

การพัฒนาระบบอัตโนมัติในการรองรับและปรับสภาพน้ำฝนเพื่อ
ใช้อุปโภคและบริโภค

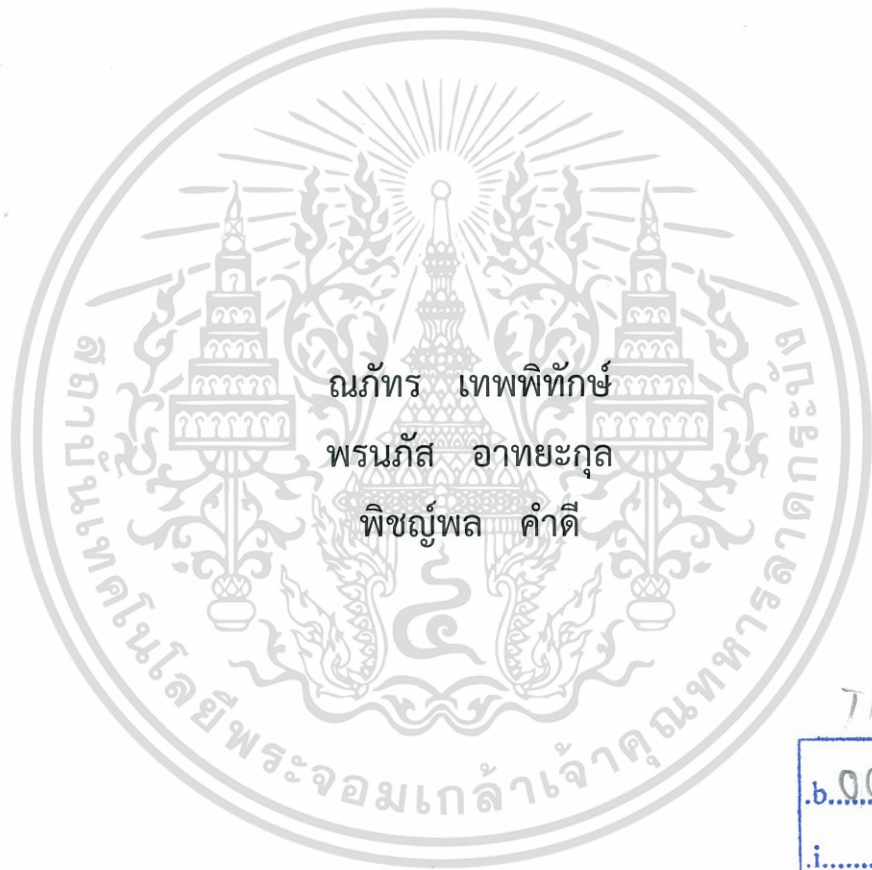
DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC RAIN WATER
COLLECTING AND RECONDITIONING SYSTEM FOR
HOUSEHOLD USAGE AND DRINKING PURPOSE



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

การพัฒนาระบบอัตโนมัติในการรองรับและปรับสภาพน้ำฝนเพื่อ
ใช้อุปโภคและบริโภค

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC RAIN WATER
COLLECTING AND RECONDITIONING SYSTEM FOR
HOUSEHOLD USAGE AND DRINKING PURPOSE



TB00062

b.00264923

i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC RAIN WATER
COLLECTING AND RECONDITIONING SYSTEM FOR
HOUSEHOLD USAGE AND DRINKING PURPOSE



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

การพัฒนาระบบอัตโนมัติในการรองรับและปรับสภาพน้ำฝนเพื่อ
ใช้อุปโภคและบริโภค

Development of an Automatic Rain Water Collecting
and Reconditioning System for Household Usage and
Drinking Purpose

ชื่อนักศึกษา

นายณภัทร เทพพิทักษ์ รหัสนักศึกษา 56051131

นางสาวพรนภัส อาทยะกุล รหัสนักศึกษา 56051173

นายพิชญ์พล คำดี รหัสนักศึกษา 56051179

ปริญญา

วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชา

ฟิสิกส์

ปีการศึกษา

2559

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.อนุพงศ์ สรงประภา

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้
โครงการพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ประจำปีการศึกษา 2559

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.กมลปัญญา สุวรรณสุข ประธานกรรมการ	
ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก กรรมการ	
อ.ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์ กรรมการ	
รศ.อนุพงศ์ สรงประภา กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การพัฒนาระบบอัตโนมัติในการรองรับและปรับสภาพน้ำฝนเพื่อใช้อุปโภคและบริโภค	
ชื่อนักศึกษา	นายณภัทร เทพพิทักษ์	รหัสนักศึกษา 56051131
	นางสาวพรนภัส อาทยะกุล	รหัสนักศึกษา 56051173
	นายพิชญ์พล คำดี	รหัสนักศึกษา 56051179
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)	
ภาควิชา	ฟิสิกส์	
คณะ	วิทยาศาสตร์	
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)	
ปีการศึกษา	2559	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.อนุพงษ์ สรงประภา	

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้ทำการออกแบบและสร้างต้นแบบของส่วนประกอบต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาระบบอัตโนมัติในการรองรับและปรับสภาพน้ำฝน โดยมีทั้งส่วนของหลังคาอัจฉริยะซึ่งมีกลไกการพลิกตัวของแผ่นหลังคาเพื่อนำใบไม้ กิ่งไม้ และสิ่งสกปรกที่อยู่บนหลังคาออกไปและนำอีกด้านที่สะอาดมารองรับน้ำฝน มีส่วนของระบบกักเก็บที่ได้ยึดแกนหมุนกับไดนาโมเพื่อผลิตไฟฟ้าจากน้ำฝนที่ไหลลงมาไว้ในระบบ และในที่สุดท้ายคือไฮดรอลิคแรมป์มาเพิ่มแรงดันน้ำแทนการใช้ปั๊มไฟฟ้าสำหรับระบบผลิตน้ำดื่มโดยใช้เยื่อกรองรีเวอร์สออสโมซิสที่มีผลิตจำหน่ายในท้องตลาด

คำสำคัญ : กักเก็บ น้ำดื่ม น้ำฝน รีเวอร์สออสโมซิส หลังคาอัจฉริยะ ไฮดรอลิคแรมป์

Title	Development of an Automatic Rain Water Collecting and Reconditioning System for Household Usage and Drinking Purpose		
Students	Mr.Napath Thepphitak	Student ID	56051131
	Ms.Pohnnapat Arttayagul	Student ID	56051173
	Mr.Pitchapon Khumdee	Student ID	56051179
Degree	Bachelor of Science (Applied Physics)		
Department	Physics		
Faculty	Science		
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)		
Academic Year	2016		
Advisor	Assoc.Prof.Anupong Songprapa		

Abstract

This special project focuses on the design and build the 3 parts that are essential for the development of an efficient automatic rainwater collecting and reconditioning system. The first is smart roof top which has flip mechanism to remove fallen leaves and tree branches while replacing the dirty surface by the clean one. The second part is rainwater flow-powered turbine system for electricity consumed by the automation system. The last part is hydraulic ram pump to feed the commercial reverse osmosis system to produce drinking water.

Keywords : flow-powered turbine, drinking water, rainwater, reverse osmosis, smart roof, hydraulic ram pump

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเรื่องนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยเนื่องมาจาก ได้รับการช่วยเหลือและสนับสนุนโดยรองศาสตราจารย์อนุพงศ์ สรงประภา เป็นผู้ให้โอกาสแก่นักศึกษาได้เริ่มจัดทำโครงการพิเศษนี้เพื่อให้ผู้จัดทำได้ค้นหาศักยภาพของตนเอง ให้คำปรึกษาแนะนำทางด้านวิชาการและแนวทางแก้ไขปัญหาให้คณะผู้จัดทำได้มาประยุกต์ใช้กับโครงการพิเศษนี้ ทำให้สามารถดำเนินงานได้อย่างราบรื่นและประสบผลสำเร็จ

ขอขอบคุณ อาจารย์ประจำตึกซ่อมสร้าง คณะวิทยาศาสตร์ ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนในส่วนของสถานที่ปฏิบัติงานและเครื่องมือในการทำโครงการพิเศษ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการทำโครงการพิเศษเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ พี่ระดับปริญญาโท ช่วยเหลือคำแนะนำและช่วยเหลือในโครงการพิเศษนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนในห้องโปรเจกต์ที่คอยให้ความช่วยเหลือโครงการพิเศษในบางส่วน

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ทุกท่านที่เมตตาตั้งแต่การศึกษาภาคบังคับจนถึงปัจจุบันตลอดจนกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยให้คำปรึกษาและแรงผลักดันให้คณะผู้จัดทำมีกำลังใจในการทำโครงการพิเศษซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการศึกษาและการทำโครงการพิเศษนี้

ณภัทร เทพพิทักษ์

พรนภัส อาทยะกุล

พิชญ์พล คำดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
คำย่อ/สัญลักษณ์	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ฝน	3
2.1.1 ปริมาณฝน	3
2.1.2 พายุหมุนเขตร้อน	5
2.1.3 คุณภาพน้ำฝน	7
2.1.4 การวัดปริมาณน้ำฝน	9
2.2 หลังคา	10
2.2.1 ประเภทของหลังคา	10
2.2.2 โครงสร้างหลังคา	12
2.2.3 ชนิดของวัสดุผนังหลังคา	13
2.2.4 ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา	15
2.2.5 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน	16
2.2.6 Solar Roof	17
2.3 กังหันน้ำ	18
2.3.1 ประเภทของกังหันน้ำ : ตามเส้นทางการไหล	18
2.3.2 ประเภทของกังหันน้ำ : ตามความดันที่เปลี่ยนแปลง	19
2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)	20
2.4.1 หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 เครื่องกรองน้ำระบบ RO (Reverse Osmosis System)	22
2.5.1 หลักการเครื่องกรองน้ำระบบ RO (Reverse Osmosis System)	22
2.5.2 การทำงานของเครื่องกรองน้ำระบบ RO (Reverse Osmosis System)	22
2.6 ข้อมูลทั่วไปของไฮดรอลิคแรมป์	23
2.6.1 เครื่องไฮดรอลิคแรมป์	23
2.6.2 การตะบันน้ำ (Water Hammer)	24
2.7 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค	27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	29
3.1 การออกแบบระบบหลังคาอัจฉริยะ	30
3.1.1 ขั้นตอนในการออกแบบจำลองระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1	30
3.1.2 ขั้นตอนในการออกแบบจำลองระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2	33
3.1.3 ขั้นตอนในการออกแบบจำลองระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3	37
3.2 การออกแบบระบบ generator พลังงานไฟฟ้า	41
3.2.1 ขั้นตอนการทำระบบ generator พลังงานไฟฟ้า	42
3.3 ระบบแรมป์ผลิตความดันสูง (ตะบันน้ำ)	44
3.3.1 ขั้นตอนการทำระบบแรมป์ผลิตความดันสูงแบบที่ 1	44
3.3.2 ขั้นตอนการทำระบบแรมป์ผลิตความดันสูงแบบที่ 2	45
3.4 ระบบการกรองรีเวอร์สออสโมซิสสำหรับน้ำบริโภคและระบบภาชนะกักเก็บน้ำ	47
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	48
4.1 ผลการออกแบบและสร้างต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะ	48
4.1.1 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1	48
4.1.2 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2	50
4.1.3 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3	54
4.2 ผลการทดลองระบบ Generator พลังงานไฟฟ้า	58
4.2.1 ทดลองระบบโดยใช้โหลดที่ค่าต่างกัน	59
4.2.2 ทดลองหาค่ากำลังสูงสุด (Power Maximum) ของแต่ละอัตราเร็วรอบ (RPM)	64
4.3 การเตรียมการทดสอบกับน้ำฝน	70
4.4 ผลการทดลองระบบแรมป์ผลิตความดันสูง	70
4.4.1 ผลการทดลองแรมป์แบบที่ 1	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4.2 ผลการทดลองแรมป์แบบที่ 2	73
4.5 ผลการทดลองระบบกรองน้ำรีเวอร์สออสโมซิส	75
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	76
5.1 สรุปผลการวิจัย	76
5.2 ข้อเสนอแนะ	77
เอกสารอ้างอิง	78



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงปริมาณฝนเฉลี่ยรายภาคระหว่างปี 2548-2558	4
2.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับคุณภาพน้ำฝน	7
2.3 คุณภาพน้ำฝนตัวอย่างจากสถานีอุตุนิยมวิทยาเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์	8
2.4 มาตรฐานของน้ำดื่ม	27
3.1 ส่วนประกอบของท่อ PVC ขนาดต่างๆ	45
3.2 ส่วนประกอบของแรมบีม	46
4.1 แสดงค่า RPM กับกำลังของแต่ละโหลด	64
4.2 แสดงผลการทดลองระบบแรมบีมผลิตความดันสูงแบบที่ 1 และปริมาณน้ำที่ได้จากการตะบันน้ำใน 10 นาที และน้ำที่ได้จากการกรองเยื่อ RO	71
4.3 ผลการทดลองระบบแรมบีมผลิตความดันสูงแบบที่ 2 และปริมาณน้ำที่ได้จากการตะบันน้ำใน 10 นาที และปริมาณน้ำที่ได้จากการกรองเยื่อ RO	73
4.4 แสดงผลการทดลองเครื่องกรองน้ำระบบ RO	75

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงสถิติปริมาณน้ำฝน ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร พ.ศ.2546 - 2558	4
2.2 สถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ.2494-2559)	6
2.3 สถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย(พ.ศ.2494-2559)	6
2.4 อุปกรณ์วัดน้ำฝน (Rain gauge)	9
2.5 หลังคาแบน	10
2.6 หลังคาเพิงหมาแหงน	10
2.7 หลังคาทรงมนิลา	11
2.8 หลังคาทรงปั้นหย่า	11
2.9 หลังคาทรงปั้นหย่า	12
2.10 กระเบื้องดินเผา	13
2.11 กระเบื้องลอนคู่	14
2.12 หลังคาเหล็กกรีด	14
2.13 การฉีดสารโพลียูรีเทนโฟมที่ผิววัสดุหลังคา	15
2.14 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน	16
2.15 Solar Roof ทั้ง 4 แบบ	17
2.16 กังหันน้ำแบบต่างๆ	18
2.17 กังหันน้ำแบบคาปลาน	18
2.18 กังหันน้ำแบบเพลตัน	19
2.19 กังหันน้ำแบบฟรานซิส	19
2.20 Dynamo	20
2.21 ขดลวด	21
2.22 เยื่อกรอง RO	23
2.23 ระบบการทำงานของแรมปี้ม	25
3.1 แผนผังของระบบโดยรวม	29
3.2 แผ่นหลังคาของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1	30
3.3 โครงสร้างหลังคาของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1	31
3.4 ที่ยึดติดเซอร์โวมอเตอร์ของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1	31
3.5 การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ที่แกนหมุนแผ่นหลังคาของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1	31
3.6 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1 ขณะอยู่ในสภาพปกติ	32

เอกสารนี้เป็นต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 1 พลิกยกขึ้นให้หน้าไปใช้ประโยชน์ด้าน 32

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.8	32
3.9	33
3.10	33
3.11	34
3.12	34
3.13	34
3.14	35
3.15	35
3.16	36
3.17	36
3.18	36
3.19	37
3.20	37
3.21	38
3.22	38
3.23	38
3.24	39
3.25	39
3.26	40
3.27	40
3.28	40
3.29	41
3.30	41
3.31	42
3.32	42
3.33	43
3.34	43
3.35	44
3.36	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.37 เครื่องกรองน้ำระบบ RO ที่จะใช้ในการทดลอง ยี่ห้อ Treatton รุ่น 50 GPD 5 ชั้นตอน (เฟรมตั้ง) (White)	47
4.1 แผ่นหลังคาที่มีลักษณะเป็นตัววี (V)	48
4.2 เซอร์โวมอเตอร์ที่ปลายแกนของแผ่นหลังคา	49
4.3 ทำฝาปิดส่วนที่เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์	49
4.4 ต้นแบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1	49
4.5 ลักษณะการวางของแผ่นเกล็ดหลังคา	50
4.6 การยึดแกนหมุนของแผ่นเกล็ดหลังคากับแกนหมุนอีกอัน	50
4.7 การยึดของสายพานกับแผ่นโฟมหนา	51
4.8 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2	51
4.9 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 ในสภาพปกติ	52
4.10 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 1 เริ่มพลิก	52
4.11 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 2 เริ่มพลิก	53
4.12 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 3 เริ่มพลิก	53
4.13 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 หลังพลิกครบทุกแผ่น	53
4.14 แผ่นเกล็ดหลังคารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	54
4.15 ขอบของแผ่นเกล็ดหลังคาที่พับแล้วและนำมาวางเรียงซ้อนกัน	54
4.16 เฟืองสะพานที่ถูกยึดอยู่ที่ใต้สายพาน	55
4.17 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 เมื่ออยู่ในสภาพปกติ ขณะฝนยังไม่ตก	55
4.18 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 พลิกแผ่นที่ 1	56
4.19 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 พลิกแผ่นที่ 1 และเริ่มพลิกแผ่นที่ 2	56
4.20 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 พลิกแผ่นที่ 2 และเริ่มพลิกแผ่นที่ 3	56
4.21 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 พลิกแผ่นที่ 3 และเริ่มพลิกแผ่นที่ 4	57
4.22 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 พลิกแผ่นที่ 4 และเริ่มพลิกแผ่นที่ 5	57
4.23 ระบบ Generator พลังงานไฟฟ้า	58
4.24 กังหันน้ำและเซนเซอร์วัดรอบ	58
4.25 เซนเซอร์วัดพลังงาน	59
4.26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 1 โห้หม	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 3 โห้ม	60
4.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 5 โห้ม	60
4.29 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 7.5 โห้ม	61
4.30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 9 โห้ม	61
4.31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 11 โห้ม	62
4.32 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 13 โห้ม	62
4.33 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 15 โห้ม	63
4.34 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 17.5 โห้ม	63
4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัตต์) กับโหลด (โห้ม) ที่อัตราเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที	65
4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัตต์) กับโหลด (โห้ม) ที่อัตราเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที	65
4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัตต์) กับโหลด (โห้ม) ที่อัตราเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที	66
4.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัตต์) กับโหลด (โห้ม) ที่อัตราเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที	66
4.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัตต์) กับโหลด (โห้ม) ที่อัตราเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที	67
4.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัตต์) กับโหลด (โห้ม) ที่อัตราเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที	67
4.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัตต์) กับโหลด (โห้ม) ที่อัตราเร็วรอบ 70 รอบต่อนาที	68

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัตต์) กับโหลด (โอห์ม) ที่อัตราเร็วรอบ 80 รอบต่อนาที	68
4.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัตต์) กับโหลด (โอห์ม) ที่อัตราเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที	69
4.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัตต์) กับโหลด (โอห์ม) ที่อัตราเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที	69
4.45 หลังกาที่มีพื้นที่รองรับน้ำฝนขนาด 9 ตารางเมตร	70
4.46 แรมป์แบบที่ 1 ที่ประกอบเสร็จ	71
4.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำที่เข้าแรมป์ (ลิตรต่อนาที) กับปริมาณน้ำส่วนต่างๆ (ลิตร) ในเวลา 10 นาที	72
4.48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำที่เข้าแรมป์ (ลิตรต่อนาที) และแรงดันน้ำที่ได้ (บาร์)	72
4.49 แรมป์แบบที่ 2 ที่ประกอบเสร็จ	73
4.50 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำที่เข้าแรมป์ (ลิตรต่อนาที) กับปริมาณน้ำส่วนต่างๆ (ลิตร) ในเวลา 10 นาที	74
4.51 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำที่เข้าแรมป์ (ลิตรต่อนาที) กับแรงดันน้ำที่ได้จากแรมป์ (บาร์)	74

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
RO.	Reverse Osmosis System
AC	Alternating Current Electricity
DC	Direct Current Electricity
MCU	Microcontroller Unit
PVC	Polyvinylchloride
Q	Pumping rate in gallons per day (gpd)
E	Efficiency of a Hydraulic Ram Pump Installation, Typically Equal to 0.6
S	Source Flow Rate Through The Drive Pipe in Gallons Per Minute (gpm)
L	Vertical elevation lift from the pump to the destination in feet
F	Vertical fall from the source through the drive pipe in feet.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สำหรับประเทศไทยนั้นแม้จะมีบางช่วงเวลาที่สามารถประสพภาวะภัยแล้งยาวนานบ้าง แต่ด้วย ความที่อยู่ในเขตมรสุมปริมาณน้ำที่ใช้ในการเกษตร การอุตสาหกรรม อุปโภค บริโภค ทั้งหมดล้วน ได้มาจากแหล่งหลักคือน้ำฝนซึ่งมีมากพอเสมอในแต่ละปี เพียงแต่ติดขัดที่ระบบการเก็บกัก บริหาร จัดการที่ไม่มีประสิทธิภาพรวมถึงค่านิยมที่เปลี่ยนไป การประปานครหลวงซึ่งเป็นผู้ผลิตน้ำใช้ให้กับ ประชากรในกรุงเทพมหานครต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายจำนวนมหาศาลในแต่ละปี ในการบำบัดและปรับ สภาพน้ำดิบหลักจากคลองประปาซึ่งไหลแยกมาจากแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งแท้ที่จริงก็คือน้ำฝนอัน บริสุทธิ์ ที่ชะล้างดินบริเวณจังหวัดภาคเหนือละลายสารประกอบจำนวนมากปะปนลงมาเป็นระยะทาง หลายร้อยกิโลเมตร ในขณะที่เมื่อฝนตกลงบนหลังคาอาคารบ้านเรือนในเมืองหลวงนี้เกือบ 100% ล้วนไม่มีแม้แต่น้ำฝน ปล่อยให้ทิ้งน้ำทั้งหมดไหลทิ้งลงสู่พื้น และท่อระบายน้ำ เป็นสาเหตุหนึ่งของน้ำท่วมถนนจนเกิดสภาวะการจราจรเป็นอัมพาตเป็นประจำ จะมีก็แต่ชาวบ้านโบราณที่ยังคงวิธีการใช้ โองังขนาดใหญ่จำนวนมากรองน้ำฝนจากหลังคาสามารถใช้อุปโภคบริโภค โดยไม่ต้องพึ่งน้ำจากการ ประปาเลย

สำหรับคำถามที่ว่า สาเหตุที่คนกรุงเทพฯ เลิกรองเก็บกักน้ำฝน แล้วหันไปพึ่งพาระบบประปา คำตอบส่วนหนึ่งก็คือความเชื่อที่ว่าน้ำฝนที่ตกในเมืองนั้นไม่สะอาดเหมือนในอดีต เพราะมีสารมลพิษ ต่างๆ ที่ล่องลอยอยู่ในอากาศที่เกิดจาก ไอเสียรถยนต์ และโรงงานอุตสาหกรรม มาปนเปื้อน แต่ในความเป็นจริงแล้วคิดเป็นปริมาณที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับที่มีอยู่ในน้ำที่ได้จากคลองประปา การทำให้ บริสุทธิ์จึงง่ายและใช้พลังงานน้อยกว่ามาก

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ประหยัดค่าใช้จ่ายค่าน้ำ
2. สามารถนำน้ำฝนมาใช้อุปโภคและบริโภคได้
3. ออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากการหมุนของกังหันที่น้ำฝนไหลผ่าน
4. ออกแบบระบบหลังคาอัจฉริยะที่ใช้ในการรองรับน้ำฝน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ออกแบบและพัฒนาต้นแบบระบบหลังคารองรับน้ำฝนอัจฉริยะ
2. ออกแบบและทดลองระบบผลิตไฟฟ้าจากน้ำฝน

เอกสารนี้เป็น 3. ออกแบบและสร้างระบบเพิ่มแรงดันน้ำด้วยไฮดรอลิคแรมป์ปิรามิดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถออกแบบและติดตั้งตามอาคารบ้านเรือนสร้างใหม่ ส่วนอาคารที่มีอยู่เดิมจะต้องมีการตัดแปลงส่วนหลังคา ซึ่งไม่เพียงแต่เป็นการประหยัดน้ำโดยการหันมาใช้น้ำธรรมชาติในการอุปโภคบริโภคทั้งยังช่วยลดอุปสรรคการใช้น้ำตามบ้านต่างๆ ที่ประสบปัญหาน้ำประปาไหลเบาหรือหาน้ำที่สะอาดใช้ในการอุปโภคบริโภคได้ยาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยอธิบายทฤษฎีของฝน หลังคา กังหันน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไฮดรอลิคแรมปี้ม เครื่องกรองน้ำระบบ RO และมาตรฐานของน้ำดื่ม

2.1 ฝน

2.1.1 ปริมาณฝน

โดยทั่วไปประเทศไทยมีปริมาณน้ำฝนอยู่ในเกณฑ์ดี พื้นที่ส่วนใหญ่มีปริมาณฝน 1,200 - 1,600 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณฝนรวมตลอดปีเฉลี่ยทั่วประเทศมีค่าประมาณ 1,572.5 มิลลิเมตร ปริมาณฝนในแต่ละพื้นที่ผันแปรไปตามลักษณะภูมิประเทศ นอกเหนือจากการผันแปรตามฤดูกาล บริเวณประเทศไทยตอนบนปกติจะแห้งแล้งและมีฝนน้อยในฤดูหนาว เมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นบ้างพร้อมทั้งมีพายุฟ้าคะนอง และเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นมาก โดยจะมีปริมาณฝนมากที่สุดในเดือนสิงหาคมหรือกันยายน พื้นที่ที่มีปริมาณฝนมาก ส่วนใหญ่จะอยู่ด้านหน้าทิวเขาหรือด้านรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ พื้นที่ทางด้านตะวันตกของประเทศและบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะที่อำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด มีปริมาณฝนรวมตลอดปีมากกว่า 4,000 มิลลิเมตร ส่วนพื้นที่ที่มีฝนน้อยส่วนใหญ่อยู่ด้านหลังเขา ได้แก่ พื้นที่บริเวณตอนกลางของภาคเหนือและภาคกลาง และบริเวณด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับภาคใต้มีฝนชุกเกือบตลอดปียกเว้นช่วงฤดูร้อน พื้นที่บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันตก ซึ่งเป็นด้านรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะมีปริมาณฝนมากกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันออกในช่วงฤดูฝน โดยมีปริมาณฝนมากที่สุดในเดือนกันยายน ส่วนช่วงฤดูหนาวบริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออก ซึ่งเป็นด้านรับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จะมีปริมาณฝนมากกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตก โดยมีปริมาณฝนมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน พื้นที่ที่มีปริมาณฝนมากที่สุดของภาคใต้อยู่บริเวณจังหวัดระนอง ซึ่งมีปริมาณฝนรวมตลอดปีมากกว่า 4,000 มิลลิเมตร ส่วนพื้นที่ที่มีฝนน้อย ได้แก่ ภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนบน ด้านหลังทิวเขาตะนาวศรี บริเวณจังหวัดเพชรบุรีและประจวบคีรีขันธ์

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณฝนเฉลี่ยรายภาคระหว่างปี 2548-2558

ภาค	เฉลี่ย 30 ปี	ปี 2548	ปี 2549	ปี 2550	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558
ภาคเหนือ	1,231.8 2	1,314.2 8	1,496.2 3	1,262.4 9	1,360.4 9	1,135.8 7	1,263.5 6	1,738.0 2	1,282.1 2	1,328.8 1	1,149.7 4	1,020.2 7
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1,384.0 5	1,212.2 8	1,432.1 1	1,452.4 7	1,517.5 5	1,364.2 3	1,299.7 5	1,661.5 8	1,261.8 3	1,456.9 6	1,343.9 1	1,159.1 4
ภาคกลาง	1,218.4 5	1,211.8 6	1,333.8 1	1,167.9 1	1,277.5 7	1,279.2 0	1,254.6 2	1,374.6 9	1,247.4 9	1,222.4 5	1,020.8 1	1,015.3 1
ภาคตะวันออก	1,847.8 4	1,657.0 3	1,993.1 1	1,668.1 9	1,937.3 6	1,783.1 0	1,738.1 5	2,037.1 0	1,920.5 3	2,236.3 9	1,617.2 8	1,606.9 0
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	2,534.9 3	1,937.2 1	2,393.0 4	2,465.3 3	2,215.5 6	2,320.2 4	2,309.4 8	2,889.3 2	2,903.6 9	2,769.3 8	2,536.1 3	1,644.1 4
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	1,972.3 4	1,677.8 2	1,833.7 6	1,953.6 8	1,931.6 2	1,812.0 7	1,987.6 9	2,529.6 6	2,082.9 0	2,107.3 3	1,882.1 9	2,303.7 5
ทั้งประเทศ	1,466.9 3	1,359.1 7	1,562.8 0	1,470.1 9	1,543.2 3	1,403.4 6	1,435.6 0	1,824.2 5	1,474.5 4	1,569.4 9	1,370.1 8	1,250.9 0

(ที่มา : <http://www.thaiwater.net/current/2016/drought59/body.html>)

สถิติปริมาณฝน ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร พ.ศ.2546 - 2558
STATISTICS OF RAINFALL AT METEOROLOGY STATION, BANGKOK: 2003 - 2015

รายการ	2546 (2003)	2547 (2004)	2548 (2005)	2549 (2006)	2550 (2007)	2551 (2008)	2552 (2009)	2553 (2010)	2554 (2011)	2555 (2012)	2556 (2013)	2557 (2014)	2558 (2015)	Item
สถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพมหานคร (ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์) Bangkok Meteorology Station (Queen Sirikit National Convention Center)														
ฝนรวม (มิลลิเมตร)	1,372.0	1,160.4	1,651.4	1,598.7	1,684.2	1,902.4	2,272.0	2,023.7	2,240.2	1,656.9	1,772.9	1,130.1	1,907.6	Total rain (millimeter)
จำนวนวันฝนตก (วัน)	108	102	124	125	139	156	139	142	161	133	148	128	113	Number of rainy days (day)
ฝนสูงสุด (มิลลิเมตร)	87.6	87.9	86.9	132.9	117.9	70.1	216.8	73.5	157.4	87.9	103.7	60.3	174.3	Daily maximum (millimeter)
สถานีอุตุนิยมวิทยาท่าเรือคลองเตย Port Khlong Toei Meteorology Station														
ฝนรวม (มิลลิเมตร)	1,596.6	1,192.7	1,623.8	1,582.0	1,419.0	1,795.4	2,002.4	1,865.0	2,191.7	1,241.1	1,257.8	894.3	1,728.3	Total rain (millimeter)
จำนวนวันฝนตก (วัน)	123	113	129	123	143	142	129	126	153	118	132	100	104	Number of rainy days (day)
ฝนสูงสุด (มิลลิเมตร)	88.2	73.8	90.1	95.2	125.1	80.2	140.3	80.7	152.2	60.3	77.4	50.5	165.5	Daily maximum (millimeter)
สถานีอุตุนิยมวิทยาสานานมบินดอนเมือง Don Muang Airport Meteorology Station														
ฝนรวม (มิลลิเมตร)	1,484.5	1,100.1	1,609.5	1,433.0	1,543.0	1,553.8	2,014.2	1,902.8	1,958.0	1,587.2	1,430.1	1,267.8	1,221.4	Total rain (millimeter)
จำนวนวันฝนตก (วัน)	106	95	124	120	128	130	138	129	124	125	135	126	124	Number of rainy days (day)
ฝนสูงสุด (มิลลิเมตร)	82.0	101.5	102.9	95.0	89.8	118.0	123.3	94.9	106.9	104.8	82.0	76.0	107.7	Daily maximum (millimeter)

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
Source: Meteorological Department, Ministry of Information and Communication Technology

รูปที่ 2.1 แสดงสถิติปริมาณน้ำฝน ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2546 - 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 พายุหมุนเขตร้อน

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างบริเวณแหล่งกำเนิดของพายุหมุนเขตร้อนทั้งสองด้าน ด้านตะวันออกคือ มหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลจีนใต้ ส่วนด้านตะวันตกคือ อ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน โดยพายุมีโอกาสเคลื่อนจากมหาสมุทรแปซิฟิก และทะเลจีนใต้เข้าสู่ประเทศไทยทางด้านตะวันออกมากกว่าทางตะวันตก ปกติประเทศไทยจะมีพายุเคลื่อนผ่านเข้ามาได้โดยเฉลี่ยประมาณ 3-4 ลูกต่อปี บริเวณที่พายุมีโอกาสเคลื่อนผ่านเข้ามามากที่สุด คือ ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะทางตอนบนของภาค ในระยะต้นปีระหว่างเดือนมกราคมถึงมีนาคมเป็นช่วงที่ประเทศไทยปลอดจากอิทธิพลของพายุ ต่อมาเดือนเมษายนเป็นเดือนแรกของปีที่พายุเริ่มเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยทางภาคใต้ แต่มีโอกาสน้อยและเคยเกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวในรอบ 55 ปี (พ.ศ. 2494 - 2548) พายุเริ่มมีโอกาสเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยมากขึ้นตั้งแต่เดือนพฤษภาคม โดยส่วนใหญ่ยังคงเป็นพายุที่เคลื่อนมาจากด้านตะวันตกเข้าสู่ประเทศไทยตอนบน และตั้งแต่เดือนมิถุนายนเป็นต้นไปพายุส่วนใหญ่จะเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยทางด้านตะวันออก โดยช่วงระหว่างเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคมพายุยังคงเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยตอนบน ซึ่งบริเวณตอนบนของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่ที่พายุมีโอกาสเคลื่อนผ่านเข้ามามากที่สุด และเดือนกันยายนถึงตุลาคมพายุมีโอกาสเคลื่อนเข้ามาได้ในทุกพื้นที่ โดยเริ่มเคลื่อนเข้าสู่ภาคใต้ตั้งแต่เดือนกันยายน ในสองเดือนนี้เป็นระยะที่พายุมีโอกาสเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยได้มากโดยเฉพาะเดือนตุลาคม มีสถิติเคลื่อนเข้ามาามากที่สุดในรอบปีสำหรับช่วงปลายปีตั้งแต่เดือนเดือนพฤศจิกายน พายุจะเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยตอนบนได้น้อยลงและมีโอกาสเคลื่อนเข้าสู่ภาคใต้มากขึ้น เมื่อถึงเดือนธันวาคม พายุมีแนวโน้มเคลื่อนเข้าสู่ภาคใต้เท่านั้น โดยไม่มีพายุเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยตอนบนอีก พายุหมุนเขตร้อนที่มีอิทธิพลต่อลมฟ้าอากาศของประเทศไทย ส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดในมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือด้านตะวันตก และทะเลจีนใต้ ซึ่งมีการแบ่งเกณฑ์ความรุนแรงของพายุตามข้อตกลงระหว่างประเทศ โดยใช้ความเร็วลมใกล้ศูนย์กลางพายุดังนี้

พายุดีเปรสชัน (Depression) มีความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางไม่ถึง 34 นอต (63 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

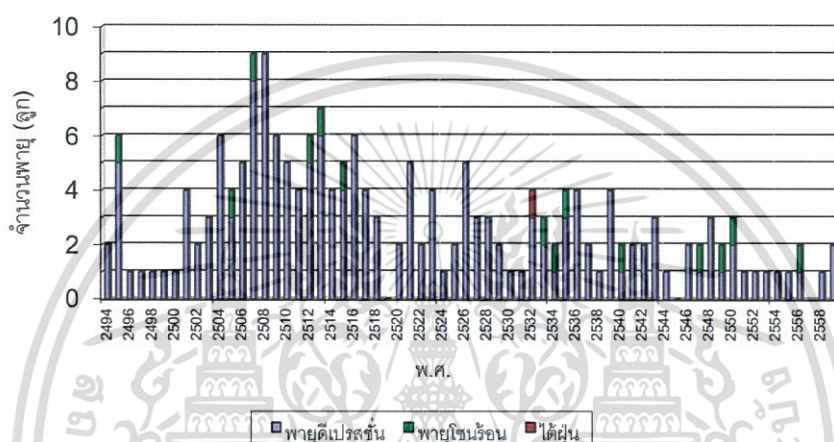
พายุโซนร้อน (Tropical storm) มีความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลาง 34 นอต (63 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 64 นอต (118 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

ไต้ฝุ่นหรือเฮอริเคน (Typhoon ,Hurricane) มีความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางตั้งแต่ 64 นอตขึ้นไป (118 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

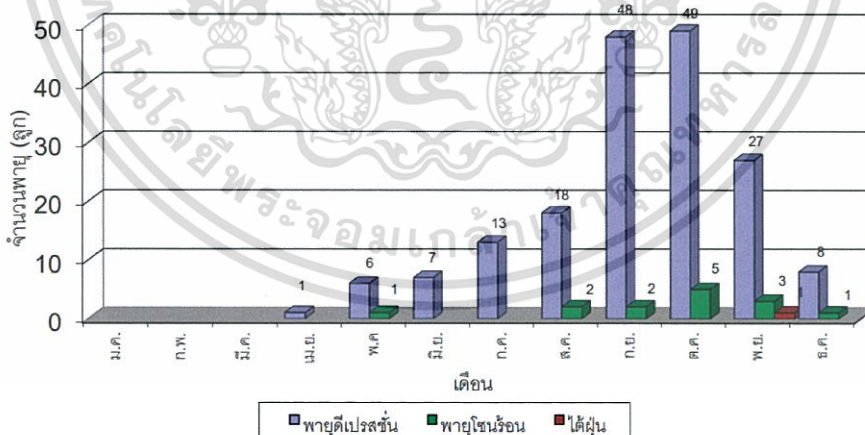
โดยพายุที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยตอนบนส่วนใหญ่เป็นพายุดีเปรสชัน เพราะพื้นดินและเทือกเขาของประเทศพม่า เวียดนาม ลาว และกัมพูชาที่ล้อมรอบประเทศไทยตอนบน เป็นปัจจัยที่ช่วยลดความรุนแรงของพายุก่อนที่จะเคลื่อนมาถึงประเทศไทย ดังนั้นความเสียหายที่เกิดจากลมแรงจึงน้อยกว่าภาคใต้ ซึ่งมีภูมิประเทศเป็นพื้นที่เปิดสู่ทะเล พายุที่เคลื่อนเข้าสู่อ่าวไทยและขึ้นฝั่งภาคใต้ขณะมีกำลังแรงขนาดพายุโซนร้อน หรือไต้ฝุ่นจะมีผลกระทบเป็นอย่างมากจากคลื่นพายุซัดฝั่ง ลมที่

พัดแรงจัด และฝนที่ตกหนักถึงหนักมากจนเกิดอุทกภัย รวมทั้งคลื่นลมแรงในอ่าวไทย ดังเช่นที่เคยเกิดขึ้น 3 ครั้งในอดีต ได้แก่ พายุโซนร้อนแฮเรียต ที่เคลื่อนเข้าสู่แหลมตะลุมพุก จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 25 - 26 ตุลาคม พ.ศ. 2505 พายุไต้ฝุ่นเกย์ ที่เคลื่อนเข้าสู่จังหวัดชุมพร เมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2532 และพายุไต้ฝุ่นลินดา ที่เคลื่อนเข้าสู่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ขณะมีกำลังแรงเป็นพายุโซนร้อนเมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2540

สถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ.2494-2559)



รูปที่ 2.2 สถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494 - 2559)



รูปที่ 2.3 สถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494 - 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 คุณภาพน้ำฝน

น้ำฝนเป็นน้ำที่เกิดจากการระเหยของน้ำจากทะเลจากมหาสมุทร และจากแหล่งน้ำอื่นๆ รวมตัวกันเป็นเมฆ และกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ระหว่างที่เม็ดฝนตกผ่านอากาศลงมาได้มีการสัมผัสกับ ออกซิเจนและธาตุต่างๆ ในอากาศ ทำให้ในน้ำฝนมีแร่ธาตุติดมาด้วยซึ่งคุณสมบัติของน้ำฝนแสดงดัง ตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับคุณภาพน้ำฝน

คุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่าโดยทั่วไป
ความขุ่น	ntu	< 0.5
สารที่ละลายได้ทั้งหมดหรือที่ดีเอส	มิลลิกรัม/ลิตร	25
แอมโมเนียไนโตรเจน	มิลลิกรัมไนโตรเจน/ลิตร	0.05
ความกระด้าง	มิลลิกรัม CaCO ₃ /ลิตร	25
ความเป็นกรดและด่าง	-	7.0
สภาพด่าง	มิลลิกรัม/ลิตร	20
แมกนีเซียม	มิลลิกรัม/ลิตร	2
แคลเซียม	มิลลิกรัม/ลิตร	6
โซเดียม	มิลลิกรัม/ลิตร	5
ฟอสฟอรัส	มิลลิกรัม/ลิตร	0
เหล็ก	มิลลิกรัม/ลิตร	0.05
คาร์บอนอินทรีย์หรือทีไอซี	มิลลิกรัม/ลิตร	0.2
ไบคาร์บอเนต	มิลลิกรัม/ลิตร	18
ซัลเฟต	มิลลิกรัม/ลิตร	4
ไนเตรต	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.1
คลอไรด์	มิลลิกรัมต่อลิตร	5
โคโลฟอร์ม	เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร	0
ไวรัส	pfu/100 มิลลิลิตร	0

(ที่มา : www2.diw.go.th/Research/เอกสารเผยแพร่/1-Introduction-w.pdf)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 คุณภาพน้ำฝนตัวอย่างจากสถานีอุตุอุทกวิทยาเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์

สมบัติทางเคมี	ค่าสูงสุด		เฉลี่ย		สรุป	เกณฑ์คุณภาพน้ำดื่ม	มาตรฐานสูงสุดที่ยอมรับได้
	ฝนหลวง	ฝนธรรมชาติ	ฝนหลวง	ฝนธรรมชาติ			
ความเป็นกรด - ด่าง	5.29-7.60	6.18-7.73	6.93	7.20	ไม่แตกต่าง	6.5 - 8.5	✓
ความเป็นกรด	0.30	0.30	0.15	0.16	ไม่แตกต่าง	-	-
ความเป็นด่าง	1.50	0.30	0.23	0.15	ไม่แตกต่าง	-	-
ซัลเฟต	23.00	8.00	7.32	2.76	แตกต่าง	400/250	✓
คลอไรด์	2.70	1.90	0.76	0.32	แตกต่าง	250	✓
ความกระด้าง	0.15	0.10	0.07	0.05	ไม่แตกต่าง	500	✓
แอมโมเนีย	1.390	0.744	0.261	0.333	ไม่แตกต่าง	-	-
ไนโตรท์	0.067	0.199	0.007	0.030	ไม่แตกต่าง	-	-
ไนเตรท	6.300	5.700	0.786	0.960	ไม่แตกต่าง	10	✓
แคลเซียม	3.1420	1.7380	0.803	0.574	ไม่แตกต่าง	-	-
โครเมียม	nd	nd	nd	nd	ไม่แตกต่าง	0.05	✓
ทองแดง	0.0500	0.0530	0.0106	0.0217	ไม่แตกต่าง	1.0	✓
เหล็ก	0.0990	0.0498	0.0197	0.0054	แตกต่าง	0.3	✓
ตะกั่ว	0.0552	0.0510	0.0174	0.0067	ไม่แตกต่าง	0.05/0.01	✓
แคดเมียม	0.0298	0.0292	0.0064	0.0193	แตกต่าง	0.005/0.003	✗
สังกะสี	0.1846	0.2280	0.0532	0.0582	ไม่แตกต่าง	5.0	✓
แมงกานีส	0.0590	0.0880	0.0252	0.0446	แตกต่าง	0.1	✓
แมกนีเซียม	0.1200	0.1900	0.0433	0.0400	ไม่แตกต่าง	-	-
ปรอท	0.0011	0.0007	0.0004	0.0003	ไม่แตกต่าง	0.001	✓

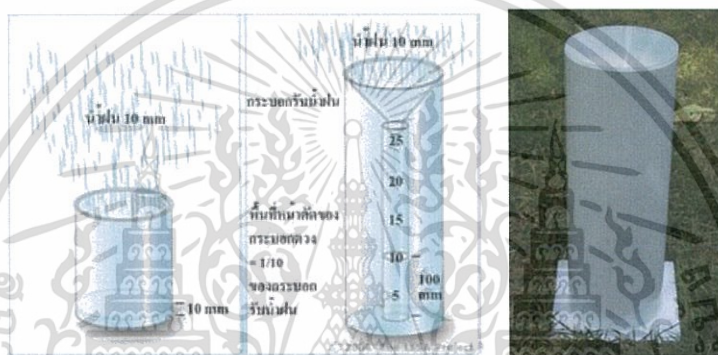
(ที่มา : https://km.opsmoac.go.th/download/file_upload/5106Quality.doc)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 การวัดปริมาณน้ำฝน

การวัดปริมาณน้ำฝนสามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์อย่างง่ายเป็นภาชนะทรงกระบอกรองรับน้ำฝน โดยมีภาชนะที่มีลักษณะเป็นกรวย โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของปากกรวยเท่ากับปากภาชนะที่รองรับน้ำ (ขนาดมาตรฐานจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว) การบอกรปริมาณน้ำฝนจะบอกเป็นมิลลิเมตรและสามารถลงข้อสรุปว่าฝนที่ตกในวันหนึ่งๆ นั้นมีค่ามากน้อยเพียงใด

ในการวัดปริมาณน้ำฝน เราใช้หน่วยวัดเป็นมิลลิเมตร เช่น ถ้าฝนตกลงมาทำให้ระดับน้ำฝนในภาชนะที่รองรับสูงขึ้น 10 มิลลิเมตร หมายความว่า ฝนตกวัดได้ 10 มิลลิเมตร ถ้าฝนตกลงมาทำให้ระดับน้ำฝนในภาชนะที่รองรับสูงขึ้น 25 มิลลิเมตร หมายความว่า ฝนตกวัดได้ 25 มิลลิเมตร โดยนำไปเทียบกับเกณฑ์การวัดปริมาณน้ำฝน



รูปที่ 2.4 อุปกรณ์วัดน้ำฝน (Rain gauge)

(ที่มา: <https://pattaratawai.wordpress.com>)

โดยที่เราเรียกเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณน้ำฝนว่า Rain Gauge มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกฐานกว้าง ที่ปากกระบอกมีกรวยรับน้ำฝน และนำเครื่องนี้ ไปวางกลางแจ้งเมื่อต้องการวัดปริมาณน้ำฝนของวันหนึ่งๆ อุปกรณ์วัดน้ำฝน (Rain gauge) ขนาดมาตรฐานนั้นจะเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร บนปากกระบอกมีกรวยรองรับน้ำฝน ให้ตกลงสู่กระบอกตรงที่อยู่ภายใน ซึ่งเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกตรงมีขนาดเล็กกว่ากระบอกนอก 10 เท่า (เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร) ทั้งนี้เพื่อขยายมาตราส่วนขยายขึ้น 10 เท่า ทำให้เกิดความสะดวกในการอ่านค่าปริมาณน้ำฝนได้ละเอียดยิ่งขึ้น

2.2 หลังคา

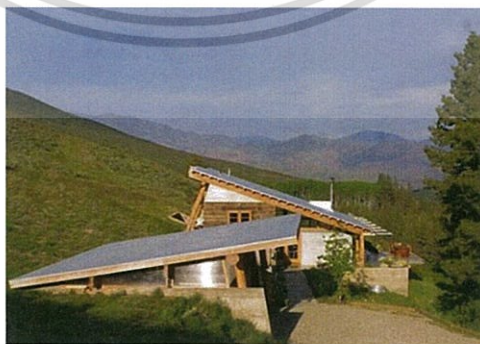
2.2.1 ประเภทของหลังคา

หลังคาแบนหรือหลังคา SLAB ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นที่นิยมตามบ้านแบบโมเดิร์น โดยสร้างขึ้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ใช้สอยบนหลังคา เช่น ใช้เป็นที่พักผ่อน ตกผ้า หรือจัดสวนบนหลังคา ฯลฯ หลังคาแบนซึ่งทำด้วยคอนกรีตจะสะสมความร้อนไว้มากกว่าหลังคาแบบอื่นๆ ทำให้เกิดการคายความร้อนออกมาในช่วงที่อากาศเย็นลง คือ เวลากลางคืน ทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกร้อนอบอ้าวเมื่อกลับมาบ้านในเวลาเย็น การที่หลังคาแบนมีความลาดเอียงน้อย น้ำฝนจึงมักขังอยู่บนหลังคาได้ง่าย ทำให้เกิดการรั่วซึมอยู่บ่อยๆ หลังคาทรงนี้จึงไม่เป็นที่นิยมสำหรับบ้านเรือนที่พักอาศัยในเขตร้อน มักใช้คลุมพื้นที่เล็กๆภายในบ้าน เช่น ส่วนทางเดินเชื่อมต่อระหว่างบ้านและเรือนบริการ



รูปที่ 2.5 หลังคาแบน

หลังคาชนิดเพิง คือ เป็นหลังคาที่ยกให้อีกด้านสูงกว่าอีกด้านหนึ่ง เพื่อให้สามารถระบายน้ำฝนได้ เหมาะสมสำหรับบ้านขนาดเล็ก เนื่องจากก่อสร้างง่าย รวดเร็ว ราคาประหยัด แต่ต้องระวังควรให้หลังคามีองศาความลาดเอียงมากพอ ที่จะระบายน้ำฝนออกได้ทันไม่ไหลย้อนซึมกลับเข้ามาได้



รูปที่ 2.6 หลังคาชนิดเพิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังคาทรงมนิลา หรือหลังคาหน้าจั่ว คือ หลังคาที่มีสันตรงกลางและลาดลงทั้ง 2 ข้าง เป็นหลังคาที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นแบบเมืองไทยเรา ความสะดวกในการก่อสร้างสามารถกันแดดกันฝนได้ดีและสามารถระบายความร้อนใต้หลังคาได้ดีอีกด้วย ซึ่งใต้หลังคาจะมีพื้นที่เยอะ อาจดูเหมือนเปลืองพื้นที่แต่สามารถใช้ประโยชน์เป็นเป็นห้องใต้หลังคาได้



รูปที่ 2.7 หลังคาทรงมนิลา

หลังคาทรงปั้นหยา เป็นหลังคาที่กันแดดกันฝนได้ทุกด้าน แต่ราคาค่อนข้างแพงเนื่องจากเปลืองวัสดุมากกว่าหลังคาชนิดอื่น ตลอดจนถึงต้องใช้ช่างที่มีฝีมือพอสมควรในการก่อสร้าง เพราะมีรายละเอียดเยอะกว่าหลังคาชนิดอื่น หลังคาทรงปั้นหยาพบเห็นได้ในอาคารจำพวกรีสอร์ท หรือ บังกะโล ไปจนถึงเรือนไทย ซึ่งคุณสมบัติเด่นของมันคือการที่กันลมได้ดีกว่าหลังคาอื่น



รูปที่ 2.8 หลังคาทรงปั้นหยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังคาปีกผีเสื้อ หลังคาชนิดนี้ประกอบด้วยหลังคาเพิงหมาแหงน 2 หลัง หันด้านที่ต่ำกว่ามาชนกันไม่ค่อยเหมาะกับสภาพภูมิอากาศที่ฝนตกชุกแบบเมืองไทยสักเท่าไร เนื่องจากต้องมีรางน้ำที่รองรับน้ำฝนจากหลังคาทั้ง 2 ด้าน รางน้ำมีโอกาสรั่วซึมได้สูง จึงไม่เป็นที่นิยมสร้างกันมากนัก ยกเว้นอาคารที่ต้องการลักษณะเฉพาะพิเศษที่แปลกตาออกไป



รูปที่ 2.9 หลังคาทรงปั้นหยา

2.2.2 โครงสร้างหลังคา

โครงสร้างหลังคาเปรียบเหมือนกระดูกสันหลังของหลังคา ทำหน้าที่คงรูปทรงของหลังคาบ้าน โดยมีโครงสร้างหลังคาอยู่ 2 แบบ คือ

1. โครงสร้างไม้ สามารถติดตั้งได้สะดวก ช่างธรรมดาสามารถติดตั้งได้ เหมาะสำหรับบ้านไม้ เพราะการยึดติดกับเสาและคานสามารถทำได้สะดวก แต่มีข้อเสียที่มีราคาค่อนข้างแพงและหาไม้ที่มีคุณภาพดีได้ยาก มีการบิดงอง่าย ไม่เที่ยงตรง และมีปัญหาเกี่ยวกับปลวก
2. โครงสร้างหลังคาเหล็ก มีความเที่ยงตรงในการทำงาน เหมาะสำหรับบ้านที่ก่อสร้างด้วยปูน มีราคาถูกกว่าไม้ ทั้งยังมีรูปแบบให้เลือกมากมาย แต่ต้องอาศัยช่างที่มีประสบการณ์ในการเชื่อมต่อโครงหลังคาเหล็กและถ้ามีการป้องกันผิวไม่ดี เวลาเกิดการรั่วซึมของหลังคาจะมีปัญหาเรื่องการเกิดสนิมได้

ปัจจุบันโครงหลังคามีวัสดุให้เลือกหลายชนิด โดยมีการผลิตวัสดุก่อสร้างชนิดใหม่ มาทดแทนเหล็กโครงสร้างแบบเดิม ซึ่งถือเป็นนวัตกรรมระบบโครงสร้างหลังคาเหล็กพร้อมประกอบ เรียกว่าผลิตภัณฑ์โครงหลังคาเหล็กสมาร์ททรัส (Smatruss) ซึ่งเป็นโครงหลังคากึ่งสำเร็จรูปผลิตจากเหล็กเคลือบซิงคาลูม ซึ่งเป็นเหล็กเคลือบโลหะผสมระหว่างอลูมิเนียมกับสังกะสี ทำให้มีน้ำหนักเบา และกันสนิมได้ดีกว่าเดิมถึง 4 เท่า นอกจากนั้นยังคิดระบบวิธีการติดตั้งที่รวดเร็ว ประหยัด ลดจำนวนของเสีย มีวิธีติดตั้งด้วยระบบสกรู ช่วยให้การก่อสร้างบ้านทำได้รวดเร็ว ปลอดภัยและสร้างความมั่นใจได้ จนเป็นที่นิยมกันอย่างรวดเร็ว มีโครงการต่างๆ เปลี่ยนมาใช้โครงหลังคาเหล็กสมาร์ททรัสกันหลายโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ชนิดของวัสดุหลังคา

วัสดุหลังคาชนิดแผ่นกระเบื้อง สามารถแบ่งออกได้เป็น

1. กระเบื้องดินเผา เป็นวัสดุธรรมชาติใช้เป็นวัสดุหลังคากันมาแต่โบราณปัจจุบันใช้มุงหลังคาที่ต้องการโชว์หลังคา เช่น บ้านทรงไทย โบสถ์ วิหาร กระเบื้องชนิดนี้ใช้มุงหลังคาที่มีความลาดเอียงมากๆ เพราะมีโอกาสจะรั่วได้



รูปที่ 2.10 กระเบื้องดินเผา

2. กระเบื้องคอนกรีตหรือกระเบื้องซีเมนต์ วัสดุหลังคาชนิดนี้มีความแข็งแรงและสวยงาม แต่มีราคาค่อนข้างแพงและมีน้ำหนักมาก ทำให้โครงหลังคาที่จะมุงด้วยกระเบื้องชนิดนี้ต้องแข็งแรงขึ้นเพื่อรับน้ำหนักวัสดุหลังคา กระเบื้องซีเมนต์มีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ กระเบื้องสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนขนาดเล็กที่ใช้มุงกับหลังคาที่มีความลาดเอียงตั้งแต่ 30-45 องศา ส่วนอีกชนิดนั้นเป็นกระเบื้องที่เรียกกันว่า กระเบื้องโมเนียร์ซึ่งสามารถมุงหลังคาในความชันตั้งแต่ 17 องศา

3. กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน หรือกระเบื้องเอสเบสทอสซีเมนต์ กระเบื้องชนิดนี้มีคุณสมบัติกันไฟและเป็นฉนวนป้องกันความร้อน มีราคาไม่แพงและมุงหลังคาที่มีความลาดชันตั้งแต่ 10 องศา มีทั้งขนาดที่ใช้กับบ้านพักอาศัยและอาคารขนาดใหญ่กว่า

4. กระเบื้องลอนคู่ ระบายน้ำได้ดีกว่ากระเบื้องลูกฟูกเนื่องจากมีลอนที่ลึกและกว้างกว่า จึงนิยมใช้มุงหลังคามากกว่า

5. กระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบ หรือเรียกว่าแผ่นชิงเกิ้ล มีความสวยงามเพราะผิวกระเบื้องมีความเนียนเรียบ



รูปที่ 2.11 กระเบื้องลอนคู่

วัสดุบุหลังคาโลหะ (Metal Sheet) หรือหลังคาเหล็กกรีด ทำจากแผ่นเหล็กอบสังกะสีตัดเป็นลอนเคลือบสี จะมีรอยต่อน้อย สามารถรีดเป็นแผ่นยาวตลอดได้ จึงลดปัญหาการรั่วซึม นิยมใช้ในการมุงหลังคาขนาดใหญ่เพิ่มสีสันให้กับอาคารสมัยใหม่ เพราะให้ความรู้สึกกว้างเรียบ และสามารถตัดทำหลังคาโค้งได้สะดวก แต่วัสดุชนิดนี้มีปัญหาเรื่องความร้อน เนื่องจากหลังคาโลหะกั้นความร้อนได้น้อยมาก และมีปัญหาเรื่องเสียงในเวลาฝนตก



รูปที่ 2.12 หลังคาเหล็กกรีด

นอกจากนี้ยังมีวัสดุอื่น เช่น พลาสติกหรือไฟเบอร์ที่เป็นแผ่นโปร่งใสทำเป็นรูปร่างเหมือนกระเบื้องชนิดต่างๆ เพื่อใช้มุงกับกระเบื้องเหล่านั้น ในบริเวณที่ต้องการแสงสว่าง และวัสดุประเภททองแดงหรือแผ่นตะกั่ว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา

ในเมืองร้อนแบบประเทศไทย ฉนวนกันความร้อนเป็นสิ่งหนึ่งที่คงจะขาดไม่ได้ นอกจากจะบรรเทาความร้อนที่จะส่งเข้าสู่บ้านแล้ว ยังช่วยประหยัดพลังงานอีกด้วย ฉนวนกันความร้อนที่มีในบ้านเรานั้นมีดังนี้

1. แผ่นเงาสสะท้อนความร้อน เป็นแผ่นบางๆ มันวาว เช่น พวกอลูมิเนียมฟลอยส์ ทำหน้าที่หลักคือ การสะท้อนรังสีความร้อนไม่ให้เข้ามาในบ้าน มักจะติดไว้ใต้หลังคากระเบื้อง โดยแผ่นฟรอยด์จะทำหน้าที่สะท้อนความร้อนที่แผ่ลงมาจากกระเบื้อง ไม่ให้ผ่านมายังตัวห้อง ซึ่งจะช่วยให้ห้องเย็นและสามารถประหยัดได้ด้วย

2. แผ่นยิปซัมบอร์ด เป็นแผ่นบางๆ ใช้กันผนังหรือทำฝ้าเพดาน บางแผ่นก็ติดแผ่นสะท้อนความร้อนเข้าไปด้วย แผ่นยิปซัมบอร์ดนี้จะป้องกันการนำความร้อนได้

3. โยแก้ว เป็นฉนวนกันความร้อนอีกตัวหนึ่ง มีลักษณะเป็นแผ่นฟูโปร่งด้วยเส้นใยสีเหลืองหรือสีขาวบางอย่างจะมีแผ่นเงาสท้อนรังสีความร้อนหุ้มอยู่ด้วย ความหนาโดยประมาณ ๒ - ๔ ฟุต น้ำหนักเบา ป้องกันความร้อนได้ดีมาก ติดตั้งง่ายโดยใช้ติดตั้งทั้งที่ฝ้า เพดาน และผนัง

4. สารจำพวกโพลียูรีเทนโฟม ที่ฉีดไปที่ผิววัสดุหลังคาเลย ซึ่งเป็นนวัตกรรมใหม่ที่นอกจากจะช่วยกันความร้อนแล้วยังช่วยกันเสียงและกันสนิมให้วัสดุที่เป็นเหล็กอีกด้วย



รูปที่ 2.13 การฉีดสารโพลียูรีเทนโฟมที่ผิววัสดุหลังคา

2.2.5 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

บ้านพักอาศัยทั่วไปสามารถเป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าได้ ด้วยการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาติดตั้งบนหลังคา หรือตำแหน่งที่สามารถรับแสงได้ทั้งวัน โดยภายในแผงเซลล์จะมีชุดแปลงกระแสไฟฟ้า (อินเวอร์เตอร์) หลักการทำงานของระบบคือ เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา เซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมดจะผลิตไฟฟ้ากระแสตรงผ่านระบบควบคุมเข้าอินเวอร์เตอร์ จากนั้นอินเวอร์เตอร์จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อจ่ายเข้าระบบไฟฟ้าปกติของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน และหากเป็นช่วงที่ความเข้มของแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอหรือมีการใช้อุปกรณ์ที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์แล้ว ระบบก็จะนำกำลังไฟจากไฟฟ้าแบบปกติของการไฟฟ้าฯ มาใช้เพื่อให้อุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถทำงานได้

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน เหมาะกับผู้ที่ต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าเสริมกับระบบไฟฟ้าปกติภายในบ้าน สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการผลิตไฟฟ้าด้วยรูปแบบอื่น นับเป็นการสร้างอนาคตที่ดีของการใช้พลังงานอย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ภายในบ้าน มีข้อควรพิจารณาคือ ลักษณะของหลังคาและพื้นที่ติดตั้งต้องมีความมั่นคงแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักของเซลล์และโครง รวมถึงส่วนประกอบอื่นๆได้ และตำแหน่งของการติดตั้งต้องเป็นพื้นที่ที่ได้รับแดดตลอดทั้งวัน และต้องสามารถเข้าถึงเพื่อตรวจเช็คและซ่อมบำรุงได้



รูปที่ 2.14 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

2.2.6 Solar Roof

Solar Roof คือกระเบื้องหลังคาแบบลอน ที่ซ่อนแผงโซลาร์เซลล์ไว้ด้านใน มีความสวยงามกว่าการนำแผงโซลาร์ไปติดตั้งบนหลังคาอย่างที่ทำกันในปัจจุบัน ด้วยการออกแบบพิเศษที่หากมองจากด้านล่างจะมองเห็นเหมือนกระเบื้องธรรมดา แต่หากมองจากมุมสูงจะเห็นแผงโซลาร์ชัดเจน โดยวัสดุของกระเบื้องทำขึ้นจากกระจกชนิดหนึ่ง ซึ่งมีความทนทานกว่ากระเบื้องยาง (Asphalt Roof) และมีน้ำหนักเบา ทำให้ประหยัดต้นทุนในการผลิตได้มากกว่ากระเบื้องหลังคาทั่วไป อาทิ กระเบื้องเซรามิก กระเบื้องดินเผา ฯลฯ เป็นต้น ทั้งยังรองรับสภาพอากาศได้ทุกรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นลม ฝน หิมะ และลูกเห็บ รวมถึงทนทานต่อแรงกระแทกที่ยากต่อการแตกหักด้วย

อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก Solar Roof ผลิตมาจากวัสดุกระจก ทำให้ลดทอนประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าลง เหลือเพียง 98% แต่เป็นความตั้งใจของผู้ออกแบบ ที่ต้องการให้เกิดความสวยงามและคงทน ซึ่งมีอายุการใช้งานไม่ต่ำกว่า 50 ปี

กระเบื้อง Solar Roof มีทั้งหมด 4 แบบด้วยกัน ได้แก่ แบบลอนมาตรฐาน (Tuscan) แบบผิวลาย (Textured) แบบหิน (Slate) และแบบผิวเรียบ (Smooth glass) มาพร้อมกับแบตเตอรี่ Powerwall 2.0 ไว้เก็บพลังงานสำรองที่ได้มาจากพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถเก็บไฟได้มากกว่า 14 kWh ซึ่งหากนำมาใช้งานร่วมกับ Solar Roof จะช่วยให้เจ้าของบ้านประหยัดค่าไฟได้มาก โดยนำพลังงานที่เก็บไว้มาใช้ในเวลากลางคืน แทนการใช้ไฟฟ้าปกติ



รูปที่ 2.15 Solar Roof ทั้ง 4 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กังหันน้ำ

กังหันน้ำ (Hydraulic turbines) คือ เครื่องมือสร้างการหมุนให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กังหันน้ำทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจากการไหลของน้ำไปเป็นการหมุนของเพลลา เป็นอุปกรณ์ที่มีใบพัดถูกติดตั้งที่เพลลาหมุนหรือแผ่นจานหมุน (โรเตอร์) มีช่องทางน้ำไหลผ่านใบกังหัน แรงของน้ำไปกระทบกับกังหัน ความเร็วรอบของการหมุนขึ้นอยู่กับความดันของน้ำที่ไหลมากระทบใบกังหัน ผลที่ได้จะเกิดแรงบิด (Torque) จนทำให้เพลลาเกิดการหมุน กังหันน้ำมีหลายรูปแบบ การนำแต่ละรูปแบบไปใช้งานจะขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งานอย่างเหมาะสม



รูปที่ 2.16 กังหันน้ำแบบต่างๆ

2.3.1 ประเภทของกังหันน้ำ : ตามเส้นทางการไหล

น้ำสามารถไหลผ่านกังหันน้ำในเส้นทางการไหลที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับเส้นการไหลของน้ำผ่านกังหันซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1. กังหันน้ำไหลตามแนวแกน (Axial flow hydraulic turbines) กังหันน้ำประเภทนี้ มีการไหลของน้ำขนานไปกับแกนเพลลาหมุนของกังหัน ได้แก่ กังหันน้ำคาปลา (Kaplan turbine) มีการไหลผ่านแกนเพลลาโดยตรง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรูปี 2.17 กังหันน้ำแบบคาปลา อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กังหันน้ำไหลตามแนวรัศมี (Radial flow hydraulic turbines) กังหันน้ำดังกล่าวมีการไหลของน้ำตั้งฉากในแนวระนาบกับเพลลาหมุน ได้แก่ กังหันน้ำเพลตัน (Pelton turbine)



รูปที่ 2.18 กังหันน้ำแบบเพลตัน

3. กังหันน้ำไหลแบบผสม (Mixed flow hydraulic turbines) เป็นกังหันน้ำที่มีการผสมผสานการทำงานกันของกังหันสองแบบข้างต้นทำให้มีประสิทธิภาพดีที่สุดในปัจจุบัน มีการใช้งานกังหันประเภทนี้มาก กังหันประเภทนี้ ได้แก่ กังหันฟรานซิส (Francis turbine) น้ำจะเข้าสู่กังหันโดยไหลตามแนวแกน และออกจากกังหันตามแนวรัศมี



รูปที่ 2.19 กังหันน้ำแบบฟรานซิส

2.3.2 ประเภทของกังหันน้ำ : ตามความดันที่เปลี่ยนแปลง

การแบ่งประเภทของกังหันน้ำอีกรูปแบบหนึ่งก็คือ แบ่งตามการเปลี่ยนแปลงตามความดันของของเหลว หรือความดันที่เกิดขึ้นขณะที่น้ำไหลผ่านตัวโรเตอร์กังหันน้ำ ความดันที่เปลี่ยนแปลงเอกสารนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คืออันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กังหันแบบแรงกระแทก (Impulse turbine) ความดันของน้ำจะไม่เปลี่ยนแปลงขณะที่ไหลผ่านโรเตอร์ของกังหัน ความดันที่เปลี่ยนแปลงในกังหันแบบกระแทกจะเกิดขึ้นที่หัวฉีดน้ำ (Water nozzle) เท่านั้น กังหันแบบนี้ ได้แก่ กังหันน้ำเทอร์โก (Turgo Type) กังหันน้ำแบงกี (Banki Type) และกังหันน้ำเพลตัน (Pelton Type)

2. กังหันแบบแรงสะท้อน (Reaction turbine) ความดันของของเหลวเปลี่ยนแปลงขณะที่มันไหลผ่านโรเตอร์ของกังหัน การเปลี่ยนแปลงของความดันจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ น้ำไหลไปกระทบกับใบกังหันเกิดแรงปฏิกิริยาผลักดันกันของน้ำและใบกังหัน นี่คือการเกิดแรงปฏิกิริยาตามชื่อ กังหันประเภทนี้ ได้แก่ กังหันน้ำฟรานซิส (Francis Turbine) กังหันน้ำเดเรียซ (Deriaz Turbine) และกังหันน้ำคาปลาน (Kaplan Turbine)

2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานกลมาเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กตามหลักการของ ไมเคิล ฟาราเดย์ คือ การเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำผ่านสนามแม่เหล็ก หรือการเคลื่อนที่แม่เหล็กผ่านขดลวดตัวนำ จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดตัวนำนั้น

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือชนิดกระแสตรงเรียกว่า ไดนาโม (Dynamo) และชนิดกระแสสลับเรียกว่า อัลเตอร์เนเตอร์ (Alternator) สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในงานในเชิงอุตสาหกรรมนั้น โดยมากจะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดกระแสสลับ ซึ่งมีทั้งแบบ 1 เฟส และแบบ 3 เฟส โดยเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ใช้ตามโรงไฟฟ้าจะเป็นเครื่องกำเนิดแบบ 3 เฟสทั้งหมด เนื่องจากสามารถผลิตและจ่ายกำลังไฟฟ้าได้เป็นสามเท่าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ 1 เฟส



รูปที่ 2.20 Dynamo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

หลักการทำงานเมื่อมีสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านขดลวด หรือขดลวดเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กก็จะได้ไฟฟ้าออกมา เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญสองส่วนคือ ส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็ก เรียกว่า ฟิลด์ (Field) และส่วนที่สร้างแรงดันไฟฟ้า เรียกว่า อาเมเจอร์ (Armature) ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ฟิลด์จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ อาเมเจอร์จะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ฟิลด์และอาเมเจอร์สามารถเป็นได้ทั้งส่วนที่อยู่กับที่และส่วนที่หมุน โดยในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก จะสามารถสร้างได้ทั้งแบบฟิลด์และอาเมเจอร์หมุน แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ จะสร้างได้แต่แบบอาเมเจอร์อยู่กับที่เท่านั้น เพราะจะมีปัญหาน้อยกว่า แรงดันที่เกิดขึ้นในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญสองตัวคือ ความเร็วรอบและเส้นแรงแม่เหล็ก เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเราสามารถเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขึ้นได้ โดยการปรับค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กและเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องกำเนิด แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับการเพิ่มแรงดันโดยการเพิ่มความเร็วไม่สามารถที่จะทำได้ เพราะจะทำให้ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ได้เปลี่ยนแปลงไป สามารถทำได้เพียงการปรับความเข้มของสนามแม่เหล็กเท่านั้น

โดยทั่วไปแล้วเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือส่วนที่เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งจะมีขดลวดตัวนำฝังอยู่ในร่องรอบแกนโรเตอร์ที่ทำจากแผ่นเหล็กซิลิคอน (Silicon Steel Sheet) ขนาดหนาประมาณ 0.35 - 0.5 มิลลิเมตร นำมาอัดแน่นโดยระหว่างแผ่นเหล็กซิลิคอนจะมีฉนวนเคลือบ ทั้งนี้เพื่อลดการสูญเสียที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลวน (Eddy Current) ภายในแกนเหล็กของโรเตอร์จะได้รับไฟฟ้ากระแสตรงจากเอ็กไซเตอร์ (Exciter) เพื่อทำหน้าที่ในการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น อีกส่วนหนึ่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคือส่วนที่อยู่กับที่เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) ภายในร่องแกนสเตเตอร์มีขดลวดซึ่งทำจากแผ่นเหล็กอัดแน่นเช่นเดียวกับโรเตอร์ฝังอยู่อาศัยหลักการของการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กผ่านลวดตัวนำ จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าที่สเตเตอร์ และนำแรงดันไฟฟ้านี้ไปใช้ต่อไป



รูปที่ 2.21 ขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานรูปที่ 2.21 ขดลวด ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการแบบง่ายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อสนามแม่เหล็กหมุนผ่านขดลวดบนสเตเตอร์ จะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสและแรงดันขึ้นที่ขดลวด สนามแม่เหล็กเกิดขึ้นได้จากการป้อนไฟกระแสตรงเข้าขดลวดของโรเตอร์ ไฟกระแสตรงจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่โรเตอร์ และเมื่อโรเตอร์ หมุนจะเหนี่ยวนำแรงดันและกระแสไฟสลับขึ้นที่ขดลวดสเตเตอร์

2.5 เครื่องกรองน้ำระบบ RO (Reverse Osmosis System)

2.5.1 หลักการเครื่องกรองน้ำระบบ RO (Reverse Osmosis System)

เครื่องกรองน้ำระบบ RO จะใช้หลักการ Osmosis ที่เป็นกระบวนการแพร่ของของเหลวผ่านเยื่อเลือกผ่าน (เยื่อเมมเบรน) จากบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นสูง เพื่อลดความต่างของความเข้มข้นลง จากหลักการนี้จึงได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ ในทางตรงกันข้ามคือการบังคับให้ของเหลวที่มีความเข้มข้นสูงแพร่ผ่านเยื่อเมมเบรนไปหาบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำหรือที่เรียกกันว่า Reverse osmosis ขึ้นมา โดยที่เยื่อเมมเบรนจะมีลักษณะเป็นรูพรุนที่มีความละเอียด 0.0001 ไมครอน คอยทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรก ธาตุต่างๆ รวมถึงเชื้อโรคที่มีขนาดใหญ่กว่าไม่ให้ออกไป แต่ด้วยขนาดของเยื่อกรองที่เล็ก และเป็นกรบังคับให้เกิดการย้อนกลับของกระบวนการธรรมชาติของสารจึงจำเป็นต้องใช้พลังงาน หรือก็คือแรงดันของน้ำเข้ามาช่วยภายในระบบ Reverse osmosis ด้วย เพราะเหตุนี้ในเครื่องกรองน้ำ Reverse osmosis จึงจำเป็นต้องมีปั๊มน้ำที่ทำหน้าที่เพิ่มแรงดันอยู่เสมอ

2.5.2 การทำงานของเครื่องกรองน้ำระบบ RO (Reverse Osmosis System)

น้ำจะไหลผ่านไส้กรอง 5 ไมครอน และเพิ่มความดันน้ำด้วยปั๊มแรงดันสูง (High Presser Pump) เพื่อให้ น้ำเข้าสู่ไส้เมมเบรน แล้วแยกออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 จะเป็นน้ำบริสุทธิ์ (Permeate) ผ่านโพรมิเตอร์ เพื่อวัดปริมาณน้ำที่ได้ แล้วเข้าถังเก็บน้ำบริสุทธิ์ เมื่อน้ำบริสุทธิ์เต็มถัง สวิตช์ลากลอยจะตัดวงจรไฟฟ้า ปั๊มจะหยุดทำงานทันที โดยโซลินอยด์วาล์วจะตัดน้ำอัดโนมิติไม่ให้น้ำไหลเข้าระบบ RO ทำให้ไม่มีน้ำทิ้งไหลออกจาก RO ในขณะที่เครื่องหยุดทำงาน เมื่อเปิดน้ำไปใช้อีกครั้ง น้ำในถังเก็บน้ำบริสุทธิ์จะลดลง สวิตช์ลากลอยไฟฟ้าจะต่อไฟฟ้าให้ปั๊มทำงานอีกครั้ง และหยุดเมื่อน้ำเต็มถัง และมีระบบตัดไฟฟ้าไม่ให้ปั๊มแรงดันสูงทำงานเมื่อไม่มีน้ำดิบ และเมื่อเกิดแรงดันน้ำสูงในไส้เมมเบรน (ไส้เมมเบรนอุดตัน) เพื่อป้องกันปั๊มพัง การออกแบบระบบควบคุมใช้ PLC เป็นชุดควบคุมหลัก

ส่วนที่ 2 จะเป็นน้ำที่มีสารเจือปนเข้มข้น แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

น้ำรีไซเคิล (Recirculated) ผ่านโพรมิเตอร์ เพื่อวัดปริมาณน้ำกลับมาเข้าปั๊มแรงดันสูง อีกครั้งเพื่อรักษาความเร็วของน้ำที่ผ่านขนานผิวหน้า ให้ได้ตามสเปคไส้กรองเมมเบรน เพื่อ

เอกสารนี้ไม่ได้ให้ไส้เมมเบรนเกิดการอุดตันการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำทิ้ง (Brine) ผ่านเข้าชุดควบคุมประมาณน้ำทิ้ง ผ่านโพรมิเตอร์ออก ทิ้งอยู่ที่ประมาณ 30% และผ่านโซลินอยด์วาล์วที่มีหน้าที่ช่วยล้างไส้เมมเบรน

การผลิตน้ำของเครื่อง RO ระบบจะแบ่งน้ำออกเป็น 2 ส่วน ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในขณะที่เครื่องทำงานส่วนของน้ำเข้มข้นจะมีการทิ้งออกตลอดเวลา จึงเปรียบเสมือนมีการล้างไส้เมมเบรนอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้ง่ายต่อการบำรุงรักษา



รูปที่ 2.22 เยื่อกรอง RO

(ที่มา : <https://thai.alibaba.com>)

2.6 ข้อมูลทั่วไปของไฮดรอลิคแรมปั๊ม

2.6.1 เครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊ม

เครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊ม (แรมปั๊ม) เป็นปั๊มน้ำที่สามารถทำงานได้เองโดยไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงต้นกำลัง เช่น ไฟฟ้า น้ำมัน หรือแรงงานคน เป็นต้น อาศัยเพียงการกระแทกของน้ำในท่อ ซึ่งถูกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลอย่างกะทันหัน ทำให้ความดันในตัวปั๊มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในเวลาสั้นๆ กล่าวคือ เมื่อน้ำไหลจากแหล่งน้ำที่สูงกว่าด้วยความเร็วที่เหมาะสมมากระทบที่วาล์วน้ำล้น (Waste Valve) ซึ่งเป็นวาล์วเปิดทางเดียวทำงานเปิดปิดเป็นจังหวะ (จะได้ยินเสียงโลหะกระทบกัน) กลายเป็นการเพิ่มความดันน้ำและผลักดันน้ำให้เข้าสู่กระเปาะอากาศผ่านวาล์วส่งน้ำ ซึ่งเป็นวาล์วเปิดทางเดียวเช่นกัน เมื่อน้ำไหลเข้าสู่กระเปาะ อากาศที่อยู่ในกระเปาะจะถูกอัดจนมีความดันเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากไม่มีทางออกทางด้านบนของกระเปาะอากาศจึงเกิดการอัดตัว และผลักดันให้น้ำไหลออกจากกระเปาะทางด้านล่างผ่านทางท่อส่งด้วยแรงดันที่เพิ่มขึ้นหลายเท่า ดังนั้นเครื่องแรมปั๊มจึงสามารถส่งน้ำ หรือยกระดับน้ำได้สูงขึ้นอย่างมาก

หลังจากเครื่องแรมปั๊มเริ่มต้นทำงาน มันก็จะทำงานได้ด้วยตัวเองไปเรื่อยๆ ภายใต้ระบบที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การตะบันน้ำ (water hammer) ซึ่งมีวงจรของการทำงานประมาณทุกๆ 2 วินาที ดังนั้นจึงมีผู้เรียกเครื่องแรมปั๊มว่าเป็น “ปั๊มที่สามารถทำงานได้ด้วยตัวเอง” (self-acting ram pump) ตราบเท่าที่ยังมีแหล่งน้ำสำหรับจ่ายให้กับปั๊มอย่างสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การตะบันน้ำ (Water Hammer)

คือ ปรากฏการณ์ที่ความดันภายในท่อมีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันและรุนแรง สาเหตุที่ทำให้เกิดการตะบันน้ำ คือ การเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลภายในท่อหรือระบบที่มีการไหล เช่น การปิดประตูอย่างรวดเร็ว ทำให้ความเร็วในการไหลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การทำเช่นนี้จะทำให้โมเมนตัมของการไหลถูกเปลี่ยนไปกลายเป็นแรงกระทบบนประตูหรือผนังท่อ ถ้าหากแรงกระทบที่เกิดขึ้นมากเกินไป วัสดุที่ใช้ทำประตูหรือท่อก็อาจทำให้เกิดการเสียหายได้ แต่ในที่นี่ได้นำหลักการดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยสร้างอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมแรงดัน เพื่อที่จะนำน้ำที่มีอยู่ตามแหล่งน้ำธรรมชาติมาใช้งาน

การทำงานของแรมปี้ม จะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง

ช่วงเร่งความเร็วน้ำเข้า โดยวาล์วน้ำทั้งจะเปิดอยู่ด้วยน้ำหนักที่กด ทำให้น้ำจากท่อน้ำเข้าไหล เข้าตัวเรือนปั้มและออกที่วาล์วน้ำทั้ง ความเร็วของน้ำก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วถึงจุดหนึ่ง กระแสน้ำจะสามารถพุ่งวาล์วน้ำทั้งเอาชนะน้ำหนักที่กดวาล์วได้ ทำให้อวาล์วน้ำทั้งปิดทันที

ช่วงส่งน้ำ เมื่อน้ำถูกทำให้หยุดกระทันหัน ทำให้เกิดความดันสูงในเรือนปั้ม ความดันนี้สามารถชนะความดันในห้องความดันได้ ทำให้น้ำสามารถไหลผ่านวาล์วความดันทางเดียว เข้าไปยังส่วนท่อส่งน้ำออกความดันในตัวเรือนปั้มจะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ จนไม่สามารถชนะความดันในห้องความดันได้ ทำให้อวาล์วความดันปิดอีกครั้ง

การไหลย้อน น้ำจะไหลย้อนกลับมาทางท่อน้ำเข้า ทำความดันในปั้มลดลงจนต่ำกว่าความดันบรรยากาศ อากาศบางส่วนไหลเข้ามาทางวาล์วเติมอากาศเพื่อรอการบรรจุไปในห้องความดันในรอบการทำงานหน้า (การเติมอากาศเล็กน้อยเข้าไปในห้องความดัน ทำให้เราแน่ใจว่าอากาศจะไม่หมดไปกับน้ำที่อาจพาไปกับท่อส่งน้ำ) ความดันที่ลดลงทำให้อวาล์วน้ำทั้งเปิดอีกครั้ง (ด้วยน้ำหนักที่กด) เป็นอันครบรอบการทำงาน

ประโยชน์ของแรมปี้ม

1. แรมปี้มเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ใช้ไฟฟ้า
2. แรมปี้มสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง
3. แรมปี้มสามารถนำน้ำจากที่ต่ำไปยังที่สูงได้
4. แรมปี้มเป็นเทคโนโลยีที่มีราคาถูก
5. แรมปี้มสามารถสร้างขึ้นเองได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

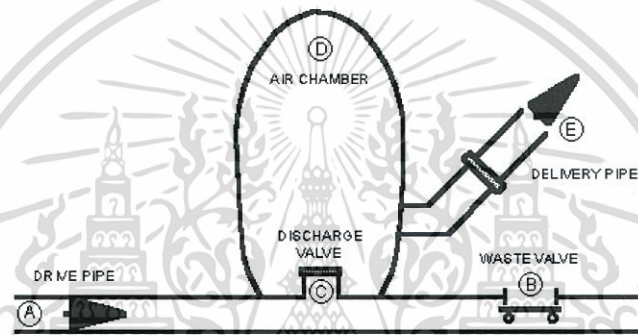
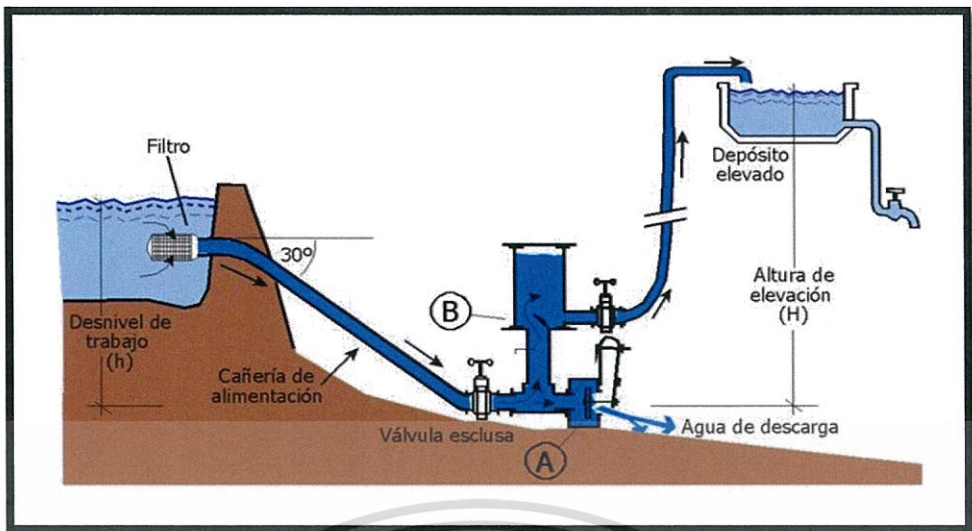


Figure 1. Hydraulic ram pump components.

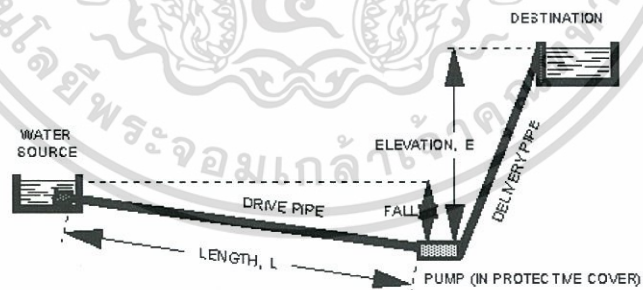


Figure 2. Hydraulic ram pump system layout

รูปที่ 2.23 ระบบการทำงานของแรมปั๊ม
(ที่มา: <https://pantip.com/topic/30826728>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = 1440 \times \left[\frac{E \times S}{L/F} \right]$$

โดยที่

Q คือ อัตราการสูบน้ำใน หน่วยเป็นแกลลอนต่อวัน

E คือ ประสิทธิภาพของการติดตั้งเครื่องแรมปั้ม โดยปกติจะเท่ากับ 0.6

S คือ อัตราการไหลของแหล่งจ่ายผ่านท่อไทรพ์ หน่วยเป็นแกลลอนต่อนาที

L คือ ระดับความสูงตามแนวตั้งจากปั้มไปยังจุดหมายปลายทาง หน่วยเป็นฟุต

F คือ ระดับแนวตั้งจากแหล่งกำเนิดผ่านท่อไทรพ์ หน่วยเป็นฟุต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานของน้ำดื่ม

เกณฑ์เสนอแนะคุณภาพน้ำบริโภคขององค์การอนามัยโลก ปี พ.ศ. 2547 และ ปี พ.ศ. 2550			
ข้อมูล	หน่วยวัด	ค่าที่กำหนด	
		ปี 2547	ปี 2550
ความเป็นกรด - ด่าง	-	6.5 - 8	6.5 - 9
สี	True color Unit	15	16
ความขุ่น	เอ็นทียู	5	5
สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย	มิลลิกรัม / ลิตร	1,000	1,000
ความกระด้าง	มิลลิกรัม / ลิตร	500	500
เหล็ก	มิลลิกรัม / ลิตร	0.3	0.3
แมงกานีส	มิลลิกรัม / ลิตร	0.1	0.1
ทองแดง	มิลลิกรัม / ลิตร	1	1
สังกะสี	มิลลิกรัม / ลิตร	4	4
ตะกั่ว	มิลลิกรัม / ลิตร	0.01	0.01
โครเมียม	มิลลิกรัม / ลิตร	0.05	0.05
แคดเมียม	มิลลิกรัม / ลิตร	0.003	0.003
สารหนู	มิลลิกรัม / ลิตร	0.01	0.01
ปรอท	มิลลิกรัม / ลิตร	0.001	0.001
ซัลเฟต (Na_2SO_4)	มิลลิกรัม / ลิตร	250	250
ซัลเฟต (CaSO_4)	มิลลิกรัม / ลิตร	1,000	1,000
คลอไรด์	มิลลิกรัม / ลิตร	250	250
ไนเตรท (NO_3^- as NO_3^-)	มิลลิกรัม / ลิตร	50	50
ฟลูออไรด์	มิลลิกรัม / ลิตร	1.5	1.5
คลอรีนอิสระคงเหลือ	มิลลิกรัม / ลิตร	0.6 - 1.0	0.6 - 1.1
แบคทีเรียประเภทโคลิฟอร์ม	เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิลิตร	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานของน้ำดื่ม (ต่อ)

เกณฑ์เสนอแนะคุณภาพน้ำบริโภคขององค์การอนามัยโลก ปี พ.ศ. 2547 และ ปี พ.ศ. 2550			
ข้อมูล	หน่วยวัด	ค่าที่กำหนด	
		ปี 2547	ปี 2550
อี.โคไลหรือเทอร์โมโธเลอแรนท์โคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิลิตร	ตรวจไม่ พบ	ตรวจไม่ พบ
แบเรียม	มิลลิกรัม / ลิตร	0.7	1.7
ฟีนอล	มิลลิกรัม / ลิตร	-	-
ซัลเฟต	มิลลิกรัม / ลิตร	0.01	0.01
เงิน	มิลลิกรัม / ลิตร	0.005	0.005
อลูมิเนียม	มิลลิกรัม / ลิตร	0.2	0.2
เอ บี เอส (Alkylbenzene Sulfonate)	มิลลิกรัม / ลิตร	-	-
ไซยาไนด์	มิลลิกรัม / ลิตร	0.07	0.07
นิเกิล	มิลลิกรัม / ลิตร	0.02	0.02

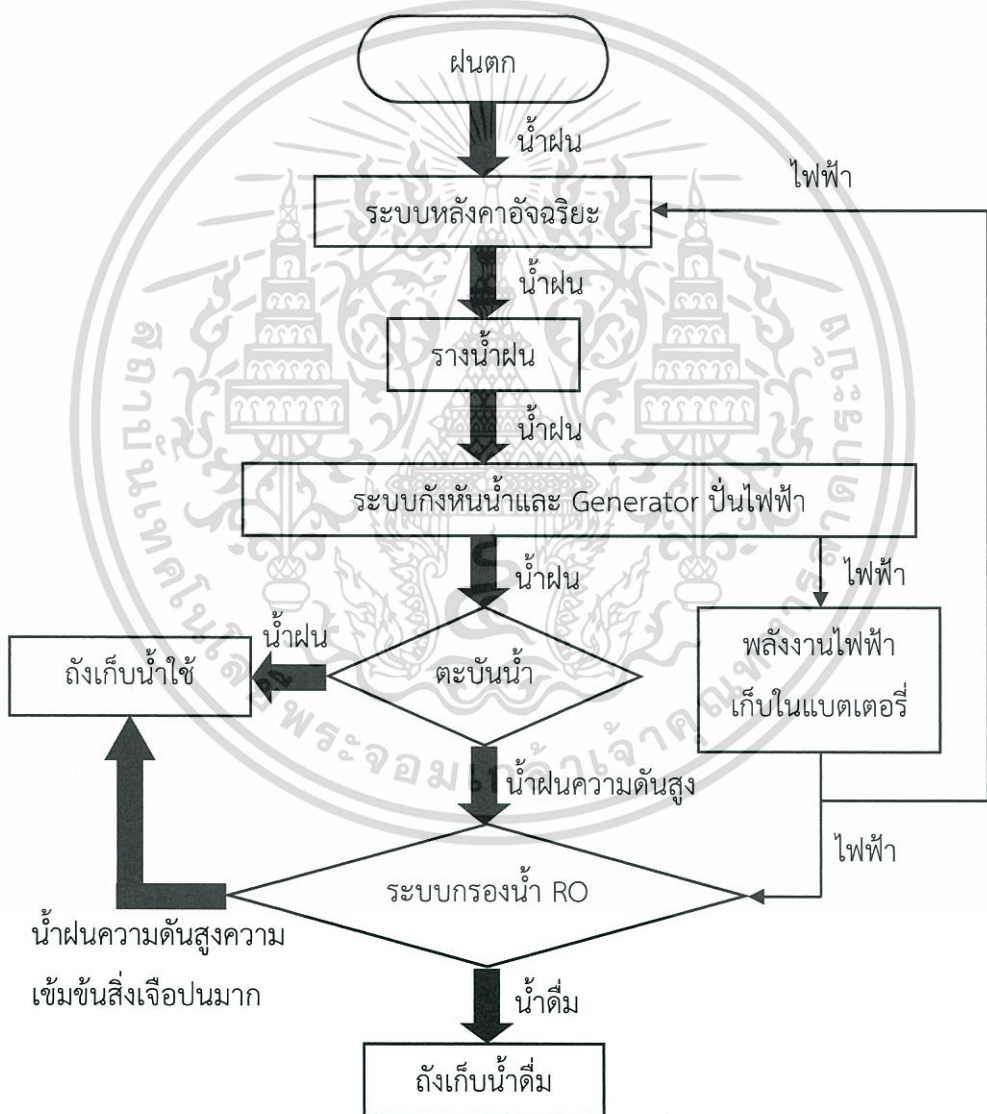
(ที่มา : <http://foodsafety.anamai.moph.go.th/main.php?filename=water>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการจะพัฒนาระบบที่สมบูรณ์ได้นั้นจำเป็นต้องออกแบบ สร้าง และทดสอบการทำงานของ แต่ละองค์ประกอบต่างๆ ดังแผนผังรูปที่ 3.1 ในโครงการพิเศษนี้จะได้ทำเฉพาะในส่วนของระบบ หลังคาอัจฉริยะ ระบบ generator พลังงานไฟฟ้า และระบบไฮดรอลิคแรมป์เพิ่มความดันน้ำ (ตะบันน้ำ) เพื่อใช้ขับเคลื่อนระบบการกรองรีเวอร์สออสโมซิสสำหรับน้ำบริโภค



รูปที่ 3.1 แผนผังของระบบโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การออกแบบระบบหลังคาอัจฉริยะ

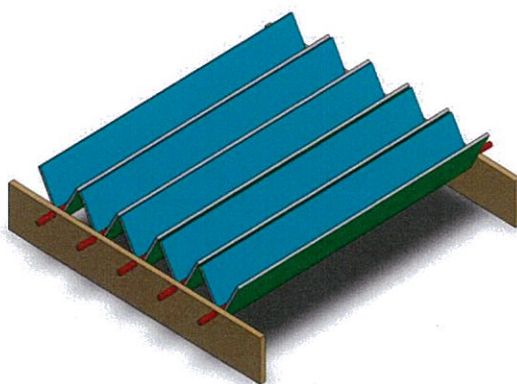
ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบระบบหลังคาอัจฉริยะ เนื่องจากบริเวณหลังคาส่วนใหญ่ไม่ได้ทำความสะอาด จึงมีผลทำให้หลังคาเกิดการทับถมของสิ่งสกปรกต่างๆ เช่น เศษใบไม้ เศษกิ่งไม้ ฝุ่นจากสิ่งแวดล้อม หรือแม้แต่สิ่งปฏิกูลของสัตว์ ทำให้น้ำฝนที่ตกใส่หลังคามีสสิ่งปนเปื้อนติดมาด้วย จึงคิดว่าน้ำฝนสกปรกและไม่อยากใช้น้ำฝน ผู้จัดทำจึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบหลังคาที่สามารถทำความสะอาดตัวเองและนำด้านที่สะอาดมารองรับน้ำฝนได้เพื่อที่ได้รับน้ำฝนที่สะอาดที่สุดขึ้นมา

3.1.1 ขั้นตอนในการออกแบบแบบจำลองระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1

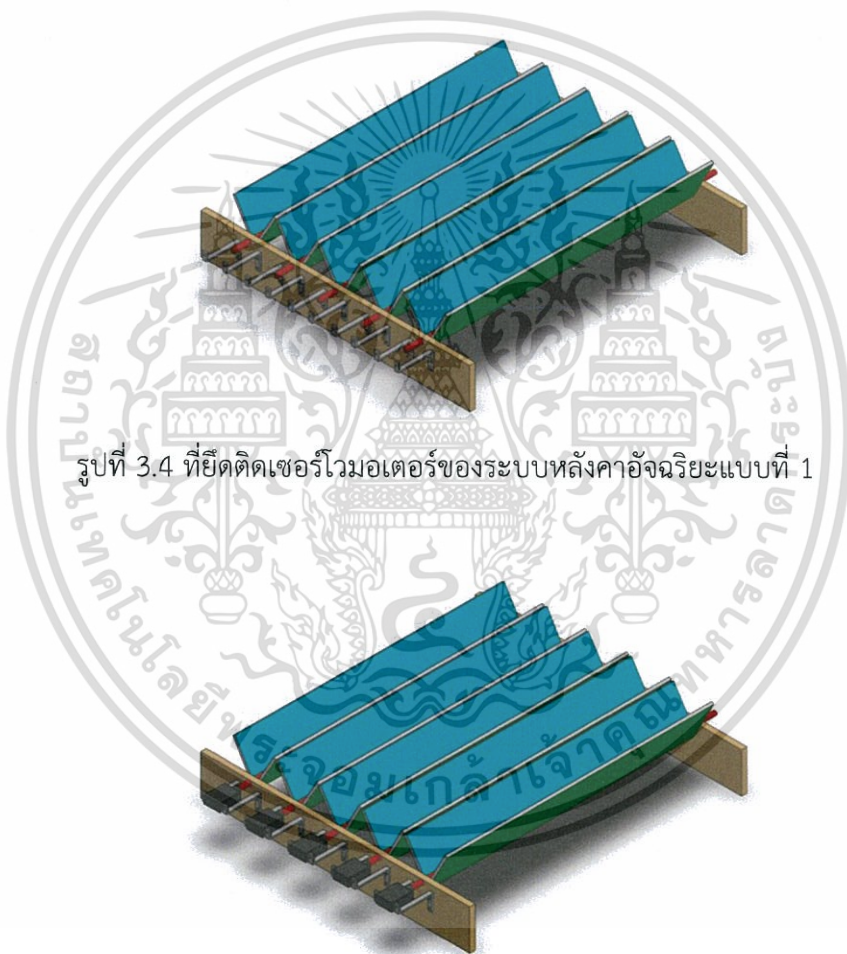
ผู้จัดทำได้ออกแบบแผ่นหลังคาให้มีรูปทรงเป็นรูปตัววี (V) ที่วางตัวในแนวระนาบกับพื้น และสามารถหมุนขึ้นมาเป็นมุม 135 องศา ดังรูปที่ 3.2 เพื่อให้พลิกกลายเป็นรูปทรงที่สามารถรองรับน้ำฝนได้ดี จากนั้นได้ออกแบบให้แผ่นหลังคาสามารถไล่พลิกที่ละแผ่นจากซ้ายไปขวาเพื่อที่บังคับให้สิ่งสกปรกที่อยู่บนหลังคาถูกเททิ้งออกไปจากซ้ายไปขวา แล้วออกแบบโครงสร้างของระบบหลังคาอัจฉริยะที่สามารถรองรับแผ่นหลังคาและวิธียึดแกนหลังคาดังรูปที่ 3.3 จากนั้นได้ออกแบบโครงสร้างสำหรับยึดเซอร์โวมอเตอร์กับโครงสร้างของหลังคาดังรูปที่ 3.4 ซึ่งจะนำเซอร์โวมอเตอร์มาทำการยึดกับแกนหมุนของแผ่นหลังคาและโครงยึดเซอร์โวมอเตอร์ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งจะเป็นตัวขับเคลื่อนหลังคาให้ทำการหมุนซึ่งควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่



รูปที่ 3.2 แผ่นหลังคาของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1



รูปที่ 3.3 โครงสร้างหลังคาของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1

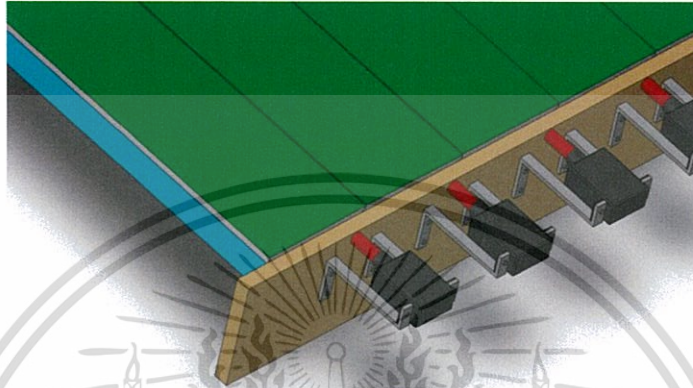


รูปที่ 3.4 ที่ยึดติดเซอร์โวมอเตอร์ของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1

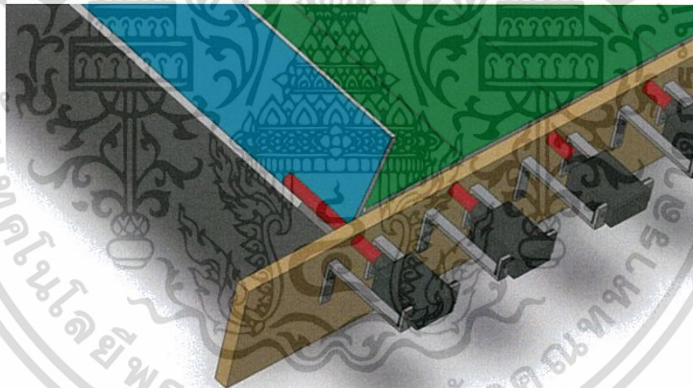
รูปที่ 3.5 การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ที่แกนหมุนแผ่นหลังคาของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

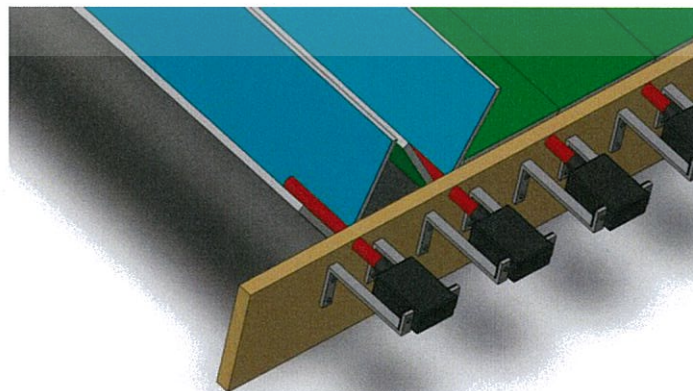
ขั้นตอนการออกแบบกลไกในการหมุนแผ่นเกล็ดหลังคาของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1 คือขั้นแรกอยู่ในสภาพปกติแผ่นเกล็ดหลังคาอัจฉริยะวางตัวในแนวขนานกับโครงสร้างของหลังคาดังรูปที่ 3.6 เมื่อฝนตกลงมาแผ่นเกล็ดหลังคาอัจฉริยะจะเริ่มทำการพลิกตัว โดยเริ่มจากแผ่นเกล็ดที่อยู่ด้านซ้ายสุดดังรูปที่ 3.7 ก่อนเมื่อแผ่นเกล็ดที่ 1 พลิกเสร็จแล้ว แผ่นเกล็ดที่ 2 จึงพลิกต่อดังรูปที่ 3.8 และต่อไปยังแผ่นเกล็ดที่ 3 ดังรูปที่ 3.9 และต่อไปยังแผ่นเกล็ดที่ 4 ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.6 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1 ขณะอยู่ในสภาพปกติ

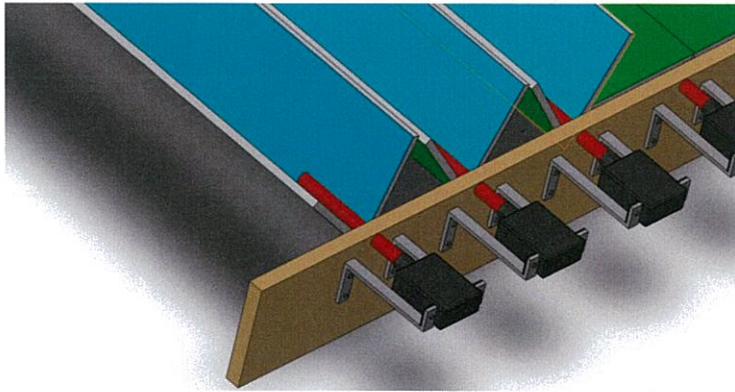


รูปที่ 3.7 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 1 พลิก

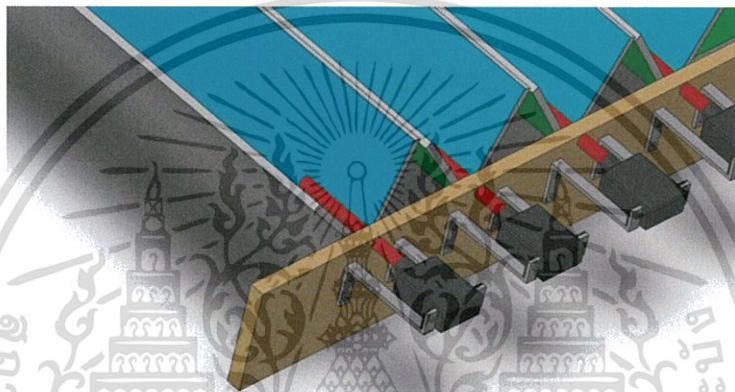


รูปที่ 3.8 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 2 พลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



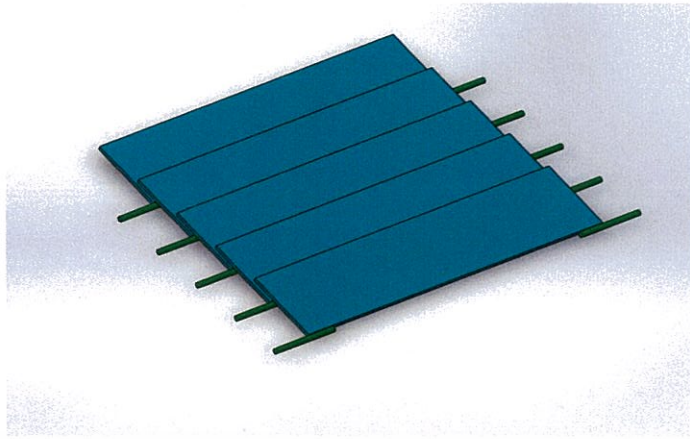
รูปที่ 3.9 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 3 พลิก



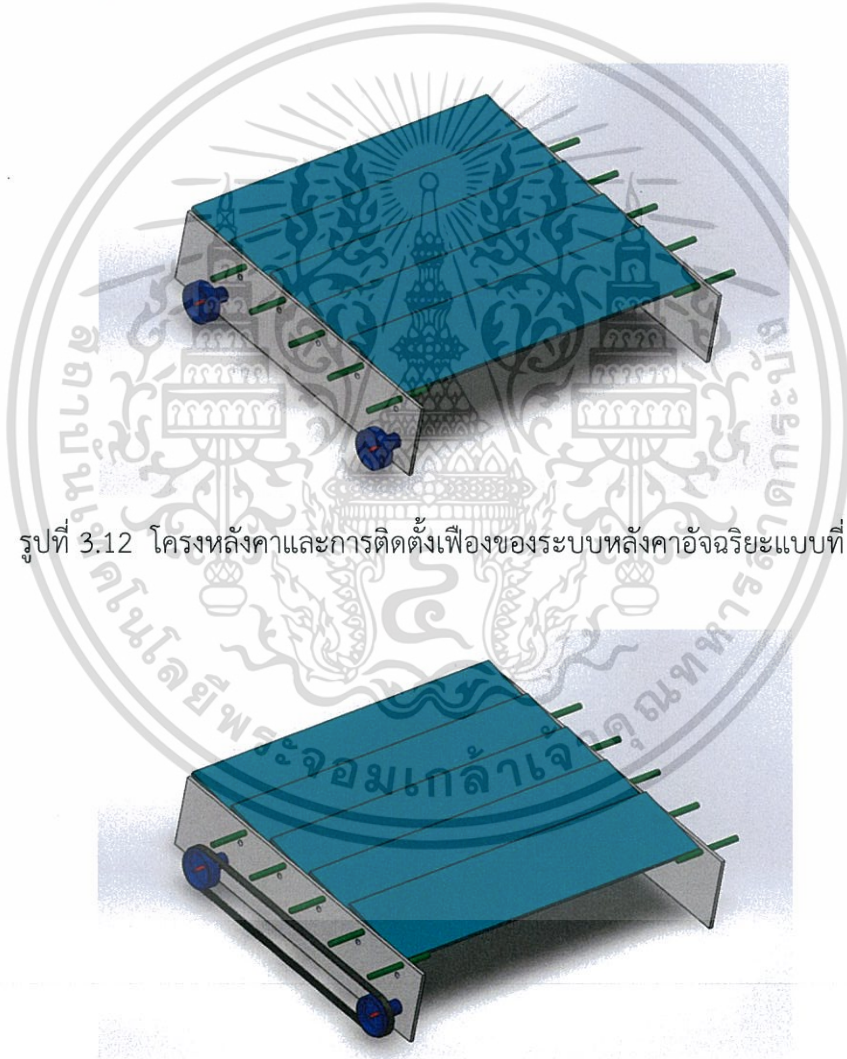
รูปที่ 3.10 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 4 พลิก

3.1.2 ขั้นตอนในการออกแบบแบบจำลองระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2

ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบให้ส่วนของแผ่นเกล็ดหลังคามีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่วางซ้อนเหลื่อมกันดังรูปที่ 3.11 ที่สามารถทำการพลิก 180 องศา โดยเริ่มจากแผ่นเกล็ดที่หนึ่งที่อยู่ล่างสุดแล้วให้แผ่นเกล็ดที่หนึ่งเริ่มพลิกมาดันแผ่นเกล็ดที่สองให้พลิกตามแผ่นเกล็ดที่หนึ่ง และทำเช่นนี้กับแผ่นเกล็ดต่อไปจนแผ่นเกล็ดหลังคาทั้งหมดพลิกกลับด้านนำด้านที่สะอาดมารองรับน้ำฝน จากนั้นทำการออกแบบโครงสร้างและวิธียึดแผ่นเกล็ดหลังคาเข้ากับโครงของหลังคาและเฟืองดังรูปที่ 3.12 ซึ่งจะทำให้การติดตั้งสายพานดังรูปที่ 3.13 จากนั้นจะออกแบบกลไกในการหมุนแกนของแผ่นเกล็ดหลังคา โดยได้ใช้แกนหมุนเพิ่มอีกหนึ่งแกนเพื่อเปลี่ยนทิศการหมุนของแกนแผ่นเกล็ดหลังคาที่จำเป็นต้องเริ่มพลิกจากแผ่นเกล็ดล่างสุดก่อนดังรูปที่ 3.14 และเริ่มพลิกจากแผ่นเกล็ดซ้ายไปขวาเพื่อกวาดสิ่งสกปรกออกจากหลังคา จากนั้นทำการออกแบบตัวขับเคลื่อนแกนหมุน ซึ่งได้ใช้สายพานในการพาให้แกนหมุน หมุนเริ่มจากแผ่นเกล็ดซ้ายสุดไปแผ่นเกล็ดขวาสุด



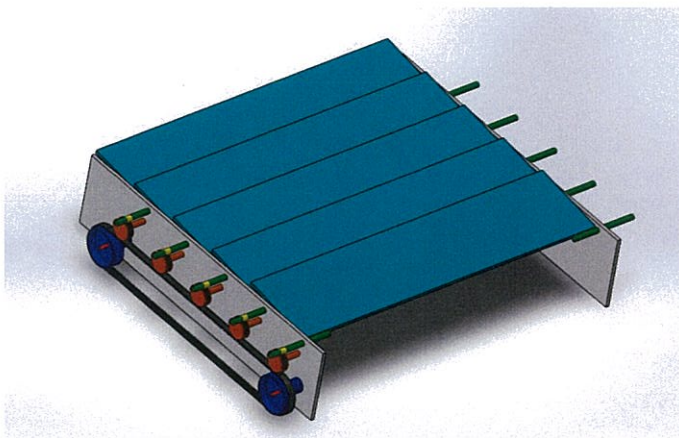
รูปที่ 3.11 แผ่นเคล็ดหลังคาของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2



รูปที่ 3.12 โครงหลังคาและการติดตั้งเฟืองของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2

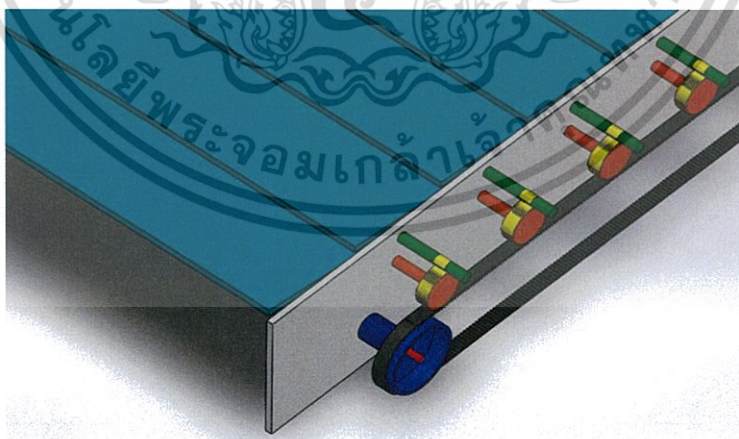
รูปที่ 3.13 การติดตั้งสายพานที่เฟืองของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



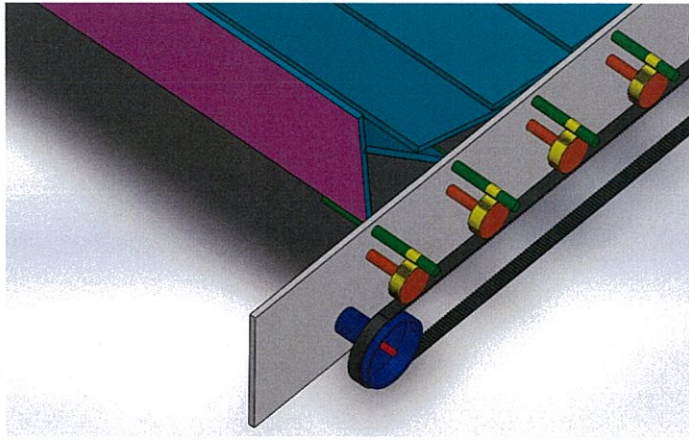
รูปที่ 3.14 การติดตั้งกลไกพลิกหลังคาของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2

ขั้นตอนการออกแบบกลไกในการหมุนของแผ่นเกล็ดหลังคาของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 คือ จากที่ระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 ที่อยู่ในสภาพปกติดังรูปที่ 3.15 เมื่อฝนตกหลังคาจะเริ่มทำการพลิกโดยเริ่มจากแผ่นเกล็ดที่ 1 ดังรูปที่ 3.16 เมื่อแผ่นเกล็ดที่ 1 ทำการพลิกส่งผลให้แผ่นเกล็ดหลังคาแผ่นเกล็ดที่ 2 ที่วางซ้อนอยู่บนแผ่นเกล็ดที่ 1 ถูกยกตามด้วยดังรูปที่ 3.17 เมื่อแผ่นเกล็ดที่ 2 เริ่มพลิกก็จะยกแผ่นเกล็ดที่ 3 เหมือนกับที่แผ่นเกล็ดที่ 1 ยกแผ่นเกล็ดที่ 2 และขณะเดียวกันเองแผ่นเกล็ดที่ 1 ก็จะทำให้การพลิกเลยจุดหมุนลงมายังแผ่นเกล็ดที่ 2 ซึ่งน้ำหนักของแผ่นเกล็ดหลังคาของแผ่นเกล็ดที่ 1 ที่ถูกทิ้งลงบนแผ่นเกล็ดที่ 2 จะช่วยดันให้แผ่นเกล็ดที่ 2 พลิกตัวจนเลยจุดหมุนและทำให้แผ่นเกล็ดที่ 1 สามารถพลิกลงมาแทนที่แผ่นเกล็ดที่ 2 ได้ดังรูปที่ 3.18 จากนั้นทำการพลิกไปเรื่อยๆ จนสุดหลังคาดังแสดงในรูปที่ 3.19

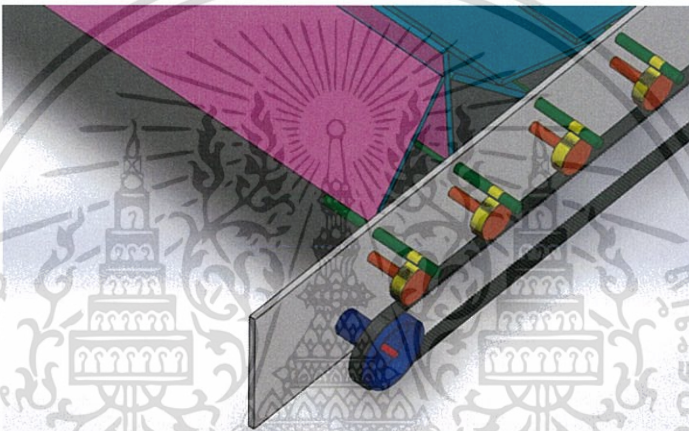


รูปที่ 3.15 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 ขณะอยู่ในสภาพปกติ

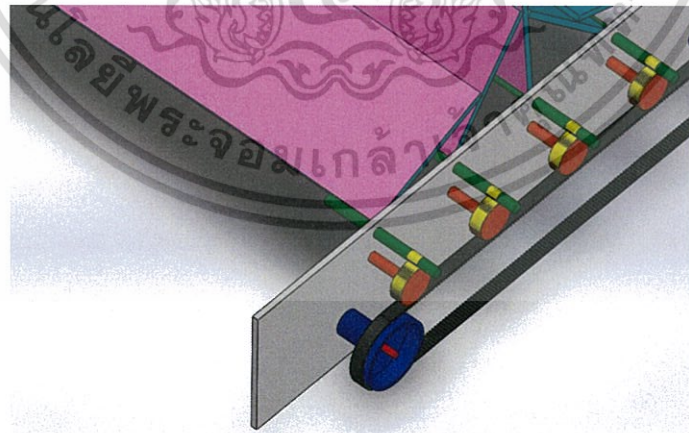
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 1 เริ่มพลิก

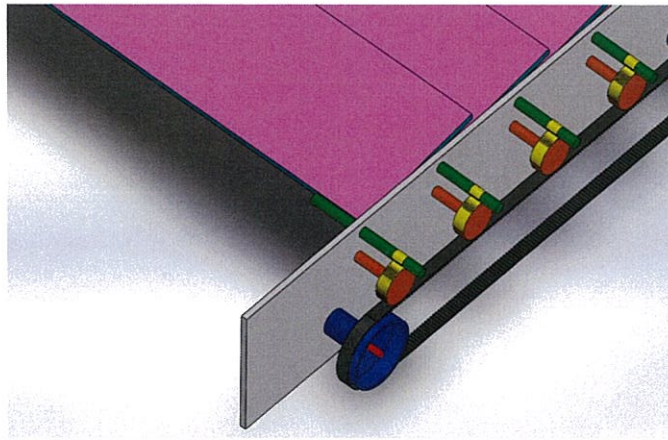


รูปที่ 3.17 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 2 เริ่มพลิก



รูปที่ 3.18 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 3 เริ่มพลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

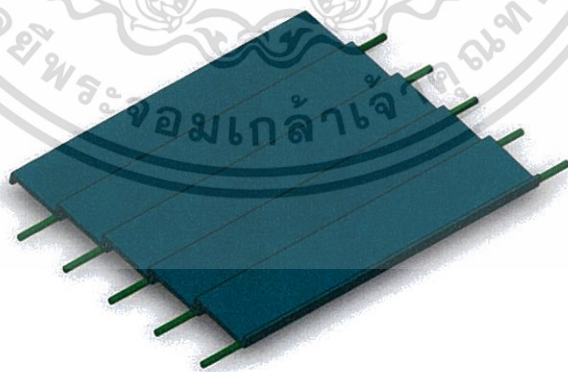


รูปที่ 3.19 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 ที่พลิกครบทุกแผ่น

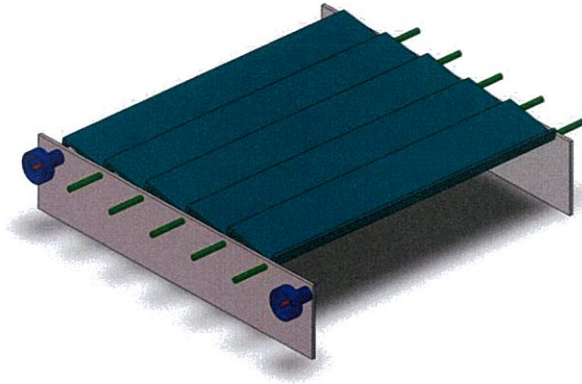
3.1.3 ขั้นตอนในการออกแบบแบบจำลองระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3

ผู้จัดทำได้ออกแบบแผ่นเกล็ดของหลังคาให้ขอบแต่ละด้านงอตั้งฉากกับแผ่นหลังคาในทิศตรงข้ามกันดังแสดงในรูปที่ 3.20 เพื่อนำขอบของแต่ละแผ่นเกล็ดมาเกี่ยวกันบนโครงของหลังคา ซึ่งจะช่วยลดช่องว่างและการรั่วของน้ำฝนและจะติดตั้งเฟืองดังรูปที่ 3.21 จากนั้นจะทำการออกแบบการติดตั้งสายพานกับเฟืองสำหรับขับเคลื่อนกลไกในการพลิกแผ่นเกล็ดหลังคาดังรูปที่ 3.22 โดยใช้เฟืองกลมยึดติดกับแกนหลังคาและใช้เฟืองสะพาน 2 ตัว ติดที่ด้านใต้ของสายพานดังรูปที่ 3.23

ในการขับเคลื่อนให้เฟืองกลมหมุนแผ่นเกล็ดหลังคาให้พลิกที่ละ 90 องศา เพื่อป้องกันการชนกันของแผ่นหลังคา และพลิกจากแผ่นเกล็ดซ้ายไปขวาเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกออกไป จนหลังคาทั้งหมดพลิกกลับด้าน นำด้านที่สะอาดมารับน้ำฝนดังแสดงในรูปที่ 3.24



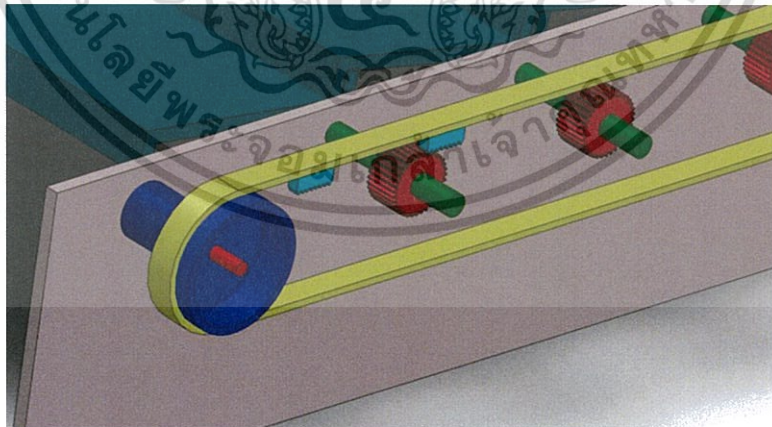
รูปที่ 3.20 หลังคาของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3



รูปที่ 3.21 โครงสร้างหลังคาและการติดตั้งเฟืองของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3

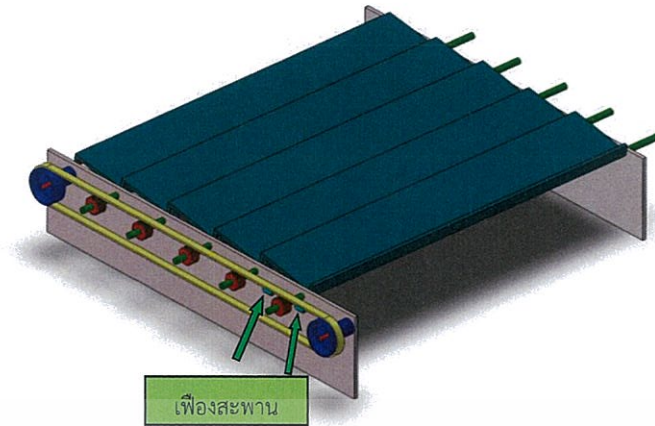


รูปที่ 3.22 ออกแบบการติดตั้งสายพานที่เฟือง



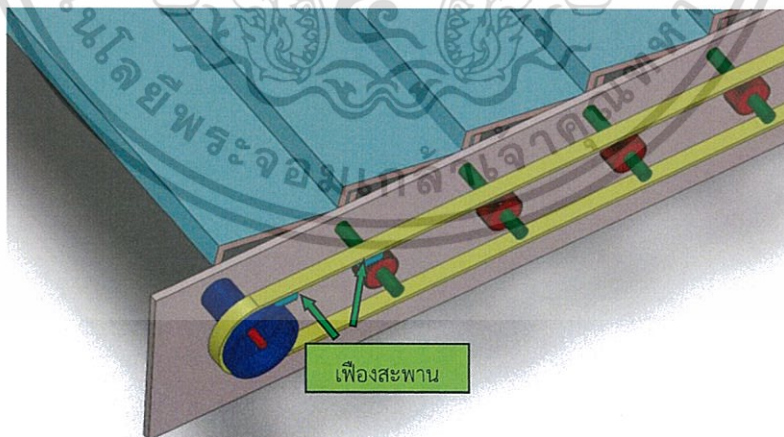
รูปที่ 3.23 การติดตั้งเฟืองกลมและเฟืองสะพานเพื่อใช้เป็นกลไกพลิกแผ่นเกล็ดหลังคาของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



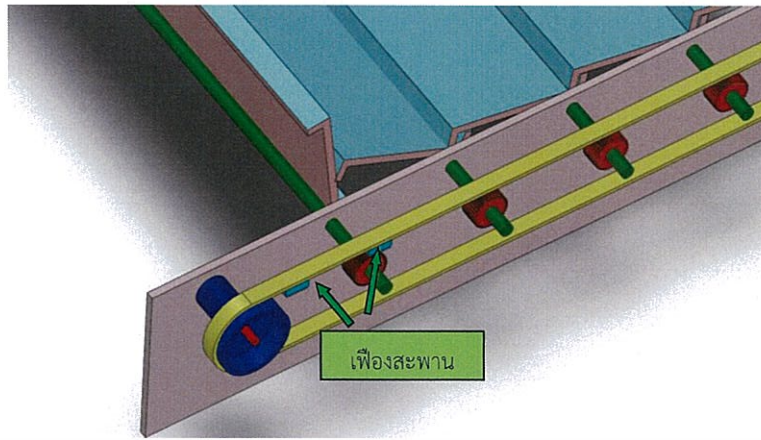
รูปที่ 3.24 ระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3

ขั้นตอนการออกแบบกลไกในการหมุนของแผ่นเกล็ดหลังคาของระบบอัจฉริยะแบบที่ 3 คือ จากที่ในสภาพปกติเฟืองสะพานติดอยู่ด้านใต้สายพานดังรูปที่ 3.25 เมื่อฝนตกเฟืองสะพานตัวที่ 1 จะเคลื่อนที่ผ่านแผ่นเกล็ดหลังคาแผ่นที่ 1 ทำให้แผ่นเกล็ดหลังคาแผ่นที่ 1 พลิก 90 องศา ดังรูปที่ 3.26 จากนั้นเฟืองสะพานตัวที่ 1 จะเคลื่อนที่ต่อไปจนผ่านแผ่นเกล็ดหลังคาแผ่นที่ 2 ทำให้พลิกไป 90 องศา ขณะเดียวกัน เฟืองสะพานตัวที่ 2 ก็เคลื่อนที่ผ่านแผ่นเกล็ดหลังคาแผ่นที่ 1 ทำให้แผ่นเกล็ด หลังคาแผ่นที่ 1 พลิกต่อ จนกลายเป็น 180 องศา ดังรูปที่ 3.27 เฟืองสะพานตัวที่ 1 และ 2 เคลื่อนที่ ต่อไปตามสายพานจนพลิกแผ่นเกล็ดหลังคาแผ่นที่ 2 กับ 3 เป็น 180 และ 90 องศา ตามลำดับดังรูป ที่ 3.28 และทำลักษณะเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 3.29

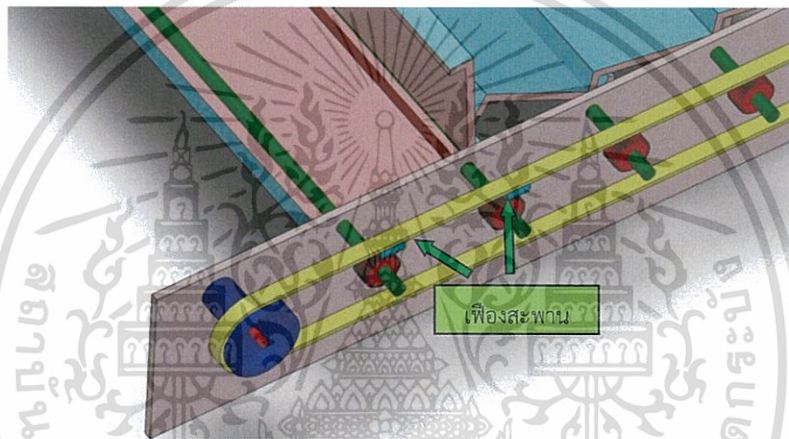


รูปที่ 3.25 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 ขณะอยู่ในสภาพปกติ

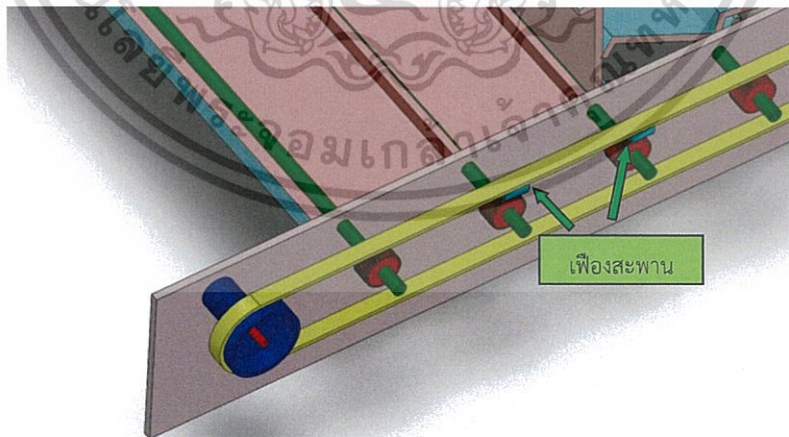
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 1 เริ่มพลิก

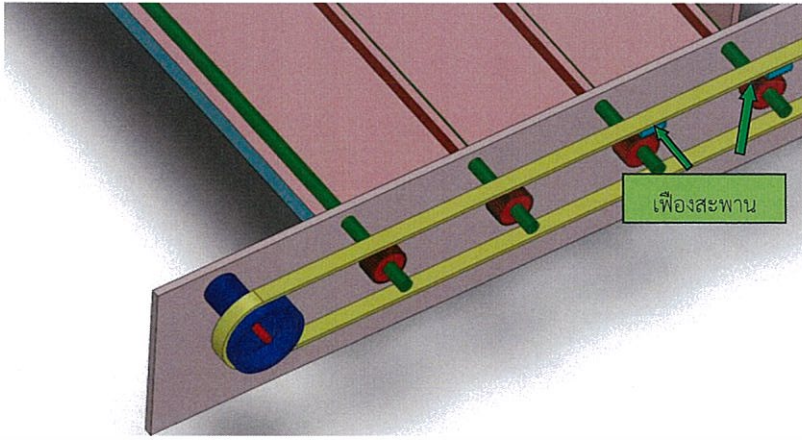


รูปที่ 3.27 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 2 เริ่มพลิก



รูปที่ 3.28 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 3 เริ่มพลิก

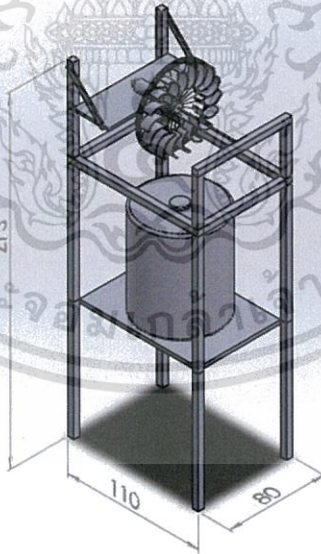
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.29 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 4 เริ่มพลิก

3.2 การออกแบบระบบ generator พลังงานไฟฟ้า

เมื่อน้ำฝนไหลจากหลังคาลงมาที่รางน้ำฝน และลงมาตามท่อจนถึงกั้นน้ำ แรงที่เกิดจากการตกลงมาจากที่สูงของน้ำจะถูกนำมาปั่นให้กังหันหมุน (โดยเชื่อมเพลลาของแกนกังหันกับแกน generator ด้วยกัน) เกิดการ generate ได้เป็นพลังงานไฟฟ้าออกมา นำไปใช้กับระบบควบคุมอื่นๆ ซึ่งโครงสร้างของระบบ generator แสดงในรูปที่ 3.30

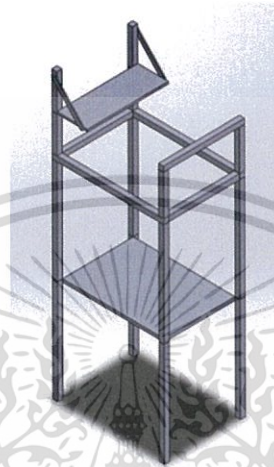


รูปที่ 3.30 ระบบ generator พลังงานไฟฟ้า

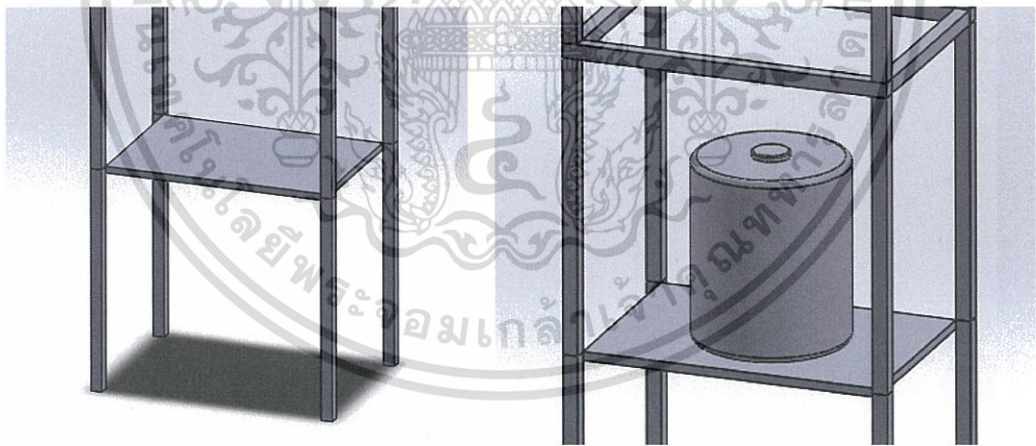
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ขั้นตอนการทำระบบ generator พลังงานไฟฟ้า

โดยจะนำเหล็กมาต่อเชื่อมกันเป็นโครงเพื่อทำเป็นฐานในการติดตั้งอุปกรณ์และระบบต่างๆ ดังรูปที่ 3.31 นำถังน้ำพัก(น้ำที่เข้าแรมปั้ม) มาติดตั้งดังรูปที่ 3.32 ติดตั้ง generator เข้ากับกังหันน้ำ โดยมีแกนเพลลาเป็นตัวเชื่อมดังรูปที่ 3.33 ติดตั้งกังหันน้ำกับ generator โดยใช้แกนเหล็กยึดที่ตำแหน่งคานฝั่งตรงข้าม เพื่อให้เกิดสมดุลต่อน้ำหนักทั้งสองฝั่งดังรูปที่ 3.34

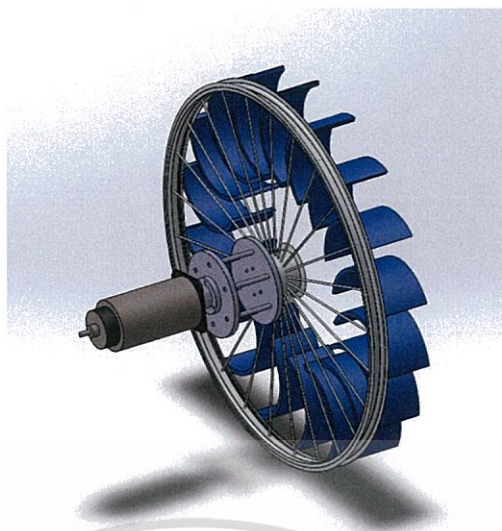


รูปที่ 3.31 ฐานโครงสร้างเหล็ก

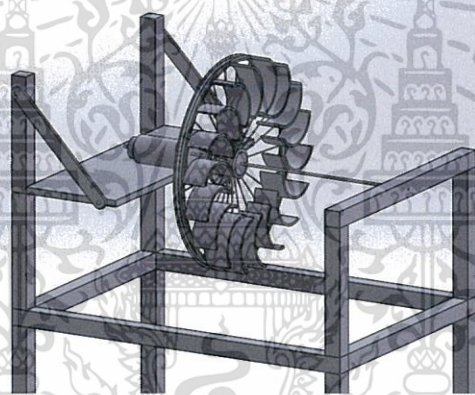


รูปที่ 3.32 แผ่นรองถังน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 ชุดกังหันน้ำกับ generator



รูปที่ 3.34 ติดตั้ง generator และกังหัน

จากนั้นผู้จัดทำจะนำแบบที่ได้ไปสร้างและทดลอง โดยจะใช้น้ำที่ไหลลงมาจากหลังคาที่มีพื้นที่รับน้ำขนาด 9 ตารางเมตร สูง 2.5 เมตร มาหมุนกังหันและเก็บผลอัตราเร็วรอบและกำลังที่ไหลลดขนาดต่างๆ นำสมการที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบกับกำลังงาน มาคำนวณหาค่ากำลังสูงสุด (Power Maximum) ของแต่ละอัตราเร็วรอบ

3.3 ระบบแรมปั๊มผลิตความดันสูง (ตะบันน้ำ)

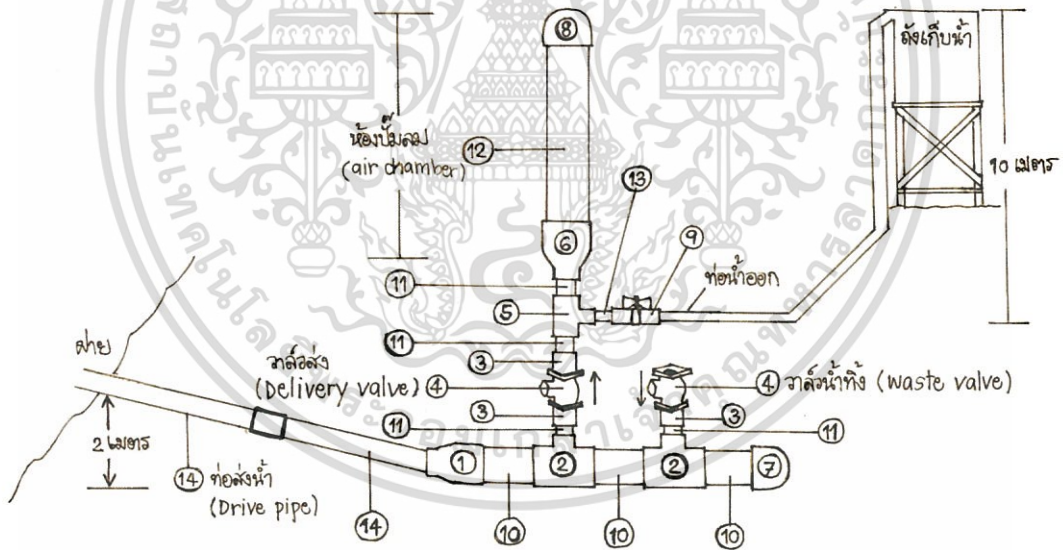
จากระบบ generator พลังงานไฟฟ้า น้ำฝนไหลเข้าสู่ระบบแรมปั๊มผลิตความดันสูง ซึ่งน้ำที่ได้จากการตะบันน้ำแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 เป็นส่วนของน้ำที่จากแรมปั๊ม น้ำที่ไหลเข้าสู่ถังกักเก็บน้ำใช้ธรรมดา ซึ่งสามารถนำไปใช้ในงานอุปโภคได้

ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของน้ำที่ออกจากระบบแรมปั๊มผลิตความดันสูง ซึ่งจะเป็นส่วนที่ช่วยในระบบการกรองน้ำดื่ม น้ำที่ออกจากส่วนนี้มีแรงดันมากเพื่อช่วยในระบบการกรองน้ำแบบ RO

3.3.1 ขั้นตอนการทำระบบแรมปั๊มผลิตความดันสูงแบบที่ 1

ประกอบชิ้นส่วนทั้งหมดเข้าด้วยกันดังรูปที่ 3.35 ยึดให้มั่นคงด้วยกาวทาท่อ PVC ซึ่งมีจุดที่ต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษ คือ ทิศทางการประกอบเข็ควาล์วทั้ง 2 ตัว เข็ควาล์วเป็นวาล์วเปิดทางเดียวต้องวางสลับทิศทางกัน โดยวาล์วส่ง (Delivery valve) ให้ลิ้นเปิดขึ้นด้านบนส่วนวาล์วน้ำทิ้ง (Waste valve) ให้ลิ้นเปิดลงด้านล่าง



รูปที่ 3.35 ส่วนประกอบของแรมปั๊มแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

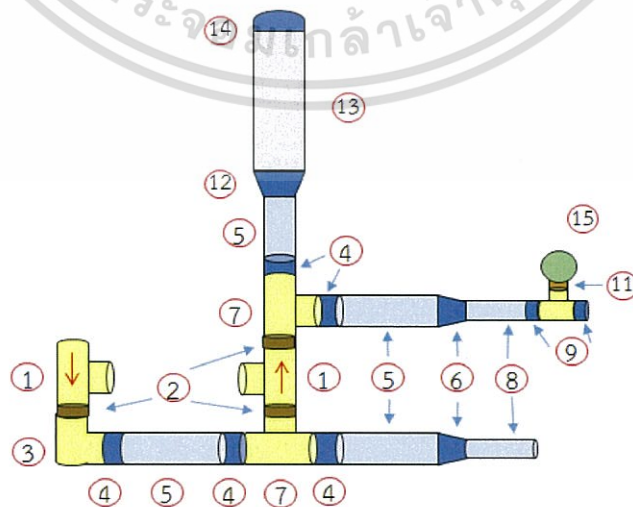
ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของท่อ PVC ขนาดต่างๆ

ส่วนประกอบ	จำนวน	ส่วนประกอบ	จำนวน
1. ข้อต่อ 3 นิ้ว ลด 2 นิ้ว	1 อัน	8. ฝาอุด 4 นิ้ว	1 อัน
2. สามทาง 3 นิ้ว ลด 1 ½ นิ้ว	2 อัน	9. ท่อประตูเปิด - ปิด	1 อัน
3. ข้อเกลียว 1 ½ นิ้ว	3 อัน	10. ท่อตรง 3 นิ้ว	3 ท่อน
4. เช็ควาล์ว 1 ½ นิ้ว	2 อัน	11. ท่อตรง 1 ½ นิ้ว	4 ท่อน
5. สามทาง 1 ½ นิ้ว ลด 1 ½ นิ้ว	1 อัน	12. ท่อตรง 4 นิ้ว	1 ท่อน
6. ข้อต่อ 4 นิ้ว ลด 1 ½ นิ้ว	1 อัน	13. ท่อตรง 6 หุน	1 ท่อน
7. ฝาอุด 3 นิ้ว	1 อัน	14. ท่อตรง 2 นิ้ว ยาว 4 เมตร	2 ท่อน

(ที่มา: www.thaihealth.or.th/data/ecatalog/278/pdf/278.pdf)

3.3.2 ขั้นตอนการทำให้ระบบแรมปั๊มผลิตความดันสูงแบบที่ 2

ผู้จัดทำจะสร้างแบบที่ 2 ขึ้นมาเพื่อทดสอบว่าถ้ากระบอกลมใหญ่ขึ้น ผลที่ได้จะเป็นอย่างไร ซึ่งได้จัดทำโดยประกอบชิ้นส่วนทั้งหมดเข้าด้วยกันดังรูปที่ 3.36 ใช้กาวทาท่อเพื่อยึดส่วนประกอบต่างๆ เข้าด้วยกัน ในส่วนที่เป็นเกลียวใช้เทปพันท่อน้ำพันรอบเกลียวประมาณ 6-10 รอบ ก่อนยึดติดกันและติดตั้งเช็ควาล์วให้มีทิศทางตรงข้ามกันโดยวาล์วน้ำทั้งมีทิศการไหลของน้ำในทิศลง



รูปที่ 3.36 ส่วนประกอบของแรมปั๊มแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของแรมบีม

ลำดับที่	อุปกรณ์	ขนาด	จำนวน
1	สวิงเช็ควาล์ว	1 ½ นิ้ว	2
2	ข้อต่อเกลียวนอก 2 ทาง	1 ½ นิ้ว	3
3	ข้อต่อ 90 องศา เกลียวใน	1 ½ นิ้ว	1
4	ข้อต่อ PVC เกลียวนอก	1 ½ นิ้ว	5
5	ท่อ PVC ยาว 20 เซนติเมตร	1 ½ นิ้ว	4
6	ข้อลด PVC	1 ½ นิ้ว เป็น ½ นิ้ว	2
7	ข้อต่อ 3 ทางเกลียวใน	1 ½ นิ้ว	2
8	ท่อ PVC ยาว 10 เซนติเมตร	½ นิ้ว	2
9	ข้อต่อ PVC เกลียวนอก	½ นิ้ว	2
10	ข้อต่อ 3 ทางเกลียวใน	½ นิ้ว	1
11	ข้อลดเหล็ยม	½ นิ้ว เป็น ¼ นิ้ว	1
12	ข้อลด PVC	4 นิ้ว เป็น 1 ½ นิ้ว	1
13	ท่อ PVC ยาว 60 เซนติเมตร	4 นิ้ว	1
14	ฝาปิดท่อ PVC	4 นิ้ว	1
15	เกจวัดความดัน	-	1

(ที่มา: www.thaihealth.or.th/data/ecatalog/278/pdf/278.pdf)

จากต้นแบบข้างต้น เมื่อผู้จัดทำนำแรมบีมทั้ง 2 แบบมาประกอบเสร็จแล้ว ก็จะนำแรมบีมแบบที่ 1 และแบบที่ 2 ไปทดลองใช้จริงกับเครื่องกรองน้ำระบบ RO โดยมีเงื่อนไขในการทดลองแรมบีมแบบที่ 1 คือ ใช้น้ำประปาที่มีอัตราการไหลต่างๆ มาฉีดลงบนหลังคาที่มีขนาดพื้นที่รับน้ำ 9 ตารางเมตร และความสูงจากหลังคาถึงแรมบีม 2.5 เมตร นำน้ำที่ถูกเพิ่มแรงดันจากแรมบีมต่อเข้าที่ทางน้ำเข้าของเยื่อกรอง RO โดยตรง และเงื่อนไขในการทดลองแรมบีมแบบที่ 2 คือ ทดลองโดยต่อน้ำประปาที่สามารถปรับอัตราการไหลได้ เข้าแรมบีมโดยตรงและนำน้ำที่ถูกเพิ่มแรงดันจากแรมบีมเข้าสู่เยื่อกรอง RO

และจะทำการบันทึกค่าต่างๆ คือ ปริมาณน้ำที่ได้เพิ่มแรงดัน ปริมาณน้ำทิ้งที่ออกจากแรมบีม ปริมาณน้ำดื่มที่ได้ของเยื่อกรอง RO อัตราการไหลของน้ำทางน้ำเข้าแรมบีม และแรงดันน้ำที่ถูกเพิ่มแรงดันด้วยแรมบีม

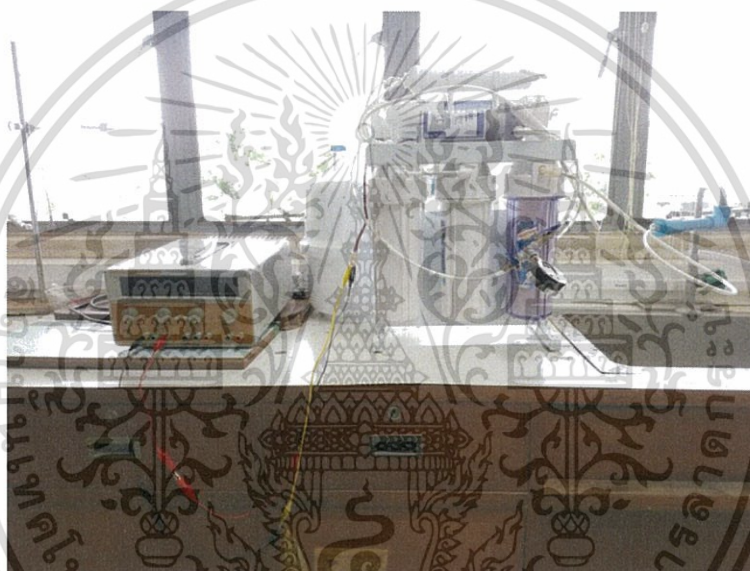
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ระบบการกรองรีเวอร์สออสโมซิสสำหรับน้ำบริโภคและระบบภาชนะกักเก็บน้ำ

หลังจากที่น้ำผ่านระบบปั๊มผลิตความดันสูง ก็จะเข้าสู่ระบบการกรอง RO ขนาดเล็ก ซึ่งมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด โดยน้ำที่ได้มี 2 ส่วน คือ

1. น้ำที่ผ่านการกรองแบบธรรมดา เข้าถึงกักเก็บน้ำในถังน้ำใช้ ซึ่งเหมาะนำไปใช้อุปโภค
2. น้ำที่ผ่านการกรองแบบ RO ถูกนำไปกักเก็บในระบบภาชนะกักเก็บน้ำดื่ม ซึ่งสำหรับนำไปใช้บริโภค

เครื่องกรองน้ำระบบ RO ที่ผู้จัดทำได้นำมาทดลองโดยจะทำการวัดอัตราการไหลของน้ำดื่ม อัตราการไหลของน้ำทิ้ง และแรงดันของน้ำหลังจากผ่านปั๊มน้ำที่เงื่อนไขในการจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าให้มอเตอร์ของปั๊มน้ำในปริมาณต่างๆ โดยเครื่องกรองน้ำระบบ RO แสดงดังรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37 เครื่องกรองน้ำระบบ RO ที่จะใช้ในการทดลอง ยี่ห้อ Treatton รุ่น 50 GPD 5 ชั้นตอน (เฟรมตั้ง) (White)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผู้จัดทำได้ทำการทดลอง 4 ส่วน คือการทดสอบการพลิกของแผ่นเกล็ดหลังคาในระบบหลังคาอัจฉริยะ การทดสอบการผลิตไฟของระบบ Generator ทดสอบความดันที่เริ่มปั๊มสามารถทำได้ และสุดท้ายการทดสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำรีเวอร์สออสโมซิส

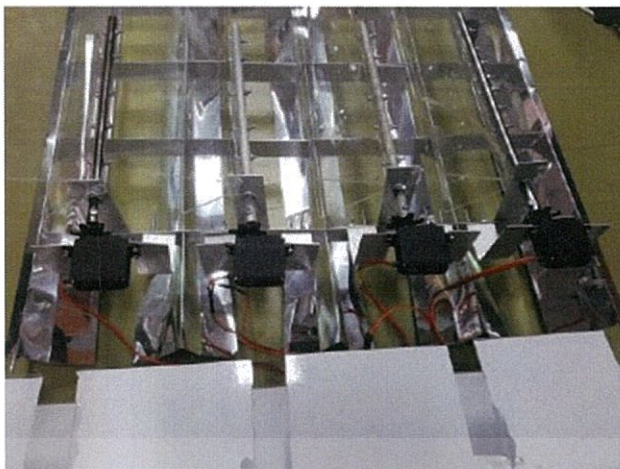
4.1 ผลการออกแบบและสร้างต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะ

4.1.1 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1

นำลูมินีเยมเบาามาทำเป็นโครงเพื่อใช้เป็นฐานของหลังคาและนำแผ่นอะคริลิกมาพับให้มีลักษณะงอเป็นรูปตัววี (V) ดังรูปที่ 4.1 ใช้เซอร์โวมอเตอร์มายึดติดกับแกนหมุนของแผ่นหลังคาเพื่อให้หลังคาเกิดการพลิกได้ดังรูปที่ 4.2 สุดท้ายทำส่วนป้องกันวงจรจากน้ำฝนดังรูปที่ 4.3 ซึ่งในส่วนนี้ทั้งหมดทำเป็นต้นแบบของระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.1 แผ่นหลังคาที่มีลักษณะเป็นตัววี (V)



รูปที่ 4.2 เซอร์โวมอเตอร์ที่ปลายแกนของแผ่นหลังคา



รูปที่ 4.3 ทำฝาปิดส่วนที่เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.4 ต้นแบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 1

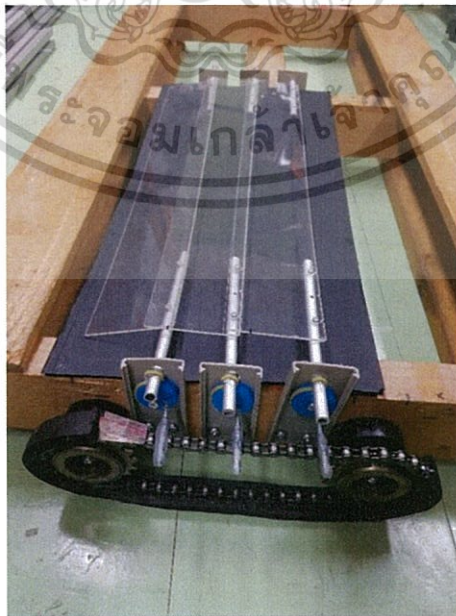
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2

นำโครงไม้มาทำเป็นโครงของหลังคา และนำแผ่นอะคริลิกมาทำเป็นส่วนของแผ่นเกล็ด หลังคายึดติดเข้ากับแกนหมุน แล้วนำมาซ้อนเหลื่อมกันดังรูปที่ 4.5 จากนั้นยึดแกนหมุนของแผ่นเกล็ด หลังคาเข้ากับแกนหมุน 2 ตัวเพื่อใช้ในการเปลี่ยนทิศทางการดังรูปที่ 4.6 ใช้สายพานที่ติดโฟมหนาช่วยในการไล่ผลึกแกนหมุนให้หมุนจากซ้ายไปขวาดังรูปที่ 4.7 และทั้งหมดนี้ออกมาเป็นระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 4.8

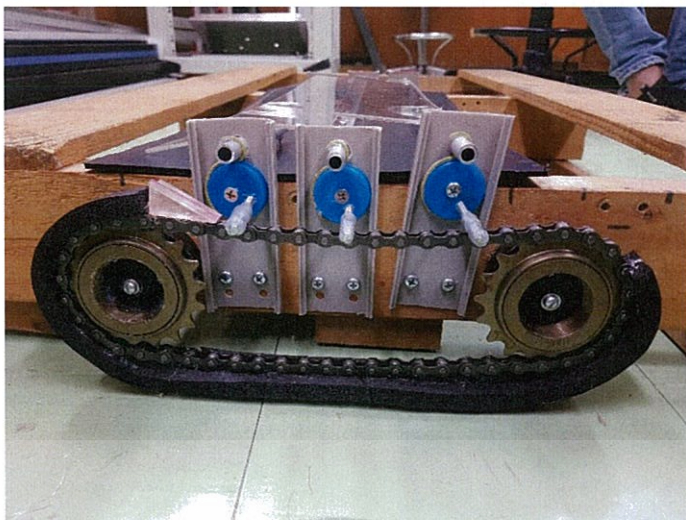


รูปที่ 4.5 ลักษณะการวางของแผ่นเกล็ดหลังคา

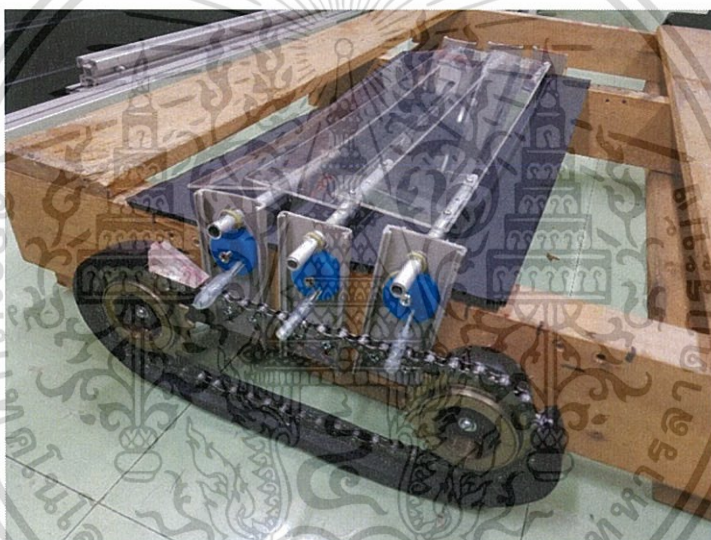


รูปที่ 4.6 การยึดแกนหมุนของแผ่นเกล็ดหลังคากับแกนหมุนอีกอัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 การยึดของสายพานกับแผ่นโฟมหนา



รูปที่ 4.8 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้จัดทำได้ทดสอบระบบการพลิกของต้นแบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 โดยเริ่มจากสภาพปกติ ดังรูปที่ 4.9 เมื่อทำงานแผ่นเกล็ดหลังคาแผ่นที่ 1 เริ่มพลิกดังรูปที่ 4.10 ส่งผลให้แผ่นเกล็ดที่ 2 พลิกตามดังรูปที่ 4.11 และแผ่นเกล็ดที่ 3 พลิกตามดังรูปที่ 4.12 สุดท้ายพลิกครบทุกแผ่นดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.9 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 ในสภาพปกติ

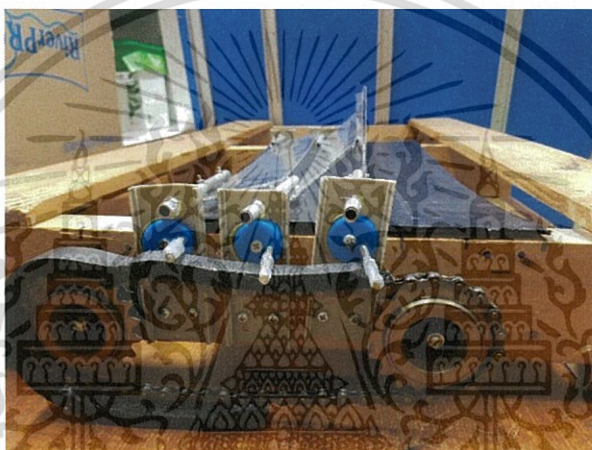


รูปที่ 4.10 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 1 เริ่มพลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 2 เริ่มพลิก



รูปที่ 4.12 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 ขณะแผ่นเกล็ดที่ 3 เริ่มพลิก

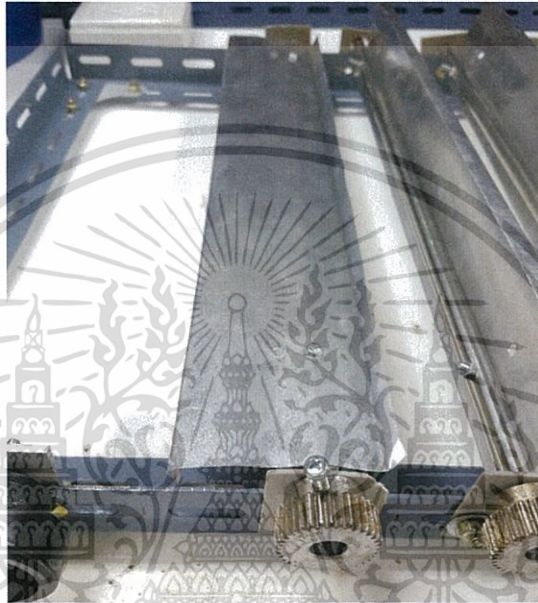


รูปที่ 4.13 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 2 หลังพลิกครบทุกแผ่น

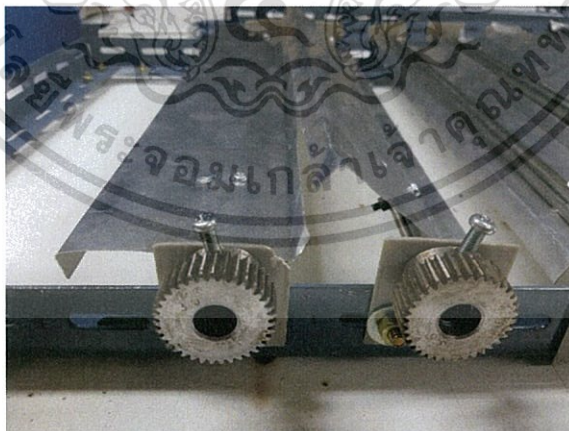
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ต้นแบบระบบหลังค้อัจฉริยะแบบที่ 3

นำแผ่นเหล็กมาตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าดังรูปที่ 4.14 จากนั้นพับขอบด้านตามยาวให้ตั้งฉากกับแผ่นหลังคา โดยขอบทางด้านซ้ายพับลงด้านขวาพับขึ้น แล้วนำแท่งเหล็กมาเป็นแกนหมุนของแผ่นเกล็ดหลังคา และนำแต่ละแผ่นเกล็ดวางซ้อนกันดังรูปที่ 4.15 จากนั้นยึดแกนหมุนของแผ่นเกล็ดหลังคาเข้ากับเฟือง ติดตั้งสายพานที่ยึดเฟืองสะพานไว้ที่ด้านใต้ของสายพาน เพื่อให้เฟืองสะพานเคลื่อนที่ผ่านแกนหมุนของแผ่นเกล็ดหลังคาที่ละแผ่นจากซ้ายไปขวาดังรูปที่ 4.16

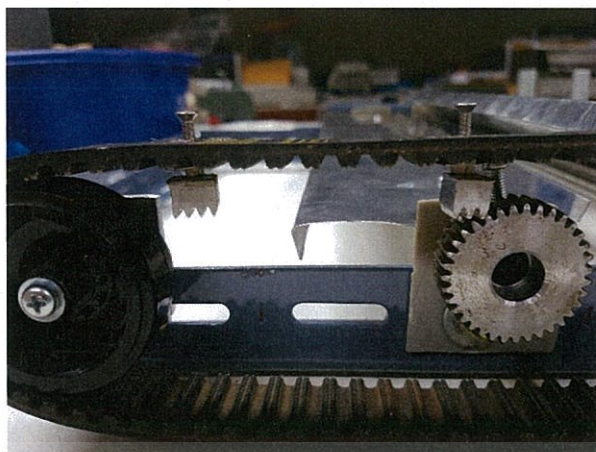


รูปที่ 4.14 แผ่นเกล็ดหลังคารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า



รูปที่ 4.15 ขอบของแผ่นเกล็ดหลังคาที่พับแล้วและนำมาวางเรียงซ้อนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



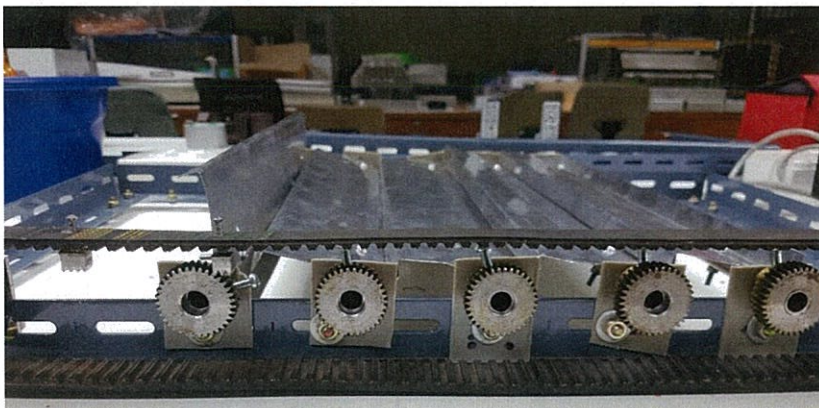
รูปที่ 4.16 เฟืองสะพานที่ถูกยึดอยู่ที่ใต้สายพาน

ทดสอบระบบการพลิกของต้นแบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 ซึ่งได้ผลว่าตัวหลังคาเมื่อดูจากภายนอกมีลักษณะเหมือนหลังคาบ้านทั่วไปดังรูปที่ 4.17 เมื่อระบบทำงานเฟืองสะพานตัวที่ 1 เคลื่อนที่ผ่านเฟืองกลมที่ 1 ทำให้แผ่นเกล็ดหลังคาแผ่นที่ 1 พลิก 90 องศาดังรูปที่ 4.18 จากนั้นเฟืองสะพานตัวที่ 1 เคลื่อนที่ผ่านเฟืองกลมตัวที่ 2 ทำให้แผ่นเกล็ดหลังคาแผ่นที่ 2 พลิก 90 องศา ขณะเดียวกันเฟืองสะพานตัวที่ 2 เคลื่อนที่ผ่านเฟืองกลมตัวที่ 1 ทำให้แผ่นเกล็ดหลังคาแผ่นที่ 1 พลิก 180 องศาอย่างสมบูรณ์ดังรูปที่ 4.19 ต่อมาเฟืองสะพานตัวที่ 1 เคลื่อนที่ผ่านเฟืองกลมตัวที่ 3 ขณะเดียวกันเฟืองสะพานตัวที่ 2 เคลื่อนที่ผ่านเฟืองกลมตัวที่ 2 ดังรูปที่ 4.20 และทำลักษณะเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 4.21 และ 4.22

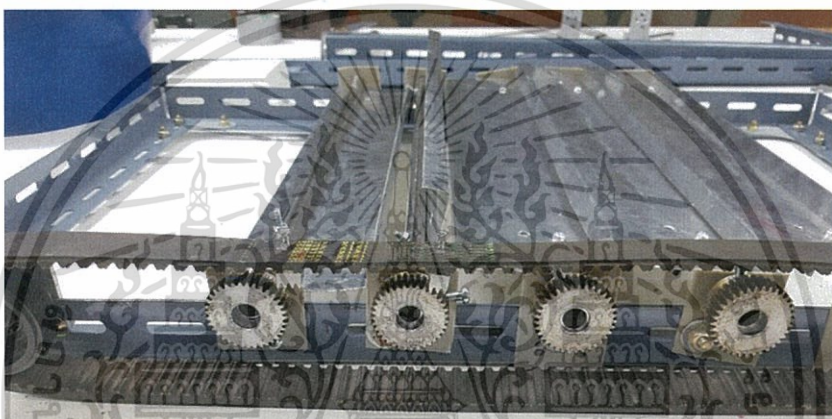


รูปที่ 4.17 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 เมื่ออยู่ในสภาพปกติ ขณะฝนยังไม่ตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 พลิกแผ่นที่ 1



รูปที่ 4.19 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 พลิกแผ่นที่ 1 และเริ่มพลิกแผ่นที่ 2

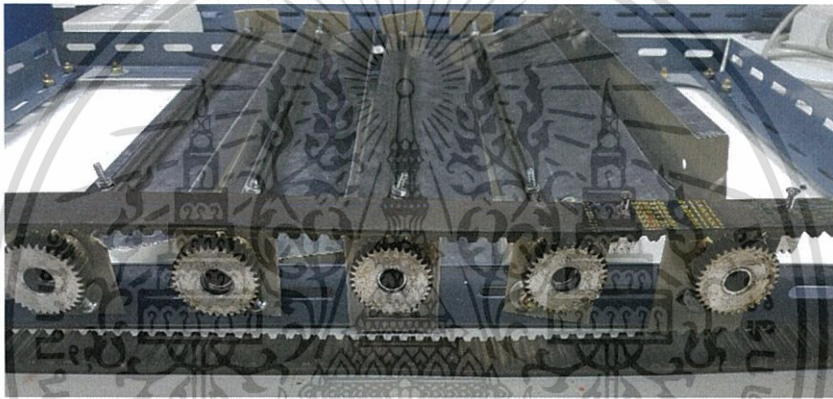


รูปที่ 4.20 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 พลิกแผ่นที่ 2 และเริ่มพลิกแผ่นที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 พลิกแผ่นที่ 3 และเริ่มพลิกแผ่นที่ 4



รูปที่ 4.22 ต้นแบบระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 พลิกแผ่นที่ 4 และเริ่มพลิกแผ่นที่ 5

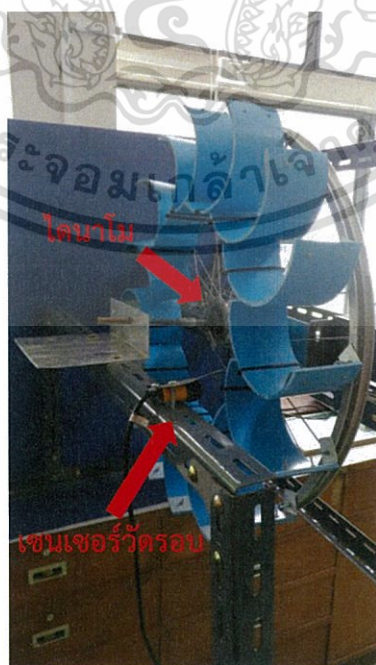
หลังจากระบบหลังคาอัจฉริยะแบบที่ 3 ทำการพลิกแผ่นเกล็ดหลังคาครบทุกแผ่นเพื่อทำความสะอาดหลังคา และยังอยู่ในสภาพนั้นต่อไป เพื่อนำด้านที่สะอาดมารองรับน้ำฝนต่อไป จนเมื่อฝนหยุดตกระบบหลังคาอัจฉริยะจึงพลิกกลับมาอยู่ในสภาพปกติอีกครั้ง

4.2 ผลการทดลองระบบ Generator พลังงานไฟฟ้า

สร้างระบบจริงตามที่ได้ออกแบบไว้โดยใช้เหล็กฉากความหนา 2 มิลลิเมตร มาต่อเป็นโครงดังรูปที่ 4.23 และนำท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว ยาว 8 เซนติเมตร มาตัดแบ่งครึ่งมาทำเป็นใบของกังหันและยึดเข้ากับวงล้อของจักรยานที่มีไดนาโมอยู่ภายในแกนหมุนของล้อดังรูปที่ 4.24 จากนั้นติดตั้งเซนเซอร์วัดรอบและพลังงานดังรูปที่ 4.24 และ 4.25

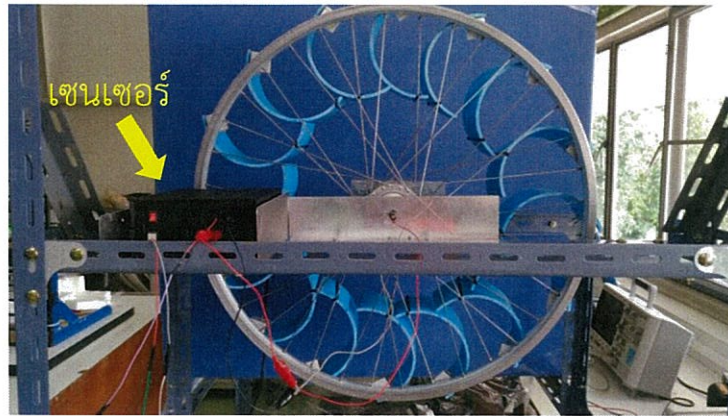


รูปที่ 4.23 ระบบ Generator พลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 4.24 กังหันน้ำและเซนเซอร์วัดรอบ

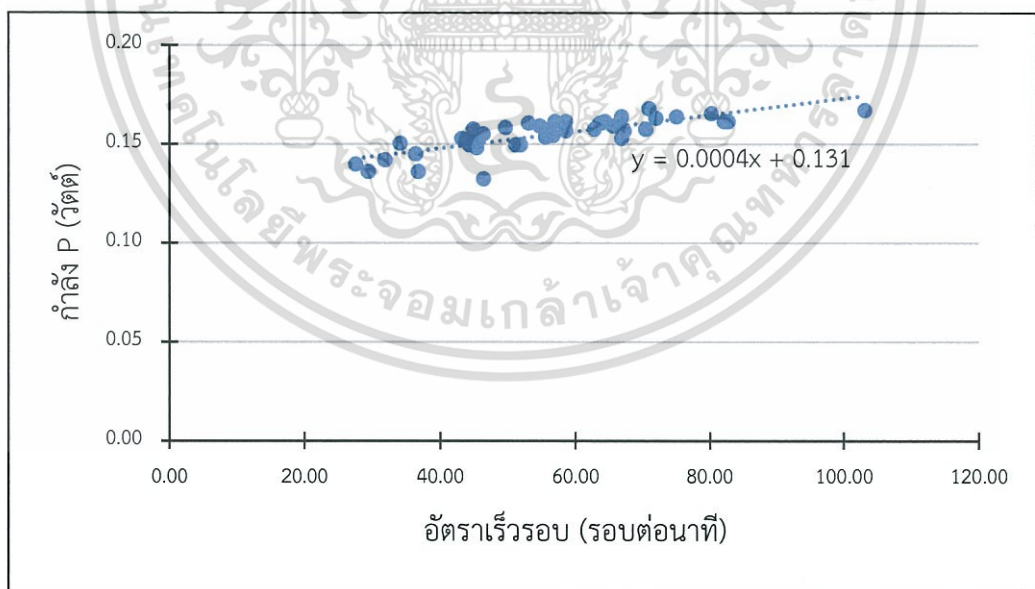
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 เซนเซอร์วัดพลังงาน

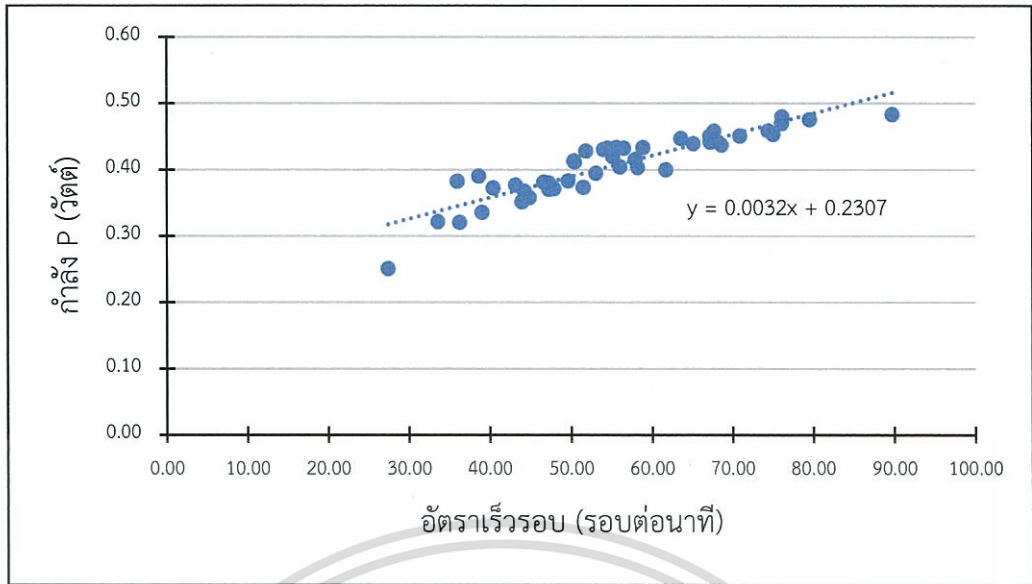
4.2.1 ทดลองระบบโดยใช้โหลดที่ค่าต่างกัน

นำก้านหมุนมาหมุนด้วยมือ ใช้เซ็นเซอร์วัดรอบและบันทึกผลในเงื่อนไขที่โหลด ซึ่งเป็นตัวต้านทานค่าต่างๆ ต่อกับ output ของ dynamo ทำการวัดค่ากระแส I และค่าความต่างศักย์ V และคำนวณกำลัง P จาก $P=IV$ จากนั้นเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P กับ อัตราเร็วรอบที่เงื่อนไขต่างๆ ดังนี้ ที่ค่าโหลด 1 โอห์ม, 3 โอห์ม, 5 โอห์ม, 7.5 โอห์ม, 9 โอห์ม, 11 โอห์ม, 13 โอห์ม, 15 โอห์ม และ 17.5 โอห์ม ดังแสดงในรูปที่ 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, 4.31, 4.32, 4.33, 4.34 ตามลำดับ

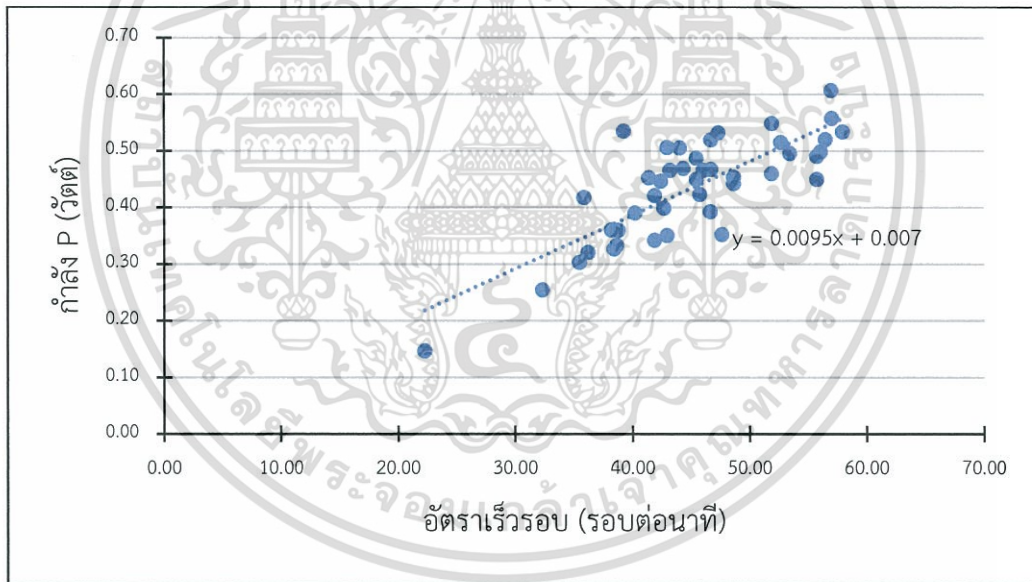


รูปที่ 4.26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 1 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

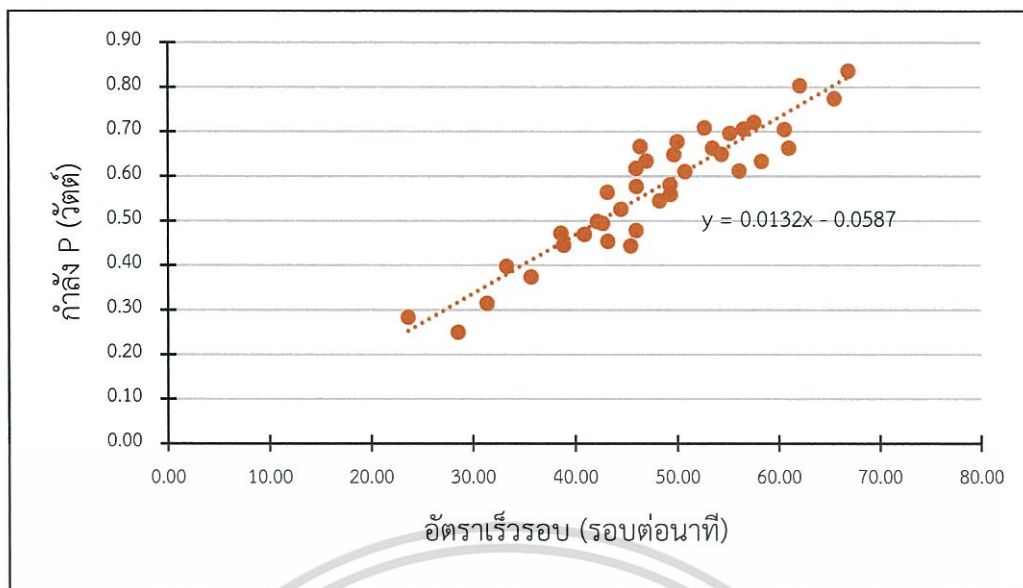


รูปที่ 4.27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 3 โห้ม

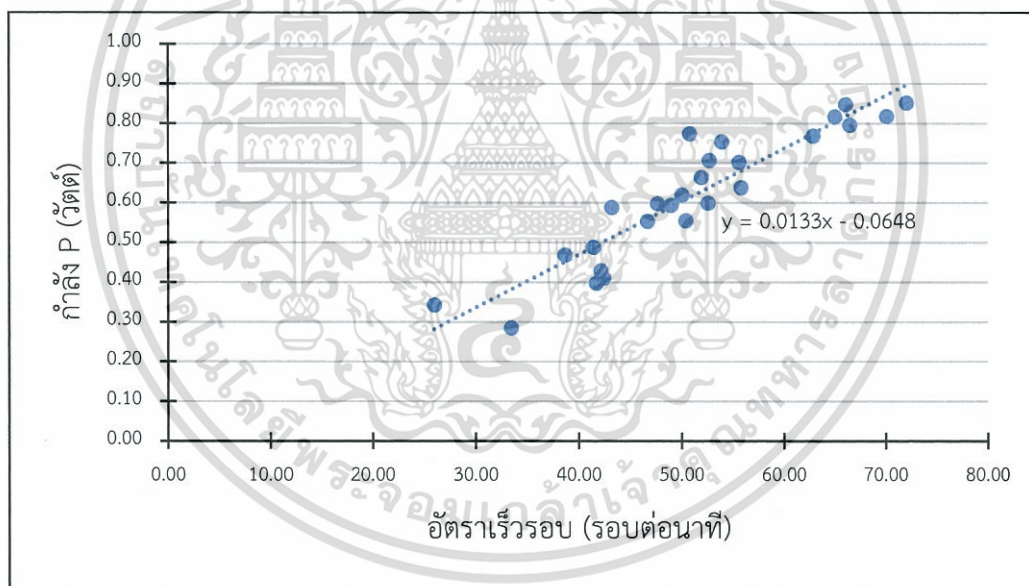


รูปที่ 4.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 5 โห้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

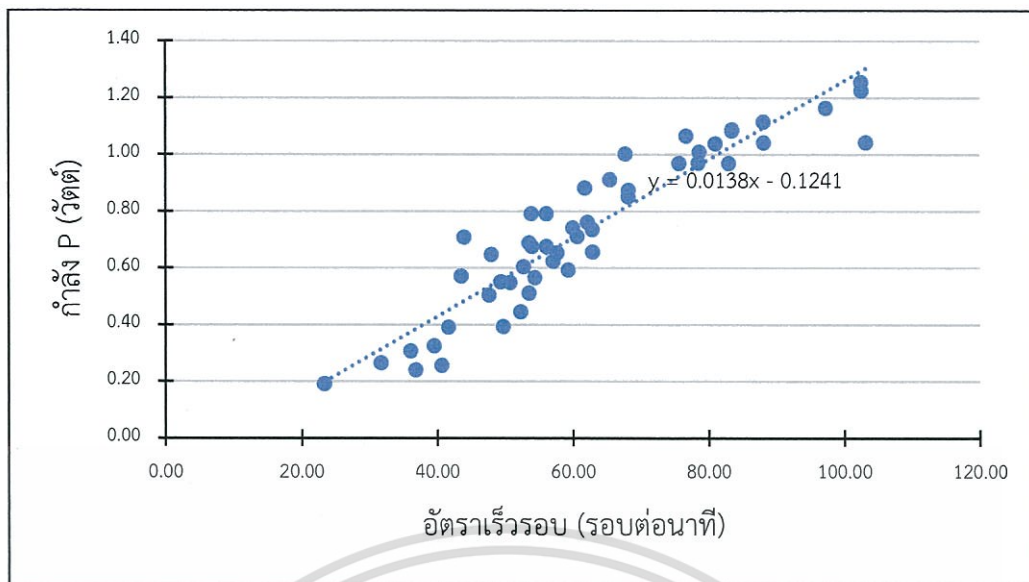


รูปที่ 4.29 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 7.5 โอม

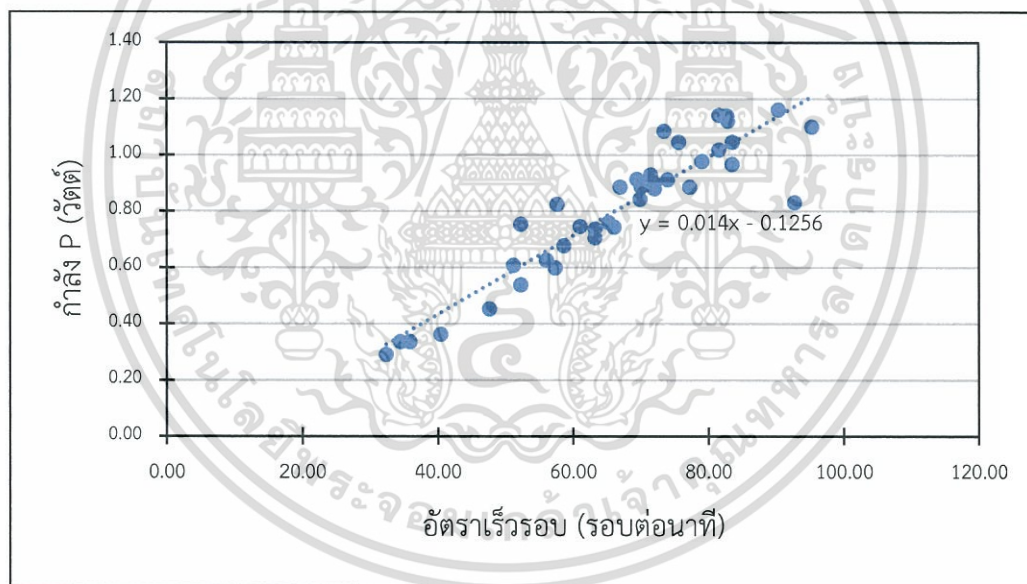


รูปที่ 4.30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 9 โอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

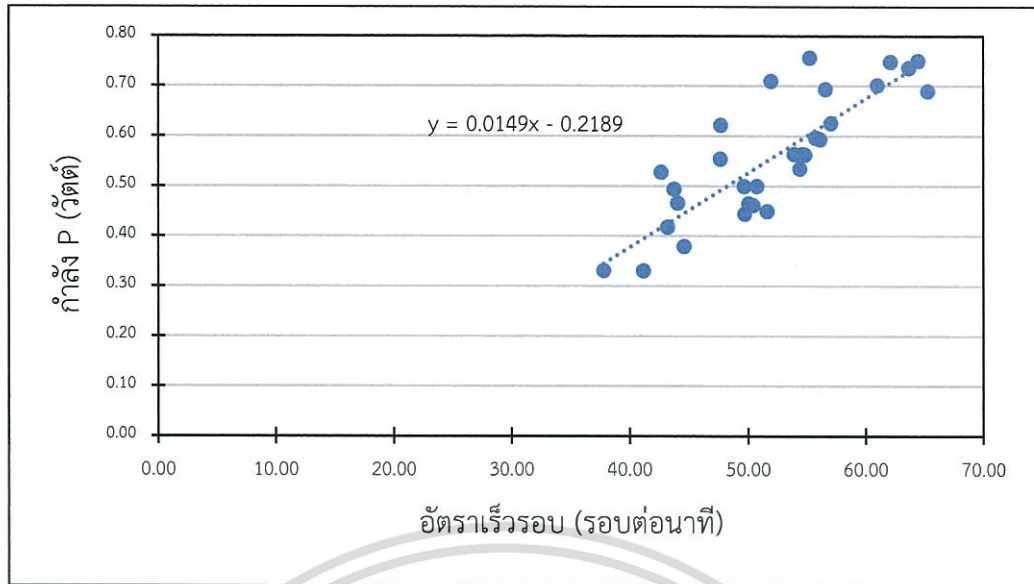


รูปที่ 4.31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 11 โหลด

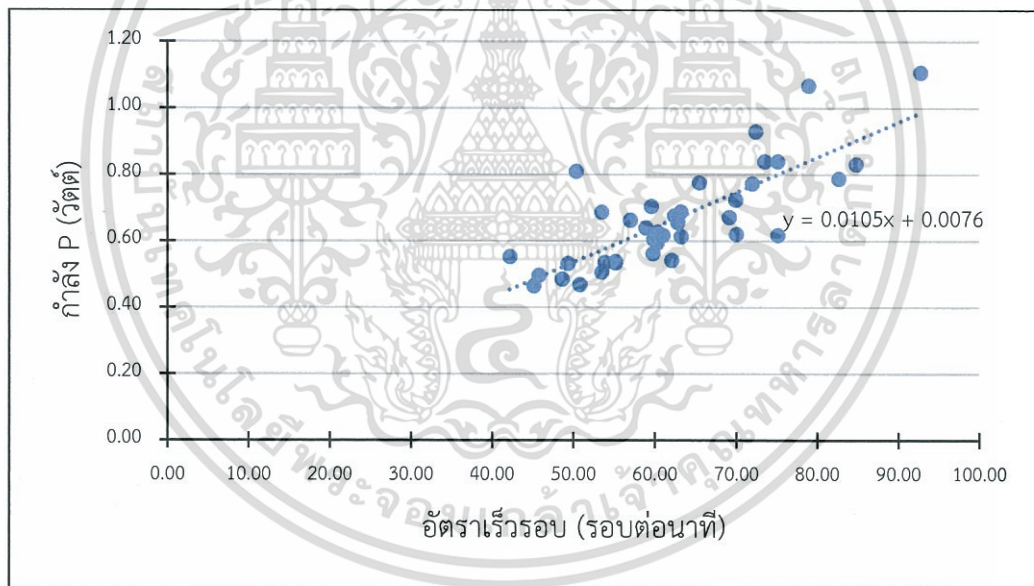


รูปที่ 4.32 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 13 โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.33 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 15 โหลด



รูปที่ 4.34 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที) กับกำลัง P (วัตต์) ที่โหลด 17.5 โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ทดลองหาค่ากำลังสูงสุด (Power Maximum) ของแต่ละอัตราเร็วรอบ (RPM)

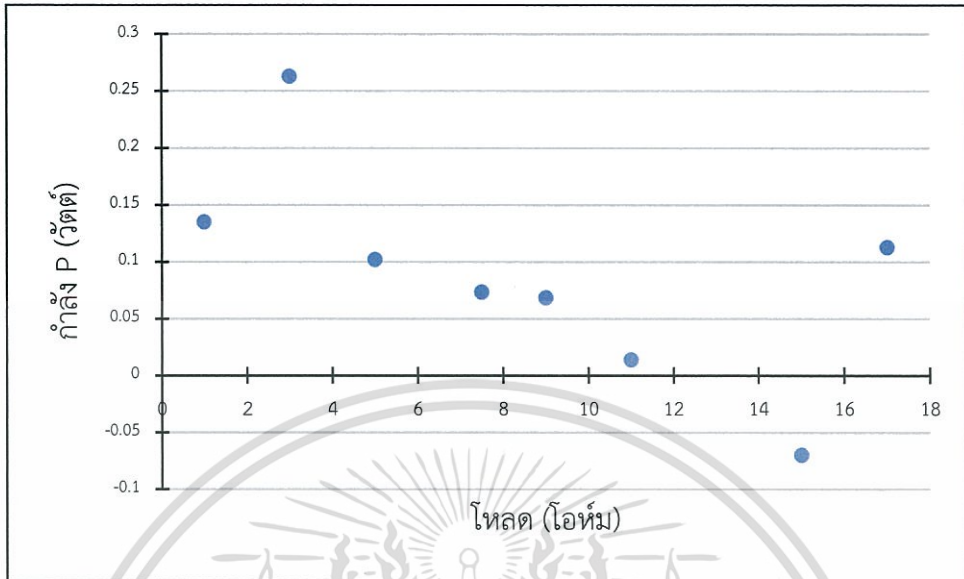
นำสมการที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบกับกำลังที่ค่าโหลดต่างๆ มาคำนวณหาค่ากำลังสูงสุด (Power Maximum) ของแต่ละอัตราเร็วรอบได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า RPM กับกำลังของแต่ละโหลด

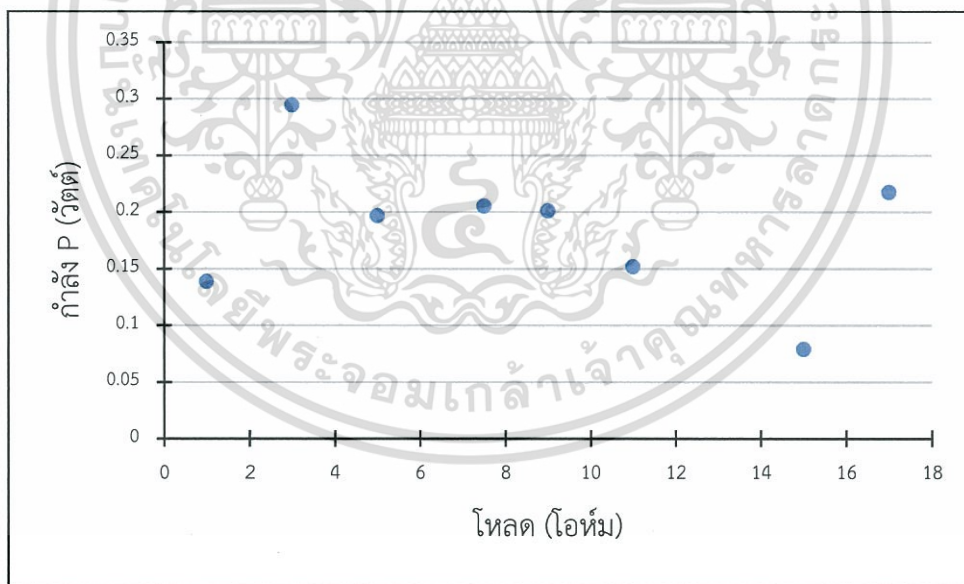
P(วัตต์) RPM	1 โอห์ม	3 โอห์ม	5 โอห์ม	7.5 โอห์ม	9 โอห์ม	11 โอห์ม	15 โอห์ม	17.5 โอห์ม
10	0.135	0.2627	0.102	0.0733	0.0682	0.0139	-0.0699	0.1126
20	0.139	0.2947	0.197	0.2053	0.2012	0.1519	0.0791	0.2176
30	0.143	0.3267	0.292	0.3373	0.3342	0.2899	0.2281	0.3226
40	0.147	0.3587	0.387	0.4693	0.4672	0.4279	0.3771	0.4276
50	0.151	0.3907	0.482	0.6013	0.6002	0.5659	0.5261	0.5326
60	0.155	0.4227	0.577	0.7333	0.7332	0.7039	0.6751	0.6376
70	0.159	0.4547	0.672	0.8653	0.8662	0.8419	0.8241	0.7426
80	0.163	0.4867	0.767	0.9973	0.9992	0.9799	0.9731	0.8476
90	0.167	0.5187	0.862	1.1293	1.1322	1.1179	1.1221	0.9526
100	0.171	0.5507	0.957	1.2613	1.2652	1.2559	1.2711	1.0576

ค่ากำลังสูงสุด (Power Maximum) แสดงในช่องสีเขียว

นำมาแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P กับโหลดสำหรับอัตราเร็วรอบ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 รอบต่อนาที เป็นดังรูปที่ 4.35 – 4.44 ตามลำดับ

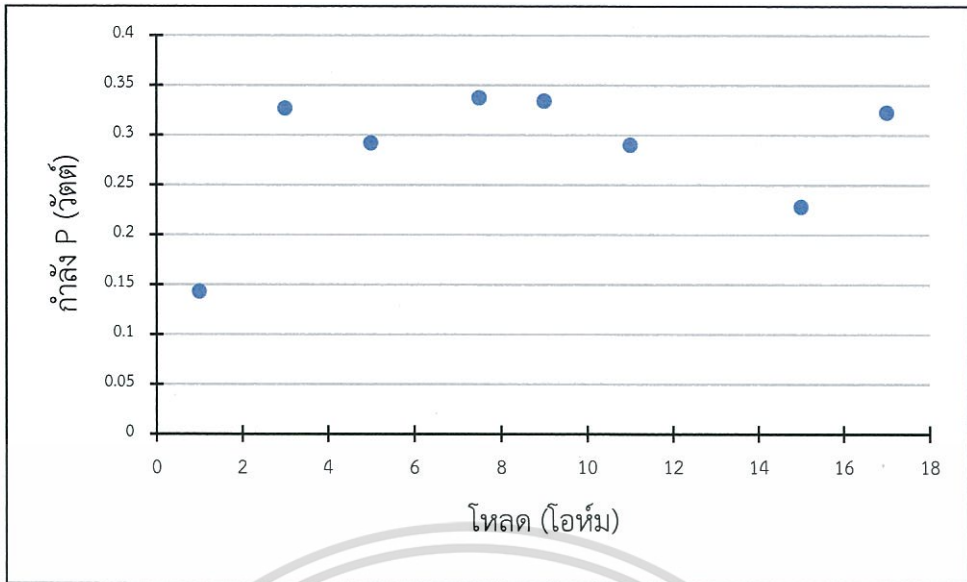


รูปที่ 4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัตต์) กับโหลด (โอห์ม) ที่อัตราเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที

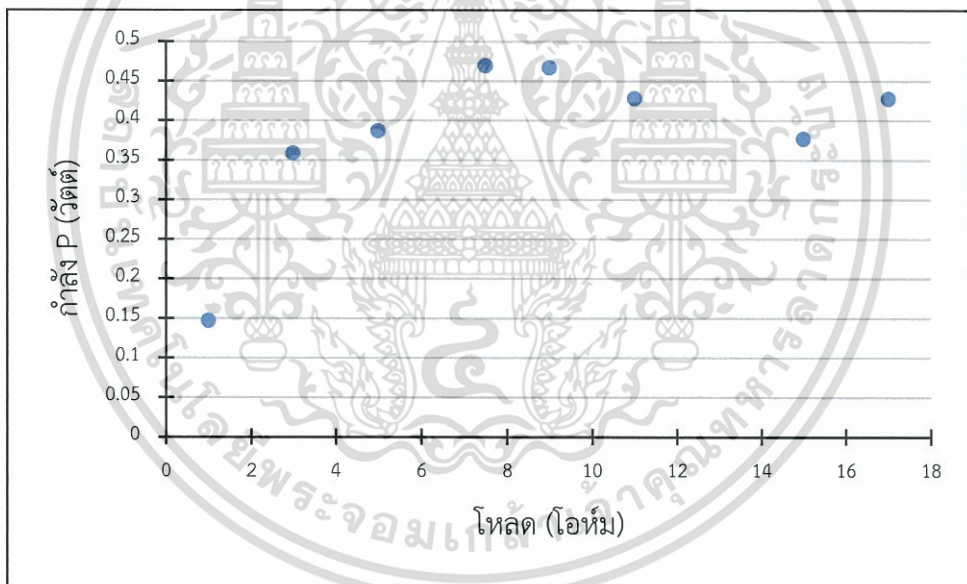


รูปที่ 4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัตต์) กับโหลด (โอห์ม) ที่อัตราเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

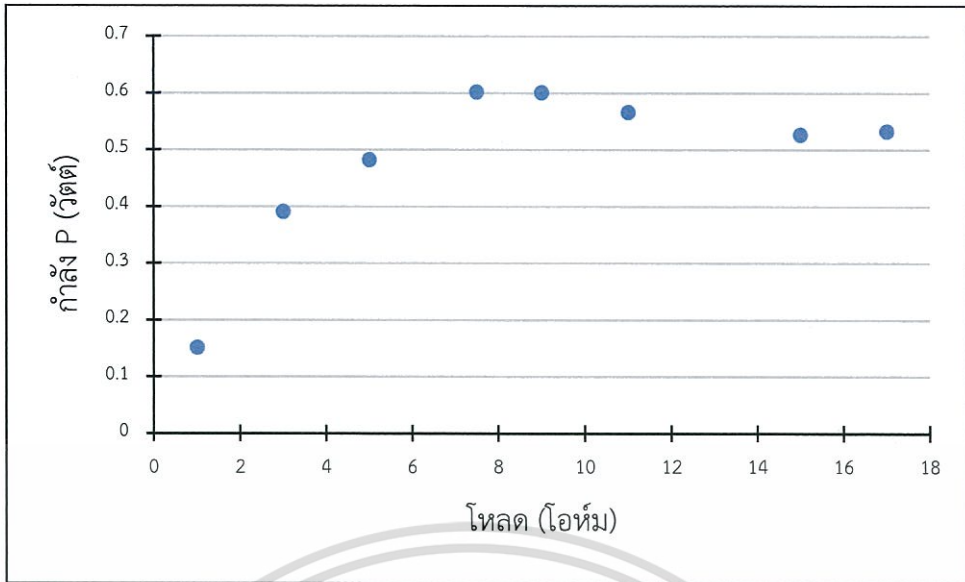


รูปที่ 4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัตต์) กับโหลด (โอห์ม) ที่อัตราเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที

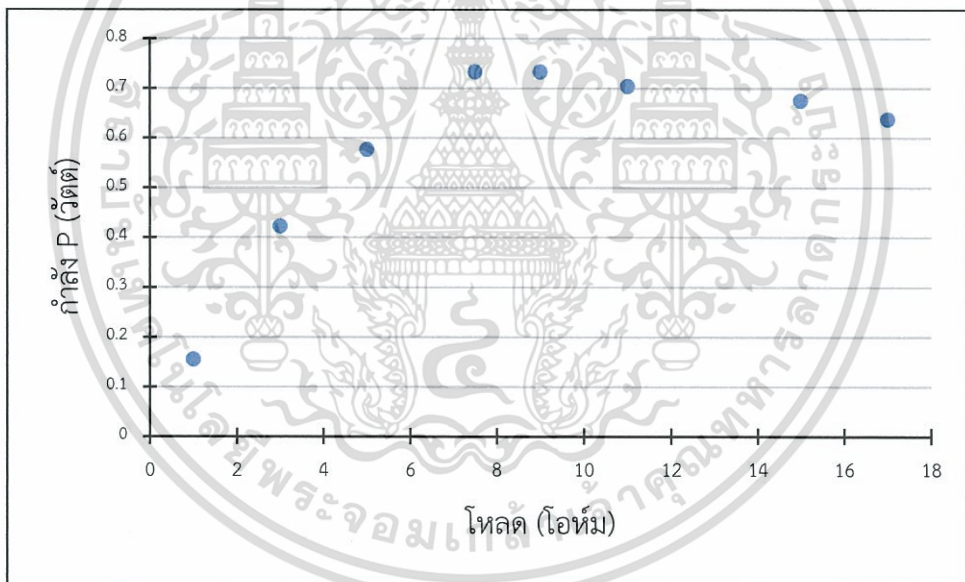


รูปที่ 4.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัตต์) กับโหลด (โอห์ม) ที่อัตราเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

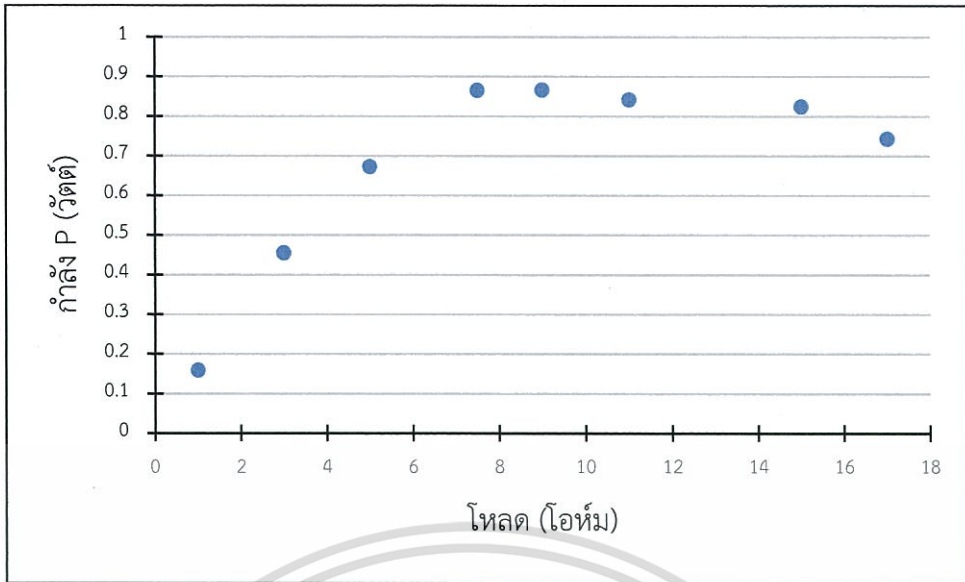


รูปที่ 4.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัดต์) กับโหลด (โอห์ม) ที่อัตราเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที

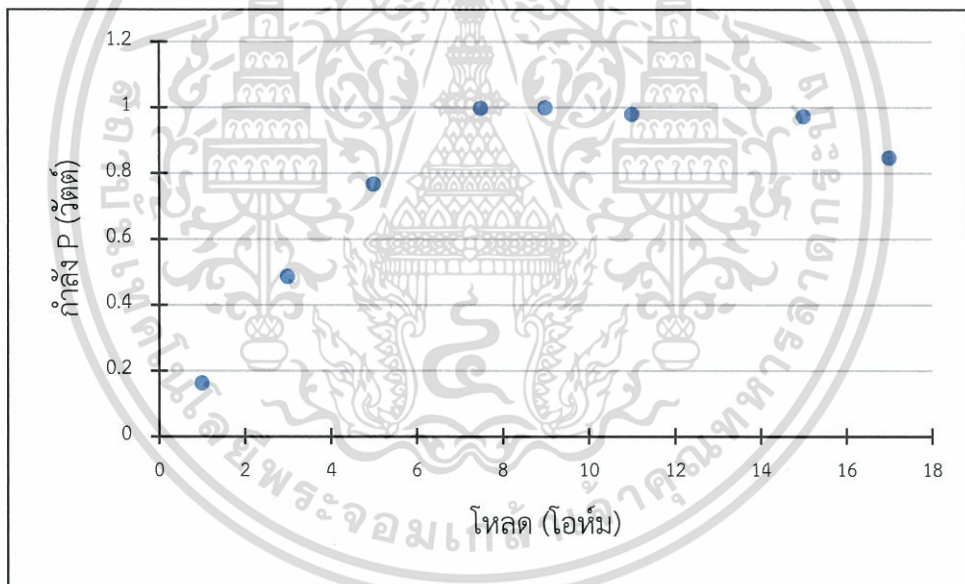


รูปที่ 4.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัดต์) กับโหลด (โอห์ม) ที่อัตราเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

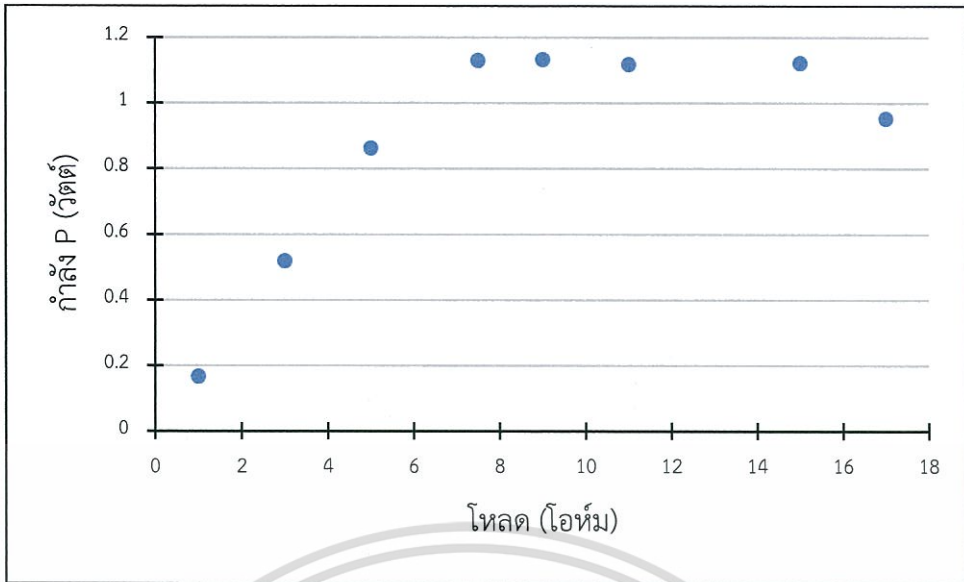


รูปที่ 4.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัดต์) กับโหลด (โอห์ม) ที่อัตราเร็วรอบ 70 รอบต่อนาที

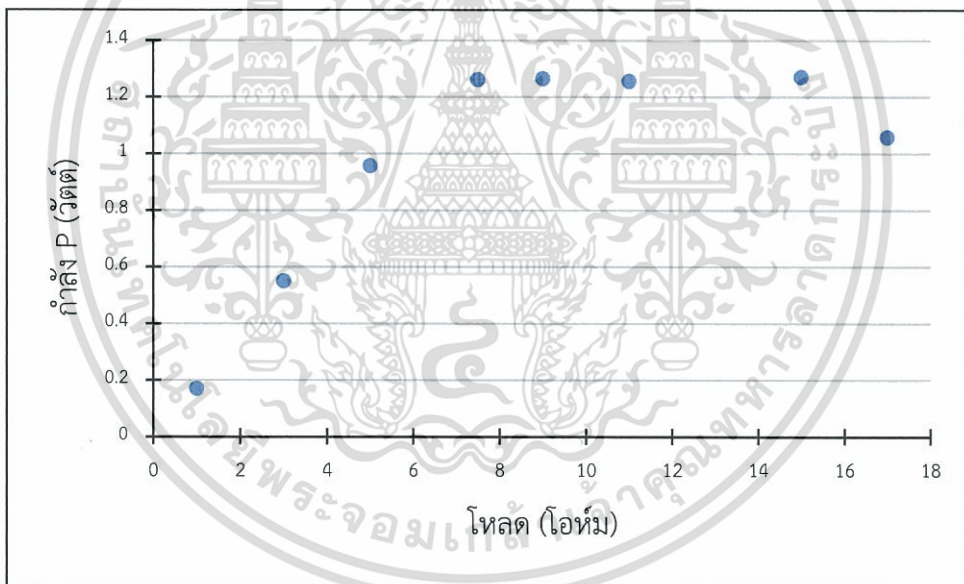


รูปที่ 4.42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัดต์) กับโหลด (โอห์ม) ที่อัตราเร็วรอบ 80 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัตต์) กับโหลด (โอห์ม) ที่อัตราเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง P (วัตต์) กับโหลด (โอห์ม) ที่อัตราเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที

จากการทดลองพบว่าที่อัตราเร็วรอบ 10 - 20 รอบต่อนาที ได้ค่ากำลังสูงสุด (Power Maximum) ที่ 3 โอห์ม อัตราเร็วรอบ 30 - 70 รอบต่อนาที ได้ค่ากำลังสูงสุด (Power Maximum) ที่ 7.5 โอห์ม และที่อัตราเร็วรอบ 70 - 100 รอบต่อนาที ได้ค่ากำลังสูงสุด (Power Maximum) ที่ 9 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การเตรียมการทดสอบกับน้ำฝน

ผู้จัดทำได้ทำการติดตั้งรางน้ำฝนที่มีความยาว 3 เมตร ทำให้ได้พื้นที่ในการรองรับน้ำฝนขนาด 9 ตารางเมตร นำมารองรับน้ำฝนเพื่อใช้ทดลองในระบบแรมปั้มผลิตความดันสูงดังรูปที่ 4.45 แต่เนื่องจากด้วยเวลาและฤดูกาลที่จำกัด ทำให้ไม่สามารถนำระบบกักเก็บไปทดลองการผลิตไฟฟ้ากับน้ำฝนได้



รูปที่ 4.45 หลังคาที่มีพื้นที่รองรับน้ำฝนขนาด 9 ตารางเมตร

4.4 ผลการทดลองระบบแรมปั้มผลิตความดันสูง

4.4.1 ผลการทดลองแรมปั้มแบบที่ 1

นำแรมปั้มแบบที่ 1 ที่ประกอบเสร็จแล้วดังรูปที่ 4.46 มาทำการทดลองโดยใช้น้ำประปาฉีดขึ้นไปบนหลังคาขนาดพื้นที่ 9 ตารางเมตร เพื่อจำลองเป็นฝนเทียม วัดอัตราการไหลของน้ำที่เข้าแรมปั้ม โดยจับเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำจนเต็มขวดขนาด 1 ลิตร นำมาคำนวณหาอัตราการไหลและใช้เกจวัดความดันวัดแรงดันน้ำที่เพิ่มจากแรมปั้ม และวัดปริมาณน้ำส่วนต่างๆ โดยทำการวัดปริมาณของน้ำที่ดื่มจากเยื่อกรอง RO ปริมาณของน้ำที่ทิ้งจากเยื่อกรอง RO และปริมาณของน้ำทางเข้าแรมปั้มในเวลา 10 นาที นำค่าปริมาณน้ำทางเข้าลบกับผลรวมของน้ำที่ดื่มและน้ำที่ทิ้งจาก RO เพื่อหาปริมาณน้ำทิ้งของแรมปั้ม จากนั้นหาค่าประสิทธิภาพของแรมปั้ม

ซึ่งได้ผลการทดลอง คือ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่เพิ่มแรงดันจากแรมปั้ม ปริมาณน้ำที่ทิ้งจากแรมปั้ม และปริมาณน้ำที่ดื่มที่ได้จากเยื่อกรอง RO เป็นไปดังตารางที่ 4.2 เขียนในรูปของกราฟแท่งได้ดังรูปที่ 4.47 และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลน้ำขาเข้าแรมปั้มกับแรงดันน้ำที่ได้จากแรมปั้มได้ดังรูปที่ 4.48

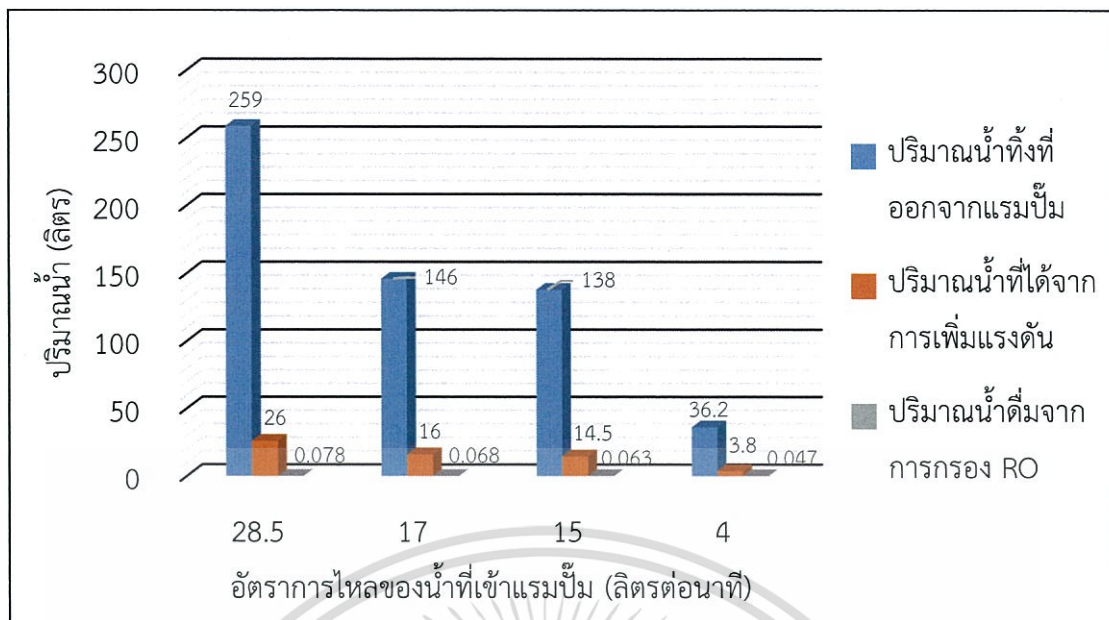


รูปที่ 4.46 แรมปั๊มแบบที่ 1 ที่ประกอบเสร็จ

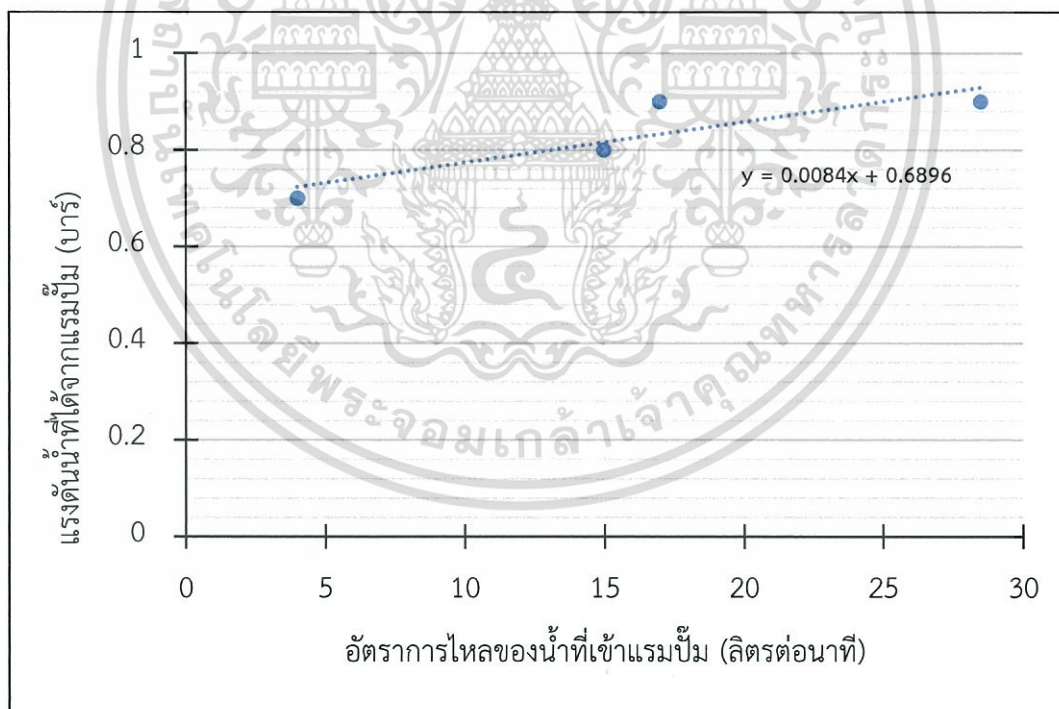
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองระบบแรมปั๊มผลิตความดันสูงแบบที่ 1 และปริมาณน้ำที่ได้จากการ
ตะบันน้ำใน 10 นาที และน้ำที่ได้จากการกรองเยื่อ RO

อัตราการไหล ของน้ำที่เข้า แรมปั๊ม (ลิตรต่อนาที)	แรงดัน น้ำที่ได้ (บาร์)	ปริมาณน้ำที่ ได้จากการ เพิ่มแรงดัน (ลิตร)	ปริมาณน้ำที่ ที่ออกจาก แรมปั๊ม (ลิตร)	ประสิทธิภาพ ของปริมาณ แรงดันน้ำที่ได้ (%)	ปริมาณน้ำดื่ม จากการกรอง เยื่อ RO (ลิตร)
28.5	0.80 - 1.00	26	259	10.03	0.078
17	0.80 - 0.90	16	146	10.95	0.068
15	0.80 - 0.90	14.5	138	10.50	0.063
4	0.70 - 0.80	3.8	36.2	10.49	0.047

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำที่เข้าแรมปั๊ม (ลิตรต่อนาที) กับ ปริมาณน้ำส่วนต่างๆ (ลิตร) ในเวลา 10 นาที



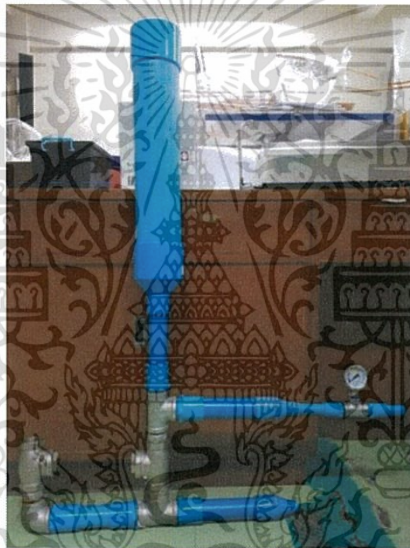
รูปที่ 4.48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำที่เข้าแรมปั๊ม (ลิตรต่อนาที) และ แรงดันน้ำที่ได้ (บาร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ผลการทดลองแรมปั๊มแบบที่ 2

ส่วนของแรมปั๊มแบบที่ 2 ที่ประกอบเสร็จแล้วดังรูปที่ 4.49 นำมาทดลองโดยต่อเกจวัดความดันเพื่อวัดอัตราการไหลของก๊อกน้ำที่ปรับขนาดวาล์วได้ แล้วต่อสายยางจากก๊อกน้ำเข้าที่ทางน้ำเข้าของแรมปั๊ม ทำการวัดปริมาณของน้ำดื่มจากเยื่อกรอง RO ปริมาณของน้ำทิ้งจากเยื่อกรอง RO และปริมาณของน้ำทางเข้าแรมปั๊มในเวลา 10 นาที นำค่าปริมาณน้ำทางเข้าลบกับผลรวมของน้ำดื่มและน้ำทิ้งจาก RO เพื่อหาปริมาณน้ำทิ้งของแรมปั๊ม จากนั้นหาค่าประสิทธิภาพของแรมปั๊ม

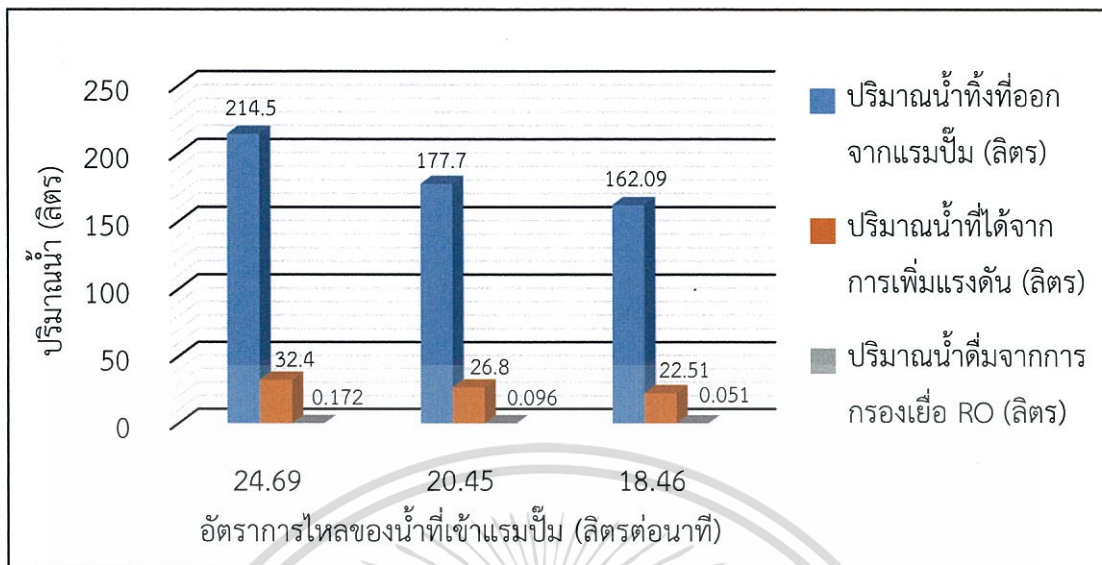
ได้ผลการทดลองเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่เพิ่มแรงดัน ปริมาณน้ำทิ้งจากแรมปั๊มและปริมาณน้ำดื่มจากการกรอง RO เป็นไปดังตารางที่ 4.3 เขียนในรูปของกราฟแท่งได้ดังรูปที่ 4.50 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำเข้าแรมปั๊มกับแรงดันน้ำได้จากแรมปั๊มได้ดังรูปที่ 4.51



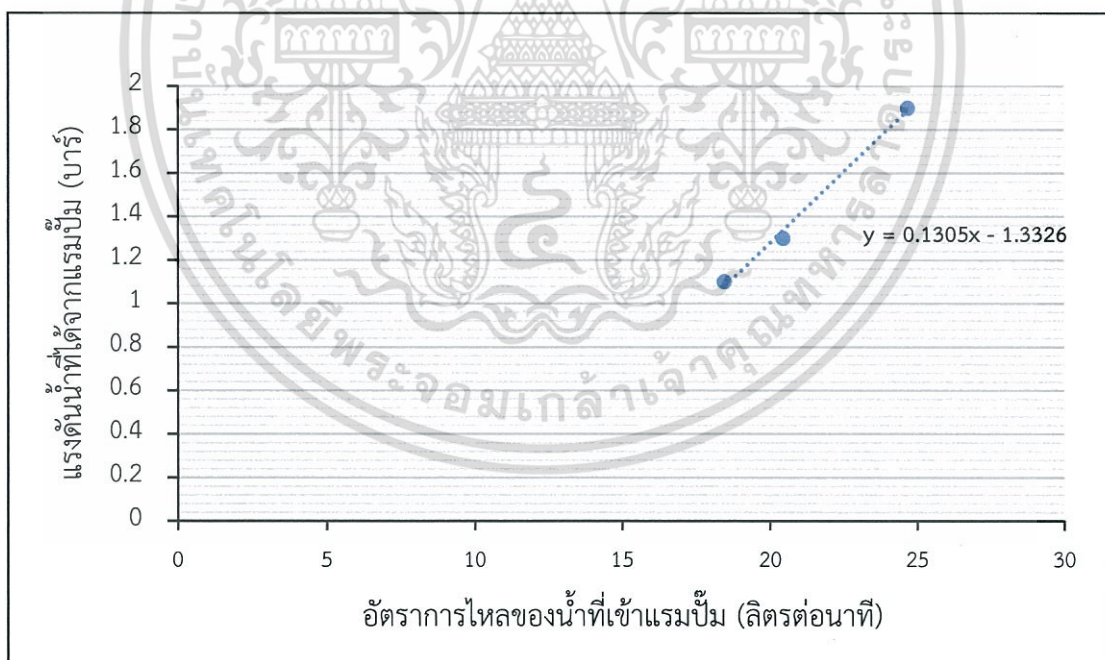
รูปที่ 4.49 แรมปั๊มแบบที่ 2 ที่ประกอบเสร็จ

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองระบบแรมปั๊มผลิตความดันสูงแบบที่ 2 และปริมาณน้ำที่ได้จากการตะบันน้ำใน 10 นาที และปริมาณน้ำที่ได้จากการกรองเยื่อ RO

อัตราการไหลของน้ำที่เข้าแรมปั๊ม (ลิตรต่อนาที)	แรงดันน้ำที่ได้ (บาร์)	ปริมาณน้ำที่ได้จากการเพิ่มแรงดัน (ลิตร)	ปริมาณน้ำทิ้งที่ออกจากแรมปั๊ม (ลิตร)	ประสิทธิภาพของปริมาณแรงดันน้ำที่ได้ (%)	ปริมาณน้ำดื่มจากการกรองเยื่อ RO (ลิตร)
24.69	1.8 - 2.0	32.4	214.5	15.10	0.172
20.45	1.2 - 1.4	26.8	177.7	15.08	0.096
18.46	1.0 - 1.2	22.51	162.09	13.90	0.051



รูปที่ 4.50 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำที่เข้าแรมป์ (ลิตรต่อนาที) กับ ปริมาณน้ำส่วนต่างๆ (ลิตร) ในเวลา 10 นาที



รูปที่ 4.51 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำที่เข้าแรมป์ (ลิตรต่อนาที) กับ แรงดันน้ำที่ได้จากแรมป์ (บาร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการทดลองระบบกรองน้ำรีเวอร์สออสโมซิส

ผู้จัดทำได้นำเครื่องกรองน้ำระบบ RO มาทดลอง โดยทำการติดเกจวัดความดันระหว่างทางน้ำออกจากปั้มน้ำที่เข้ากับเครื่องกรองน้ำระบบ RO เพื่อวัดแรงดันน้ำแล้วคู่อัตราการไหลของน้ำดื่มและน้ำทิ้งที่ได้ ทำการเปลี่ยนค่าความดันน้ำโดยปรับค่าความต่างศักย์ V ที่เลี้ยงมอเตอร์ของปั้ม แล้วทำการวัดแรงดันน้ำที่ผ่านปั้ม วัดเวลาของน้ำดื่มที่ปริมาณ 50 มิลลิลิตร เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำดื่ม และวัดปริมาณน้ำทิ้งจากเครื่องกรองน้ำระบบ RO เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำทิ้ง ผลการทดลองเป็นดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองเครื่องกรองน้ำระบบ RO

แรงดันที่จ่าย (โวลต์)	แรงดันน้ำที่ได้ (บาร์)	เวลาที่ได้เมื่อได้น้ำดื่ม 50 มิลลิลิตร (วินาที)			เวลาเฉลี่ย (วินาที)	อัตราการไหลของน้ำดื่ม (ลิตร/นาที)	ปริมาณน้ำทิ้งที่ได้ (มิลลิลิตร)			ปริมาณน้ำทิ้งเฉลี่ย (มิลลิลิตร)	อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำทิ้ง (ลิตร/นาที)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
		1	2	3			1	2	3		
24	4.2	22.68	21.69	22.24	22.20	0.13	110	109	109	109.33	0.2955
22	3.8	22.99	23.63	23.41	23.34	0.12	113	117	115	115	0.2956
20	2.8	25.5	25.34	25.64	25.49	0.11	118	120	118	118.67	0.2793
18	2.4	29.02	28.93	29.16	29.03	0.10	129	141	137	135.67	0.2803

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและทดลองในครั้งนี้ มีการออกแบบการทดลองเป็นสามส่วน ส่วนที่หนึ่งคือระบบหลังคาอัจฉริยะรองรับน้ำฝน ซึ่งออกแบบหลังคาที่สามารถพลิกเกล็ดหลังคา เพื่อนำสิ่งสกปรก เช่น ใบไม้หรือกิ่งไม้ออกไป นำเกล็ดหลังคาอีกด้านที่ไม่มีสิ่งสกปรกและมูลของสัตว์ออกมารองรับน้ำฝน ซึ่งออกแบบและพัฒนามาได้ทั้งหมด 3 ต้นแบบ ต้นแบบที่ 1 ได้ทำการออกแบบเกล็ดหลังคาที่มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม โดยให้เกล็ดหลังคาทั้งหมดมีด้านหนึ่งที่ยาวตัวในแนวนอน แล้วทำการพลิกเกล็ดหลังคาจนมีลักษณะเป็นรูปตัววี (V) มารองรับน้ำฝนแทน แต่เนื่องด้วยลักษณะของเกล็ดหลังคาตัวเอง ทำให้ต้องใช้เนื้อแผ่นเกล็ดวัสดุสูงหลังคามีพื้นที่เป็น 2 เท่าของพื้นที่หลังคา จึงยากต่อการติดตั้งและต้องใช้มอเตอร์หลายตัว ซึ่งทำให้มีต้นทุนที่สูงตามมา สำหรับการออกแบบแผ่นหลังคาด้านแบบที่ 2 โดยใช้เกล็ดหลังคาที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมพื้นผ้ามาวางซ้อนเหลื่อมกันแล้วใช้สายพานที่ติดแถบโฟมหนา หมุนพาแถบโฟมวิ่งไปชนกับแกนหมุนของแผ่นเกล็ดหลังคาจนไล่พลิกไปที่ละแผ่นโดยใช้มอเตอร์เพียง 1 ตัว ในการขับเคลื่อนให้สายพานหมุน แต่ปัญหาที่พบคือ แผ่นเกล็ดที่อยู่ด้านล่างสุดจะต้องรับน้ำหนักของแผ่นเกล็ดหลังคาทุกแผ่นทำให้ยากต่อการพลิกหรือต้องใช้มอเตอร์ที่ทดแรงได้มากซึ่งมีต้นทุนที่สูงมาใช้ในการพลิกและระหว่างเกล็ดหลังคาพลิกตัวเกิดช่องว่างระหว่างแผ่นทำให้มีน้ำฝนหยดลงไปข้างล่างได้ แต่สำหรับการออกแบบหลังคาด้านแบบที่ 3 ที่มีขอบของแผ่นเกล็ดหลังคาเป็นลักษณะตั้งฉากขึ้นมา และแต่ละฝั่งมีทิศทางตรงข้ามกันเพื่อให้หลังคาเป็นลักษณะเกล็ดซ้อนเกี่ยวกัน ช่วยลดช่องว่างที่ฝนหยดผ่านลงมาได้ นอกจากนี้ยังได้ออกแบบไม่ให้เกิดการซ้อนกันของเกล็ดหลังคาหลายชั้น เพื่อลดน้ำหนักของการกดลงจากแผ่นเกล็ดหลังคาแผ่นอื่นๆ ที่ทำให้แผ่นเกล็ดหลังคาพลิกได้ยาก และทำการตั้งมุมในการหมุนใหม่ เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากการขัดกันของแผ่นเกล็ดหลังคาขณะที่หมุน จึงได้ออกมาเป็นหลังคาอัจฉริยะที่พร้อมใช้งาน

การทดลองส่วนที่สองคือ ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้ไดนาโมเป็นตัวผลิตกระแสไฟฟ้า ต่อแกนเข้ากับกังหันน้ำ โดยจะได้นำไปติดตั้งระหว่างเส้นทางของน้ำฝนในระบบ ใช้น้ำฝนเป็นตัวไหลผ่านกังหันและเกิดการผลิตไฟฟ้าขึ้น ในการทดลองระบบกังหันเบื้องต้นที่ใช้ไดนาโมที่ติดตั้งมากับเพลาล้อหน้าจักรยานรุ่นที่นำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่นนั้นพบว่า เมื่อกังหันหมุนที่ความเร็วรอบ 10 - 20 รอบต่อนาที โหลดที่ได้กำลังสูงสุด ค่า 2.627 และ 2.947 วัตต์ คือ 3 โอห์ม และความเร็วรอบที่ 30 - 70 รอบต่อนาที โหลดที่ได้กำลังสูงสุด ค่า 0.3373, 0.4963, 0.6013, 0.7333 และ 0.8653 วัตต์ ตามลำดับ คือ 7.5 โอห์ม และความเร็วรอบที่ 70-100 รอบต่อนาที โหลดที่ได้กำลังสูงสุด ค่า 0.9992, 1.3222 และ 1.2652 วัตต์ ตามลำดับ คือ 9 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และการทดลองส่วนสุดท้าย คือ ระบบการปรับสภาพน้ำฝนเป็นน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค ในส่วนนี้ได้ใช้ระบบการกรองน้ำด้วยเยื่อกรองรีเวอร์สออสโมซิส มีการประยุกต์ใช้แรมบีมเข้ามาช่วย เพิ่มแรงดันน้ำในระบบการกรอง โดยได้ทดลองสร้างแรมบีมทั้งหมดสองแบบด้วยกัน จากนั้นนำมา ทดลองได้ผลว่า แบบที่หนึ่งสามารถสร้างแรงดันน้ำได้ 0.7 - 1.0 บาร์ ซึ่งขึ้นกับการกำหนดอัตราการ ไหลของน้ำทางเข้าแรมบีม มีค่าประสิทธิภาพของปริมาณน้ำที่ได้เพิ่มแรงดันเทียบกับน้ำที่ทิ้งจาก เครื่องอยู่ที่ 10.3 - 10.95 เปอร์เซ็นต์ และแบบที่สองได้ออกแบบให้มีขนาดเล็กกว่าแบบแรก แต่มี ขนาดของกระบอกกลมที่ใหญ่กว่า เมื่อนำมาทดลองได้ผลว่าสามารถสร้างแรงดันน้ำได้ 1.2 - 2.0 บาร์ ซึ่งขึ้นกับอัตราการไหลของน้ำทางเข้าแรมบีม มีค่าประสิทธิภาพอยู่ที่ 15.8 - 15.1 เปอร์เซ็นต์

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ระบบควรมีการพัฒนาต่อไป ยังมีอีกหลายระบบและอุปกรณ์ต่างๆ ที่สามารถนำมาออกแบบ และประยุกต์ใช้ให้เข้ากับระบบนี้ได้ดียิ่งขึ้นไปอีก
2. โครงการนี้เป็นโครงการเกี่ยวกับน้ำฝน จึงต้องทำให้ทันช่วงการตกของฝน ถ้าฝนไม่ตกก็จะมี สามารถเก็บผลการทดลองที่ถูกต้องได้
3. การทำแกนหมุนของไดนาโมกับกังหัน ต้องมีความสมมาตรและตรงกัน ไม่เช่นนั้นอาจเกิด การส่ายและเหวี่ยงขณะที่กำลังหมุนได้
4. ระบบการกรองด้วยรีเวอร์สออสโมซิสยังใช้เวลาในการกรองมาก เนื่องจากแรงดันที่ได้จาก แรมบีมยังต่ำเกินไป ยังต้องพัฒนาแรมบีมที่สามารถให้แรงดันได้มากกว่านี้
5. อัตราการไหลของน้ำทางเข้าแรมบีม ระดับความสูงของหลังคา กับแรมบีม ระยะทางท่อจาก รางน้ำฝนมาที่แรมบีม ขนาดของกระบอกกลม ขนาดของแรมบีม มีผลต่อความดันของแรมบีมทั้งหมด

เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). 2560. ปริมาณฝน. [Online]. Available : <http://www.thaiwater.net/current/2016/drought59/body.html>
- [2] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2560. สถิติปริมาณฝน ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา พ.ศ. 2546 – 2558. [Online]. Available : <http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries27.html>
- [3] ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. 2560. การวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียเบื้องต้น บทที่ 1 แหล่งน้ำและคุณลักษณะของน้ำ. [Online]. Available : <http://www2.diw.go.th/Research/เอกสารเผยแพร่/1-Introduction-w.pdf>
- [4] NUCIFER. (นามแฝง). 2555. ประเภทของหลังคาและวัสดุบุหลังคา เรื่องควรรู้ก่อนสร้างบ้าน.[Online]. Available : <http://www.nucifer.com/2012/11/05/roof-k/>
- [5] น้ำผึ้ง วัฒนะสีมารกร. 2557. Solar Cell พลังงานทดแทนเพื่อบ้านประหยัดพลังงาน. [Online]. Available : <http://www.scgbuildingmaterials.com/th/HomeConsult/Blog/new-home/Solar-Cell-พลังงานทดแทนเพื่อบ้านประหยัดพลังงาน.aspx>
- [6] สุขยา ตันติเตมิท. 2559. นวัตกรรมสำหรับบ้านยุคใหม่! ‘Solar Roof’ กระเบื้องหลังคาโซลาร์เซลล์ เคลือบกระจก. [Online]. Available : <http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries27.html>
- [7] โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ. (นามแฝง). 2560. ชนิดของกังหันน้ำ. [Online]. Available : <https://sites.google.com/site/rongfifaphlangnganna/rong-fifa-phlangnganna/chnid-khxng-kanghan-na>
- [8] นิรนาม. (นามแฝง). 2015. 6.กังหันน้ำ. [Online]. Available : http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=1724&pageid=6&read=true&count=true
- [9] gasgenerator2013. (นามแฝง). 2556. หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า(Generator). [Online]. Available : <http://gasgenerator2013.exteen.com/20130322/generator>
- [10] savemotor. 2560. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า. [Online]. Available : http://www.savemotor.com/product_1069288_th
- [11] root66. (นามแฝง). 2551. หลักการทำงานของ Hydraulic Ram Pump (เครื่องตะบันน้ำ) อย่างละเอียด. [Online]. Available : <http://cpm-cm.com/webboard/index.php?topic=72.0>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [12] ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2555. โครงการ“การผลิตและการใช้งานระบบสูบน้ำเชิงกลสำหรับชุมชน”. [Online]. Available : <http://www.energy.mju.ac.th/download/ram%20pump.pdf>
- [13] สุวัฒน์ หนูคีรี. 2552. น้ำระบบ RO (REVERSE OSMOSIS) คืออะไร. [Online]. Available <http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum/index.php?topic=711.0>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้