบล็อกสามารถแบ่งออกได้เป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่าความเร็วอ้างอิงกึ่งกลาง (N_{mean}^*) ดังสมการที่ (3) โดยจากการทดสอบ พบว่าเครื่องรีดยางพารามีความเร็วสูงสุด (N_{max}^*) เท่ากับ 3105 rpm และมีความเร็วต่ำสุด (N_{min}^*) เท่ากับ 0 rpm ดังนั้น จากสมการที่ (3) จะได้ว่า N_{mean}^* มีค่าเท่ากับ 1552.5 rpm

$$N_{mean}^* = \frac{N_{max}^* + N_{min}^*}{2} \quad (3)$$

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า (V_{mean}^*) โดยใช้อัตราส่วนของเซนเซอร์วัดความเร็ว (ได้จากการทดสอบ) ดังสมการที่ (4) เมื่อแทนค่า N_{mean}^* เท่ากับ

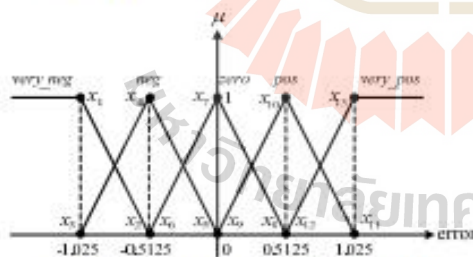
1552.5 rpm ลงในสมการที่ (4) จะได้ V_{mean}^* มีค่าเท่ากับ 2.05 V

$$V = 0.001296V + 0.03786 \quad (4)$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าความผิดพลาดสูงสุด (e_{max}) ดังสมการที่ (5) เพื่อกำหนดขอบเขตความกว้างของตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกของอินพุต error โดยแทนค่า V_{mean}^* เท่ากับ 2.05 V ลงในสมการที่ (5) ซึ่งจะได้ค่า e_{max} เท่ากับ 1.025 ผลลัพธ์ดังกล่าวถูกใช้เพื่อกำหนดขอบเขตความกว้างของตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error

$$e_{max} = \frac{V_{mean}^*}{2} \quad (5)$$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพแบบสมมาตร x_1 ถึง x_{13} ของอินพุต error โดยแทนค่า e_{max} เท่ากับ 1.025 ลงในตารางที่ 2 ซึ่งจะได้ผลการออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ x_1 ถึง x_{13} ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่าแรงดันอินพุตของวงจรสร้างสัญญาณ PWM ที่ทำให้ค่าวัฏจักรหน้าที่เท่ากับ 0% (u_{max}) และที่ทำให้ค่าวัฏจักรหน้าที่เท่ากับ 100% (u_{min}) โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวัฏจักรหน้าที่และแรงดันอินพุตของวงจรสร้างสัญญาณ PWM ที่ได้จากการทดสอบวงจรสร้างสัญญาณ PWM ดังสมการที่

(6) โดยเมื่อแทนค่าวัฏจักรหน้าที่เท่ากับ 0% และ 100% ลงในสมการที่ (6) จะได้ u_{max} เท่ากับ 3.564 V และ u_{min} เท่ากับ 0.927 V

$$u = -0.2637d + 3.564 \quad (6)$$

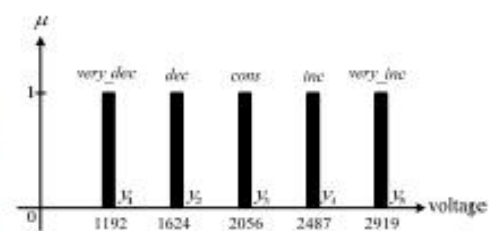
ขั้นตอนที่ 6 คำนวณค่าตัวประกอบ D ค่าดังกล่าว คือ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอ้างอิงกับความเร็วสูงสุดที่พิจารณาในรูปแบบแรงดันไฟฟ้า ซึ่งเขียนได้ดังสมการที่ (7) ยกตัวอย่างที่ความเร็วอ้างอิง 2500 rpm จะได้ค่า D เท่ากับ 0.7995

$$D = \frac{V^*}{V_{max}} \quad (7)$$

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณค่าตัวประกอบปรับคูณตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต (U) โดยการแทนค่า u_{max} เท่ากับ 3.564 ค่า u_{min} เท่ากับ 0.927 และค่า D เท่ากับ 0.7995 ลงในสมการที่ (8) จะได้ค่าตัวประกอบ U เท่ากับ 0.5271

$$U = \left[\frac{u_{max} - u_{min}}{4} \right] D \quad (8)$$

ขั้นตอนที่ 8 คำนวณค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ y_1 ถึง y_5 ของเอาต์พุต voltage โดยการแทนค่า u_{max} เท่ากับ 3.564 และค่าตัวประกอบ U เท่ากับ 0.5271 ลงในตารางที่ 2 ซึ่งจะได้ผลการออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพ y_1 ถึง y_5 ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต

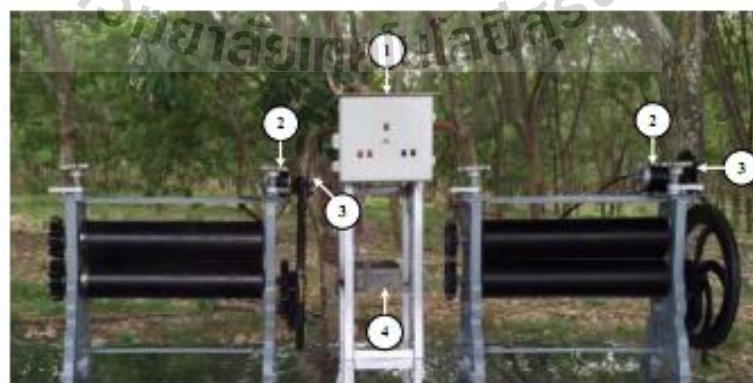
ตารางที่ 2 ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุตและเอาต์พุตของตัวควบคุมฟัซซีลอจิก

ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error												
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}
$-e_{max}$	$\frac{-e_{max}}{2}$	$-e_{max}$	$\frac{-e_{max}}{2}$	0	$\frac{-e_{max}}{2}$	0	$\frac{e_{max}}{2}$	0	$\frac{e_{max}}{2}$	e_{max}	$\frac{e_{max}}{2}$	e_{max}
ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage												
y_1		y_2		y_3		y_4		y_5				
$\frac{(u_{max} - 4U) \times 4095}{5}$		$\frac{(u_{max} - 3U) \times 4095}{5}$		$\frac{(u_{max} - 2U) \times 4095}{5}$		$\frac{(u_{max} - U) \times 4095}{5}$		$\frac{u_{max} \times 4095}{5}$				

3. ระบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการทดสอบ

การติดตั้งระบบฮาร์ดแวร์กับเครื่องรีดยางพาราแบบมือหมุนแสดงได้ ดังรูปที่ 7 ชุดควบคุมเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิกแสดงได้ ดังรูปที่ 8 โดยชุดควบคุมดังกล่าวมีแผนภาพโครงสร้างของชุดควบคุมแสดงได้ ดังรูปที่ 1 สำหรับหลักการทำงานเริ่มจากเซนเซอร์วัดความเร็ว ซึ่งทำหน้าที่วัดความเร็วมอเตอร์ของเครื่องรีดยางพารา ค่าที่วัดได้มีลักษณะเป็นสัญญาณความถี่ จากนั้นทำการส่งสัญญาณความถี่ที่วัดได้ให้กับวงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากวงจรดังกล่าวความสัมพันธ์กับความเร็วที่วัดได้จริงของเครื่องรีดยางพารา ตามสมการที่ (4) วงจรแปลงแรงดันจะทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าเพื่อใช้เป็นค่าความเร็วอ้างอิง

ลำดับถัดมาทำการป้อนค่าความเร็วที่วัดได้จริง และความเร็วอ้างอิงในรูปของแรงดันไฟฟ้าให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ บอร์ดดังกล่าวทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมฟัซซีลอจิก เพื่อคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบตัวเลขดิจิตอล 12 บิต ค่าแรงดันไฟฟ้าดังกล่าวจะถูกส่งให้กับวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อก สัญญาณแอนะล็อกที่ได้จะถูกส่งเข้าสู่วงจรสร้างสัญญาณ PWM ผ่านวงจรแยกโคดสัญญาณ เพื่อขับลิฟต์ของวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี แรงดันเอาต์พุตที่ได้รับการควบคุมจะถูกใช้เป็นแรงดันอินพุตให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งกับเครื่องรีดยางพารา โดยมีแคปเตอร์ที่ได้รับการประจุไฟฟ้าจากแหล่งเซลล์แสงอาทิตย์ถูกใช้เป็นแหล่งจ่ายอินพุตให้กับวงจรแปลงผันดิซีเป็นดิซี แนวทางของระบบควบคุมดังกล่าวใน



① กล่องควบคุม ② มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ③ เซ็นเซอร์วัดความเร็ว ④ หมุนคเตอร์

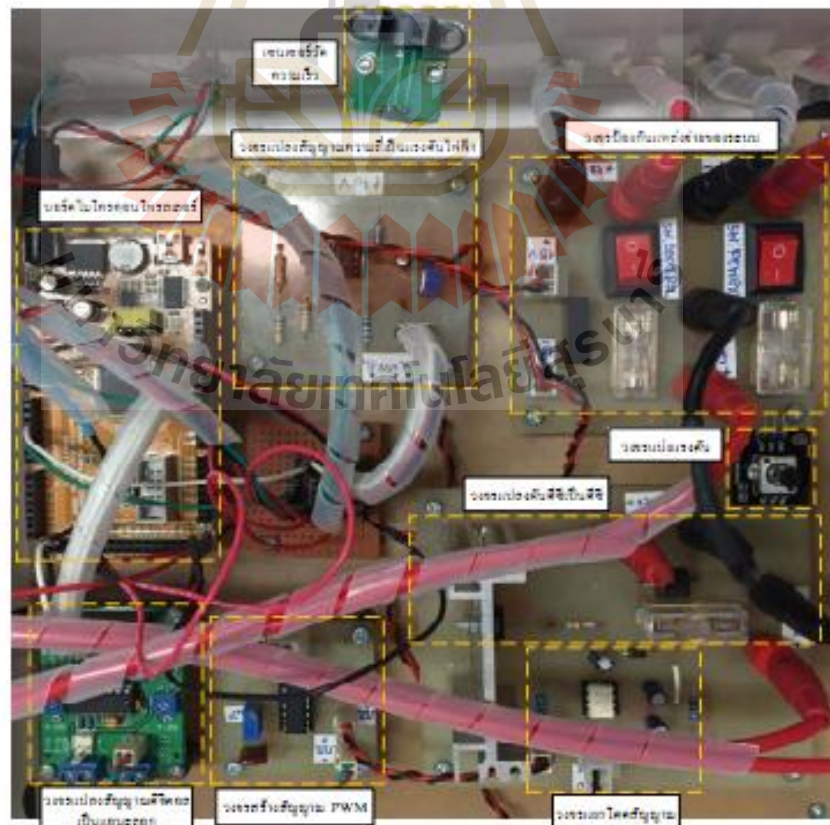
รูปที่ 7 การติดตั้งระบบฮาร์ดแวร์กับเครื่องรีดยางพารา

ข้างต้น ทำให้สามารถควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราได้ตามต้องการ

4. ผลการทดสอบและอภิปรายผล

การทดสอบสมรรถนะของตัวควบคุมพีซีซีลอจิก สำหรับการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา ได้ดำเนินการทดสอบด้วยการรีดแผ่นยางพาราที่มีความเร็วอย่างอื่นต่าง ๆ เนื่องจากการใช้งานเครื่องรีดยางพาราของเกษตรกรมีความเร็วในการรีดแผ่นยางพาราที่แตกต่างกันตามความถนัดของเกษตรกร ซึ่งความเร็วในการใช้งานที่แตกต่างกันจะทำให้ความเร็วอ้างอิงในการออกแบบตัวควบคุมพีซีซีลอจิกเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ต้องออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ใหม่ทุกครั้งที่มีความเร็วอ้างอิงเปลี่ยนแปลง ถ้าไม่มีการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมใหม่ จะทำให้ความคลาดเคลื่อน

ระหว่างความเร็วอ้างอิงกับความเร็วที่วัดได้จริงมีค่าสูงมาก ส่งผลให้สมรรถนะการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราต่ำลง ในบทความนี้ได้ทำการทดสอบที่ความเร็วอ้างอิง 1500 rpm 2000 rpm และ 2500 rpm เนื่องจากความเร็วปกติในการรีดแผ่นยางพาราก่อนหน้านี้ใช้มือหมุน ซึ่งไม่สามารถทำความเร็วได้ในระดับนี้ และด้วยเหตุผลดังกล่าวการรีดแผ่นยางพาราจึงไม่ดีเท่าที่ควร เช่น ความหนาของแผ่นยางพาราไม่สม่ำเสมอ ใช้ระยะเวลานานในการรีดแผ่นยางพาราด้วยเหตุผลนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ความเร็วดังกล่าวในการทดสอบ โดยใช้ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และเอาต์พุต voltage ที่ได้จากการออกแบบในหัวข้อที่ 2 แสดงได้ดังตารางที่ 3 ผลการทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราแสดงได้ ดังรูปที่ 9

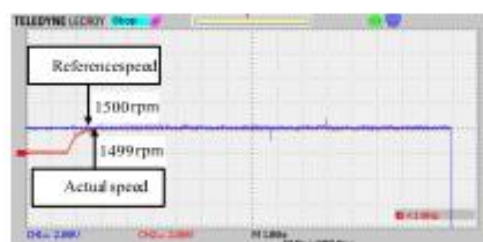


รูปที่ 8 ชุดควบคุมเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมพีซีซีลอจิก

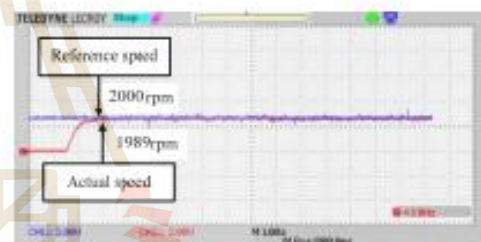
ตารางที่ 3 ค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุตและเอาต์พุตของตัวควบคุมฟัซซีลอจิก

ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error												
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}
-1.025	-0.5125	-1.025	-0.5125	0	-0.5125	0	0.5125	0	0.5125	1.025	0.5125	1.025
ตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage												
$N^* = 2500$ rpm	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5							
	1192	1624	2056	2487	2919							
$N^* = 2000$ rpm	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5							
	1534	1880	2226	2573	2919							
$N^* = 1500$ rpm	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5							
	1875	2136	2397	26858	2919							

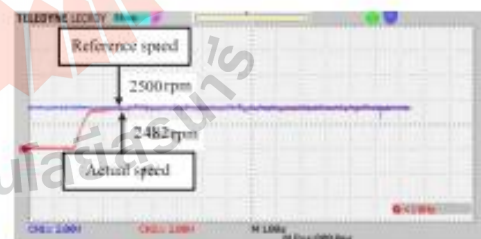
จากผลการทดสอบในรูปที่ 9 สังเกตได้ว่า ผลตอบสนองที่สถานะอยู่ตัวของความเร็วที่วัดได้จริง (Actual speed) มีรูปแบบสัญญาณที่ใกล้เคียงกับรูปแบบสัญญาณความเร็วอ้างอิง (Reference speed) ถึงแม้ว่าความเร็วอ้างอิงจะมีการเปลี่ยนแปลงไปที่ตำแหน่ง 1500 rpm 2000 rpm และ 2500 rpm โดยที่ ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างความเร็วอ้างอิงกับความเร็วที่วัดได้จริงมีค่า เท่ากับ 0.45% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเงื่อนไขการออกแบบตัวควบคุมที่กำหนดไว้ต้องไม่เกิน $\pm 5\%$ ทั้งนี้เนื่องจาก ตัวดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของแผ่นยางพารา ดังนั้น จากผลการทดสอบทั้งหมดก็น่าเสนอเป็นยืนยันได้ว่าตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่ได้รับการออกแบบตามแนวทางที่นำเสนอในบทความนี้สามารถควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน



(ก) ความเร็วอ้างอิง 1500 rpm



(ข) ความเร็วอ้างอิง 2000 rpm



(ค) ความเร็วอ้างอิง 2500 rpm

รูปที่ 9 ผลการทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา

5. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก โดยมีการออกแบบค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกด้วยวิธีที่คิดค้นขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบ โดยวิธีดังกล่าวไม่จำเป็นต้องใช้

ประสบการณ์และความเชี่ยวชาญในการออกแบบตัวควบคุม ซึ่งแตกต่างจากวิธีการดั้งเดิมที่ใช้วิธีการลองผิดลองถูก ซึ่งไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่ชัด และต้องอาศัยประสบการณ์ในการออกแบบ และในบทความนี้ได้นำเสนอการสร้างระบบฮาร์ดแวร์สำหรับการทดสอบจริง จากผลการทดสอบ ปรากฏว่า ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่มีการออกแบบตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพด้วยวิธีที่นำเสนอ สามารถควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราได้ตามต้องการนอกจากนี้ การควบคุมเครื่องรีดยางพาราด้วยวิธีดังกล่าวสามารถนำไปใช้งานได้จริง และก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรสวนยางพารา เช่น แผ่นยางพาราที่ได้มีความหนาสม่ำเสมอ ช่วยลดภาระด้านกำลังคนในการรีดแผ่นยางพารา ลดระยะเวลาในการรีดแผ่นยางพารา ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตการรีดแผ่นยางพาราในแต่ละวันมีเพิ่มมากขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก กองทุนนวัตกรรม และสิ่งประดิษฐ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ประจำปี พ.ศ. 2558 และ 2559

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันวิจัยยางพารา การยางพาราแห่งประเทศไทย (2557, 10, 21) พื้นที่ปลูกยางพาราในประเทศไทย, [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.rubberthai.com
- [2] G. C. D. Sousa, and B. M. Bose, "A Fuzzy Set Theory Based Control of a Phase – Controlled Converter DC Machine Drive", *IEEE Trans. on Industry Application*, vol. 30, no. 1, pp. 34-44, January/February 1994.
- [3] W. C. So, C. K. Tse, and Y. S. Lee. "A Fuzzy Controller for DC – DC Converters". *Power Electronics Specialists Conference, PESC '94 Record., 25th Annual IEEE. Taipei* : 315-320, (1994).
- [4] S-H. Huh, S.V. Bozhko, and G-T. Park, "An Adaptive Fuzzy Controller for Power Converters," *IEEE International Fuzzy Systems Conference Proceedings*, Seoul, South Korea, 22-25 August 1999, vol.1, pp. 434-439.
- [5] T. Narongrit, K-L. Areerak, and K-N. Areerak, "Adaptive Fuzzy Control for Shunt Active Power Filters," *Electric Power Components and Systems*, vol. 44, no. 6, pp. 646-657, Mar 2016.
- [6] Y-L. Long, H-L. LU, and J-B. Fan. "Design and Simulation of Cascade Fuzzy Self - Adaptive PID Speed Control of a Thyristor-Driven DC Motor". *2006 International Conference on Machine Learning and Cybernetics*. 13-16/Aug/2006. Dalian, China : 655-660, (2006).
- [7] H. Ahmed, G. Singh, V. Bhardwaj, L.de Lillo, S. Saurav, and S. Agarwal. "Controlling of D.C. Motor using Fuzzy Logic Controller". *Conference on Advances in Communication and Control Systems 2013*. 666-670, (2013).
- [8] Y. Tipsewan, and M-Y. Chow. "Fuzzy Logic Microcontroller Implementation for DC Motor Speed Control". *Industrial Electronics Society, 1999. IECON '99 Proceedings. The 25th Annual Conference of the IEEE*. 29/Nov/1999 – 3/Dec/1999. California, USA : 1271-1276, (1999).
- [9] S. Aydemir, S. Sezen, and H. M. Ertunc. "Fuzzy Logic Speed Control of a DC Motor". *Power Electronics and Motion Control Conference*. 14-16/Aug/2004. 766-771, (2004).
- [10] H. Le-Huy and M. Hamdi, "Control of a Direct-Drive DC Motor by Fuzzy Logic," *IEEE Trans. On Industrial Electronics*, pp. 732-738, 1993.
- [11] P. Gullemin, "Fuzzy Logic Applied to Motor Control," *IEEE Trans. on Industry Applications*., vol. 32, no. 1, pp. 51-56, Jan./Feb. 1996.

- [12] T. Takagi and M. Sugeno, "Fuzzy Identification of Systems and its Applications to modeling and control." *IEEE Transection on Systems*, pp. 116-132, 1985.



การควบคุมเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิก

The Control of Para Rubber Rolling Machine via Fuzzy Logic Controller

ชากริต ป่านเป็น กองพล อารีรักษ์* และกองพัน อารีรักษ์

กลุ่มวิจัยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง พลังงาน เครื่องจักรกล และการควบคุม

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี email: kangpol@sut.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการควบคุมเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิก โดยทำการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราที่ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับขับเคลื่อนลูกรีดของเครื่องรีดยางพารา ในบทความนี้ได้มีการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยวงจรแปลงแรงดันเป็นดิจิทัล ที่ควบคุมการทำงานโดยอาศัยการควบคุมค่าวัฏจักรหน้าที่ด้วยตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิก โดยแรงดันดังกล่าวจะเป็นค่าแรงดันอินพุตให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องรีดยางพารา ผลการทดสอบด้วยระบบสแตนด์ออลที่สร้างขึ้นแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิกสามารถควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราให้มีค่าคงที่ได้ตามความต้องการ

คำสำคัญ: เครื่องรีดยางพารา ตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิก การควบคุมความเร็ว

Abstract

This paper presents the control of Para rubber rolling machine using fuzzy logic controller. The duty cycle controlled by fuzzy controller to regulate the output voltage of the DC/DC converter is also presented in the paper. The output voltage from the DC/DC converter is used as the input voltage of the DC motor drive system. The experimental results show that the fuzzy logic controller can control the speed of the Para rubber rolling machine to the desired values.

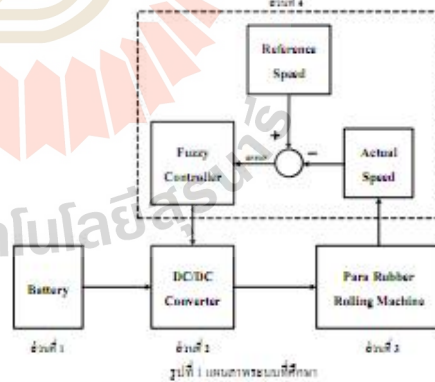
Keywords: Para rubber rolling machine, fuzzy logic controller, speed control

1. บทนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยจากสถิติพบว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุด ในโลก และประเทศไทยมีพื้นที่ในการปลูกยางพาราประมาณ 18.46 ล้านไร่ [1] โดยส่วนใหญ่เกษตรกรที่ปลูกยางพารา เป็นชุมชนขนาดเล็กที่กระจายอยู่ตามพื้นที่ต่าง ๆ ในประเทศ โดยเฉพาะภาคใต้ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพปลูกยางพารา ซึ่งเป็นชุมชนขนาดเล็กระดับครัวเรือน โดยชุมชนเหล่านี้ส่วนใหญ่จะใช้เครื่องรีดยางพาราแบบมือหมุนที่มีภาระในเครื่องกำลังคนในการรีดยางพารา และใช้ระยะเวลาในการรีดแผ่นยางพารา บทความนี้จึงได้นำเสนอการควบคุมเครื่องรีดยางพาราด้วยตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิก โดยตัวควบคุม

ฟัซซี่ลอจิกจะทำหน้าที่ควบคุมค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงแรงดันเป็นดิจิทัลซึ่งเป็นค่าแรงดันอินพุตของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องรีดยางพารา โดยมีแผนภาพระบบที่ศึกษาดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 แหล่งพลังงานของเครื่องรีดยางพารา ส่วนที่ 2 วงจรแปลงแรงดันเป็นดิจิทัล ส่วนที่ 3 เครื่องรีดยางพาราที่ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และส่วนที่ 4 ตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิก ซึ่งจากการสำรวจบริษัทผู้ประกอบการพบว่า การควบคุมด้วยตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิก ได้รับความนิยมน้อยกว่า เพราะหลายโรงงานด้านระบบควบคุม เช่น การควบคุมค่าวัฏจักรหน้าที่ของวงจรแปลงแรงดันกำลังไฟฟ้า [2-4] การควบคุมวงจรของกำลังแยกที่ไฟแบบขนาน [5-7] การควบคุมพารามิเตอร์ของตัวควบคุมฟิโอสหรือฟิโอสดี [8-9] และการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ [10-16] เป็นต้น ข้อดีของการควบคุมด้วยตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิก คือ ไม่จำเป็นต้องพึ่งพาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ ในการออกแบบตัวควบคุม จึงเหมาะสมอย่างยิ่งกับการควบคุมเครื่องรีดยางพาราที่มีความไม่เป็นเชิงเส้น

การนำเสนอเนื้อหาในบทความ ประกอบด้วย การออกแบบตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิก ได้นำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 2 ส่วนหัวข้อที่ 3 เป็นการนำเสนอระบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการทดสอบ หัวข้อที่ 4 จะนำเสนอผลการทดสอบและอภิปรายผล และสรุปในหัวข้อสุดท้ายของบทความ



2. การออกแบบตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิก

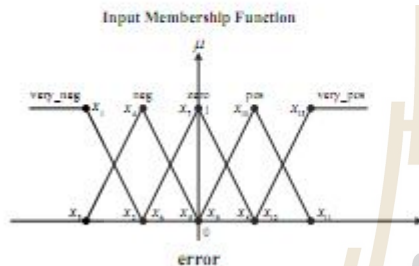
ในบทความนี้ นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิกแสดงได้ดังรูปที่ 2 โดยมีรูปร่างฟังก์ชันสมาชิกภาพเชิงเหตุผลเป็นรูปสามเหลี่ยม และ

CT003

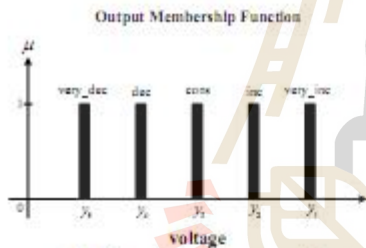
ฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุตเป็นรูปแท่ง ที่มีค่าเชิงลบมา 5 ค่าเชิงบวกมา 5 ค่ารูปที่ 3 และรูปที่ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 2 ระบบควบคุมความเร็วของเครื่องใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยฟuzzy



รูปที่ 3 ฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error 5 ค่าเชิงลบ



รูปที่ 4 ฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage 5 ค่าเชิงบวก

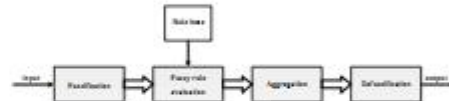
โดยกฎของฟuzzyที่ออกแบบสำหรับใช้ควบคุมความเร็วของเครื่องใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีจำนวน 5 กฎ ดังนี้

- กฎข้อที่ 1 IF error = very_neg THEN voltage = very_inc
- กฎข้อที่ 2 IF error = neg THEN voltage = inc
- กฎข้อที่ 3 IF error = zero THEN voltage = const
- กฎข้อที่ 4 IF error = pos THEN voltage = dec
- กฎข้อที่ 5 IF error = very_pos THEN voltage = very_dec

การอนุมานฟuzzyจะใช้แบบ Takagi-Sugeno ซึ่งแตกต่างจากการอนุมานฟuzzyแบบดั้งเดิมของ Mamdani ในส่วนของรูปแบบฟังก์ชันสมาชิกภาพของเอาต์พุตที่ใช้ฟังก์ชันเส้นตรงที่มีค่าคงที่แทนการใช้ฟังก์ชันสมาชิกภาพแบบฟuzzyเซต จึงทำให้ค่อนข้างสะดวกและง่ายในขั้นตอนการรวมกฎ โดยมีลักษณะดังนี้

$$\text{IF } x \text{ is } A \text{ AND } y \text{ is } B \\ \text{THEN } z \text{ is } k$$

หลักการอนุมานฟuzzyแบบ Takagi-Sugeno จะประกอบด้วย การทำฟuzzy การประเมินกฎของฟuzzy การรวมกฎ และการทำให้ฟuzzy ดังแผนภาพรูปที่ 5 โดยในส่วนของการประเมินกฎของฟuzzyต้องอาศัยฐานกฎที่ออกแบบไว้ในการวิเคราะห์ร่วมด้วย



รูปที่ 5 แผนภาพหลักการอนุมานฟuzzy

การอนุมานฟuzzyลักษณะนี้จะทำให้ฟuzzyตัววิธีคำนวณหนักเฉลี่ย (Weighted Average : WA) ซึ่งมีการคำนวณตามสมการที่ (1)

$$x_{WA} = \frac{\sum_{m=1}^n \mu(y_m) \times y_m}{\sum_{m=1}^n \mu(y_m)} \quad (1)$$

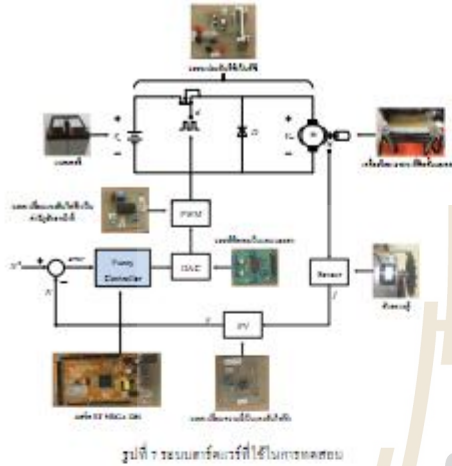
โดยที่ $\mu(y_m)$ คือ ค่าความเป็นสมาชิกภาพของเอาต์พุต y_m คือ ค่าของเอาต์พุตที่เป็นเส้นตรง

3. ระบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการทดสอบ

การติดตั้งฮาร์ดแวร์กับเครื่องวัดความเร็วแบบมือหมุนดูได้จากรูปที่ 6 ในขณะที่ระบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการทดสอบดูได้จากรูปที่ 7 จากรูปดังกล่าวประกอบด้วย พลังงานจากแบตเตอรี่จะเป็นพลังงานอินพุตของวงจรแปลงกำลังเป็นฟuzzy โดยมีตัวควบคุมฟuzzyซิกนอลที่สร้างขึ้นบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งอินพุตเป็นค่าความคลาดเคลื่อนของความเร็วในหน่วยของแรงดันไฟฟ้า และเอาต์พุตของตัวควบคุมฟuzzyซิกนอลเป็นแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบหัวเสาดีจิตอลเข้าสู่วงจรดีจิตอลเป็นแอมป์ออก จากนั้นแรงดันเอาต์พุตที่ได้จะเข้าสู่วงจรสร้างสัญญาณค่าวัดอัตราหันทเพื่อใช้ในการควบคุมแรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงกำลังเป็นฟuzzy และค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงกำลังเป็นฟuzzyที่สามารถควบคุมได้จะเป็นค่าแรงดันอินพุตให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องวัดความเร็ว จึงทำให้สามารถควบคุมความเร็วของเครื่องวัดความเร็วได้ตามต้องการ



รูปที่ 6 การติดตั้งฮาร์ดแวร์กับเครื่องวัดความเร็ว



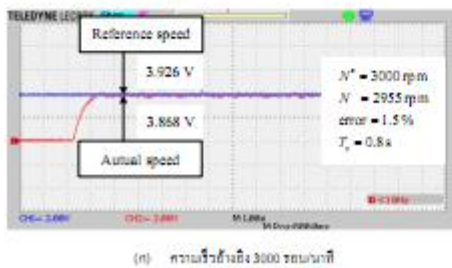
4. ผลการทดสอบและอภิปรายผล

การทดสอบด้วยควบคุมพีซีซีอีจิกในการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา สำหรับการทดสอบที่ความเร็วต่าง ๆ โดยตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error และตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุมพีซีซีอีจิก แสดงได้ดังตารางที่ 1 โดยผลการทดสอบที่ได้เกิดจากการทดสอบระบบสาร์ตแวร์ในรูปแบบที่ 7

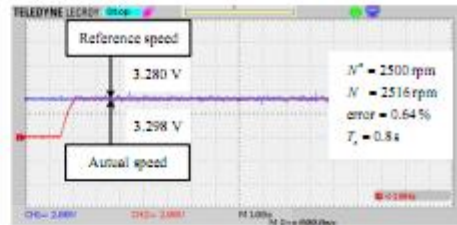
ตารางที่ 1 ส่วนแบ่งฟังก์ชันสมาชิกภาพของส่วนควบคุมพีซีซีอีจิก

ส่วนแบ่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error												
X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}
-1.0	-0.5	-1.0	-0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	2.0	0.5	2.0
ส่วนแบ่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage												
N^* (rpm)	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5							
3000	3000	2500	2000	1500	1000							
2500	3000	2650	2150	1650	1150							
2000	3000	2800	2300	1800	1300							
1500	3000	2950	2450	1950	1450							
1000	3000	3000	2500	2100	1600							

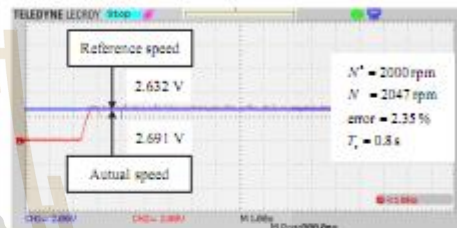
ผลการทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราให้มีค่าคงที่สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 8



(ก) ความเร็วอ้างอิง 3000 รอบต่อนาที



(จ) ความเร็วอ้างอิง 2500 รอบต่อนาที



(ข) ความเร็วอ้างอิง 2000 รอบต่อนาที



(ค) ความเร็วอ้างอิง 1500 รอบต่อนาที



(ง) ความเร็วอ้างอิง 1000 รอบต่อนาที

รูปที่ 8 ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบในรูปแบบที่ 8 จะเห็นได้ว่าที่สถานะอยู่ด้วยเส้นกราฟของความเร็วอ้างอิงและความเร็วที่วัดได้จริงมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราที่ค่าเท่ากับ 2.258% ดังนั้นจากผลการทดสอบทั้งหมดที่กล่าวมา ยืนยันได้ว่าวิธีการที่นำเสนอนี้สามารถควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพาราได้

5. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอ วิธีการควบคุมความเร็วของเครื่องรีดอย่างพารา โดยใช้ตัวควบคุมฟuzzy logic ในการควบคุมตัวรีดกรณีหนึ่งของวงจรแปลงกำลังเป็นฟuzzy เพื่อควบคุมแรงดันอินพุตของมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงที่ติดตั้งกับเครื่องรีดอย่างพารา ทำให้สามารถควบคุมความเร็วของเครื่องรีดอย่างพาราได้ตามต้องการ โดยมีการสร้างระบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ทดสอบผลการควบคุมความเร็ว จึงจากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ตัวควบคุมฟuzzy logic สามารถควบคุมความเร็วของเครื่องรีดอย่างพาราได้ นอกจากนี้การควบคุมเครื่องรีดอย่างพาราด้วยวิธีดังกล่าวสามารถนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งจะช่วยให้ลดภาระด้านกำลังคนในการรีดแผ่นอย่างพารา โดยใช้เครื่องรีดอย่างพาราที่ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแทนการใช้มือหมุน อีกทั้งจะช่วยลดระยะเวลาในการรีดแผ่นอย่างพาราเป็นการเพิ่มผลผลิตการรีดแผ่นอย่างพาราที่ได้ในแต่ละวันให้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรสวนอย่างพารา

เอกสารอ้างอิง

[1] สภาบันวิจัยอย่างพารา การอย่างพาราแห่งประเทศไทย (2557). พื้นที่ปลูกอย่างพาราในประเทศไทย.

[2] G. C. D. Sousa, and B. M. Bose, "A Fuzzy Set Theory Based Control of a Phase – Controlled Converter DC Machine Drive", *IEEE Trans. On Industry Application*, vol. 30, no. 1, pp. 34-44, January/February 1994

[3] W. C. So, C. K. Tse, and Y. S. Lee, "A Fuzzy Controller for DC – DC Converters", *Power Electronics Specialists Conference, PESC '94 Record, 25th Annual IEEE, Taipei*, 20-25 June 1994, vol. 1, pp. 315-320.

[4] S-H. Huh, S.V. Bozhko, and G-T. Park, "An Adaptive Fuzzy Controller for Power Converters," *IEEE International Fuzzy Systems Conference Proceedings*, Seoul, South Korea, 22-25 August 1999, vol. 1, pp. 434-439.

[5] ปราณี ประสมศักดิ์. (2553). การประยุกต์ฟuzzy logic สำหรับการควบคุมแรงจลน์ของกำลังแม่เหล็กฟแบบขนาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[6] ทศพร ณรงค์ฤทธิ์. (2557). การออกแบบตัวควบคุมฟuzzy ควบคุมปรับสัดส่วนสำหรับวงจรของกำลังแม่เหล็กฟแบบขนานในระบบสามเฟสสมดุล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[7] T. Narongrit, K-L. Aroerak, and K-N. Aroerak, "Adaptive Fuzzy Control for Shunt Active Power Filters," *Electric Power Components and Systems*, vol. 44, no. 6, pp. 646-657, Mar 2016.

[8] Y-L. Long, H-L. LU, and J-B. Fan, "DESIGN AND SIMULATION OF CASCADE FUZZY SELF - ADAPTIVE PID SPEED CONTROL OF A THYRISTOR-DRIVEN DC MOTOR," *2006 International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, Dalian, China, 13-16 August 2006, pp. 655-660.

[9] H. Ahmed, G. Singh, V. Bhardwaj, L.de Lillo, S. Saurav, and S. Agarwal, "Controlling of D.C. Motor using Fuzzy Logic Controller," *Conference on Advances in Communication and Control Systems 2013*, pp. 666-670.

[10] Y. Tipsewan, and M-Y. Chow, "FUZZY LOGIC MICROCONTROLLER IMPLEMENTATION FOR DC MOTOR SPEED CONTROL," *Industrial Electronics Society, 1999. IECON '99 Proceedings. The 25th Annual Conference of the IEEE*, California, USA, 29 November - 3 December 1999, vol. 3, pp. 1271-1276.

[11] P. Thepsatam, A. Numsomran, V. Tipsewanpoom and T. Teanthon, "DC Motor Speed Control using Fuzzy Logic based on LabVIEW," *SICE-JCASE International Joint Conference*, Oct. 2006, pp. 3617-3620.

[12] Y. Tipsewan and M. Y. Chow, "FUZZY LOGIC MICROCONTROLLER IMPLEMENTATION FOR DC MOTOR SPEED CONTROL," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, 1999, pp. 1271-1276.

[13] S. Bolognani and M. Zigliotto, "Fuzzy Logic Control of a Switched Reluctance Motor Drive," *IEEE Trans. on Industry Applications*, vol. 32, no. 5, Sep./Oct. 1996, pp. 1063-1068.

[14] H. A. Yousef and H. M. Khalil, "A FUZZY LOGIC-BASED CONTROL OF SERIES DC MOTOR DRIVES," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, pp. 517-522.

[15] H. Le-Huy and M. Hamdi, "Control of a Direct-Drive DC Motor by Fuzzy Logic," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, 1993, pp. 732-738.

[16] P. Guillemin, "Fuzzy Logic Applied to Motor Control," *IEEE Trans. on Industry Applications*, vol. 32, no. 1, Jan./Feb. 1996, pp. 51-56.

สำเนา

แบบสป/ สค / อสป / 001-ก

หน้า 1 ของจำนวน 2 หน้า

 คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	สำหรับเจ้าหน้าที่	
	วันรับคำขอ 11 ก.ค. 2559 วันยื่นคำขอ - 2 ก.ค. 2559	เลขที่คำขอ 1601004660
สัญลักษณ์จำนวนการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ		
<input checked="" type="checkbox"/> การประดิษฐ์ <input type="checkbox"/> การออกแบบผลิตภัณฑ์ <input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร		
ยื่นผ่านพาณิชย์จังหวัด		
ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ 2522 แก้ไขเพิ่มเติม โดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ 2535 และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ 2542		
ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์ ประเภทผลิตภัณฑ์		วันที่ประกาศโฆษณา เลขที่ประกาศโฆษณา
วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร		เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่		
1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์ ชุดควบคุมความหนาแน่นแบบอัตโนมัติสำหรับเครื่องรีดยางพาราที่ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์		
2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกับและเป็นคำขอลำดับที่ ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน		
3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และที่อยู่ (เลขที่ ถนน หมู่บ้าน) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30000 ประเทศไทย		
3.1 สัญชาติ ไทย 3.2 โทรศัพท์ (044) 224946 3.3 โทรสาร (044) 224906 3.4 อีเมล ---		หมายเหตุ: *ให้แนบหลักฐานการประดิษฐ์และประเภทเทคโนโลยี
4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ <input checked="" type="checkbox"/> ผู้รับโอน <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิโดยพฤตินัย		
5. ตัวแทน(ถ้ามี)ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์) นางสาวปริญญารัตนาพร 205 หมู่ที่ 2 ตำบลจันทะเล อำเภอจันทะเล จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30260 ประเทศไทย		5.1 ตัวแทนเลขที่ 2288 5.2 โทรศัพท์ (044) 224946 5.3 โทรสาร (044) 224906 5.4 อีเมล
6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน หมู่บ้าน) 1. รองศาสตราจารย์ ดร. กงพล อารีรักษ์ อยู่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง นครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000 2. นายอาทิตย์ ปานแป้น เลขที่ 50 หมู่ที่ 8 ตำบลช้างซ้าย อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84160		
7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร เลขที่ _____ วันยื่น _____ เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ <input type="checkbox"/> คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง <input type="checkbox"/> ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ <input type="checkbox"/> ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ		

หมายเหตุ: ใบกรณีที่ไม่อาจระบุรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้ โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

สำเนา

แบบสป / สท / สปป / 001-ท

หน้า 1 ของจำนวน 2 หน้า



คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

- การประดิษฐ์
- การออกแบบผลิตภัณฑ์
- อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงนามมือชื่อ ในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้
ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522
แก้ไขเพิ่มเติม โดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535
และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542

สำหรับเจ้าหน้าที่

วันรับคำขอ 1 ส.ค. 2559

เลขที่คำขอ

1602003083

วันยื่นคำขอ - 2 ส.ค. 2559

สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ

ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์

ประเภทผลิตภัณฑ์

วันประกาศโฆษณา

เลขที่ประกาศโฆษณา

วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่

1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์

ชุดคิดค้นมอเตอร์ไฟฟ้ากับเครื่องรีดขางพาราแบบมือหมุน

2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่
ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในกรณีเดียวกัน

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรและผู้ประดิษฐ์ (สถานที่: ถนนประชาเสนา)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง
จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30000 ประเทศไทย

3.1 สัญชาติ ไทย
3.2 โทรศัพท์ (044) 224946
3.3 โทรสาร (044) 224906
3.4 อีเมล --

4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

- ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ
- ผู้รับโอน
- ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5. ตัวแทน (ถ้ามี) ที่อยู่ (สถานที่: ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์)

นางสาวปริษา รัตนานุกรณ์
205 หมู่ที่ 2 ตำบลขามทะเลสอ อำเภอขามทะเลสอ
จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30280 ประเทศไทย

5.1 ตัวแทนเลขที่ 2288
5.2 โทรศัพท์ (044) 224946
5.3 โทรสาร (044) 224906
5.4 อีเมล --

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)


1. รองศาสตราจารย์ ดร.กองพล อวีร์วิทย์ อยู่ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง นครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000
2. นายชาติ ปานแป้น เลขที่ 50 หมู่ที่ 8 ตำบลข้างช้าง อำเภอชุมพวง จังหวัดสุรินทร์ 84160

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม

ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบายได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร
เลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ

- คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง
- ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ
- ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่อาจจะระบุละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้ โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่แสดง รายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

8.การยื่นคำขออนุญาตนำเข้า				
วันยื่นคำขอ	เลขที่คำขอ	ประเทศ	สัญลักษณ์จำแนกการ ประติมากรรมระหว่างประเทศ	สถานะคำขอ
8.1				
8.2				
8.3				
8.4 <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอสิทธิ ให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ ในวันที่ ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ในต่างประเทศเป็นครั้งแรก โดย <input type="checkbox"/> ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ <input type="checkbox"/> ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้				
9.การแสดงการประดิษฐ์ หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด วันแสดง วันเบิกงานแสดง ผู้จัด				
10.การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ				
10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ		10.2 วันที่ฝากเก็บ		10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ
11.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารตามต่างประเทศอื่น ในวันยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำ เป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอเป็นภาษา <input type="checkbox"/> อังกฤษ <input type="checkbox"/> ฝรั่งเศส <input type="checkbox"/> เยอรมัน <input type="checkbox"/> ญี่ปุ่น <input type="checkbox"/> อื่นๆ				
12.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้ หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ. <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้อธิบดีเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา				
13.คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย			14.เอกสารประกอบคำขอ	
ก. แบบพิมพ์คำขอ 2 หน้า			<input type="checkbox"/> เอกสารแสดงสิทธิ ในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	
ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์ 1 หน้า			<input type="checkbox"/> หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบ ผลิตภัณฑ์	
ค. ข้ออธิบัตินี้ 1 หน้า			<input checked="" type="checkbox"/> หนังสือมอบอำนาจ	
ง. รูปเขียน รูป หน้า			<input type="checkbox"/> เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ	
จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์ <input checked="" type="checkbox"/> รูปเขียน รูป 4 หน้า <input type="checkbox"/> ภาพถ่าย รูป หน้า			<input type="checkbox"/> เอกสารการขอรับ วันยื่นคำขอ ในต่างประเทศเป็น วันยื่น คำขอในประเทศไทย	
ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์ หน้า			<input type="checkbox"/> เอกสารข้อมูลเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ <input checked="" type="checkbox"/> เอกสารอื่น ๆ - สัญญาโอนสิทธิ	
15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า <input checked="" type="checkbox"/> การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/ อนุสิทธิบัตรมาก่อน <input type="checkbox"/> การประดิษฐ์นี้ ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก.....				
16.ลายมือชื่อ (<input checked="" type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตร; <input type="checkbox"/> ตัวแทน)			 (ศาสตราจารย์ ดร.ประสาธน์ สืบคำ) อธิการบดี	

หมายเหตุ: บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยกรมแสดงข้อความลับเป็นที่ลับพนักงานเจ้าหน้าที่ เพื่อให้
ได้ไปแจ้งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวาง โฉนดจากไม่เกิดเหตุเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

The logo of Sakon Nakhon Rajabhat University is a large, faint watermark in the background. It features a central figure of a person standing on a pedestal, surrounded by a circular emblem with a lotus flower and a crown-like top. The text 'มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี' is written in a circular path around the bottom of the emblem.

ภาคผนวก ข.

โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีซีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วของ
เครื่องรีดยางพาราบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีชซีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา
บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR

1. int analogSenser = 3;
2. int analogRef = 4;
3. float volr = 0.0;
4. float vols = 0.0;
5. float x1=-1.025,x2=-0.5125;
6. float x3=-1.025,x4=-0.5125,x5=0.0;
7. float x6=-0.5125,x7=0.0,x8=0.5125;
8. float x9=0.0,x10=0.5125,x11=1.025;
9. float x12=0.5125,x13=1.025;
10. float y1=2949.0,y2=2406.0,y3=1863.0,y4=1321.0,y5=778.0;
11. float mfe1=0.0,mfe2=0.0,mfe3=0.0,mfe4=0.0,mfe5=0.0;
12. float k1=0.0,k2=0.0,k3=0.0,k4=0.0,k5=0.0;
13. float v1=0.0,v2=0.0,v3=0.0,v4=0.0,v5=0.0;
14. float volout1 = 0.0;
15. float volout = 0.0;
16. int voltageA = 0;
17. float den = 0.0;
18. float num = 0.0;
19. int CS = 8;
20. int SDI = 10;
21. int LDAC = 11;
22. int SHDN = 12;
23. void Write_MCP4922(unsigned char DAC_Channel,unsigned int DAC_Data)
24. { digitalWrite(CS, LOW);
25. switch (DAC_Channel)

โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีชซีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา
บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (ต่อ)

```

26. { case 0x00: DAC_Data |= 0x3000;
27. break;
28. case 0x01: DAC_Data |= 0xB000;
29. break; }
30. shiftOut(SDI, SCK, MSBFIRST,(DAC_Data >> 8)& 0xFF);
31. shiftOut(SDI, SCK, MSBFIRST,DAC_Data & 0xFF);
32. digitalWrite(CS, HIGH);
33. digitalWrite(LDAC, LOW);
34. digitalWrite(LDAC, HIGH); }
35. void setup() {
36. pinMode(CS, OUTPUT);
37. pinMode(SCK, OUTPUT);
38. pinMode(SDI, OUTPUT);
39. pinMode(LDAC, OUTPUT);
40. pinMode(SHDN, OUTPUT);
41. digitalWrite(CS, HIGH);
42. digitalWrite(SCK, LOW);
43. digitalWrite(SDI, LOW);
44. digitalWrite(LDAC, HIGH);
45. digitalWrite(SHDN, HIGH); }
46. void loop() {
47. volr = analogRead(analogRef);
48. vols = analogRead(analogSensor);
49. float volstar = (volr*5)/1024;
50. float volsenser = (vols*5)/1024;

```

โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีชซีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา
บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (ต่อ)

```

51. float error = volstar - volsenser;
52. if(volstar>=0 && volstar<=0.01){
53. volout=2950; }
54. else{
55. if (error<=x2){
56. if (error<=x1){
57. mfe1=1.0; }
58. else if (error>x1 && error<=x2){
59. mfe1=(x2-error)/(x2-x1); }}
60. else{
61. mfe1=0.0; }
62. if (error<=x5 && error>x3){
63. if (error==x4){
64. mfe2=1.0; }
65. else if (error>=x3 && error<x4){
66. mfe2=(error-x3)/(x4-x3); }
67. else if (error>x4 && error<=x5){
68. mfe2=(x5-error)/(x5-x4); }}
69. else{
70. mfe2=0.0; }
71. if (error<=x8 && error>x6){
72. if (error==x7){
73. mfe3=1.0; }
74. else if (error>=x6 && error<x7){
75. mfe3=(error-x6)/(x7-x6); }

```

โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีชชีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา
บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (ต่อ)

76. else if (error>x7 && error<=x8){

77. mfe3=(x8-error)/(x8-x7); }}

78. else{

79. mfe3=0.0; }

80. if (error<=x11 && error>=x9){

81. if (error==x10){

82. mfe4=1.0; }

83. else if (error>=x9 && error<x10){

84. mfe4=(error-x9)/(x10-x9); }

85. else if (error>x10 && error<=x11){

86. mfe4=(x11-error)/(x11-x10); }}

87. else{

88. mfe4=0.0; }

89. if (error >=x12){

90. if (error>=x13){

91. mfe5=1.0; }

92. else if (error>=x12 && error<x13){

93. mfe5=(error-x12)/(x13-x12); }}

94. else{

95. mfe5=0.0; }

96. if (mfe1>0){

97. v1=mfe1;

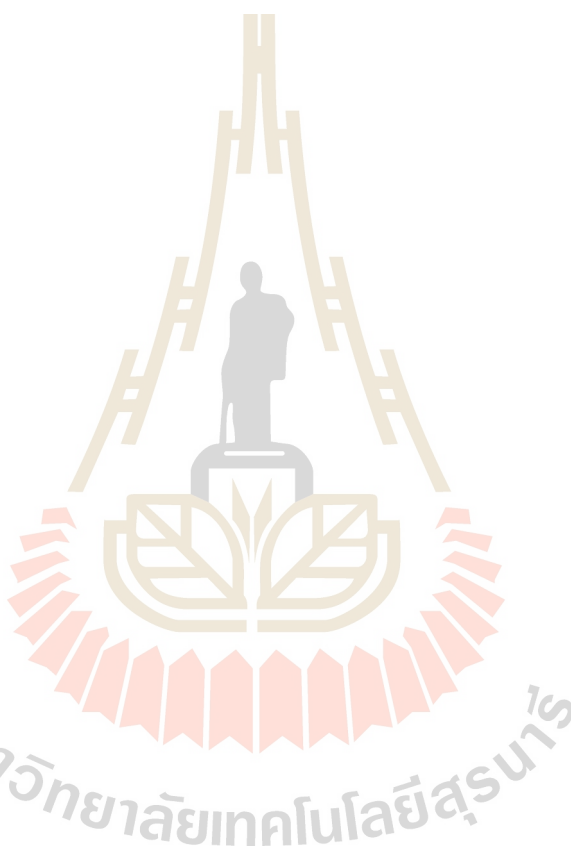
98. k1=y1*v1; }

99. else{

100. v1=0.0;

โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีชซีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา
บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (ต่อ)

```
101. k1=0.0; }
102. if (mfe2>0){
103. v2=mfe2;
104. k2=y2*v2; }
105. else{
106. v2=0.0;
107. k2=0.0; }
108. if (mfe3>0){
109. v3=mfe3;
110. k3=y3*v3; }
111. else{
112. v3=0.0;
113. k3=0.0; }
114. if (mfe4>0){
115. v4=mfe4;
116. k4=y4*v4; }
117. else{
118. v4=0.0;
119. k4=0.0; }
120. if (mfe5>0){
121. v5=mfe5;
122. k5=y5*v5; }
123. else{
124. v5=0.0;
125. k5=0.0; }
```



โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีชซีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่องรีดยางพารา
บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (ต่อ)

```
126. num=k1+k2+k3+k4+k5;
127. den=v1+v2+v3+v4+v5;
128. volout1=num/den;
129. voltageA=volout1;
130. Write_MCP4922(0,voltageA); }
```



คำอธิบายโปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีซีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วของ
เครื่องรีดยางพาราบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR

บรรทัดที่ 1 ถึง 4 คือ กำหนดค่าเริ่มต้นในการใช้งานช่องสื่อสาร ADC

บรรทัดที่ 5 ถึง 9 คือ กำหนดค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error

บรรทัดที่ 10 คือ กำหนดค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage

บรรทัดที่ 11 ถึง 22 คือ กำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นในการคำนวณ

บรรทัดที่ 23 ถึง 45 คือ การตั้งค่า CPU ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR

รุ่น ET-EASY MEGA 1280 เพื่อใช้งานช่องสื่อสาร DAC

บรรทัดที่ 46 ถึง 48 คือ รับค่าสัญญาณแอนาลอกของเซนเซอร์

บรรทัดที่ 49 ถึง 51 คือ คำนวณค่าอินพุต error

บรรทัดที่ 52 ถึง 95 คือ การตรวจสอบสถานะ และคำนวณหาค่าฟังก์ชันสมาชิกภาพ
อินพุต error ของตัวควบคุมพีซีลอจิก

บรรทัดที่ 96 ถึง 125 คือ การตรวจสอบสถานะค่าฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage
ของตัวควบคุมพีซีลอจิก และทำดีพีซี

บรรทัดที่ 126 ถึง 128 คือ การอนุมานพีซีด้วยวิธีค่าน้ำหนักเฉลี่ย

บรรทัดที่ 129 ถึง 130 คือ ส่งค่าเอาต์พุตที่ได้จากการคำนวณไปยังวงจร DAC

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

The logo of Sakon Nakhon Rajabhat University is a large, stylized emblem in the background. It features a central figure of a person standing on a pedestal, surrounded by a circular border with a scalloped edge. The text 'มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี' is written in a curved path around the bottom of the emblem.

ภาคผนวก ค

โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีซีลอจิกแบบปรับตัวสำหรับควบคุมความเร็ว
ของเครื่องรีดยางพาราบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีชชีลอจิกแบบปรับตัวสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่อง
รีดยางพาราบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR

1. int analogSenser = 3;
2. int analogRef = 4;
3. float volr = 0.0;
4. float vols = 0.0;
5. float x1=-1.025,x2=-0.5125;
6. float x3=-1.025,x4=-0.5125,x5=0.0;
7. float x6=-0.5125,x7=0.0,x8=0.5125;
8. float x9=0.0,x10=0.5125,x11=1.025;
9. float x12=0.5125,x13=1.025;
10. float y1=2949.0,y2=2406.0,y3=1863.0,y4=1321.0,y5=778.0;
11. float mfe1=0.0,mfe2=0.0,mfe3=0.0,mfe4=0.0,mfe5=0.0;
12. float k1=0.0,k2=0.0,k3=0.0,k4=0.0,k5=0.0;
13. float v1=0.0,v2=0.0,v3=0.0,v4=0.0,v5=0.0;
14. float a1=-0.234,a2=0.0;
15. float a3=-0.234,a4=0.0,a5=0.234;
16. float a6=0.0,a7=0.234;
17. float b1=2.3946,b2=1.0,b3=0.4176;
18. float mf1=0.0,mf2=0.0,mf3=0.0;
19. float t1=0.0,t2=0.0,t3=0.0;
20. float h1=0.0,h2=0.0,h3=0.0;
21. float volout1 = 0.0;
22. float volout = 0.0;
23. float volout3 = 0.0;
24. int voltageA = 0;
25. float den = 0.0;

โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีซีลอจิกแบบปรับตัวสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่อง
รีดียงพาราบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (ต่อ)

```

26. float num = 0.0;
27. float den1 = 0.0;
28. float num1 = 0.0;
29. float gain = 0.0;
30. int CS = 8;
31. int SDI = 10;
32. int LDAC = 11;
33. int SHDN = 12;
34. void Write_MCP4922(unsigned char DAC_Channel,unsigned int DAC_Data)
35. { digitalWrite(CS, LOW);
36. switch (DAC_Channel)
37. { case 0x00: DAC_Data |= 0x3000;
38. break;
39. case 0x01: DAC_Data |= 0xB000;
40. break; }
41. shiftOut(SDI, SCK, MSBFIRST,(DAC_Data >> 8)& 0xFF);
42. shiftOut(SDI, SCK, MSBFIRST,DAC_Data & 0xFF);
43. digitalWrite(CS, HIGH);
44. digitalWrite(LDAC, LOW);
45. digitalWrite(LDAC, HIGH); }
46. void setup() {
47. pinMode(CS, OUTPUT);
48. pinMode(SCK, OUTPUT);
49. pinMode(SDI, OUTPUT);
50. pinMode(LDAC, OUTPUT);

```

 โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีชซีลอจิกแบบปรับตัวสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่อง
 รีดียงพาราบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (ต่อ)

```

51. pinMode(SHDN, OUTPUT);
52. digitalWrite(CS, HIGH);
53. digitalWrite(SCK, LOW);
54. digitalWrite(SDI, LOW);
55. digitalWrite(LDAC, HIGH);
56. digitalWrite(SHDN, HIGH); }
57. void loop() {
58.   volr = analogRead(analogRef);
59.   vols = analogRead(analogSensor);
60.   float volstar = (volr*5)/1024;
61.   float volsensor = (vols*5)/1024;
62.   float error = volstar - volsensor;
63.   if(volstar>=0 && volstar<=0.01){
64.     volout=2950; }
65.   else{
66.     if (error<=x2){
67.       if (error<=x1){
68.         mfe1=1.0; }
69.       else if (error>x1 && error<=x2){
70.         mfe1=(x2-error)/(x2-x1); }}
71.     else{
72.       mfe1=0.0; }
73.     if (error<=x5 && error>x3){
74.       if (error==x4){
75.         mfe2=1.0; }

```

โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีชชีลอจิกแบบปรับตัวสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่อง
รีดยางพาราบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (ต่อ)

```

76. else if (error>=x3 && error<x4){
77. mfe2=(error-x3)/(x4-x3); }
78. else if (error>x4 && error<=x5){
79. mfe2=(x5-error)/(x5-x4); }}
80. else{
81. mfe2=0.0; }
82. if (error<=x8 && error>x6){
83. if (error==x7){
84. mfe3=1.0; }
85. else if (error>=x6 && error<x7){
86. mfe3=(error-x6)/(x7-x6); }
87. else if (error>x7 && error<=x8){
88. mfe3=(x8-error)/(x8-x7); }}
89. else{
90. mfe3=0.0; }
91. if (error<=x11 && error>=x9){
92. if (error==x10){
93. mfe4=1.0; }
94. else if (error>=x9 && error<x10){
95. mfe4=(error-x9)/(x10-x9); }
96. else if (error>x10 && error<=x11){
97. mfe4=(x11-error)/(x11-x10); }}
98. else{
99. mfe4=0.0; }
100. if (error >=x12){

```

โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีชซีลอจิกแบบปรับตัวสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่อง
รีดยางพาราบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (ต่อ)

101. if (error>=x13){

102. mfe5=1.0; }

103. else if (error>=x12 && error<x13){

104. mfe5=(error-x12)/(x13-x12); }}

105. else{

106. mfe5=0.0; }

107. if (mfe1>0){

108. v1=mfe1;

109. k1=y1*v1; }

110. else{

111. v1=0.0;

112. k1=0.0; }

113. if (mfe2>0){

114. v2=mfe2;

115. k2=y2*v2; }

116. else{

117. v2=0.0;

118. k2=0.0; }

119. if (mfe3>0){

120. v3=mfe3;

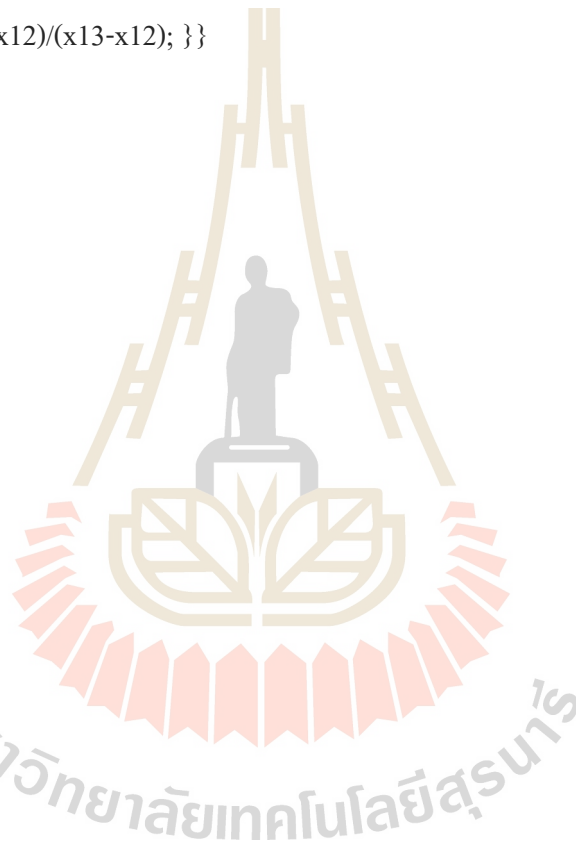
121. k3=y3*v3; }

122. else{

123. v3=0.0;

124. k3=0.0; }

125. if (mfe4>0){



โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีชชีลอจิกแบบปรับตัวสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่อง
รีดียงพาราบบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (ต่อ)

```

126. v4=mfe4;
127. k4=y4*v4; }
128. else{
129. v4=0.0;
130. k4=0.0; }
131. if (mfe5>0){
132. v5=mfe5;
133. k5=y5*v5; }
134. else{
135. v5=0.0;
136. k5=0.0; }
137. if (E<=a2){
138. if (E<=a1){
139. mf1=1.0; }
140. else if (E>a1 && E<=a2){
141. mf1=(a2-E)/(a2-a1); }}
142. else{
143. mf1=0.0; }
144. if (E<=a5 && E>a3){
145. if (E==a4){
146. mf2=1.0; }
147. else if (E>=a3 && E<a4){
148. mf2=(E-a3)/(a4-a3); }
149. else if (E>a4 && E<=a5){
150. mf2=(a5-E)/(a5-a4); }}

```

โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีซีลอจิกแบบปรับตัวสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่อง
รีดียงพาราบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (ต่อ)

```

151. else{
152. mf2=0.0; }
153. if (E>=a6){
154. if (E>=a7){
155. mf3=1.0; }
156. else if (E>=a6 && E<a7){
157. mf3=(E-a6)/(a7-a6); }}
158. else{
159. mf3=0.0; }
160. if (mf1>0){
161. h1=mf1;
162. t1=b1*h1; }
163. else{
164. h1=0.0;
165. t1=0.0; }
166. if (mf2>0){
167. h2=mf2;
168. t2=b2*h2; }
169. else{
170. h2=0.0;
171. t2=0.0; }
172. if (mf3>0){
173. h3=mf3;
174. t3=b3*h3; }
175. else{

```

โปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีซีลอจิกแบบปรับตัวสำหรับควบคุมความเร็วของเครื่อง
รีดียงพาราบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (ต่อ)

```
176. h3=0.0;
177. t3=0.0; }
178. num=k1+k2+k3+k4+k5;
179. den=v1+v2+v3+v4+v5;
180. volout1=num/den;
181. num1=t1+t2+t3;
182. den1=h1+h2+h3;
183. gain=num1/den1;
184. volout3=volout1*gain;
185. if(volout3<778){
186. volout=778; }
187. else if(volout3>2950){
188. volout=2950; }
189. else{
190. volout=volout3; }}
191. voltageA=volout;
192. Write_MCP4922(0,voltageA); }
```

คำอธิบายโปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีชชีลอจิกแบบปรับตัวสำหรับควบคุมความเร็ว
ของเครื่องรีดยางพาราบนบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR

บรรทัดที่ 1 ถึง 4 คือ กำหนดค่าเริ่มต้นในการใช้งานช่องสื่อสาร ADC

บรรทัดที่ 5 ถึง 9 คือ กำหนดค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต error ของตัวควบคุม
พีชชีลอจิก

บรรทัดที่ 10 คือ กำหนดค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage ของตัวควบคุม
พีชชีลอจิก

บรรทัดที่ 11 ถึง 13 คือ กำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นของตัวควบคุมพีชชีลอจิก

บรรทัดที่ 14 ถึง 16 คือ กำหนดค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพอินพุต E ของพีชชีช่วย

บรรทัดที่ 17 คือ กำหนดค่าตำแหน่งฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต gain ของพีชชีช่วย

บรรทัดที่ 18 ถึง 20 คือ กำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นของพีชชีช่วย

บรรทัดที่ 21 ถึง 29 คือ กำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นในการคำนวณ

บรรทัดที่ 30 ถึง 56 คือ การตั้งค่า CPU ของบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR
รุ่น ET-EASY MEGA 1280 เพื่อใช้งานช่องสื่อสาร DAC

บรรทัดที่ 57 ถึง 59 คือ รับค่าสัญญาณแอนาลอกของเซนเซอร์

บรรทัดที่ 60 ถึง 62 คือ คำนวณค่าอินพุต error

บรรทัดที่ 63 ถึง 106 คือ การตรวจสอบสถานะ และคำนวณหาค่าฟังก์ชันสมาชิกภาพ
อินพุต error ของตัวควบคุมพีชชีลอจิก

บรรทัดที่ 107 ถึง 136 คือ การตรวจสอบสถานะค่าฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต voltage
ของตัวควบคุมพีชชีลอจิก และทำดีพีชชี

บรรทัดที่ 137 ถึง 159 คือ การตรวจสอบสถานะ และคำนวณหาค่าฟังก์ชันสมาชิกภาพ
อินพุต E ของพีชชีช่วย

บรรทัดที่ 160 ถึง 177 คือ การตรวจสอบสถานะค่าฟังก์ชันสมาชิกภาพเอาต์พุต gain
ของพีชชีช่วย และทำดีพีชชี

บรรทัดที่ 178 ถึง 180 คือ การอนุมานพีชชีด้วยวิธีค่าน้ำหนักเฉลี่ยของตัวควบคุม
พีชชีลอจิก

บรรทัดที่ 181 ถึง 183 คือ การอนุมานพีชชีด้วยวิธีค่าน้ำหนักเฉลี่ยของพีชชีช่วย

คำอธิบายโปรแกรมการสร้างตัวควบคุมพีซีลอจิกแบบปรับตัวสำหรับควบคุมความเร็ว
ของเครื่องรีดยางพาราบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (ต่อ)

บรรทัดที่ 184 ถึง 190 คือ คำนวณค่าเอาต์พุตชุดเงินที่ได้จากตัวควบคุมพีซีลอจิก
แบบปรับตัว

บรรทัดที่ 191 ถึง 192 คือ ส่งค่าเอาต์พุตที่ได้จากการคำนวณไปยังวงจร DAC





ภาคผนวก ง

การคำนวณหาค่าตัวประกอบต้นทุนแสงอาทิตย์

การคำนวณหาค่าตัวประกอบต้นทุนแสงอาทิตย์ (k) แสดงได้ดังสมการที่ (ง-1) ซึ่งค่าตัวประกอบต้นทุนแสงอาทิตย์มีความสำคัญอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ค่ากำไรสูงสุด และต้นทุนการผลิตของการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก ดังนั้น ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการคำนวณหาค่าตัวประกอบต้นทุนแสงอาทิตย์ให้สอดคล้องกับการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานจริง จึงได้ทำการพิจารณาต้นทุนของแหล่งพลังงานสำหรับเครื่องรีดยางไฟฟ้า ในระยะเวลา 15 ปี ตามอายุการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยต้นทุนของแหล่งพลังงานดังกล่าว แสดงได้ดังตารางที่ ง.1 นอกจากนี้การคำนวณหาค่าตัวประกอบต้นทุนแสงอาทิตย์จะต้องทราบพลังงานที่ได้รับทั้งหมดจากการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยสามารถคำนวณได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ในระยะเวลา 15 ปี แสดงได้ดังตารางที่ ง.2

$$k = \frac{\text{ต้นทุนของแหล่งพลังงาน}}{\text{พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้}} \quad (\text{ง-1})$$

ตารางที่ ง.1 ต้นทุนของแหล่งพลังงานสำหรับเครื่องรีดยางไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก

รายการ	ราคา (บาท)
1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 50 วัตต์ จำนวน 3 แผง	4,500
2. ฐานวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์	5,000
3. แบตเตอรี่ขนาด 12 V 18 Ah จำนวน 16 ก้อน (การใช้งานจะใช้จำนวน 2 ก้อน แต่แบตเตอรี่จะต้องเปลี่ยนทุก ๆ 2 ปี ตามอายุการใช้งาน จึงมีจำนวน 16 ก้อน)	24,000
4. ชุดควบคุมประจุแสงอาทิตย์ จำนวน 3 ชุด (การใช้งานจะใช้จำนวน 1 ชุด แต่ชุดควบคุมประจุแสงอาทิตย์จะต้อง เปลี่ยนทุก ๆ 5 ปีตามอายุการใช้งาน จึงมีจำนวน 3 ชุด)	13,500
5. อุปกรณ์อื่น ๆ เช่น สายไฟ ขั้วแบตเตอรี่ และท่อร้อยสายไฟ เป็นต้น	6,800
ต้นทุนของแหล่งพลังงานมีค่าเท่ากับ 53,800 บาท / 15 ปี	

ตารางที่ ๓.2 พลังงานที่ได้รับทั้งหมดจากการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ระยะเวลา	$P_{solar} \times y_{solar} \times PSH \times day$	พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ (Wh)
ปีที่ 1 - 5	$150 \times 0.7 \times 4.5 \times 1800$	85050
ปีที่ 6 - 10	$150 \times 0.6 \times 4.5 \times 1800$	72900
ปีที่ 11 - 15	$150 \times 0.5 \times 4.5 \times 1800$	60750
พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้มีค่าเท่ากับ 218700 Wh / 15 ปี		

หมายเหตุ : y_{solar} คือ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะลดลงตามอายุการใช้งาน

PSH คือ ปริมาณแสงอาทิตย์สูงสุดโดยไม่มีเมฆบังในหนึ่งวัน โดยเฉลี่ยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่า 4.5 ชั่วโมง-วัน

day คือ จำนวนวันที่พิจารณา โดย 5 ปี จะมีทั้งสิ้น 1800 วัน

จากตารางที่ 1 สังกัดได้ว่า ต้นทุนของแหล่งพลังงานสำหรับเครื่องรีดยางไฟฟ้า อัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีซีลอจิกมีค่าเท่ากับ 53,800 บาท / 15 ปี และจากตารางที่ 2 พบว่า พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้มีค่าเท่ากับ 218700 Wh / 15 ปี ดังนั้น ค่าตัวประกอบต้นทุนแสงอาทิตย์ (k) มีค่าเท่ากับ 0.246 บาท / Wh แสดงได้ดังนี้

$$k = \frac{53,800}{218700}$$

$$= 0.246 \text{ บาท / Wh}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาคผนวก จ

แบบฟอร์มการให้ข้อมูลของเกษตรกร

แบบฟอร์มการให้ข้อมูลของเกษตรกร
สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการทำวิจัยวิทยานิพนธ์

ข้าพเจ้า นาย สักดิ์พร สุทธิอินดา

อาศัยอยู่บ้านเลขที่ 115 ซ. 8 ต. ช้างซ้าย อ.ท่าวุ้ง จ. สุราษฎร์ธานี

โดยข้าพเจ้าประกอบอาชีพทำสวนยางพาราในพื้นที่ตำบลช้างซ้าย อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัด
สุราษฎร์ธานี ได้ให้ข้อมูลแก่ นายชาคริต ปานแป้น เพื่อใช้ในการทำงานวิจัยวิทยานิพนธ์ ดังต่อไปนี้

1. ระยะทางระหว่างบ้านของข้าพเจ้าและสวนยางพารา มีระยะทางเท่าใด

จากบ้าน ถึงสวนยาง ระยะ: ๗.๕ กม 12 กิโลเมตร (สวนยางอยู่อกหมู่บ้าน)

2. ค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้ำยางดิบมาผลิตแผ่นยางพาราที่บ้าน

ใช้รถกระบะ ในกรณีน้ำยาง ยี่สิบตัน ใช้เงิน 100 บาทต่อวัน

3. แผ่นยางพาราที่ขายได้เป็นยางแผ่นดิบประเภทใด

ส่วนใหญ่ขายได้ ๒ ชั้น

4. ใน 1 ปี สามารถกรีดยางพาราได้กี่วัน

ปีหนึ่งต้นยางหนึ่งต้นแล้ว 1 เดือน ในต้นยางผลัดใบ ทั่วสวน
ใหญ่ฝนตก 2 เดือน สักตางไม้ได้ ตัดได้ราคา ๗ 100 บาทโดยตัด 3 วัน
นวด 1 วัน 1 เดือนครึ่ง ตัดได้ราคา 20 วัน

ข้าพเจ้าได้ให้ข้อมูลดังกล่าว ณ วันที่ 7 สิงหาคม 2559

ลงชื่อ สักดิ์พร สุทธิอินดา

(นาย สักดิ์พร สุทธิอินดา)

วันที่ 7/8/2559



ภาคผนวก ฉ
การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของ ATS สำหรับหาค่าความเร็วเหมาะสมที่สุด
ในการรีดแผ่นยางพารา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของ ATS สำหรับหาค่าความเร็วเหมาะที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา

การหาค่าพารามิเตอร์ของ ATS สำหรับหาค่าความเร็วเหมาะที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา จะกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ภายในขั้นตอนการค้นหาของวิธี ATS ซึ่งประกอบด้วย 4 พารามิเตอร์ คือ จำนวนคำตอบเริ่มต้น จำนวนคำตอบรอบข้าง ค่ารัศมีเริ่มต้น และค่าตัวประกอบปรับลดรัศมี ซึ่งค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการกำหนดใช้ค่าต่าง ๆ โดยกำหนดใช้ค่ากำไร (Profit) สูงที่สุด คือ ครรชนิชีวิตการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ และหากพบว่าไม่มีกรณีที่กำไรสูงสุดเท่ากัน ผู้วิจัยจะใช้จำนวนรอบการค้นหา (count) ที่ค้นพบคำตอบน้อยที่สุดดังกล่าว ในการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ ผลการทดสอบค่าพารามิเตอร์ของ ATS ทั้ง 4 พารามิเตอร์ดังกล่าว สามารถอธิบายได้ดังนี้

การทดสอบจำนวนคำตอบเริ่มต้น

การทดสอบจำนวนคำตอบเริ่มต้นของ ATS สำหรับหาค่าความเร็วเหมาะที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา จะทดสอบใช้จำนวนคำตอบเริ่มต้นเท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 คำตอบ ซึ่งผลการทดสอบ แสดงได้ดังตารางที่ ฌ.1 จากตารางดังกล่าว สังเกตได้ว่า จำนวนคำตอบเริ่มต้นเท่ากับ 3 4 และ 5 คำตอบ ให้ผลกำไรสูงสุดเท่ากัน ซึ่งเท่ากับ 4,541 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่า count เฉลี่ยที่ค้นพบคำตอบพบว่า กรณีจำนวนคำตอบเริ่มต้นเท่ากับ 3 คำตอบ มีค่า count เฉลี่ยน้อยกว่า ซึ่งเท่ากับ 7 รอบ ในขณะที่กรณีจำนวนคำตอบเริ่มต้นเท่ากับ 4 คำตอบ มีค่าเท่ากับ 12 รอบ และกรณีจำนวนคำตอบเริ่มต้นเท่ากับ 5 คำตอบ มีค่าเท่ากับ 10 รอบ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้จำนวนคำตอบเท่ากับ 3 คำตอบ

ตารางที่ ฌ.1 ผลการทดสอบจำนวนคำตอบเริ่มต้น

ค่าที่ทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
จำนวนคำตอบเริ่มต้นเท่ากับ 1 คำตอบ				
กำไร (บาท)	4,038	3,670	4,062	3,923.33
count	20	17	20	19
จำนวนคำตอบเริ่มต้นเท่ากับ 2 คำตอบ				
กำไร (บาท)	4,541	4,360	4,084	4,328
count	20	15	16	17
จำนวนคำตอบเริ่มต้นเท่ากับ 3 คำตอบ				
กำไร (บาท)	4,541	4,541	4,541	4,541
count	3	10	8	7
จำนวนคำตอบเริ่มต้นเท่ากับ 4 คำตอบ				
กำไร (บาท)	4,541	4,541	4,541	4,541
count	10	14	12	12

ตารางที่ ๑.1 ผลการทดสอบจำนวนคำตอบเริ่มต้น (ต่อ)

ค่าที่ทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
จำนวนคำตอบเริ่มต้นเท่ากับ 5 คำตอบ				
กำไร (บาท)	4,541	4,541	4,541	4,541
count	20	3	7	10

หมายเหตุ: กำหนดให้จำนวนคำตอบรอบข้างเท่ากับ 10 คำรัศมีเริ่มต้นเท่ากับ 2 และค่าตัวประกอบปรับลด

รัศมีเท่ากับ 1.2

การทดสอบจำนวนคำตอบรอบข้าง

การทดสอบจำนวนคำตอบรอบข้างของ ATS สำหรับหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา จะทดสอบใช้จำนวนคำตอบรอบข้างเท่ากับ 10 20 30 40 และ 50 คำตอบ ซึ่งผลการทดสอบแสดง ได้ดังตารางที่ ๑.2 จากตารางดังกล่าว สังเกตได้ว่า จำนวนคำตอบรอบข้างเท่ากับ 10 และ 20 ให้ผลกำไรสูงสุดเท่ากัน ซึ่งเท่ากับ 4,541 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่า count เฉลี่ยที่ค้นพบคำตอบพบว่า กรณีจำนวนคำตอบรอบข้างเท่ากับ 10 คำตอบ มีค่า count เฉลี่ยน้อยกว่าเท่ากับ 12 รอบ ในขณะที่กรณีจำนวนคำตอบรอบข้างเท่ากับ 20 คำตอบ มีค่าเท่ากับ 15 รอบ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้จำนวนคำตอบรอบข้างเท่ากับ 10 คำตอบ

ตารางที่ ๑.2 ผลการทดสอบจำนวนคำตอบรอบข้าง

ค่าที่ทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
จำนวนคำตอบรอบข้างเท่ากับ 10 คำตอบ				
กำไร (บาท)	4,541	4,541	4,541	4,541
count	2	18	16	12
จำนวนคำตอบรอบข้างเท่ากับ 20 คำตอบ				
กำไร (บาท)	4,541	4,541	4,541	4,541
count	18	15	12	15
จำนวนคำตอบรอบข้างเท่ากับ 30 คำตอบ				
กำไร (บาท)	4,031	4,541	4,541	4,371
count	9	19	12	13.33
จำนวนคำตอบรอบข้างเท่ากับ 40 คำตอบ				
กำไร (บาท)	4,541	3,601	4,360	4,167.33
count	15	10	20	15

ตารางที่ จ.2 ผลการทดสอบจำนวนคำตอบรอบข้าง (ต่อ)

ค่าที่ทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
จำนวนคำตอบรอบข้างเท่ากับ 50 คำตอบ				
กำไร (บาท)	4,163	4,541	4,381	4,361.67
count	20	18	20	19.33

หมายเหตุ: กำหนดให้จำนวนคำตอบเริ่มต้นเท่ากับ 3 คำรัศมีเริ่มต้นเท่ากับ 2 และค่าตัวประกอบปรับลดรัศมีเท่ากับ 1.2

การทดสอบคำรัศมีเริ่มต้น

การทดสอบคำรัศมีเริ่มต้นของ ATS สำหรับหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา โดยทดสอบใช้คำรัศมีเริ่มต้นเท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 คำตอบ ซึ่งผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ จ.3 จากตารางดังกล่าว สังเกตได้ว่า คำรัศมีเริ่มต้นเท่ากับ 5 ให้ผลกำไรสูงสุดเพียงแต่ค่าเดียวเท่านั้น ซึ่งเท่ากับ 4,541 บาท ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้คำรัศมีเริ่มต้นเท่ากับ 5

ตารางที่ จ.3 ผลการทดสอบคำรัศมีเริ่มต้น

ค่าที่ทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
คำรัศมีเริ่มต้นเท่ากับ 1				
กำไร (บาท)	3,651	3,659	4,011	3,773.67
count	12	9	7	9.33
คำรัศมีเริ่มต้นเท่ากับ 2				
กำไร (บาท)	4,061	4,011	4,101	4,057.67
count	10	3	4	5.67
คำรัศมีเริ่มต้นเท่ากับ 3				
กำไร (บาท)	4,538	4,541	4,362	4,480.33
count	16	20	9	15
คำรัศมีเริ่มต้นเท่ากับ 4				
กำไร (บาท)	4,381	4,541	4,362	4,428
count	5	3	12	6.67
คำรัศมีเริ่มต้นเท่ากับ 5				
กำไร (บาท)	4,541	4,541	4,541	4,541
count	2	7	9	6

หมายเหตุ: กำหนดให้จำนวนคำตอบเริ่มต้นเท่ากับ 3 จำนวนคำตอบรอบข้างเท่ากับ 10 และค่าตัวประกอบ

ปรับลดครึ่งมีเท่ากับ 1.2

การทดสอบค่าตัวประกอบปรับลดครึ่งมี

การทดสอบค่าตัวประกอบปรับลดครึ่งมีของ ATS สำหรับหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา โดยทดสอบใช้ค่าตัวประกอบปรับลดครึ่งมีเท่ากับ 1.1 1.15 1.2 1.25 และ 1.3 ซึ่งผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ ๗.4 จากตารางดังกล่าว สังเกตได้ว่า ค่าตัวประกอบปรับลดครึ่งมีทุกค่าให้ผลกำไรสูงสุด

ซึ่งเท่ากับ 4,541 บาท แต่ค่าตัวประกอบปรับลดครึ่งมีเท่ากับ 1.2 มีค่า count น้อยที่สุดซึ่งเท่ากับ 8 รอบ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ค่าตัวประกอบปรับลดครึ่งมีเท่ากับ 1.2

ตารางที่ ๗.4 ผลการทดสอบค่าตัวประกอบปรับลดครึ่งมี

ค่าที่ทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ค่าตัวประกอบปรับลดครึ่งมีเท่ากับ 1.1				
กำไร (บาท)	4,541	4,541	4,541	4,541
count	18	20	17	18.33
ค่าตัวประกอบปรับลดครึ่งมีเท่ากับ 1.15				
กำไร (บาท)	4,541	4,541	4,541	4,541
count	13	9	16	12.67
ค่าตัวประกอบปรับลดครึ่งมีเท่ากับ 1.2				
กำไร (บาท)	4,541	4,541	4,541	4,541
count	4	11	9	8
ค่าตัวประกอบปรับลดครึ่งมีเท่ากับ 1.25				
กำไร (บาท)	4,541	4,541	4,541	4,541
count	6	4	15	8.33
ค่าตัวประกอบปรับลดครึ่งมีเท่ากับ 1.3				
กำไร (บาท)	4,541	4,541	4,541	4,541
count	2	18	12	10.67

หมายเหตุ: กำหนดให้จำนวนคำตอบเริ่มต้นเท่ากับ 3 จำนวนคำตอบรอบข้างเท่ากับ 10 และค่าครึ่งมีเริ่มต้น

เท่ากับ 5

จากผลการทดสอบค่าพารามิเตอร์ของ ATS ข้างต้น ผู้วิจัยจึงกำหนดใช้ค่าพารามิเตอร์ของ ATS ที่ใช้สำหรับหาค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการรีดแผ่นยางพารา แสดงได้ดังตารางที่ 7.10



ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งานเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีซีลอจิก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ประโยชน์ของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก มีดังต่อไปนี้

1. เกษตรกรมีกำไรในการขายยางพาราเพิ่มขึ้น
2. ลดต้นทุนค่าขนส่งของเกษตรกร
3. ใช้งานได้ในสวนยางพาราที่ห่างไกลไฟฟ้า เช่น บนเนินเขา เป็นต้น
4. ใช้ระยะเวลาในการรีดแผ่นยางพาราที่น้อยลง เป็นการเพิ่มอัตราการผลิต
5. ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก มีดังนี้

1. ต่อสายไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังตัวควบคุมประจุแสงอาทิตย์ ระวังเรื่องขั้วบวก (สีแดง) กับขั้วลบ (สีดำ) ต้องต่อให้ถูกขั้ว
2. ต่อสายไฟจากตัวควบคุมประจุแสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่ ระวังเรื่องขั้วบวกและขั้วลบ ต้องต่อให้ถูกขั้ว
3. ต่อสายไฟจากแบตเตอรี่ไปยังกล่องควบคุมเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก จากนั้นทำการต่อสายไฟของมอเตอร์ไฟฟ้าจักรกลเข้าด้านซ้าย และต่อสายไฟของมอเตอร์ไฟฟ้าจักรกลเข้าด้านขวาของกล่องควบคุม โดยก่อนต่อสายไฟสวิตช์ทุกตัวบนกล่องควบคุมต้องมีสถานะปิด

หมายเหตุ : แผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องรีดยางพาราไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยตัวควบคุมพีซีลอจิก แสดงได้ดังรูปที่ ซ.2

แผงเซลล์แสงอาทิตย์



แบตเตอรี่



ตัวควบคุมประจุแสงอาทิตย์



จักรยาน



กล่องควบคุมเครื่องรีดยางไฟฟ้า



จักรยาน

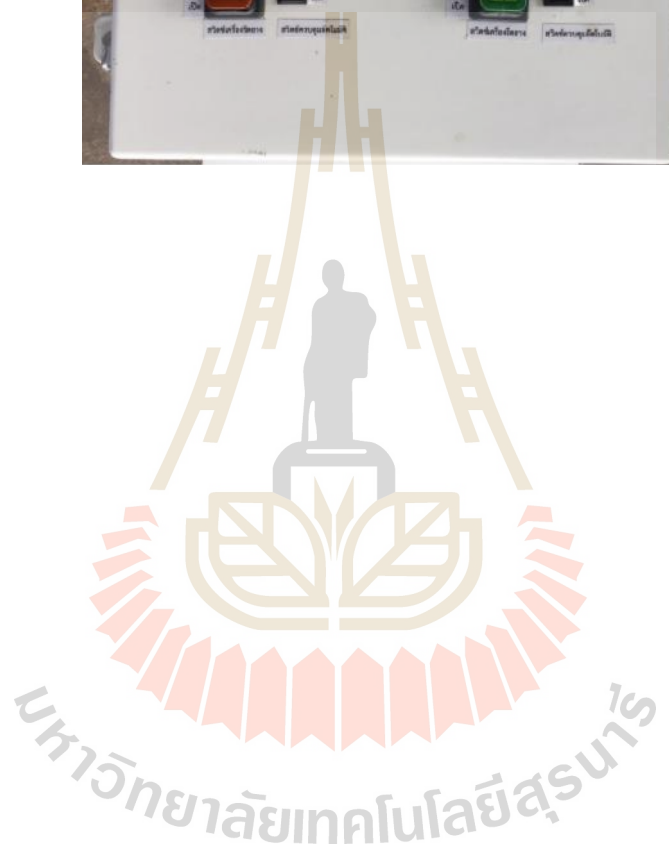


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี





ประวัติผู้เขียน

นายชาคริต ปานแป้น เกิดเมื่อวันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2535 ที่อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง (วิศวกรรมไฟฟ้า) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2557 และในปีเดียวกันได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยขณะที่ศึกษาได้รับทุนการศึกษา “กิตติบัณฑิต” แก่บัณฑิตเกียรตินิยมเพื่อศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

