เครื่องให้น้ำพืชอัตโนมัติแบบควบแน่นอากาศชื้น
Automatic Plant Watering by Condensing Humid Air

ธนพงษ์ เรืองวุฒิสาร
น้ำมนต์ เอี่ยมจันทร์
ปัญจชัย ต.วัฒนผล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เครื่องให้น้ำพืชอัตโนมัติแบบควบแน่นอากาศชื้น

Automatic Plant Watering by Condensing Humid Air

ธนพงษ์ เรืองวุฒิสาร
น้ำมนต์ เอี่ยมจันทร์
ปัญจชัย ต.วัฒนผล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC PLANT WATERING BY CONDENSING HUMID AIR

TANAPONG RUEANGVUTTISARN
NAMMOND EIAMCHAN
PANJACHAI T. WATTANAPHON

A THESIS SUMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADAMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องให้น้ำพืชอัตโนมัติแบบควบแน่นอากาศชื้น Automatic Plant Watering by Condensing Humid Air		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายธนพงษ์	เรืองวุฒิสาร	รหัสประจำตัว 56010519
	นางสาวน้ำมนต์	เอี่ยมจันทร์	รหัสประจำตัว 56010676
	นายปัญจชัย	ต.วัฒนผล	รหัสประจำตัว 56010737
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)		
หลักสูตร	วิศวกรรมเกษตร		
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ปีการศึกษา	2559		

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
ผศ.ดร. ประสันต์ ชุ่มใจหาญ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องให้น้ำพืชอัตโนมัติแบบควบแน่นอากาศชื้น

นักศึกษาผู้จัดทำ นายธนพงษ์ เรืองวุฒิสาร รหัสประจำตัว 56010519
นางสาวน้ำมนต์ เอี่ยมจันทร์ รหัสประจำตัว 56010676
นายปัญจชัย ต.วัฒนผล รหัสประจำตัว 56010737

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ประสันต์ ชุ่มใจหาญ

ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงงานวิศวกรรมเกษตรนี้เพื่อสร้างและทดสอบหาความสามารถในการผลิตน้ำจากการควบแน่นอากาศชื้น เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการให้น้ำพืชแบบอัตโนมัติในอาคาร และเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้กับชีวิตประจำวัน องค์ประกอบหลักของเครื่องให้น้ำพืชอัตโนมัติแบบควบแน่น ประกอบด้วย อุปกรณ์แผ่นเพลเทียร์สำหรับการทำความเย็น แรงดันไฟฟ้าที่ให้กับแผ่นเพลเทียร์มีค่าเท่ากับ 9 โวลต์ ด้วยระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบเป็นรอบ ทำให้เครื่องให้น้ำพืชอัตโนมัติแบบควบแน่นอากาศชื้นนี้สามารถผลิตน้ำได้ 10มิลลิลิตร/ชั่วโมง/แผ่นเพลเทียร์ และมีค่าไฟฟ้า 0.10 บาท/ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automatic Plant Watering by Condensing Humid Air		
Students	Mr. Tanapong	Rueangvuttisarn	Student ID. 56010519
	Ms. Nammond	Eiamchan	Student ID. 56010676
	Mr. Panjachai	T. Wattanaphon	Student ID. 56010737
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Prasan Choomjaihan		
Years	2016		

ABSTRACT

The objective of this agricultural project was to design and to fabricate the automatic watering system by condensing humid air (AWCHA). This equipment has been designed for automatically watering plant in working place. The main component of this equipment was the Peltier plate. The 9 voltage was applied to the Peltier plate with pulse action. The equipment produced 10 ml/h/plate with 0.10 Bht/h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี ต้องกราบขอบคุณ ผศ.ดร. ประสันต์ ชุ่มใจหาญ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และคอยช่วยเหลือแก่คณะผู้จัดทำเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณการร่วมมือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ให้กำลังใจ ให้ความรู้ ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ คือ บิดา มารดา ผู้ปกครอง อันเป็นที่รักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้จัดทำมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุกๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบคุณมาณ ที่นี้

ธนพงษ์ เรืองวุฒิสาร

น้ำมนต์ เอี่ยมจันทร์

ปัญจชัย ต.วัฒนผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		II
กิตติกรรมประกาศ		III
สารบัญ		IV
สารบัญตาราง		VI
สารบัญภาพ		VII
บทที่ 1 บทนำ		
1.1	ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา	1
1.2	วัตถุประสงค์	2
1.3	ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		
2.1	การทำงานของแผ่นเพลเทียร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	3
2.2	ความชื้นของอากาศ	4
2.3	กระบวนการการผลิตน้ำบนแผ่นเพลเทียร์	6
2.4	การปลูกพืชในอาคาร	11
บทที่ 3 ขั้นตอนการทดลองและการออกแบบ		
3.1	การทดลองเพื่อศึกษาหาความสามารถของแผ่นเพลเทียร์	18
3.2	การทดลองเปรียบเทียบวิธีการผลิตน้ำระหว่างแรงดันไฟต่ำและแรงดันไฟสูง	18
3.3	การออกแบบเครื่องให้น้ำพืชอัตโนมัติ	19
บทที่ 4 ผลการทดลอง		
4.1	การศึกษาเพื่อหาความสามารถของแผ่นเพลเทียร์ในการผลิตน้ำที่ระดับแรงดันต่างกัน	24
4.2	การเปรียบเทียบวิธีการผลิตน้ำระหว่างแรงดันไฟต่ำและแรงดันไฟสูง	25
4.3	การหาระยะเวลาในการผลิตน้ำ ที่แรงดันไฟฟ้า 9V แบบวัฏจักร	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง 27

5.2 ข้อเสนอแนะ 28

เอกสารอ้างอิง 29

ภาคผนวก 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 2.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่กำหนดไว้ 11

ตาราง ข.1 ปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นบนแผ่นเพลเทียร์ที่แรงดันต่างๆ 35

ตาราง ข.2 ปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นจากการทดลองแบบเป็นวัฏจักร 36

ตาราง ข.3 ปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นจากการทดลองแบบเป็นวัฏจักรแบบ 9 V 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปภาพที่ 2.1 โครงสร้างเบื้องต้นของแผ่นเพลเทียร์ 3
รูปภาพที่ 2.2 Hair Hygrometer 5
รูปภาพที่ 2.3 ไฮโกรมิเตอร์แบบกระเปาะเปียก – กระเปาะแห้ง 6
รูปภาพที่ 2.4 Psychrometric chart 7
รูปภาพที่ 2.5 ตารางความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในประเทศไทย 8
รูปภาพที่ 2.6 ตารางอุณหภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2558 9
รูปภาพที่ 2.7 การเกิดปริมาณหยดน้ำบนแผนภูมิ Psychrometric chart 9
รูปภาพที่ 2.8 ต้นกระบองเพชร 12
รูปภาพที่ 2.9 ต้นออมเงิน 12
รูปภาพที่ 2.10 ต้นลิ้นมังกรแคระ 13
รูปภาพที่ 2.11 ต้นไม้อากาศ 13
รูปภาพที่ 2.12 ต้นไม้ใบเงิน 14
รูปภาพที่ 2.13 เศรษฐีเรือนใน 14
รูปภาพที่ 2.14 ว่านหางจระเข้ 15
รูปภาพที่ 2.15 ต้นลิ้นมังกร 15
รูปภาพที่ 2.16 ไม้อวบน้ำ 16
รูปภาพที่ 2..17 ต้นไผ่ 16
รูปภาพที่ 2.18 ต้นไทร 17
รูปภาพที่ 3.1 ชุดการทดลอง 18
รูปภาพที่ 3.2 น้ำที่ถูกควบแน่นบนแผ่นเพลเทียร์ 19
รูปภาพที่ 3.3 การเกิดน้ำแข็งบนพื้นผิวของแผ่นเพเทียร์ 19
รูปภาพที่ 3.4 แผ่นเพลเทียร์ 20
รูปภาพที่ 3.5 ฮีทซิงค์และพัดลม 20
รูปภาพที่ 3.6 อะแดพเตอร์จ่ายไฟ 21
รูปภาพที่ 3.7 แผงวงจรควบคุมการจ่ายไฟเครื่องให้น้ำพืช 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปภาพที่ 3.8 อุปกรณ์ Booster step up 21

รูปภาพที่ 3.9 อุปกรณ์ Arduino 22

รูปภาพที่ 3.10 โปรแกรม Arduino 23

รูปภาพที่ 3.11 การออกแบบแท่นสำหรับติดตั้งระบบทำความเย็นและต้นไม้ 23

รูปภาพที่ 3.12 ลักษณะการออกแบบแท่นสำหรับติดตั้ง 23

รูปภาพที่ 4.1 กราฟแสดงอัตราการเกิดน้ำที่พื้นผิวของแผ่นเพลเทียร์ 24

รูปภาพที่ 4.2 กราฟแสดงการเกิดน้ำแบบวัฏจักร 25

รูปภาพที่ 4.3 กราฟแสดงปริมาณน้ำเฉลี่ยที่แรงดันไฟ 9 V แบบวัฏจักร 26

รูปภาพที่ 5.1 เครื่องให้น้ำพืชแบบอัตโนมัติแบบพร้อมใช้งาน 27

รูปภาพที่ ก.1 เครื่องให้น้ำพืชอัตโนมัติแบบเสียบลงดิน 32

รูปภาพที่ ก.2 ภาพการออกแบบภาชนะเครื่องให้น้ำพืช 32

รูปภาพที่ ก.3 ภาพการออกแบบระบบการให้น้ำพืชอัตโนมัติ ครั้งที่ 1 33

รูปภาพที่ ก.4 ภาพการออกแบบระบบการให้น้ำพืชอัตโนมัติ ครั้งที่ 2 33

รูปภาพที่ ก.5 ภาพการออกแบบระบบการให้น้ำพืชอัตโนมัติ ครั้งที่ 3 34

รูปภาพที่ ก.6 เครื่องให้น้ำพืชอัตโนมัติแบบควบแน่นอากาศชื้น 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

น้ำเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของพืชซึ่งในอดีตพืช ได้รับน้ำจากสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ เช่น ฝน น้ำจากแม่น้ำลำธาร หรือดินที่ชุ่มชื้น แต่อย่างไรก็ตามยังมีพืชที่ไม่ได้รับน้ำอย่างเพียงพอ ส่งผลให้พืชไม่เกิดการเจริญเติบโต จึงตอบสนองความต่อต้องการของมนุษย์ได้อย่างไม่ทั่วถึง มนุษย์จึงได้ริเริ่มให้น้ำพืช เพื่อให้พืชมีการเจริญเติบโตอย่างเพียงพอ

ในการปลูกพืชบนโต๊ะทำงาน หรือภายในอาคารมีจุดประสงค์เพื่อผ่อนคลายสายตา เพิ่มออกซิเจน สร้างความสดชื่น และเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่ร่มรื่นน่าอยู่ให้แก่คนในสังคมนั้นๆด้วย ซึ่งต้นไม้ที่นิยมปลูกบนโต๊ะทำงานได้แก่ต้นกระบองเพชร ต้นออมเงิน ตอนบอนสี ฯลฯ ซึ่งพืชเหล่านี้ มีความต้องการน้ำที่ค่อนข้างน้อย วิธีการให้น้ำพืชในปัจจุบันจึงเป็นแบบอย่างง่าย เช่น การใช้บัวรดน้ำ ใช้สเปรย์ฉีด หรือ การพรมน้ำธรรมดา

ซึ่งคณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงปัญหาและข้อบกพร่องของวิธีการให้น้ำพืชข้างต้น เช่น ต้องมีแหล่งน้ำ และเนื่องจากยังต้องใช้แรงคน ทำให้อาจเกิดปัญหาจากมนุษย์ เช่น การลืม การดูแลเอาใจใส่ไม่ทั่วถึงสม่ำเสมอ ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการออกแบบเครื่องให้น้ำ อัตโนมัติโดยอาศัยหลักการควบแน่น เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

นอกจากแหล่งน้ำที่ให้น้ำพืชตามธรรมชาติแล้ว ยังมีน้ำที่มีอยู่ทั่วไปในอากาศที่สามารถนำมาใช้ได้ ซึ่งประเทศไทยมีลักษณะอากาศแบบร้อนชื้น ทำให้มีปริมาณความชื้นในอากาศค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ได้อย่างสะดวก คณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้ประโยชน์จากน้ำในอากาศโดยอาศัยหลักการควบแน่นของน้ำในอากาศเพื่อให้เกิดหยดน้ำมาใช้ประโยชน์ในการให้น้ำกับพืช

เครื่องให้น้ำอัตโนมัติที่อาศัยหลักการควบแน่นในการให้น้ำพืชนั้น ถือเป็นทางเลือกใหม่ สำหรับการให้น้ำพืชในยุคปัจจุบัน ซึ่งน้ำที่ได้จากการควบแน่นของน้ำในอากาศนั้น จะมีความบริสุทธิ์สูง ทำให้อุปกรณ์ไม่เกิดการชำรุดเสียหาย จากการกัดกร่อนของสิ่งเจือปนในน้ำเหมือน อุปกรณ์อื่นอีกทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายสำหรับการให้น้ำพืชอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1) ออกแบบและสร้างเครื่องให้น้ำพืชอัตโนมัติโดยอาศัยหลักการควบแน่น

2) ทดสอบศักยภาพของเครื่องให้น้ำพืชอัตโนมัติแบบควบแน่นอากาศชื้น

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1) ออกแบบและสร้างเครื่องให้น้ำพืชที่ลดความสิ้นเปลืองน้ำจากแหล่งน้ำทั่วไป

2) ออกแบบเครื่องให้น้ำพืชที่ใช้งานได้ในอาคารหรือบนโต๊ะทำงาน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้สิ่งประดิษฐ์ที่สามารถให้น้ำพืชที่ตอบสนองต่อความต้องการในปัจจุบัน

2) สามารถนำสิ่งประดิษฐ์ที่ได้มาทดแทนกับวิธีการให้น้ำพืชในปัจจุบันที่สิ้นเปลืองน้ำและแรงงานคน

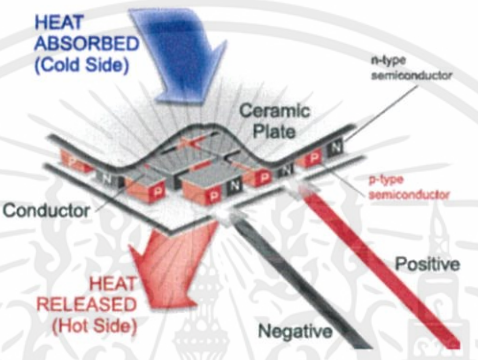
3) ให้แนวทางในการออกแบบ และพัฒนาเครื่องให้น้ำพืชชนิดอื่นๆ ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทำงานของแผ่นเพลเทียร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 หลักการทำงานของแผ่นเพลเทียร์



รูปภาพที่ 2.1 แสดง โครงสร้างเบื้องต้นของแผ่นเพลเทียร์

หลักการทำงานของแผ่นเพลเทียร์นั้น ใช้หลักการทำความเย็นแบบ เทอร์โมอิเล็กทริค (Thermoelectric) หลักการนี้เกิดขึ้นได้โดยการใช้สารกึ่งตัวนำแบบ P-N Type ซึ่งเป็น ส่วนประกอบหลักของแผ่น โดยการทำความเย็นจะเกิดขึ้นเมื่อมีการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current : DC) ให้กับแผ่น เพราะเมื่อกระแสไฟฟ้าเดินทางผ่านวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำแล้ว จะก่อให้เกิดการทำปฏิกิริยาขึ้น เป็นการดูดกลืนกันของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากระดับพลังงานต่ำซึ่งคือด้านสารกึ่งตัวนำแบบ P ไปยังระดับพลังงานที่สูงกว่าทางด้านสารกึ่ง ตัวนำแบบ N กระบวนการดังกล่าวส่งผลให้ผิวที่ด้านหนึ่งของแผ่นเพลเทียร์มีการดูดพลังงาน ความร้อน ซึ่งได้จากความร้อนที่อยู่บริเวณรอบๆ เมื่อความร้อนในบริเวณรอบๆถูกดูดเข้ามา ทำให้ในบริเวณนั้นมีอุณหภูมิต่ำลง ซึ่งเป็นด้านที่ทำความเย็นนั้นเอง และในขณะเดียวกัน จะเกิดการดูดกลืนของอิเล็กตรอนจากระดับพลังงานที่สูงในสารกึ่งตัวนำแบบ N สู่ระดับพลังงานที่ต่ำกว่าในสารกึ่งตัวนำแบบ P ส่งผลให้เกิดการคายความร้อนออกมาที่บริเวณผิวของอีกด้านหนึ่ง

การในนำแผ่นเพลเทียร์มาใช้งานจริงเพื่อการทำความเย็น โดยทั่วไปจะมีการนำไปใช้ใน ทำความเย็นให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบเฉพาะจุด รวมไปถึงการให้ความเย็นในลักษณะของตู้เย็นขนาดเล็กสำหรับแช่เครื่องดื่ม ตลอดจนตู้เย็นมินิบาร์ ความจุประมาณ 1.6-1.8 ซึ่งเป็นการนำมาใช้งานทดแทนคอมเพรสเซอร์ แต่ในปัจจุบัน ประสิทธิภาพการทำความเย็นของแผ่นทำความเย็นเพลเทียร์ ยังเป็นรองระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์ ซึ่งอาจไม่เหมาะกับการแช่อาหารเพื่อคงความสด แต่ยังสามารถใช้เก็บรักษายาหรือเวชภัณฑ์ทางการแพทย์

2.2 ความชื้นของอากาศ

ความชื้นของอากาศ คือ ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศบริเวณใดบริเวณหนึ่ง ซึ่งมีสัดส่วนที่แตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่ ถ้าอากาศมีความชื้นต่ำ น้ำจะเกิดการระเหยเข้าสู่อากาศได้มาก เสื้อผ้าที่ตากไว้จะแห้งเร็ว แต่ถ้าอากาศมีความชื้นสูง น้ำจะระเหยเข้าสู่เอากาศได้น้อย เสื้อผ้าที่ตากไว้จะแห้งช้า ขณะที่น้ำเกิดการระเหยจะทำให้อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมลดต่ำลง เนื่องจากน้ำที่ระเหยจะดูดความร้อนจากสิ่งต่างๆไปใช้ในการระเหยนั่นเอง เช่น อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกลดต่ำลง อุณหภูมิของน้ำในดินเผาลดต่ำลง เป็นต้น การที่น้ำในดินเผาเย็นกว่าน้ำที่เก็บในภาชนะอื่นนั้น เนื่องจากดินเผามีลักษณะรูพรุน ซึ่งน้ำสามารถระเหยออกมาได้ จึงทำให้อุณหภูมิและน้ำลดต่ำลง

อากาศอิ่มตัว คือ อากาศที่มีไอน้ำอยู่เต็มที่และไม่สามารถรับเพิ่มได้อีกแล้ว ณ อุณหภูมิหนึ่ง

2.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการระเหยของสิ่งต่างๆ

1. อุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การระเหยจะเกิดเร็วขึ้น
2. พื้นที่ผิว ถ้าพื้นที่ผิวหน้ามากขึ้นการระเหยจะเกิดได้ดี
3. ความชื้นในอากาศ ถ้าในอากาศมีความชื้นสูง การระเหยจะเกิดได้ยาก
4. ชนิดของสารของเหลวที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูงจะมีค่าความร้อนแฝงสูงกลายเป็นไอได้ยาก ความดันไอต่ำ แต่จุดเดือดสูง

เมื่อสิ่งแวดล้อมต่างๆได้รับความร้อน น้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ จะระเหยกลายเป็นไอน้ำลอยอยู่ในอากาศปะปนกับแก๊สต่างๆ ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศนี้ เรียกว่า **ความชื้นของอากาศ**

2.2.2 การวัดความชื้นของอากาศ

มีวิธีบอกค่าความชื้นของอากาศได้ 2 วิธี คือ

1) ความชื้นสัมบูรณ์ (absolute humidity) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำอากาศกับปริมาตรของอากาศนั้น ณ อุณหภูมิเดียวกัน มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (g / m^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นสัมบูรณ์ (AH) = มวลของไอน้ำในอากาศ / ปริมาตรของอากาศ ณ อุณหภูมิเดียวกัน

2) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) คือ ปริมาณเปรียบเทียบระหว่างมวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศขณะนั้นกับมวลไอน้ำในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิและปริมาตรเดียวกัน (นิยมบอกค่าความชื้นสัมพัทธ์เป็นร้อยละ)

ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) = (มวลของไอน้ำที่มีอยู่จริง × 100) / มวลของไอน้ำในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิและปริมาตรเดียวกัน

2.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้วัดความชื้นของอากาศ

การหาค่าความชื้นในอากาศวัดเป็นความชื้นสัมพัทธ์โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า **ไฮโกรมิเตอร์** (hygrometer) ซึ่งมีทั้งแบบเส้นผมและแบบกระเปาะเปียก – กระเปาะแห้ง

1. <u>ไฮโกรมิเตอร์แบบเส้นผม</u> ใช้หลักการยืดหดตัวของเส้นผม (เส้นผมที่สะอาดปราศจากไขมัน) ถ้าค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงเส้นผมจะยืดตัวออก เมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเส้นผมจะหดตัวสั้นลง

รูปภาพที่ 2.2 แสดง Hair Hygrometer

2. **ไฮโกรมิเตอร์แบบกระเปาะเปียก – กระเปาะแห้ง** หรือไซโครมิเตอร์ (Psychrometer) ประกอบด้วยเทอร์มอมิเตอร์ 2 อัน กระเปาะเทอร์มอมิเตอร์อันหนึ่งหุ้มด้วยผ้าชื้น จึงเรียกว่า กระเปาะเปียก ผลต่างระหว่างอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกจะสามารถนำมาคำนวนค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพที่ 2.3 แสดงไฮโกรมิเตอร์แบบกระเปาะเปียก – กระเปาะแห้ง

2.3 กระบวนการการผลิตน้ำบนแผ่นเพลเทียร์

2.3.1 การเปลี่ยนสถานะของน้ำ

สารโดยทั่วไปแล้วในธรรมชาติจะมี 3 สถานะคือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ซึ่งการเปลี่ยนสถานะของระบบนั้น จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ คายความร้อน เป็นการถ่ายเทพลังงานจากระบบสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้สิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงขึ้น และการดูดความร้อน เป็นถ่ายเทพลังงานจากสิ่งแวดล้อมสู่ระบบ ทำให้สิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิลดลง

น้ำในอากาศสามารถเปลี่ยนสถานะหนึ่งไปอีกสถานะหนึ่งได้ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดันอากาศ การเปลี่ยนสถานะของน้ำมีการคายความร้อน โดยที่ไม่ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เรียกว่า ความร้อนแฝง (Latent Heat) ความร้อนแฝงมีหน่วยวัดเป็นแคลอรี่ ซึ่ง 1 แคลอรี่ จะเท่ากับ ปริมาณความร้อนซึ่งทำน้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำจะมีพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้องดังนี้

1. การหลอมเหลว เป็นการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว
2. การกลายเป็นไอ เป็นการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊ส
3. การแข็งตัว เป็นการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง หรือ แก๊สเป็นของแข็ง โดยมีการคายพลังงานออกมา
4. การควบแน่น เป็นการเปลี่ยนสถานะจากแก๊สเป็นของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 หลักการควบแน่น

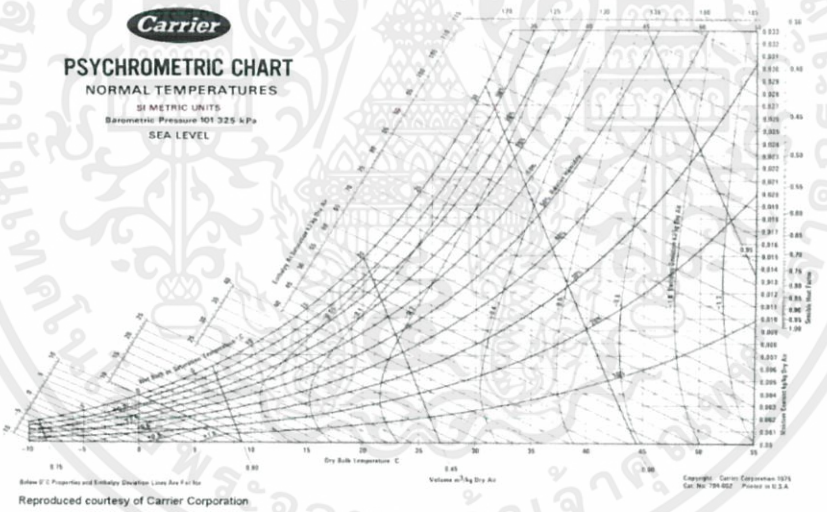
<u>การควบแน่น (Condensation)</u>

เป็นการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารเชิงกายภาพจากสถานะแก๊สเป็นสถานะของเหลว โดยมักเกิดเมื่อก๊าซนั้น สูญเสียพลังงานความร้อนได้แก่ไอน้ำ เปลี่ยนแปลงสถานะเป็นน้ำ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ตรงกันข้ามกับการระเหย

<u>การแข็งตัว (Freezing)</u>

คือกระบวนการการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร จากของเหลว กลายเป็นของแข็ง โดยมักเกิดเมื่อของเหลวนั้นๆ สูญเสียความร้อนหรือพลังงานได้แก่ น้ำเปลี่ยนแปลงสถานะเป็นน้ำแข็ง โดยของแข็งนั้นสามารถเปลี่ยนสถานะกลับเป็นของเหลวได้ เมื่อได้รับพลังงานหรือความร้อน

2.3.3 แผนภูมิอากาศชื้น (Psychrometric Chart)



รูปภาพที่ 2.4 แสดง Psychrometric chart

<u>Psychometric Chart</u> คือ กราฟแสดงค่าของอุณหภูมิในสภาวะปกติ เพื่อทำการคำนวณค่า เกี่ยวกับอุณหภูมิ เช่น ระบบการควบคุม อุณหภูมิ หรือการควบคุมความชื้น เป็นต้น ซึ่งการที่เราจะอ่านค่าได้ต้องทราบค่าที่แสดงในกราฟ ซึ่งมีดังนี้

<u>Dry Bulb Temperature</u> คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียสเส้นแนวตั้งจากในกราฟแสดงตั้งแต่ -10 จนไปถึง 55 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wet Bulb Temperature คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียก มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส แสดงที่เส้นโค้งนอกสุดที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 100% เนื่องจากอุณหภูมิกระเปาะเปียกคือสภาวะที่แสดงอุณหภูมิที่มีค่าความชื้นมากที่สุดคือ 100%

Dew point temperature คือ อุณหภูมิที่เมื่ออากาศชื้นถูกทำให้เย็นลงขณะที่ปริมาณไอน้ำยังคงที่ การลดอุณหภูมิถึงจุดหนึ่ง จะทำให้ไอน้ำเกิดการอิ่มตัว และกลั่นตัวควบแน่นเป็นหยดน้ำ (condensate) ที่ความดันบรรยากาศ (atmospheric pressure) คงที่

Relative Humidity คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ แสดงเป็น % ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างอุณหภูมิ กระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง แสดงที่เส้นโค้งในแนวนอน ตั้งแต่ 0-100%

Moisture content หรือค่า W คืออัตราส่วนความชื้น มีหน่วยเป็น kg/kg คือเส้นในแนวนอน แสดงตั้งแต่ 0.001 – 0.033 kg/kg

ความชื้นสัมพัทธ์กับฤดูกาล

ฤทัย เพลงวัฒนา
นักวิชาการ สาขาโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ภาค	ฤดู		
	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
เหนือ	73	62	81
ตะวันออกเฉียงเหนือ	69	65	80
กลาง	71	69	79
ตะวันออก	71	74	81
ใต้ฝั่งตะวันออก	81	77	78
ใต้ฝั่งตะวันตก	77	76	84
เฉลี่ย	73.8	72.2	80.4

http://www.tmd.go.th/

ตาราง 1 แสดงสถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%) ของประเทศไทยในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

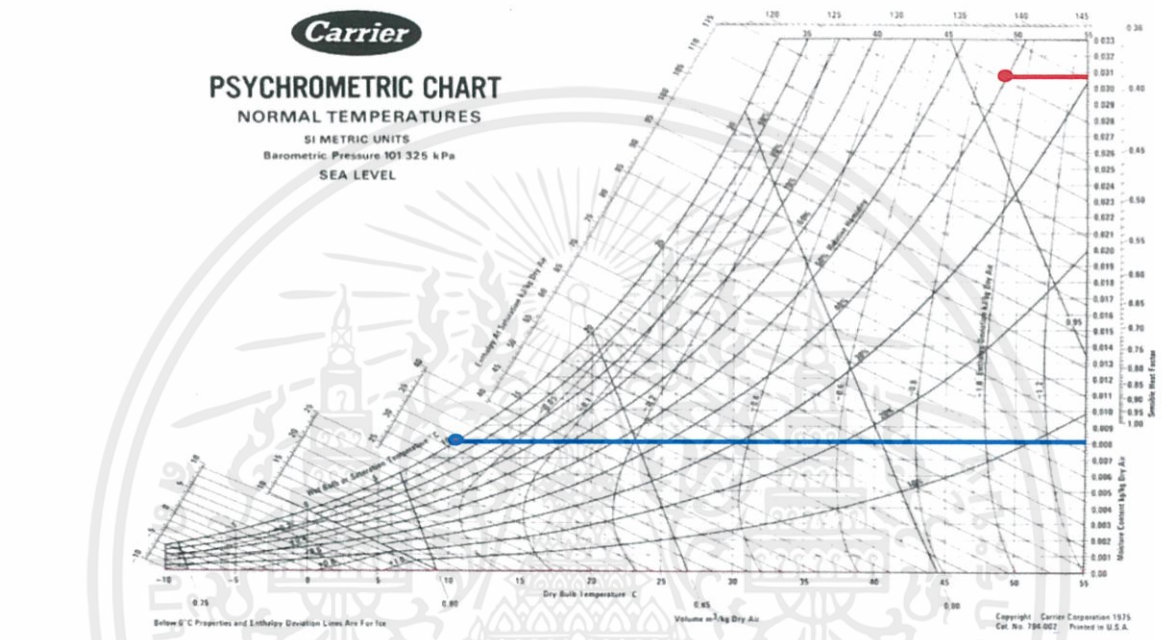
รูปภาพที่ 2.5 แสดงตารางความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในประเทศไทย

ข้อมูลภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2558													
เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ทั้งปี
อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย	32.1	33.9	34.8	35.6	36.3	35.3	34.6	34.7	34.1	33.0	34.4	33.4	34.35
อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย	22.5	24.9	26.8	26.9	28.0	26.7	26.8	26.8	26.0	25.8	26.4	25.0	26.05
ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย	3.5	16.8	183.9	128.9	82.5	459.0	220.8	50.5	352.4	334.2	34.9	42.7	1,910.1
จำนวนวันฝนตก	4	3	6	10	7	12	13	8	21	20	7	2	113

รูปภาพที่ 2.6 แสดงตารางอุณหภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำค่าอุณหภูมิกะเปาะแห้ง กับความชื้นสัมพัทธ์ในประเทศไทยมาทำการพล็อตกราฟที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง เท่ากับ 50 องซาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ เท่ากับ 40% จะได้อุณหภูมิจุดน้ำค้างเท่ากับ 32 องศาเซลเซียส อัตราส่วนความชื้นเท่ากับ 0.031kg/kg และเมื่อทำการลดอุณหภูมิของเครื่องให้ต่ำลงถึง 10 องศาเซลเซียส ความชื้นในอากาศคงที่ ปริมาณไอน้ำที่เกิดขึ้นจะเท่ากับ 0.008kg/kg ดังนั้นปริมาณหยดน้ำจากจุดเริ่มถึงจุดสุดท้ายที่ได้จากกระบวนการเท่ากับ 0.031-0.008 = 0.023 kg/kg ได้ดังรูปภาพที่ 2.7



รูปภาพที่ 2.7 แสดงการเกิดปริมาณหยดน้ำบนแผนภูมิ Psychrometric chart

2.3.4 อุปกรณ์ทำความเย็น

2.3.4.1 ระบบทำความเย็นโดยแหล่งพลังงานทางกล

หลักการทำความเย็นเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นที่หนึ่ง ซึ่งต้องการทำความเย็นโดยความร้อนจะถูกส่งผ่านน้ำยาจากนั้นน้ำยาจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศภายนอกพื้นที่ ซึ่งน้ำยาจะเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยกระบวนการอัดน้ำยาให้เป็นไอ กระบวนการควบแน่น กระบวนการขยายตัว และกระบวนการระเหย ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะเกิดตามส่วนต่าง ๆ ของระบบ เช่น ที่คอมเพรสเซอร์ ที่คอนเดนเซอร์ที่อุปกรณ์ควบคุมการไหล เป็นต้น ดังนั้นการเรียนรู้เกี่ยวกับหลักการทำความเย็นในที่นี้ จึงเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ระบบทำความเย็นได้ถูกต้อง และสามารถซ่อมบำรุงระบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำความเย็น (Refrigeration) คือกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นที่หรือ วัตถุที่ต้องการทำความเย็น หรือเป็นกระบวนการลดอุณหภูมิ และรักษาอุณหภูมิของพื้นที่หรืออุปกรณ์ ที่ต้องการทำความเย็นให้ต่ำ กว่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบ

ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression System)

ระบบทำความเย็นและปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบัน อาศัยการทำงานแบบอัดไอน้ำยาทำความเย็นด้วยคอมเพรสเซอร์ เพื่อนำน้ำยาที่ทำความเย็นแล้วกลับมาใช้อีก น้ำยาทำความเย็นจะไหลเวียนภายในระบบปิดอยู่ตลอดเวลา ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก คือ คอยล์เย็น คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ และอุปกรณ์ควบคุมการไหล ซึ่งอุปกรณ์แต่ละส่วนมีหน้าที่ดังนี้

Evaporator ทำหน้าที่ดูดความร้อนจากพื้นที่ หรือวัตถุที่ต้องการทำความเย็นไปใช้ในการเดือดกลายเป็นไอของน้ำยา

Compressor ทำหน้าที่ดูดน้ำยาให้ไหลเวียนภายในระบบพร้อมกับอัดไอน้ำยาที่มีความดันต่ำ ให้เป็นไอน้ำยาที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง

Condenser ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับไอน้ำยาที่มี อุณหภูมิสูง ออกสู่อากาศภายนอกระบบ เมื่อไอน้ำยาได้รับการระบายความร้อนจะเกิดการควบแน่นเป็นน้ำยาเหลว

Expansion Valve ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาที่ไหลเข้าคอยล์เย็น

2.3.4.2 ระบบทำความเย็นโดยแหล่งพลังงานทางไฟฟ้า

คุณสมบัติจากแผ่นเพลเทียร์

1. เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงเข้าตัวอุปกรณ์ จะทำให้อุปกรณ์เกิดการถ่ายเทพลังงานความร้อนขึ้นทำให้ด้านหนึ่งร้อนและอีกด้านหนึ่งเย็น ซึ่งด้านร้อนมีอุณหภูมิถึง 90 องศา ดังนั้นจึงควรมีแผ่นระบายความร้อนไม่ให้ร้อนจนเกิดความเสียหายขึ้นได้ ส่วนด้านเย็น จะเย็นที่อุณหภูมิตั้งแต่ลบ 5 ถึงลบ 10 องศาเซลเซียสขึ้นอยู่ที่ประสิทธิภาพการระบายความร้อนที่Heat sink เนื่องจากการทำความเย็นที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และไม่ต้องใช้น้ำยาทำความเย็น จึงมีการนำมาใช้งานความเย็น มาทำการหล่อเย็นกับอุปกรณ์ต่างๆมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อทำให้ด้านหนึ่งร้อนและด้านหนึ่งเย็นจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าออกมาจากตัวอุปกรณ์เป็นกระแสตรง มักนิยมมาใช้พลังงานความร้อนที่เหลือทิ้งให้กลับมาเป็นไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้งานต่อไป เช่น การทำให้หลอดไฟติด
3. ไม่มีเสียงและการเคลื่อนไหวในขณะที่ทำงาน จึงไม่เกิดเสียงรบกวนจากตัวอุปกรณ์
4. มีขนาดเล็กและง่ายในการทำความเย็น
5. อายุการใช้งานนานนับ 10 ปี
6. น้ำหนักเบาและมีขนาดเล็ก

2.4 การปลูกพืชในอาคาร

คุณภาพอากาศภายในอาคาร

คือสภาพของอากาศในบริเวณหนึ่งๆ ภายในอาคารหรือที่พักอาศัย โดยที่สภาพอากาศที่ดีจะมีเงื่อนไข คือ **ความสุขสบาย**ของคนที่อยู่บริเวณนั้นๆ นั่นคืออุณหภูมิของอากาศ,ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วของลมของอากาศในบริเวณนั้นๆ ที่ยอมรับได้

ปัจจัยคุณภาพอากาศ	ค่ามาตรฐานที่กำหนด
อุณหภูมิ	23-26 องศาเซลเซียส
ความชื้นสัมพัทธ์	30-60%

ที่มา: **ผศ.ดร. นภดนัย อาชวาคม** คุณภาพอากาศภายในอาคาร

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ ของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ที่กำหนดไว้

ความต้องการน้ำของต้นไม้ในอาคาร

น้ำเป็นปัจจัยหลักสำหรับการเพาะปลูกพืช ภายใต้สภาพการปลูกพืชที่มีน้ำเพียงพอ ธาตุอาหาร อุดมสมบูรณ์ พืชสามารถสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโต ในการปลูกพืชตึงต้อง ได้รับน้ำอย่างเพียงพอ โดย พืชที่ปลูกในอาคารเช่น ต้นกระบองเพชร ต้นไม้อากาศ เศรษฐีเรือนใน และว่านหางจระเข้ นิยมให้น้ำต้นไม้ เฉลี่ยในปริมาณ 65 มิลลิลิตร ต่อ 1 วัน หรือ หยดน้ำประมาณ 320 หยด มีปริมาณที่ไม่มากเกินความสามารถในการนำน้ำในอากาศชื้นมาใช้ประโยชน์ในการให้น้ำต้นไม้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นกระบอกเพชร

รูปภาพที่ 2.8 แสดงต้นกระบองเพชร

“กระบองเพชร” (Cactus) เป็นพรรณไม้ขนาดเล็กถึงปานกลาง ลักษณะต้นเตี้ยๆ แลดูน่ารัก มีรูปทรงหลากหลายไม่ว่าจะเป็นทรงกลม ทรงเหลี่ยม หรือรูปร่างแปลกๆ แตกต่างกันออกไปแล้วแต่สายพันธุ์

แต่ลักษณะเด่นที่เรียกได้ว่าเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของเจ้ากระบองเพชรเลยก็คือ ขนหรือหนามแหลมคมที่ปกคลุมอยู่รอบต้น ซึ่งหนามเหล่านี้ก็หนาบาง มีขนาดเล็กใหญ่ต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิดของสายพันธุ์ การปลูกก็ไม่ยากเหมือนต้นไม้สวยงามที่เราเห็นอยู่ทั่วไป เพราะสามารถทนต่อสภาพอากาศที่ร้อน (แบบเมืองไทยเราได้ดี) หรือพูดง่ายๆ ว่าชอบแสงแดดนั่นเอง ดูแลรักษาง่าย

ต้นออมเงิน

รูปภาพที่ 2.9 แสดงต้นออมเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรรณไม้ใบสีเขียวคล้ายใบบอน พิเศษที่เส้นลายใบของออมเงินเป็นสีขาว ส่วนออมทองเป็นสีเหลือง ควรพาออกไปตากแดดบ้าง รดน้ำเป็นประจำ มีประโยชน์ในเรื่องช่วยดูดซึมสารพิษ และด้วยชื่อของพรรณไม้ที่บ่งบอกในเรื่องของการประหยัดอดออม

ลิ้นมังกรแคระ

รูปภาพที่ 2.10 แสดงต้นลิ้นมังกรแคระ

มีลักษณะใบเป้นแท่งกลมยาว หรือใบแบนกว้างปลายแหลมแข็ง ที่บริเวณขอบใบเรียบ สีสันของใบลิ้นมังกรจะมีตั้งแต่สีเขียวซีดไปจนถึงสีเขียวเข้ม นอกจากนี้ใบของมันยังมีลายสวยงามเป็นเอกลักษณ์

เป็นต้นไม้ที่ทนทาน ทนได้ทั้งอากาศร้อน อากาศเย็น แสงมากหรือแสงน้อย ต้องการน้ำไม่มากรดให้ชุ่มวันละ 1 ครั้งในตอนเช้า สามารถขยายพันธุ์ได้โดยตัดหน่อที่แตกออกมาแล้วนำไปปลูก

ต้นไม้อากาศ

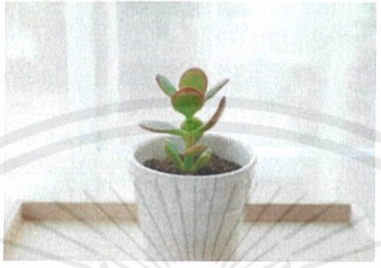
รูปภาพที่ 2.11 แสดงต้นไม้อากาศ

ต้นไม้อากาศสามารถเจริญเติบโตได้โดยไม่ต้องลงดิน ใบของมันมีลักษณะอวบกลม และเรียวยาวเหมือนแมงมุม ใบมีหน้าที่ยึดเกาะตามพื้นดินแห้งๆ เพื่อรับสารอาหารแทนราก วิธีการดูแลให้พ่นน้ำเพียง 1-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งต่อวัน แต่ละสัปดาห์ให้นำพืชไปแช่ในน้ำประมาณ40นาที แล้วนำมาวางไว้บนผ้าหนาๆ ผึ่งให้แห้งแล้วนำออกไปตั้งรับแสงแดดบ้างในบางวัน

ต้นใบเงิน



รูปภาพที่ 2.12 แสดงต้นใบเงิน

ต้นไม้สวรรค์หรือต้นใบเงิน เป็นต้นไม้ที่มีใบอวบ กลม ออกใบซ้อนกัน และมีขนาดเล็ก ส่วนลำต้นตั้งตรงและเป็นทรงพุ่ม ออกดอกสีขาวและชมพู เป็นไม้ที่ชอบดินแห้ง ทนร้อนทนแล้งได้ในระดับปานกลาง มีสายพันธุ์มากกว่า300สายพันธุ์ วิธีการดูแล รดน้ำในตอนเช้าวันละ1ครั้ง ถ้าสังเกตเห็นดินแห้งผิดปกติค่อยรดน้ำ ให้นำออกไปตากแดดอ่อนๆยามเช้า อย่าให้โดนแดดแรงทั้งวัน

เศรษฐีเรือนใน

รูปภาพที่ 2.13 แสดงเศรษฐีเรือนใน

เป็นต้นไม้ที่ไม่ดูดซับสารพิษ เหมาะกับการนำมาปลูกเป็นไม้ประดับไว้ในบ้านหรือแม้กระทั่งบนโต๊ะทำงาน มีลักษณะเป็นใบเรียวยาว แบน พลิ้วไหว และเป็นทรงพุ่ม คล้ายขาแมงมุมหรือปีกเครื่องบิน ตรงกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบมีเส้นสีขาวยาวตลอดทั้งใบ วิธีการดูแลคือให้ปลูกในกระถางที่มีดินร่วนซุย รดน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง นำออกไปรับแสงแดดอ่อน

ว่านหางจระเข้

รูปภาพที่ 2.14 แสดงว่านหางจระเข้

จัดเป็นไม้ล้มลุก ลำต้นข้อปล้อง ลักษณะใบอวบหนา และมีหนาม แถมภายในยังมีวุ้นใสๆ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สารพัด นอกจากนี้ยังมีสายพันธุ์มากกว่า 300 สายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีลักษณะสวยงามแตกต่างกันออกไป ทั้งยังจัดเป็นพืชสมุนไพรที่นิยมนำมาปลูกประดับไว้ในบ้าน แต่ถ้าหากนำมาประดับบนโต๊ะทำงาน ให้เลือกสายพันธุ์ขนาดเล็ก วิธีการดูแลรดน้ำปานกลางหรือสังเกตดูความชุ่มชื้นของดิน ถ้าดินแห้งเกินไปก็ให้รดน้ำใหม่ นำไปตั้งให้โดนแดดในบางครั้ง

ลิ้นมังกร

รูปภาพที่ 2.15 แสดงลิ้นมังกร

เป็นต้นไม้อีกชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติอยู่ในกลุ่มของต้นไม้ดูดซับสารพิษ เหมาะกับการนำมาปลูกไว้ในอาคาร หรือวางไว้บนโต๊ะทำงานเพื่อสร้างความสดชื่น มีความหมายมงคลที่ช่วยปกป้องคุ้มครองเราจากสิ่งชั่วร้าย อีกทั้งเป็นไม้ประดับที่เลี้ยงง่าย ไม่ต้องดูแลให้มาก มีลักษณะใบเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ใบเรียวยาว และหนา วิธีการดูแลให้น้ำเพียงวันละ1 ที่โคนต้น ชอบแสงน้อย แม้ไม่มีเวลานำออกไปตากแดดก็อยู่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม้อวบน้ำ

รูปภาพที่ 2.16 แสดงไม้อวบน้ำ

ไม้อวบน้ำ (Succulents) มีลักษณะใบอวบอิ่มน้ำ สร้างความสดชื่นได้ตลอดเวลา ใบของมันกักเก็บน้ำเอาไว้เลยไม่จำเป็นที่จะต้องรดน้ำมาก สามารถอยู่ได้แม้ในอากาศร้อนและแล้ง มีมากมายหลากหลายสายพันธุ์ ส่วนมากจะมีขนาดเล็ก เหมาะกับการนำมาวางไว้บนโต๊ะทำงาน วิธีการดูแลให้รดน้ำเพียงสัปดาห์ละ 1ครั้ง นำเอาออกมาตั้งให้โดนแดดบ้าง และอย่ารดน้ำในตอนที่อากาศชื้น เพราะอาจเน่าตายได้

ไผ่

รูปภาพที่ 2.17 แสดงต้นไผ่

ไม้ยืนต้นที่ขึ้นเป็นกอ ลักษณะลำต้นเป็นข้อปล้อง มีใบเดี่ยว และเรียวยาว สายพันธุ์ที่นิยมนำมาปลูกเพื่อประดับบนโต๊ะทำงาน นั่นคือ ไผ่กวนอิม เนื่องจากมีขนาดเล็ก ดูแลง่าย และเป็นต้นไม้มงคลที่นำโชคเรื่องเงินทอง วิธีการดูแล ดูแลรดน้ำปานกลาง อยู่ได้แม้ในทีที่มีแสงน้อย ให้ปุ๋ยเดือนละ 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไทร

รูปภาพที่ 2.18 แสดงต้นไทร

สายพันธุ์ของต้นไทรที่เหมาะนำมาประดับบนดต๊ะทำงานได้แก่ พันธุ์แคระ ไทรจัดว่าเป็นไม้พุ่มผลัดใบ ลักษณะใบเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ส่วนลักษณะของใบมีหลากหลายรูปแบบจะแตกต่างกันออกไปตามแต่ละสายพันธุ์ ทั้งใบเรียวรูปไข่และใบกลมมน ทนต่อสภาวะอากาศ แม้บริเวณที่มีแสงสาดส่องตลอดทั้งวัน วิธีการดูแล เป็นต้นไม้ที่ต้องการน้ำน้อย ชอบดินแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

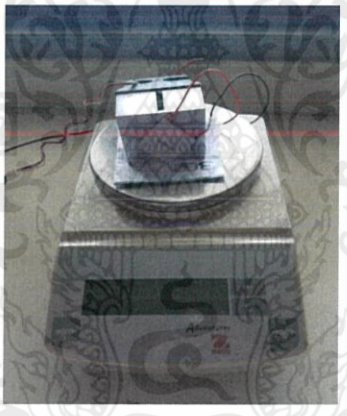
บทที่ 3

ขั้นตอนการทดลองและการออกแบบ

3.1 การทดลองเพื่อศึกษาหาความสามารถของแผ่นเพลเทียร์ในการผลิตน้ำที่ระดับแรงดันต่างๆ

ทำการทดลองโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ขนาด 4x4 cm มาให้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟแบบปรับแรงดันไฟฟ้าได้ ที่แรงดันไฟฟ้า 6, 7.5, 9, 10.5, และ 12 V เพื่อหาว่าแรงดันไฟฟ้าใดที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดการควบแน่นของอากาศจนกลายเป็นหยดน้ำ

โดยทำการทดลองโดยการติดตั้งชุดการทดลอง (แผ่นเพลเทียร์, ฮีตซิงค์และพัดลม) ไว้บนเครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 2 ตำแหน่ง และทำการให้พลังงานไฟฟ้าสู่ระบบเป็นเวลา 25 min ที่อุณหภูมิห้อง 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70% เพื่อหามวลน้ำที่เกิดขึ้นที่แรงดันไฟฟ้าค่าต่างๆ

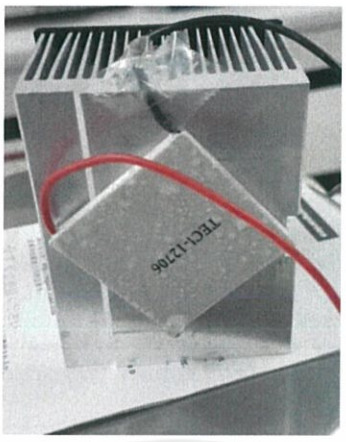


รูปภาพที่ 3.1 ชุดการทดลอง

3.2 การทดลองเปรียบเทียบวิธีการผลิตน้ำระหว่างแรงดันไฟต่ำและแรงดันไฟสูง

การทดลองที่แรงดันไฟฟ้าต่ำ จะใช้ทำการหาปริมาณน้ำโดยการวัดน้ำหนักของน้ำที่เกิดขึ้นที่พื้นผิวของแผ่นเพลเทียร์ โดยที่พื้นผิวของแผ่นนั้นจะมีการเกิดการพอกพูนของน้ำ (Deposition) และหาเวลาที่น้ำหยดลงจากแผ่นมา ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาพที่ 3.2 น้ำที่ถูกควบแน่นบนแผ่นเพลเทียร์

ที่แรงดันไฟสูง (แรงดันที่ทำให้เกิดน้ำแข็ง) หาปริมาณน้ำโดยให้แรงดันไฟสูงจนผิวของแผ่นเพลเทียร์กลายเป็นน้ำแข็งและหยุดการให้แรงดันไฟ (1 min) ทำให้อุณหภูมิของแผ่นเพลเทียร์กลับมาสู่อุณหภูมิปกติ ส่งผลให้น้ำแข็งละลายจนเกิดหยดน้ำ เมื่อไม่มีการหยดของน้ำแล้วจึงเริ่มให้แรงดันไฟใหม่ (3 min) กลายเป็นวัฏจักร

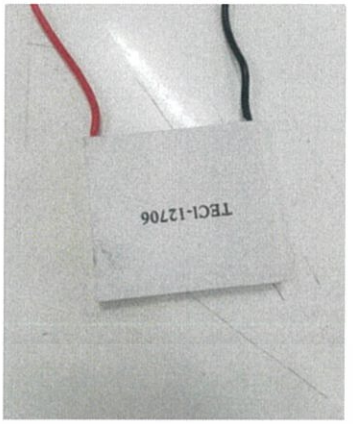
รูปภาพที่ 3.3 การเกิดน้ำแข็งบนพื้นผิวของแผ่นเพลเทียร์

3.3 การออกแบบเครื่องให้น้ำพืชอัตโนมัติ

3.3.1 ส่วนการผลิตน้ำ

ใช้แผ่นเพลเทียร์ขนาด 4x4 cm จ่ายไฟแบบระบบวัฏจักร โดยเปิดเครื่องให้กระแสไฟจนมีน้ำแข็งเกาะที่พื้นผิวของแผ่น จากนั้นจึงหยุดให้กระแสไฟ น้ำแข็งที่เกาะอยู่บริเวณพื้นผิวจะกลายเป็นหยดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาพที่ 3.4 แผ่นเพลเทียร์

3.3.2 ส่วนระบายความร้อน

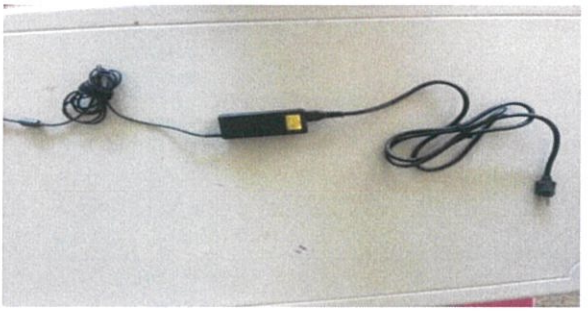
ใช้ฮีทซิงค์ขนาด 8.3x6.8 cm ติดกับแผ่นเพลเทียร์เพื่อให้ด้านร้อนของแผ่นระบายความร้อนได้อย่างเต็มที่ และติดตั้งพัดลมขนาด 9.5x7 cm ติดกับฮีทซิงค์ด้านครีบเพื่อระบายความร้อนให้กับฮิตซิงค์

รูปภาพที่ 3.5 ฮีทซิงค์และพัดลม

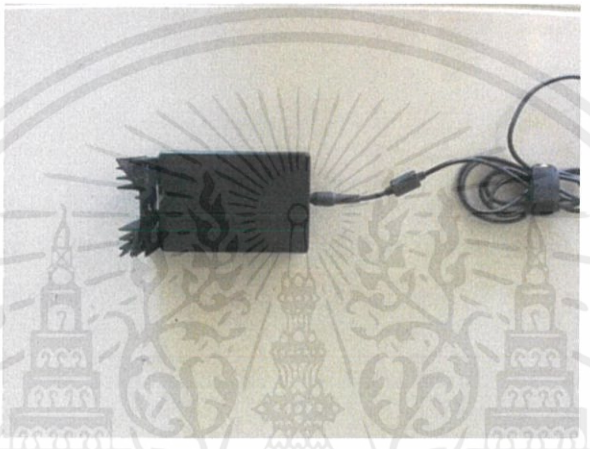
3.3.3 ส่วนการควบคุม

ใช้อะแดพเตอร์ขนาด 12 V 3 A จ่ายไฟให้กับแผงวงจรควบคุมการจ่ายไฟให้เครื่องให้น้ำพืช โดยในแผงวงจรควบคุมมี Booster step up ที่ใช้ในการยกระดับแรงดันไฟฟ้า, Arduino ใช้ในการตั้งเวลาการจ่ายไฟโดยการเขียนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

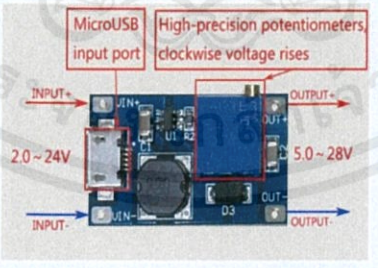


รูปภาพที่ 3.6 อะแดพเตอร์จ่ายไฟ



รูปภาพที่ 3.7 แผงวงจรควบคุมการจ่ายไฟเครื่องให้น้ำพืช

Booster step up

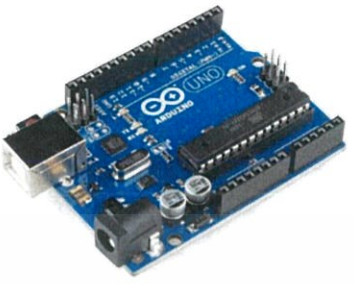


รูปภาพที่ 3.8 แสดงอุปกรณ์ Booster step up

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับยกระดับแรงดันไฟกระแสตรงจาก 2-24 V ให้เป็น 5-28 V ซึ่งเป็นค่าที่จ่ายจาก MICRO USB สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 600 mA ทำให้สามารถจ่ายแรงดันกับบอร์ด Arduino และอุปกรณ์อื่นๆที่สามารถรับไฟจาก USB Port ได้

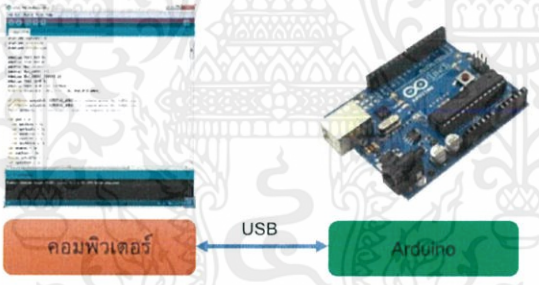
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Arduino



รูปภาพที่ 3.9 แสดงอุปกรณ์ Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ที่ถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่าย เพื่อนำมาต่อกับอุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเลคโทรนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด เพื่อนำมาเขียนโปรแกรมสั่งการทำงานของอุปกรณ์ เพลเทียร์และพัดลมได้



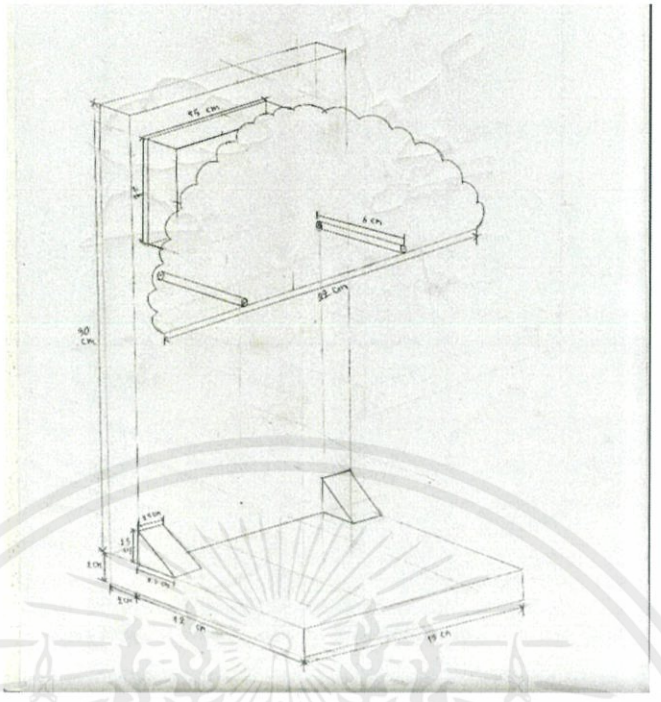
รูปภาพที่ 3.10 แสดงโปรแกรม Arduino

โดยเราจะเขียนโปรแกรมให้แผ่นเพลเทียร์ ทำงาน เป็นวัฏจักร เปิด 45 sec ปิด 45 sec เป็นจำนวน3 ครั้ง แล้วหลังจากนั้น ให้เป็นวัฏจักร เปิด 3 min ปิด 45 sec

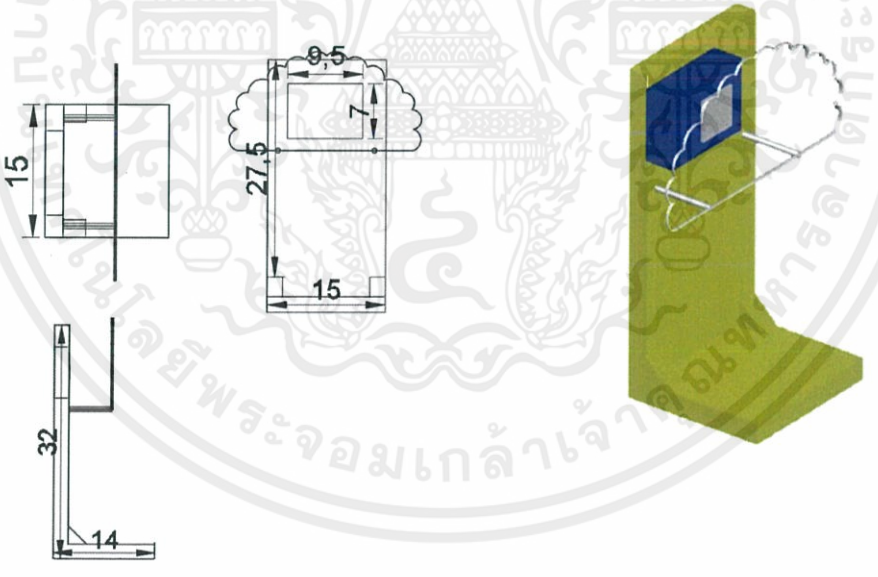
3.3.4 ส่วนแท่นสำหรับติดตั้งระบบทำความเย็นและต้นไม้

ทำจากไม้เนื้ออ่อนในการทำแท่นวาง เนื่องจากสามารถตัดและเจาะรูเป็นรูปทรงที่ต้องการได้ง่าย มีความทนทานและน้ำหนักเบา ส่วนฐานขนาด 15x12 cm สำหรับวางต้นไม้ที่ต้องการให้น้ำ ส่วนฉากหลังขนาด 15x32 cm เจาะรูขนาด 9.5x7 cm ไว้สำหรับติดตั้งส่วนผลิตน้ำและระบายความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาพที่ 3.11 การออกแบบแท่นสำหรับติดตั้งระบบทำความเย็นและต้นไม้



รูปภาพที่ 3.12 ลักษณะการออกแบบแท่นสำหรับติดตั้ง

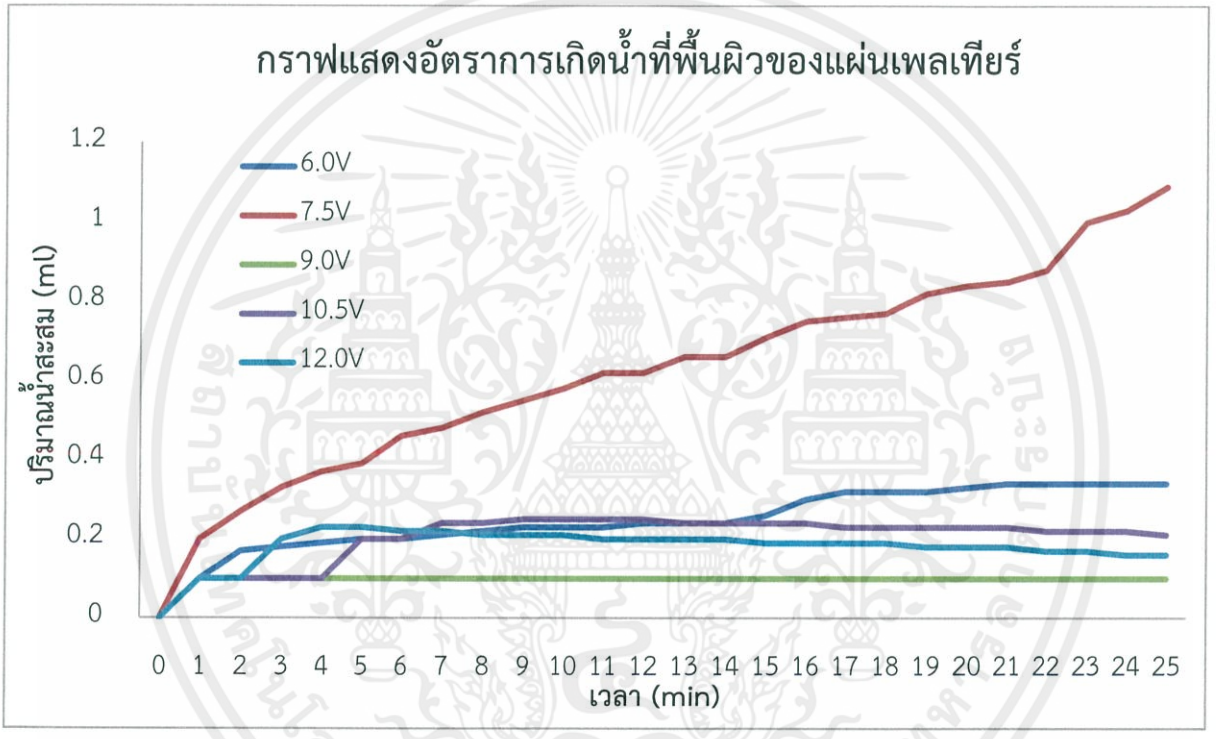
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาหาความสามารถของแผ่นเพลเทียร์ในการผลิตน้ำที่ระดับแรงดันต่างๆ

จากการทดลองเพื่อศึกษาหาความสามารถของแผ่นเพลเทียร์ในการผลิตน้ำที่ระดับแรงดันต่างๆได้ผลดังกราฟ



รูปภาพที่ 4.1 กราฟแสดงอัตราการเกิดน้ำที่พื้นผิวของแผ่นเพลเทียร์

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ที่แรงดันไฟฟ้า 6V เกิดน้ำบนพื้นผิวของแผ่นเพลเทียร์ในปริมาณที่น้อย 0.34 ml ที่แรงดันไฟฟ้า 7.5 V เกิดน้ำบนพื้นผิวของแผ่นเพลเทียร์ที่เยอะที่สุด 1.09 ml แต่อย่างไรก็ตามไม่เกิดการหยดของน้ำ

ที่แรงดันไฟฟ้า 9 V หลังจากเวลาผ่านไป 1 min เกิดน้ำแข็งขึ้นบนพื้นผิวของแผ่น 0.1 ml ทำให้ไม่สามารถผลิตปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นได้อีก

ที่แรงดันไฟฟ้า 10.5 V ช่วงแรกเกิดน้ำแข็งขึ้นบนพื้นผิวของแผ่น แต่เมื่อเวลาผ่านไปแผ่นเพลเทียร์ด้านร้อนนั้นร้อนขึ้น Heatsink จึงไม่สามารถระบายความร้อนได้ทันจึงทำให้แผ่นเพลเทียร์ได้รับความร้อนจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

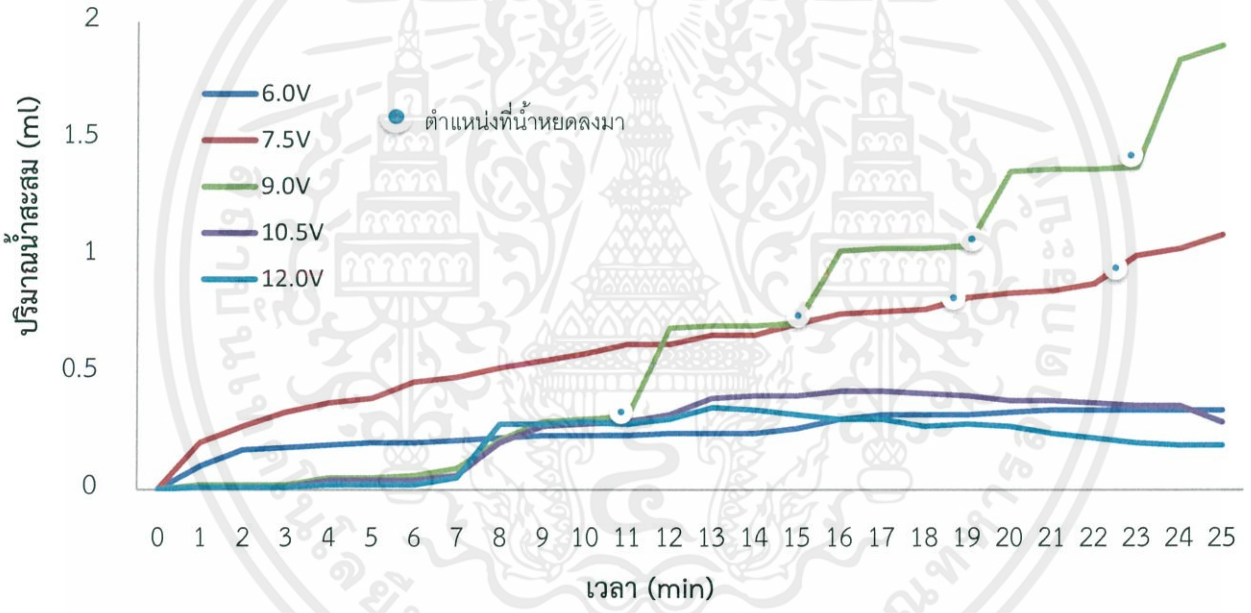
ด้านร้อนส่งผลให้น้ำแข็งบนแผ่นเพลเทียร์ด้านเย็นละลาย และ ระเหยไปจนเหลือปริมาณน้ำบนพื้นผิว 0.21 ml ในเวลาต่อมา

ที่แรงดันไฟฟ้า 12 V เกิดผลเช่นเดียวกับที่แรงดันไฟฟ้า 10.5 V เพียงแต่แผ่นเพลเทียร์ด้านร้อนนั้นร้อนเร็วกว่า ทำให้น้ำแข็งบนพื้นผิวของแผ่นนั้นละลาย และ ระเหยเร็วกว่าที่ 10.5 V จนเหลือปริมาณน้ำบนพื้นผิว 0.16 ml

4.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบวิธีการผลิตน้ำระหว่างแรงดันไฟต่ำและแรงดันไฟสูง

ปริมาณน้ำที่ได้จากแรงดันไฟต่ำนั้น ผลที่ได้อยู่ในหัวข้อ 4.1

ปริมาณน้ำที่ได้จากแรงดันไฟฟ้าสูงแบบวัฏจักรแสดงผลในกราฟ รูปภาพ4.2



รูปภาพที่ 4.2 กราฟแสดงการเกิดน้ำแบบวัฏจักร

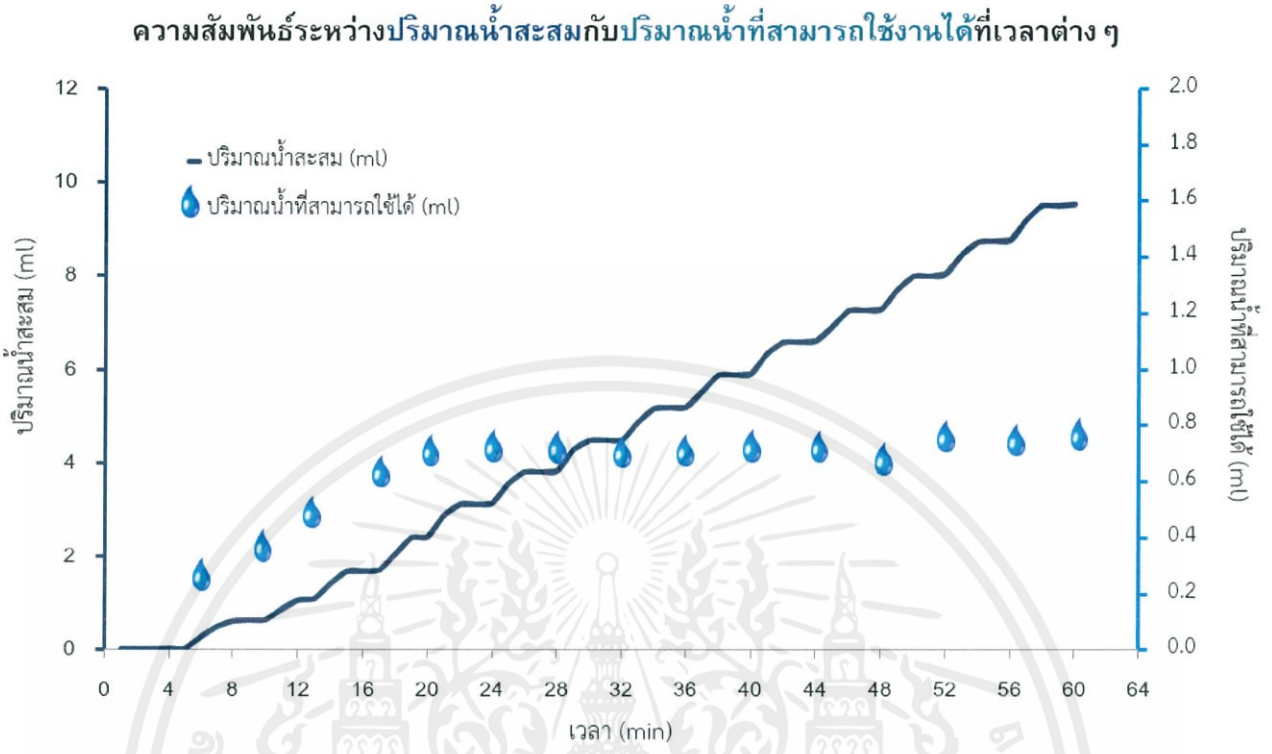
ที่แรงดันไฟฟ้า 9 V นั้นมี ปริมาณน้ำสะสม 1.90 ml เมื่อครบ 1 วัฏจักรจะมีหยดน้ำหยดลงมาอย่างน้อย 1 หยด

ที่แรงดันไฟฟ้า 10.5 และ 12 V จะเกิดน้ำแข็งในช่วงวัฏจักรแรก ต่อมา Heatsink ไม่สามารถระบายความร้อนได้ทันจึงทำให้ไม่สามารถกลับไปสู่วัฏจักรได้ส่งผลให้ น้ำบนพื้นผิวของแผ่นนั้นเกิดการระเหย และไม่เกิดหยดน้ำ มีปริมาณน้ำรวม 0.29 และ 0.19 ml ตามลำดับ

ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงเลือกใช้ที่แรงดันไฟฟ้า 9 V โดยใช้ระบบแบบวัฏจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การหาระยะเวลาในการผลิตน้ำ ที่แรงดันไฟฟ้า 9 V แบบวัฏจักร



รูปภาพที่ 4.3 กราฟแสดงปริมาณน้ำที่แรงดันไฟฟ้า 9 V แบบวัฏจักร

ในแต่ละรอบของการผลิตน้ำ ในช่วงแรก ปริมาณน้ำที่สามารถนำไปใช้ได้นั้น จะค่อนข้างน้อยเนื่องจากแผ่นเพลเทียร์ยังผลิตน้ำได้ไม่ทั่วบริเวณพื้นผิว เมื่อถึงช่วงที่สามารถผลิตน้ำได้อย่างคงที่ จะได้ปริมาณน้ำประมาณ 0.7 ml ในแต่ละรอบการผลิตน้ำ ซึ่งในระยะเวลา 1 hr จะได้ปริมาณน้ำสะสม 10 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองข้างต้น คณะผู้จัดทำเลือกใช้แรงดันไฟฟ้า 9 V แบบวัฏจักร เนื่องจากสามารถทำให้เกิดการหยดของน้ำได้อย่างคงที่สามารถควบคุมได้

ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับระบบวัฏจักร คือ เปิดระบบ 45 sec ปิดระบบ 45 sec เป็นจำนวน 3 ครั้ง เนื่องจากในช่วงแรก พื้นผิวของแผ่นเพลเทียร์มีปริมาณน้ำน้อยทำให้เกิดการแช่แข็งของแผ่นเร็วจึงต้องมีการละลายน้ำแข็งให้เร็วขึ้น เพื่อให้สามารถเข้าสู่วัฏจักรได้ หลังจากนั้น เปิดระบบ 3 min ปิดระบบ 45 sec ให้กลายเป็นวัฏจักร

เลือกใช้ ต้นกระบองเพชร ในการทดลอง เนื่องจากเป็นต้นไม้ที่ หาง่าย ราคาถูก นิยมปลูกบนโต๊ะทำงาน และภายในอาคาร อีกทั้งยังมีความต้องการน้ำเหมาะสำหรับการให้น้ำแบบควบแน่นอากาศชื้นอีกด้วย หลังจากช่วงที่สามารถผลิตน้ำได้อย่างคงที่จะสามารถผลิตน้ำได้ 0.7 ml ในแต่ละรอบการผลิตน้ำ ซึ่งจะได้ปริมาณน้ำสะสมในระยะเวลา 60 min คือ 10 ml

รูปภาพที่ 5.1 เครื่องให้น้ำพืชแบบอัตโนมัติแบบพร้อมใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

เพิ่มขนาด Heatsink และ พัดลม เนื่องจากแผ่นเพลเทียร์จะสามารถแสดงศักยภาพสูงสุดได้ที่ 12 V ถ้าหากสามารถระบายความร้อนได้อย่างเพียงพอ จะทำให้สามารถลดระยะเวลาในการแช่แข็งพื้นผิวของแผ่นเพลเทียร์ได้เร็วขึ้น ทำให้อัตราการผลิตปริมาณหยดน้ำสูงขึ้น

ทดสอบที่สภาวะอื่นๆเนื่องจากการทดสอบที่ผ่านมานั้นล้วนอยู่ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 45-70% ถ้าหากความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่านี้จะเป็นอย่างไร จะมีหยดน้ำเกิดขึ้นหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] การออกแบบระบบควบแน่น. http://www.pcd.go.th/info_serv/Datasmell/DESIGN_CONDENSE.HTMสืบค้นเมื่อ 29 สิงหาคม 2559

[2] การ MODIFLY ฮีทซิงก์และพัดลมระบายความร้อน. http://auey001edu.blogspot.com/2013/08/heatsink-fan.html สืบค้นเมื่อ 29 สิงหาคม 2559

[3] ความชื้นและเสถียรภาพของอากาศ. http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/lesa212/6/atm_moisture/air_moisture/air_moisture.html สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2559

[4] บทความการควบแน่น. https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%9A%E0%B9%81%E0%B8%99%E0%B9%88%E0%B8%99 สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2559

[5] วิธีการอ่าน ไซโครเมทริกส์ชาร์ท.http://thai-draftman.blogspot.com/2010/03/psychometric-chart.html สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2559

[6] ขั้นตอนการใช้งานของฮีตซิงก์. http://www.pcd.go.th/info_serv/Datasmell/DESIGN_CONDENSE.HTM สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2559

[7] เซลล์แสงอาทิตย์.http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2559

[8] แผ่นทำความเย็น. http://www.bloggang.com/mainblog.php?id=kanichikoong&month=25-04-2015&group=17&gblog=20 สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2559

[9] สถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของประเทศไทย http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=56 สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2559

[10] อุณหภูมิอากาศในประเทศรายปี. http://my.dek-d.com/pluto-p/blog/ สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] ความชื้นของอากาศ https://www.gotoknow.org/posts/438663 สืบค้นเมื่อ 21 กุมภาพันธ์ 2560

[12] 10 ต้นไม้ทำงานตั้งโต๊ะทำงาน ที่มีเวลาดูแลน้อย เลี้ยงไว้ไม่ตาย https://home.kapook.com/ view155185.html สืบค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์2560

[13] กอง บก. ศิริพรรณ จัดจอหอ, กอง บก. เบญจวรรณ สอนทาษา. 2547. กระบองเพชร กระถางจิ๋ว

สืบค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์2560

[14] เอกชับ มะการ , 2552. เรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์กับ Arduino สืบค้นเมื่อ 23 กุมภาพันธ์ 2560

[15] ผศ.ดร. นภดนัย อาชวาคม คุณภาพอากาศภายในอาคาร http://www.eng.chula.ac.th/ files/larngearforum/download/larngearforum2554/20110 319/Nopdanai_AirQuality.pdf สืบค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

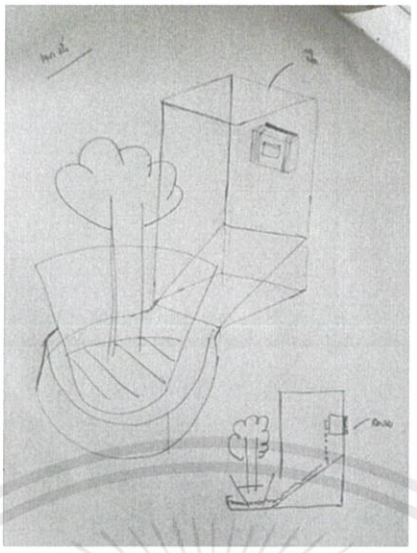
หมวด ก.

รูปภาพแสดงการออกแบบเบื้องต้นของเครื่องให้น้ำพืชอัตโนมัติแบบควบแน่นอากาศชื้น

รูปภาพที่ ก.1 เครื่องให้น้ำพืชอัตโนมัติแบบเสียบลงดิน

รูปภาพที่ ก.2 ภาพการออกแบบภาชนะเครื่องให้น้ำพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาพที่ ก.3 ภาพการออกแบบระบบการให้น้ำพืชอัตโนมัติ ครั้งที่ 1

รูปภาพที่ ก.4 ภาพการออกแบบระบบการให้น้ำพืชอัตโนมัติ ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพที่ ก.5 ภาพการออกแบบระบบการให้น้ำพืชอัตโนมัติ ครั้งที่ 3

รูปภาพที่ ก.6 เครื่องให้น้ำพืชอัตโนมัติแบบควบแน่นอากาศชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมวด ข.

ตารางการทดสอบประสิทธิภาพ

ตาราง ข.1 ปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นบนแผ่นเพลเทียร์ที่แรงดันต่างๆ

เวลา(นาที)	ปริมาณน้ำที่แรงดันไฟต่างๆ(กรัม)				
	6 V	7.5 V	9 V	10.5 V	12 V
0	0	0	0	0	0
1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
2	0.17	0.27	0.1	0.1	0.1
3	0.18	0.33	0.1	0.1	0.2
4	0.19	0.37	0.1	0.1	0.23
5	0.2	0.39	0.1	0.2	0.23
6	0.2	0.46	0.1	0.2	0.22
7	0.21	0.48	0.1	0.24	0.22
8	0.22	0.52	0.1	0.24	0.21
9	0.23	0.55	0.1	0.25	0.21
10	0.23	0.58	0.1	0.25	0.21
11	0.23	0.62	0.1	0.25	0.2
12	0.24	0.62	0.1	0.25	0.2
13	0.24	0.66	0.1	0.24	0.2
14	0.24	0.66	0.1	0.24	0.2
15	0.26	0.71	0.1	0.24	0.19
16	0.3	0.75	0.1	0.24	0.19
17	0.32	0.76	0.1	0.23	0.19
18	0.32	0.77	0.1	0.23	0.19
19	0.32	0.82	0.1	0.23	0.18
20	0.33	0.84	0.1	0.23	0.18
21	0.34	0.85	0.1	0.23	0.18
22	0.34	0.88	0.1	0.22	0.17
23	0.34	1	0.1	0.22	0.17
24	0.34	1.03	0.1	0.22	0.16
25	0.34	1.09	0.1	0.21	0.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.2 ปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นจากการทดลองแบบเป็นวัฏจักร

	ปริมาณน้ำที่แรงดันไฟต่างๆ(ml)		
เวลา(min)	9.0 V	10.5 V	12.0 V
0	0	0	0
1	0.02	0.01	0.01
2	0.02	0.01	0.01
3	0.02	0.01	0.01
4	0.05	0.04	0.02
5	0.05	0.04	0.02
6	0.06	0.04	0.02
7	0.09	0.06	0.05
8	0.21	0.2	0.28
9	0.29	0.27	0.28
10	0.3	0.28	0.29
11	0.31	0.29	0.28
12	0.69	0.32	0.3
13	0.7	0.39	0.35
14	0.7	0.4	0.34
15	0.71	0.4	0.32
16	1.02	0.42	0.3
17	1.03	0.42	0.3
18	1.03	0.41	0.27
19	1.04	0.4	0.28
20	1.36	0.38	0.27
21	1.37	0.38	0.24
22	1.37	0.37	0.22
23	1.38	0.36	0.2
24	1.84	0.36	0.19
25	1.9	0.29	0.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.3 ปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นจากการทดลองแบบเป็นวัฏจักรแบบ 9 V

เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำที่สะสมในระหว่างการทดลองและปริมาณน้ำที่สามารถนำไปใช้ได้											
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5		เฉลี่ย	
	สะสม (ml)	นำไปใช้ (ml)	สะสม (ml)	นำไปใช้ (ml)	สะสม (ml)	นำไปใช้ (ml)	สะสม (ml)	นำไปใช้ (ml)	สะสม (ml)	นำไปใช้ (ml)	สะสม (ml)	นำไปใช้ (ml)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
1	0.02		0.03		0.01		0.02		0.02		0.02	
2	0.02		0.03		0.01		0.02		0.02		0.02	
3	0.03		0.03		0.02		0.02		0.02		0.02	
4	0.03		0.03		0.02		0.03		0.02		0.03	
5	0.03		0.04		0.02		0.03		0.03		0.03	
6	0.29	0.28	0.30	0.26	0.28	0.27	0.31	0.29	0.27	0.25	0.29	0.27
7	0.51		0.51		0.49		0.50		0.49		0.50	
8	0.60		6.63		0.63		0.62		0.62		0.62	
9	0.63		0.64		0.63		0.62		0.63		0.63	
10	0.65	0.35	0.65	0.36	0.64	0.34	0.64	0.36	0.65	0.34	0.64	0.35
11	0.89		0.88		0.87		0.88		0.88		0.88	
12	1.07		1.08		1.09		1.06		1.06		1.07	
13	1.10		1.10		1.09		1.09		1.10		1.10	
14	1.44	0.46	1.40	0.46	1.42	0.49	1.42	0.47	1.42	0.44	1.42	0.46
15	1.69		1.70		1.71		1.72		1.66		1.69	
16	1.69		1.71		1.71		1.72		1.66		1.69	
17	1.70		1.71		1.71		1.72		1.70		1.71	
18	2.04	0.60	2.04	0.62	2.08	0.61	20.7	0.62	2.09	0.60	2.06	0.61
19	2.38		2.42		2.40		2.40		2.40		2.40	
20	2.40		2.43		2.41		2.41		2.42		2.42	
21	2.88		2.89		2.86		2.86		2.86		2.87	
22	3.14	0.70	3.12	0.71	3.10	0.71	3.11	0.71	3.13	0.72	3.12	0.71
23	3.14		3.12		3.11		3.11		3.13		3.12	
24	3.15		3.13		3.13		3.12		3.15		3.14	
25	3.56		3.58		3.59		3.55		3.54		3.56	
26	3.80	0.70	3.83	0.74	3.84	0.72	3.80	0.71	3.79	0.71	3.81	0.72
27	3.81		3.83		3.84		3.80		3.80		3.81	
28	3.82		3.83		3.85		3.82		3.82		3.83	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

29	4.30		4.30		4.28		4.28		4.29		4.29	
30	4.49	0.69	4.50	0.68	4.49	0.69	4.48	0.70	4.49	0.68	4.49	0.69
31	4.50		4.51		4.50		4.49		4.49		4.49	
32	4.50		4.51		4.51		4.50		4.50		4.50	
33	4.88		4.87		4.86		4.88		4.89		4.88	
34	5.17	0.68	5.18	0.66	5.16	0.66	5.15	0.68	5.13	0.67	5.17	0.67
35	5.18		5.19		5.17		5.18		5.16		5.18	
36	5.20		5.19		5.18		5.18		5.19		5.19	
37	5.54		5.51		5.53		5.52		5.52		5.52	
38	5.87	0.69	5.88	0.68	5.89	0.69	5.87	0.68	5.88	0.69	5.88	0.69
39	5.89		5.89		5.90		5.88		5.89		5.89	
40	5.92		5.92		5.91		5.90		5.90		5.91	
41	6.34		6.35		6.36		6.36		6.34		6.35	
42	6.59	0.72	6.58	0.73	6.58	0.71	6.57	0.72	6.58	0.72	6.58	0.72
43	6.58		6.60		6.60		6.59		6.58		6.59	
44	6.62		6.60		6.61		6.61		6.59		6.61	
45	6.93		6.92		6.90		6.94		6.94		6.92	
46	7.27	0.70	7.26	0.69	7.27	0.70	7.25	0.71	7.26	0.71	7.26	0.70
47	7.28		7.27		7.29		7.28		7.27		7.27	
48	7.30		7.28		7.28		7.29		7.30		7.29	
49	7.72		7.73		7.71		7.71		7.72		7.71	
50	8.01	0.68	8.01	0.69	8.00	0.68	7.99	0.68	7.98	0.68	8.00	0.68
51	8.00		8.00		7.99		8.00		8.00		8.00	
52	8.04		8.03		8.04		8.04		8.04		8.04	
53	8.50		8.47		8.48		8.49		8.49		8.48	
54	8.73	0.75	8.74	0.76	8.74	0.78	8.73	0.79	8.75	0.76	8.74	0.75
55	8.75		8.75		8.76		8.74		8.76		8.75	
56	8.77		8.79		8.76		8.75		8.76		8.77	
57	9.20		9.21		9.22		9.23		9.23		9.21	
58	9.50	0.73	9.51	0.74	9.51	0.75	9.52	0.73	9.50	0.73	9.50	0.73
59	9.50		9.52		9.51		9.52		9.51		9.50	
60	9.52		9.53		9.52		9.54		9.53		9.53	
61	9.81		9.82		9.82		9.83		9.84		9.82	
62	10.21	0.76	10.22	0.77	10.23	0.76	10.21	0.76	10.22	0.76	10.21	0.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมวด ค.

โค้ดการเขียนโปรแกรม และการคำนวณอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า

Code Arduino

```
int output1 = 2;
int outputLED = 13;
int i;
void setup() {
  pinMode(output1, OUTPUT);
  pinMode(outputLED, OUTPUT);
  for (i = 0; i < 3; i++)
  {
      digitalWrite(output1, HIGH);
      digitalWrite(outputLED, HIGH);
      delay(45000);
      digitalWrite(output1, LOW);
      digitalWrite(outputLED, LOW);
      delay(45000);
  }      }
void loop() {
      digitalWrite(output1, HIGH);
      digitalWrite(outputLED, HIGH);
      delay(180000);
      digitalWrite(output1, LOW);
      digitalWrite(outputLED, LOW);
      delay(45000);
}
```

มีหลักการทำงานคือ ให้แผ่นเพลเทียร์ทำงาน 45 sec ปิด 45 sec จำนวน 3 ครั้ง หลังจากนั้นให้แผ่นเพลีเทียร์ทำงาน 180 sec ปิด 45 sec เป็นวัฏจักร โดยพัดลมทำงานตลอดการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการคำนวณอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า

อแดปเตอร์น็ตบุค ขนาด 12 V ,3 A เปิดในระยะเวลา 7 hr

W = Pt

P = VI

= 12 V * 3 A

= 36 Watt

1 ยูนิต = [กำลังไฟฟ้า(วัตต์)ของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการคำนวณ/1000] x จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการคำนวณ xจำนวนชั่วโมงที่ใช้งานในหนึ่งวัน

อแดปเตอร์โน้ตบุค มีกำลังไฟ 36 Watt จำนวน1ชุด

1 ยูนิต = [36/1000] x 1 x 8 หน่วย

= 0.288 หน่วยใน1วัน คิดเป็นเดือน ได้ 0.288 x 30 = 8.64หน่วย

คูณกับจำนวนยูนิตละ 3 บาท

= 3 x 8.64 บาท

25.92 บาท หรือประมาณ 26 บาท ต่อ 1 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้