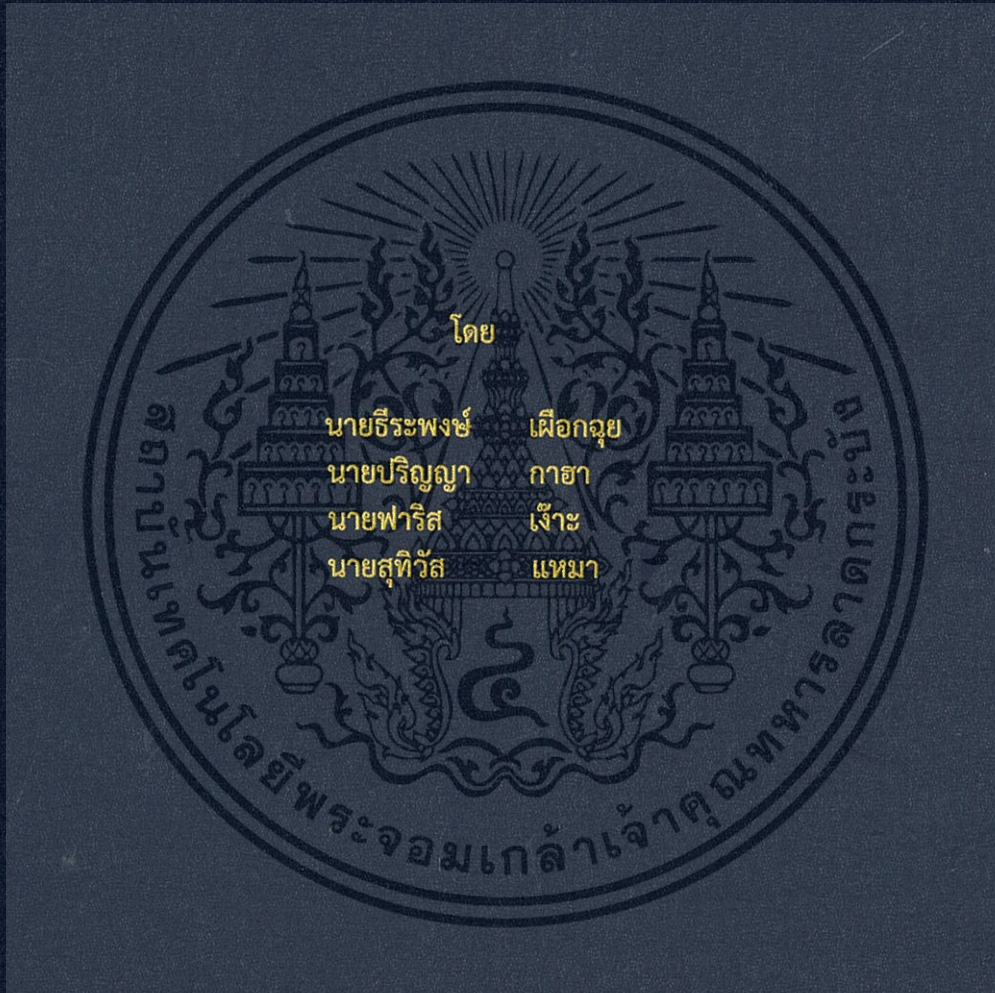


ระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรทฤษฎีใหม่
SOLAR WATER PUMPING SYSTEM FOR NOVEL THEORY AGRICULTURE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรทฤษฎีใหม่

SOLAR WATER PUMPING SYSTEM FOR NOVEL THEORY AGRICULTURE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOLAR WATER PUMPING SYSTEM FOR NOVEL THEORY AGRICULTURE



THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2560

ระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรทฤษฎีใหม่

SOLAR WATER PUMPING SYSTEM FOR NOVEL THEORY AGRICULTURE



อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ คำฝอย

อาจารย์ ชัยทัต มณีอินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

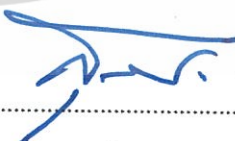
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง


เรื่อง ระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรทฤษฎีใหม่

ผู้จัดทำ

1. นายธีระพงษ์ เผือกนุย
2. นายปริญญา กายา
3. นายฟาริส เจ๊ะ
4. นายสุทธิวัส แหมมา




..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ คำฝอย)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ชัยทัต มณีอินทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรทฤษฎีใหม่

นายธีระพงษ์ เผือกอุย

นายปริญญา กาศา

นายฟาริส เจริญ

นายสุทิวส แหมา

รศ.ดร. สุรินทร์ คำฝอย อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ชัยทัต มณีอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์นี้เป็นการพัฒนาระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อคืนความชุ่มชื้นให้แก่ดินสำหรับแก้ปัญหาเขี้ยวโล้นที่เกิดจากการตัดไม้ทำลายป่าโดยยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จากสถานการณ์พื้นที่ป่าไม้ปัจจุบันในประเทศไทยพบว่าเฉลี่ยแล้วในแต่ละปีมีการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้กว่า 1.6 ล้านไร่ต่อปี จึงจำเป็นต้องเร่งฟื้นฟูป่าไม้เพื่อรักษาระบบนิเวศป่าต้นน้ำซึ่งเป็นแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่คอยหล่อเลี้ยงชาวไทย โดยในที่นี้จะใช้วิธีทำการสูบน้ำจากบริเวณลำธารที่อยู่ด้านล่างของภูเขาด้วยปั๊มน้ำจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 2.2kW โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 3.3 kW สามารถสูบน้ำได้วันละประมาณ 13 - 17 ลูกบาศก์เมตรขึ้นมาที่บ่อน้ำบนยอดเขา แล้วปล่อยน้ำให้ค่อยๆ ไหลซึมลงมา เพื่อให้ความชื้นกระจายไปรอบๆ พื้นที่เขี้ยวโล้น ตามหลักการการกระจายความชื้นของน้ำภายในดิน โดยยึดทฤษฎีการปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูกตามหลักการฟื้นฟูสภาพป่าด้วยวัชธรรมชาติตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช และยังได้จัดสร้างสถานีอัดประจุไฟฟ้าเพื่อเก็บพลังงานไฟฟ้าให้กับชาวบ้านในชุมชนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ นอกจากสองระบบที่กล่าวข้างต้นแล้ว ในที่นี้ได้จัดทำระบบการติดตามความชื้นในดินด้วยเซนเซอร์แล้วแสดงข้อมูลบนเว็บไซต์ ดังนั้นข้อมูลความชื้นในดินสามารถใช้ในการเลือกปลูกต้นไม้ให้เหมาะสมตามความลึกของความชื้นในดินของพื้นที่เขี้ยวโล้น สุดท้ายนี้ด้วยวิธีการดังกล่าวจะเกิดเป็นต้นแบบการบริหารจัดการสภาพทรัพยากรดินในพื้นที่เขี้ยวโล้นโดยยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและการพัฒนาที่ยั่งยืนของประชาชนชาวไทยต่อไป

SOLAR WATER PUMPING SYSTEM FOR NOVEL THEORY AGRICULTURE

Teerapong Phuakchui

Parinya Kaha

Faris Ngoh

Sutiwat Haema

Assc.Prof.Dr.Surin Khomfoi Advisor

Chaitat Maneeinn Advisor

Year 2017

ABSTRACT

Philosophy of sufficiency economic (SEP) is an essence of this thesis. The development of solar water pumping technique to increase moisture in the soil is presented for solving deforestation problem in Thailand. Recently, the forest territory of Thailand has been destroyed for more than 0.624 million acre per year. Thereupon, The rehabilitated forest area should be recovered for conservative watershed forest which is the key natural water resource of all Thai. The methodology is pumping water from canal which is located at the foothill by using 2.2 kW pumping machine and 3.3 kW photovoltaic resource. So, a water can be pumped about 13 - 17 m³ per day and drained the water for spreading out the moisture around the bald mountain area, based on the theory of natural reforestation of King Bhumibol Adulyadej. In addition, the battery charger station using a solar energy is also developed. The charging station can be used as energy storage for a small village. With both developed system, the soil moisture can be monitored via a developed web-service using a proposed moisture sensor. Consequently, the soil moisture data can be used for growing a suitable tree according a depth of moisture in soil of a bald mountain. The expected result can be a demonstration site of a rehabilitated forest method based on the SEP which can offer a better quality of life and sustainable of Thai people in the near future.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรทฤษฎีใหม่ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เกิดจากการดำเนินงานด้วยความมุ่งมั่นวิริยะอุตสาหะ พร้อมทั้งยังได้รับการ สนับสนุนในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านความรู้วิชาการ ด้านเทคนิคการดำเนินงาน ด้านทุนสนับสนุน รวมถึงคำแนะนำต่าง ๆ ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ที่เข้ามา

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ คำฝอย และอาจารย์ ชัยทัต มณี อินทร์ ผู้ซึ่งเป็นพี่ปรึกษาของปริญญานิพนธ์นี้ ทั้งยังช่วยประสิทธิ์ประสาทความรู้ทางด้านวิชาการ ดูแล เอาใจใส่ตลอดจนให้คำแนะนำในการดำเนินงาน รวมถึงเป็นผู้ฝึกฝนให้เพียบพร้อมสำหรับการบรรยาย ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณปัญญา เข็มमुख ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ความช่วยเหลือทางด้านวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการมาด้วยดีตลอด และได้กรุณาตรวจแก้ไข ปริญญานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการ REAL (Renewable Energy Application Laboratory) ที่ให้ความอนุเคราะห์ทางด้านการศึกษาวิจัยและศึกษาทดลอง นอกจากนี้ยังเป็น เหมือนห้องสมุดแหล่งความรู้ และที่สำคัญทำให้ทุกคนในห้องปฏิบัติการเป็นเหมือนครอบครัวเดียวกัน

ขอขอบพระคุณ ทุนอุดหนุนการวิจัย จากสำนักงานคณะกรรมการการ อุดมศึกษา (สกอ.) ซึ่งเป็นผู้สนับสนุนทุนวิจัยเรื่องระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร ทฤษฎีใหม่ เพื่อนำมาเป็นทุนทางด้านการวิจัย

ท้ายสุดนี้ขอขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัวที่ได้อุปการะเลี้ยงดูอบรมสั่ง สอน ตลอดจนให้การสนับสนุนและเต็มกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยดี รวมไปถึงเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดหาอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำ โครงการครั้งนี้ จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย คุณค่าและประโยชน์อันพึงประสงค์จากปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะ เป็น ประโยชน์แก่ผู้ที่ได้ทำการศึกษาเพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยในด้านต่าง ๆ ต่อไป

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VIII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	3
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ	3
1.5 แผนการดำเนินโครงการ	4
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับการวิจัย	5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 บทนำ	6
2.2 ทฤษฎีการปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูกตามหลักการฟื้นฟูสภาพป่าด้วยวิถีธรรมชาติ (Natural Reforestation)	6
2.3 ความชื้นในดิน (Soil Moisture)	7
2.3.1 สมดุลของน้ำในดิน (Soil Water Balance)	8
2.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายความชื้นในดินและน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	9
2.4 พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy)	10
2.5 โซลาร์เซลล์ (Solar cell)	12
2.5.1 ชนิดของโซลาร์เซลล์	13
2.5.2 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อแผงโซลาร์เซลล์	13
2.6 ปั๊มน้ำ (Water Pump)	14
2.6.1 ประเภทของปั๊มน้ำ	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 แบตเตอรี่ (Battery)	15
2.7.1 การอัดประจุและคายประจุของแบตเตอรี่	16
2.8 เครื่องควบคุมการอัดประจุไฟฟ้า (Charge Controller)	17
2.8.1 PWM (Pulse Width Modulation)	17
2.8.2 MPPT (Maximum Power Point Tracking)	17
2.9 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)	18
2.9.1 ประเภทของ Solar Inverter	18
2.10 อุปกรณ์ป้องกัน (Circuit Breaker)	20
2.10.1 ค่าพิกัดมาตรฐานในการเลือกใช้	20
2.11 อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ (Surge Protector)	21
2.11.1 ชนิดของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ	21
2.12.2 หลักการทำงานทั่วไปของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ	21
2.12.3 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ	21
2.12 ซอฟต์แวร์สตาร์ทเตอร์ (Soft Starter)	22
2.13 ซีเล็คเตอร์สวิตช์	22
2.14 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	23
2.14.1 Arduino	23
2.14.2 NodeMCU	26
2.15 เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor)	28
2.15.1 หลักการทำงาน	28
2.16 IoT Cloud Services	29
2.17 สรุป	30
บทที่ 3 การออกแบบการทดลอง	31
3.1 บทนำ	31
3.2 การสำรวจพื้นที่โครงการ	31
3.2.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่โครงการ	32
3.2.2 การหาระดับความสูงของพื้นที่	32
3.2.3 ปัญหาที่พบในพื้นที่โครงการ	33
3.3 การออกแบบระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 การออกแบบสถานีอัดประจุไฟฟ้า	35
3.5 การออกแบบระบบการติดตามความชื้นในดิน	36
3.5.1 การทดสอบตัวอย่างดิน	36
3.5.2 การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากน้ำหนักดินและค่าที่วัดได้	37
3.5.3 การออกแบบวงจรและระบบไฟเลี้ยง	37
3.5.4 การออกแบบการติดตั้งเซนเซอร์	39
3.6 สรุป	40
บทที่ 4 ผลการทดลอง	41
4.1 บทนำ	41
4.2 ระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์	41
4.3 สถานีอัดประจุไฟฟ้า	43
4.4 ระบบการติดตามความชื้นในดิน	44
4.4.1 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน	44
4.4.2 ระบบติดตามความชื้นในดินผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	45
4.5 บทสรุป	48
บทที่ 5 บทสรุป	49
5.1 บทสรุป	49
5.2 ข้อเสนอแนะและข้อควรระวัง	50
5.3 แนวทางการพัฒนา	50
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก	52
ภาคผนวก ก เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	53
ภาคผนวก ข ข้อมูลทางเทคนิคของอุปกรณ์	56
ภาคผนวก ค Code สำหรับแสดงผล	61
ภาคผนวก ง บทความทางวิชาการ	86
ประวัติผู้เขียน	91

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 ร้อยละเนื้อที่ป่าไม้เทียบกับพื้นที่ประเทศไทย	1
1.2 ระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์	2
2.1 (a) Tree-Phase System of Soil Structure	8
2.1 (b) ปริมาณน้ำที่ถูกอนุภาคของดินดูดยึดไว้	8
2.2 สมดุลของน้ำในดิน (Soil Water Balance)	8
2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายความชื้นในดินและน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	9
2.4 โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	11
2.5 หลักการทำงานของโซลาร์เซลล์	12
2.6 บอร์ด Arduino ต่อกับ LED และ บอร์ด Arduino ต่อกับบอร์ด XBee Shield	23
2.7 การเชื่อมต่อระหว่าง Arduino กับ คอมพิวเตอร์	24
2.8 เลือกบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload	24
2.9 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด	25
2.10 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และ Compile โค้ด โปรแกรม	25
2.11 Upload โค้ดโปรแกรม	25
2.12 NodeMCU Devkit 0.9 (ESP-12) Version 1	26
2.13 NodeMCU Devkit 1.0 (ESP-12E) Version 2	27
2.14 MCP3008	27
2.15 Block diagram of MCP3008	27
2.16 หลักการของ Soil Moisture Sensor	28
2.17 วงจร Soil Moisture Sensor	28
2.18 หน้าเว็บไซต์ ThingSpeak.com	29
3.1 แผนที่อำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก	31
3.2 พื้นที่เขาหัวโล้นในอำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก	31
3.3 ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่โครงการที่อำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก	32
3.4 แสดงค่าตำแหน่งสูงสุดและต่ำสุดเทียบกับระดับความสูงจากน้ำทะเล	32
3.5 แสดงระยะความสูงของตำแหน่งที่วัดได้จาก Nikon Forestry Pro	33
3.6 พื้นที่เขาหัวโล้น	33
3.7 ระยะความสูงของพื้นที่	34
3.8 ระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์	34

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 ระบบสถานีอัดประจุไฟฟ้า	35
3.10 กราฟที่บอกค่าระหว่างค่าความชื้นกับค่า Digital	37
3.11 บล็อกไดอะแกรมของระบบเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน	37
3.12 ระบบวัดความชื้นในดิน เพื่อเก็บข้อมูลและแสดงผลเป็นกราฟ	38
3.13 การต่อวงจรของระบบเซนเซอร์	39
3.14 ระบบการติดตามความชื้นในดิน	39
3.15 โครงสร้างของเสาที่ใช้ในการติดตั้งระบบเซนเซอร์และระบบไฟเลี้ยง	40
4.1 การติดตั้งบิ๊มน้ำในพื้นที่	41
4.2 การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ในพื้นที่	41
4.3 อินเวอร์เตอร์	42
4.4 บ่อน้ำ	42
4.5 คลองไส้ไก่	42
4.6 สถานีอัดประจุไฟฟ้า	43
4.7 ภายในสถานีอัดประจุไฟฟ้า	43
4.8 เสาเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน	44
4.9 ภายในตู้ควบคุมระบบเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน	45
4.10 หน้าต่าง HOME	46
4.11 หน้าต่าง DATA	46
4.12 หน้าต่าง ABOUT	47
4.13 หน้าต่าง LOCATION	48

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินโครงการ	4
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินในระดับต่างๆกับเนื้อดิน	10
3.1 ตารางค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินที่ได้จากการอบ	36



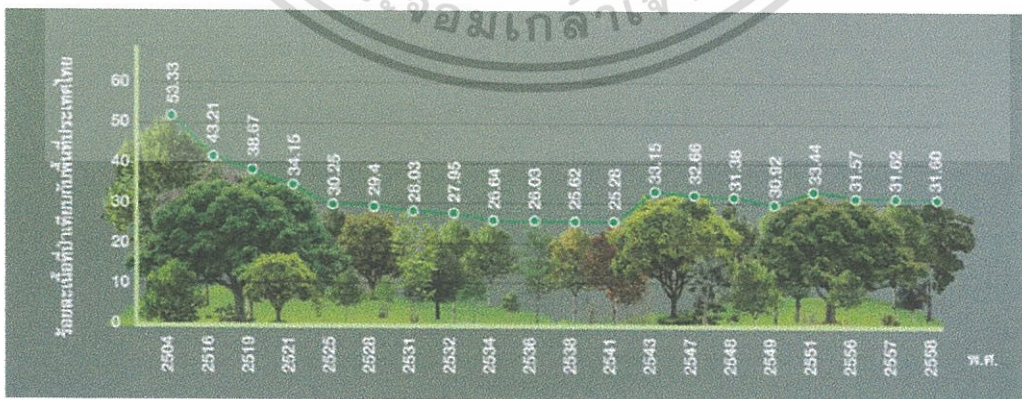
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสถานการณ์พื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยในช่วงเกือบ 6 ทศวรรษที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าปัจจุบันพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยนั้นลดลงเหลือเพียง 102 ล้านไร่ หรือร้อยละ 31.60 ของพื้นที่ทั้งประเทศ แตกต่างจากข้อมูลในปี 2504 ซึ่งมีปริมาณป่าไม้อยู่ถึงร้อยละ 53.33 พื้นที่ประเทศ ดังแสดงรูปที่ 1.1 พบว่าเฉลี่ยแล้วในแต่ละปีมีการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้กว่า 1.6 ล้านไร่ต่อปี (มูลนิธิสืบนาคะเสถียร, 2558) แม้ว่าในช่วงหลังมานี้ อัตราการถูกทำลายของป่าไม้จะลดลงจากอดีต แต่เมื่อเทียบกับทรัพยากรตามธรรมชาติที่เหลืออยู่ต่อจำนวนประชากรในปัจจุบันแล้ว เราไม่ควรเสียพื้นที่ป่าไม้ไปมากกว่านี้อีกแล้ว การสูญเสียนี้จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าต้นน้ำซึ่งเป็นแหล่งน้ำตามธรรมชาติคอยหล่อเลี้ยงชาวไทย

โดยสาเหตุที่เป็นต้นกำเนิดการทำลายป่าไม้มีหลายสาเหตุ สาเหตุหลักมาจากการตัดไม้ทำลายป่าทั้งเพื่อใช้เป็นพื้นที่เพื่อทำการเกษตรหรือการลักลอบตัดไม้เพื่อนำไปขาย การที่ประชากรเฉลี่ยทั่วโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น การที่ประชากรเพิ่มจำนวนมากขึ้น หมายถึง ความต้องการในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการดำรงชีวิตในชั้นต่าง ๆ ก็เพิ่มขึ้นด้วย รวมไปถึงการขยายตัวของชุมชนเมือง การขยายตัวของอุตสาหกรรมและการจัดสร้างสาธารณูปโภคของรัฐ เช่น ถนน เขื่อน อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น ไฟไหม้ป่าซึ่งมักจะเกิดในช่วงฤดูแล้งที่อากาศแห้งและร้อนจัด การทำเหมืองแร่โดยแหล่งแร่ที่พบในบริเวณที่มีป่าไม้ปกคลุมอยู่ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องเปิดหน้าดินก่อนจึงทำให้ป่าไม้ที่ขึ้นปกคลุมถูกทำลายลง

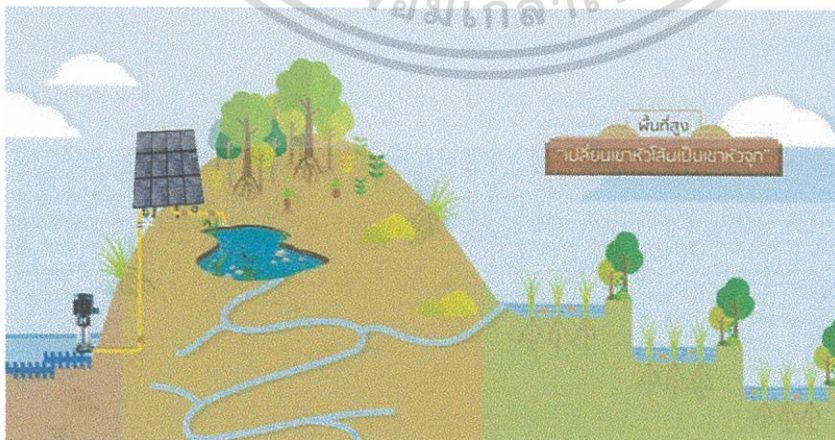


รูปที่ 1.1 ร้อยละเนื้อที่ป่าไม้เทียบกับพื้นที่ประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในที่นี้จะนำเสนอถึงปัญหาเขาหัวโล้นที่ อำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก เป็นจังหวัดที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เป็นป่าต้นน้ำใหญ่ของน้ำที่ลงไปรวมกันเป็นแม่น้ำปิง ซึ่งเป็นแม่น้ำสายสำคัญของประเทศไทย และเป็นหนึ่งในสองของแม่น้ำที่บรรจบมาเป็นแม่น้ำเจ้าพระยา ในปัจจุบันจังหวัดตากจะประสบปัญหาเขาหัวโล้น จากผลสำรวจที่ผ่านมา ชาวบ้านในพื้นที่ส่วนใหญ่ในจังหวัดตากทำไร่หมุนเวียน ปลูกข้าว และเลี้ยงสัตว์บางส่วน แต่ช่วงหลังมานี้ ชาวบ้านได้เริ่มหันมาปลูกข้าวโพดมากขึ้นเนื่องจากมีข้าวโพดสายพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูงเป็นที่ต้องการของตลาด จึงทำให้ต้องขยายพื้นที่มากกว่าเดิม โดยการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อทำสวนข้าวโพดเป็นลักษณะของการทำไร่เลื่อนลอย คือ ย้ายที่ไปเรื่อย ๆ หลังจากดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ส่งผลให้เกิดเป็นพื้นที่ว่างจนมีสภาพกลายเป็นเขาหัวโล้นในปัจจุบัน

ในโครงการนี้จะมุ่งเน้นไปที่ SDGs (Sustainable Development Goals) เป็นหลัก ซึ่งคือ เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน เป็นกรอบทิศทางการพัฒนาของโลกภายหลังปี ค.ศ. 2015 ที่องค์การสหประชาชาติ (United Nations: UN) กำหนด โดยเน้นไปที่เป้าหมายที่ 15 ที่จะกล่าวถึงการปกป้อง ฟื้นฟู และส่งเสริมการใช้ระบบนิเวศบนบกอย่างยั่งยืน การบริหารจัดการป่าไม้ที่ยั่งยืน การต่อต้านการแปรสภาพเป็นทะเลทราย หยุดยั้งการเสื่อมโทรมของดิน ฟื้นฟูสภาพดินและหยุดยั้งการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ (กองแผนงานและประเมินผล) จากข้อมูลข้างต้นการฟื้นฟูพื้นที่เขาหัวโล้นจะต้องมีการปลูกป่าและมีระบบการจัดการน้ำที่ดีหากใช้ปริมาณน้ำมากเกินไปส่งผลให้ในฤดูแล้งจะมีทรัพยากรน้ำไม่เพียงพอ ทำให้ป่าไม่มีอัตราการสูญเสียก่อนข้างสูง การฟื้นฟูพื้นที่เขาหัวโล้นจึงเกิดความล่าช้า ดังนั้นจึงได้ศึกษาระบบควบคุมความชื้นในการปลูกป่าบริเวณเขาหัวโล้นเพื่อควบคุมความชื้นให้เหมาะสมกับความต้องการของพืช ลดอัตราการสูญเสียป่าในฤดูแล้ง ใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด และใช้พลังงานหมุนเวียนในการฟื้นฟูพื้นที่เขาหัวโล้น โดยระบบดังกล่าวแสดงในรูปแบบที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.) เพื่อฟื้นฟูสภาพดินในพื้นที่เขาหัวโล้นภายใต้การออกแบบพื้นที่ตามแนวพระราชดำรินอกอยู่กับป่าและหลักการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน
- 2.) เพื่อพัฒนาศักยภาพคนและยกระดับคุณภาพชีวิตตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง
- 3.) เพื่อสร้างพื้นที่ต้นแบบการบริหารจัดการสภาพดินในพื้นที่เขาหัวโล้นภายใต้การออกแบบตามแนวพระราชดำรินอกอยู่กับป่าและหลักการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน
- 4.) เพื่อสร้างสถานีอัดประจุไฟฟ้าให้กับชาวบ้านที่ไม่มีไฟฟ้าใช้
- 5.) เพื่อฝึกทักษะการทำวิจัยและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

ปฏิญานี้เป็นการศึกษาและจัดสร้างบิมน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์จากโซลาร์เซลล์เพื่อฟื้นฟูป่าต้นน้ำในพื้นที่เขาหัวโล้นที่จังหวัดตาก ซึ่งจะต้องมีระบบการจัดการน้ำที่ดีเพื่อควบคุมความชื้นให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชและทำการสร้างสถานีอัดประจุไฟฟ้าเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ให้กับชาวบ้านในชุมชนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตประจำวัน

1.4 วิธีการใช้ในโครงการ

การดำเนินการโครงการระบบบิมน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรทฤษฎีใหม่ อำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก แบ่งออกเป็น 4 กิจกรรม ดังนี้

- 1.) กิจกรรมที่ 1 กิจกรรมการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคนเพื่อฟื้นฟูสภาพเขาหัวโล้น
- 2.) กิจกรรมที่ 2 กิจกรรมการฟื้นฟูป่าต้นน้ำด้วยการลงพื้นที่เพื่อออกแบบและพัฒนาพื้นที่ทำกินในพื้นที่ป่าต้นน้ำที่ถูกบุกรุกทำการเกษตรตามแนวพระราชดำรินอกอยู่กับป่าและหลักการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน
- 3.) กิจกรรมที่ 3 กิจกรรมจัดทำโมเดลเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่ป่าต้นน้ำที่ถูกบุกรุกทำการเกษตร
- 4.) กิจกรรมที่ 4 กิจกรรมการติดตามและประเมินผลการดำเนินการผ่านระบบเครือข่ายสารสนเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 แผนการดำเนินงาน

ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูล และทำความเข้าใจในทฤษฎี ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ พร้อมทั้งดำเนินงานในส่วนของการออกแบบและจัดสร้างชิ้นงาน โดยมีระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2560 ถึงเดือนพฤษภาคม 2561 รวมเป็นระยะเวลา 10 เดือน โดยมีแผนการดำเนินงานดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ภาคเรียนที่ 1					ภาคเรียนที่ 2				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย	พ.ค.
1.) ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	■	■	■	■						
2.) รวบรวมผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล	■	■	■	■						
3.) จัดเตรียมอุปกรณ์ และศึกษาเครื่องมือต่าง			■	■						
4.) ทำการลงสำรวจพื้นที่					■					
5.) ทำการออกแบบระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์						■	■			
6.) ทำการออกแบบระบบเซนเซอร์ติดตามความชื้นในดิน							■	■		
7.) ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ต้นแบบและบันทึกผล								■	■	
8.) ทำการติดตั้งระบบทั้งหมด								■	■	
9.) รวบรวมข้อมูลงานวิจัยและจัดทำรูปเล่มปริญญาานิพนธ์									■	■

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

- 1.) การฟื้นฟูสภาพดินในพื้นที่เขาหัวโล้นจนพัฒนาเป็นเขาหัวจุก
- 2.) เกิดเป็นต้นแบบการบริหารจัดการสภาพดินในพื้นที่เขาหัวโล้น
- 3.) สถานีอัดประจุไฟฟ้าซึ่งจะยกระดับคุณภาพชีวิตของชาวบ้านในพื้นที่จังหวัดตาก
- 4.) การบริหารจัดการพื้นที่เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม
- 5.) ยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ให้มีมาตรฐานและรายได้เพิ่มขึ้นจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นหลากหลายทั้งด้านรักษาสิ่งแวดล้อม การท่องเที่ยวเชิงนิเวศสิ่งแวดล้อมและวัฒนธรรม
- 6.) ประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้รับการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพในด้านการออกแบบและพัฒนาพื้นที่ตามแนวพระราชดำริคนอยู่กับป่าและหลักการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์และเนื้อหาองค์ความรู้ที่นำไปใช้ประกอบการศึกษาและวิจัยโครงการ โดยเริ่มตั้งแต่ทฤษฎีการปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูกตามหลักการฟื้นฟูสภาพป่าด้วยวัฏธรรมชาติ ความชื้นในดิน และกล่าวถึงพลังงานแสงอาทิตย์ รวมไปถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะนำไปติดตั้งในพื้นที่ ได้แก่ แผงโซลาร์เซลล์ ปั๊มน้ำ แบตเตอรี่ เครื่องควบคุมการอัดประจุไฟฟ้า ซีล็คเตอร์สวิตช์ อินเวอร์เตอร์ อุปกรณ์ป้องกัน อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วคราว ซอฟต์แวร์เทอร์โมคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน และระบบ IoT Cloud Services ตามลำดับ

2.2 ทฤษฎีการปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูกตามหลักการฟื้นฟูสภาพป่าด้วยวัฏธรรมชาติ (Natural Reforestation)

การฟื้นฟูพื้นที่เขาหัวโล้นนั้นจะต้องมีการปลูกป่า ซึ่งสิ่งที่จำเป็นในการฟื้นฟูป่า นั่นคือน้ำ เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพืชเพื่อที่จะใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ เช่น การสังเคราะห์แสงของพืช เป็นต้น โดยปกติการที่จะได้น้ำมาเพื่อจะเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ดิน ก็จะต้องรอหลังจากฝนตกซึ่งเมื่อดินจะเต็มไปด้วยน้ำ ที่ระดับนี้เมื่อดินจะไม่ยึดเกาะน้ำ จึงเป็นการง่ายที่น้ำจะออกจากอนุภาคดิน โดยการระเหยจากผิวดิน และซึมลึกไปในดินชั้นล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก พืชจะใช้ประโยชน์จากน้ำในดินประเภทนี้ได้้น้อยมาก จึงจำเป็นต้องหาแหล่งน้ำอื่นเพิ่มเติมไปด้วย โดยในโครงการนี้จะเป็นการจัดสร้างปั๊มน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์จากโซลาร์เซลล์ดึงน้ำจากบริเวณด้านล่างของภูเขาขึ้นมาบนยอด และกระจายความชื้นไปรอบ ๆ โดยหลักการการกระจายความชื้นของน้ำภายในดินของคลองไส้ไก่ เมื่อมีความชื้นมากพอ ก็จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเกิดเป็นป่าไม้ในที่สุด

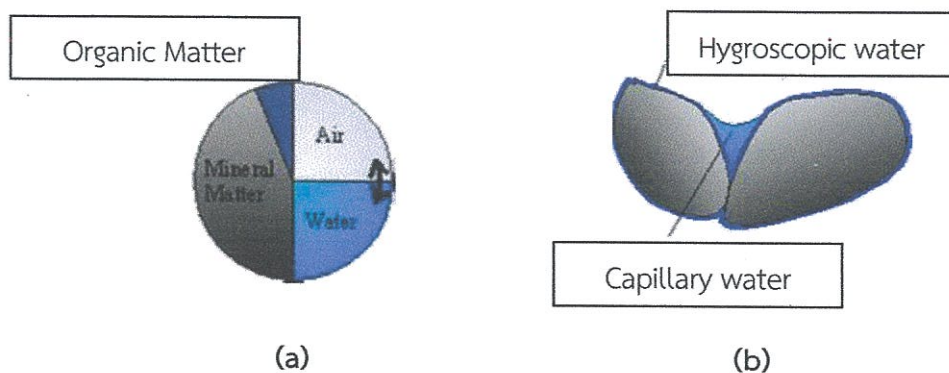
โดยที่พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชนั้นทรงห่วงใยในปัญหาปริมาณป่าไม้ลดลงเป็นอย่างมาก จึงทรงพยายามค้นหาวิธีนานาประการที่จะเพิ่มปริมาณของป่าไม้ในประเทศไทยให้เพิ่มมากขึ้นอย่างมั่นคงและถาวร โดยมีวิธีการที่เรียบง่ายและประหยัดในการดำเนินงาน ตลอดจนเป็นการส่งเสริมระบบจรรยาบรรณไม่ในลักษณะอันเป็นธรรมชาติดั้งเดิม ซึ่งก็คือถ้าเลือกได้ที่เหมาะสมแล้ว ก็ทั้งป่านั้นไว้ตรงนั้น ไม่ต้องไปทำอะไรเลย ป่าจะเจริญเติบโตมาเป็นป่าสมบูรณ์โดยไม่ต้องไปปลูกเลยสักต้นเดียว จากพระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลอดุลยเดชที่ว่า ควรสำรวจแหล่งน้ำเพื่อการพิจารณาสร้างฝายขนาดเล็กปิดกั้นร่องน้ำในเขตต้นน้ำ ลำธารทั้งนี้เพื่อแผ่กระจายความชุ่มชื้นออกไปให้กว้างขวางอันจะช่วยฟื้นฟูสภาพป่าในบริเวณที่สูงให้ สมบูรณ์ขึ้น บริเวณดังกล่าวจะได้กลายเป็นภูเขาป่า ในอนาคตซึ่งหมายความว่าไม้ต้นไม้นานาชนิด ซึ่ง ปกคลุมดินในอัตราหนาแน่นที่เหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศแต่ละแห่ง ต้นไม้เหล่านั้นจะมีผลช่วย รักษาระดับความชุ่มชื้นในธรรมชาติให้อยู่ในเกณฑ์ที่พอเหมาะไม่แห้งแล้งเกินไป และยังช่วยยึดผิวดิน อันมีค่าไม่ให้อุทกน้ำเซาะทำลายลงมายังพื้นที่ราบอีกด้วย หากไม่มีแหล่งน้ำในพื้นที่เพื่อฟื้นฟูป่าไม้ใน บริเวณภูเขาเสื่อมโทรม ก็ให้พิจารณาส่งน้ำขึ้นไปยังจุดที่สูงที่สุดเท่าที่จะดำเนินการได้ ทั้งนี้เพื่อให้ สามารถจ่ายน้ำลงไปหล่อเลี้ยงกล้าไม้อ่อนที่ปลูกทดแทนไว้บนภูเขาได้ตลอดเวลา โดยเฉพาะในช่วงฤดู แล้งซึ่งกล้าไม้มักมีอัตราสูญเสียค่อนข้างสูง เมื่อกล้าไม้เจริญเติบโตพอสมควรจนสามารถทนทานต่อ สภาวะแห้งแล้งได้แล้วในอนาคตภูเขาในบริเวณดังกล่าวก็จะคืนสภาพเดิมเป็นภูเขาป่าที่จะมีความชุ่ม ชื้นพอสมควร ตลอดจนจะช่วยฟื้นฟูสภาพแวดล้อมในตอนล่างไม่ให้เกิดเป็นดินแดนแห้งแล้ง จะต้อง พยายามสูบน้ำขึ้นไปทีละชั้นจนถึงระดับสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยพิจารณาใช้เครื่องสูบน้ำพลังงาน ธรรมชาติ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์กับพลังงานลม ซึ่งมีใช้งานอยู่แล้ว ทั้งนี้เพื่อจะได้มีเปลืองเชื้อเพลิง เมื่อนำน้ำขึ้นไปพัก ณ ระดับสูงสุดได้แล้ว จะสามารถปล่อยน้ำให้ค่อย ๆ ไหลซึมลงมา เพื่อช่วยเร่งรัด การปลูกป่าไม้ที่มีทั้งพันธุ์ไม้ป้องกันกับไม้โตเร็ว นอกจากนั้นยังจะแปรสภาพโครงการภูเขาป่า ให้เป็น ป่าเปียกซึ่งสามารถป้องกันไฟป่าได้อีกด้วย (พระราชดำริพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอด ดุลยเดช)

2.3 ความชื้นในดิน (Soil Moisture)

โดยทั่วไปดินจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นของแข็งหรือเนื้อดินที่ ประกอบด้วย แร่ (mineral matter) และสารอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ส่วนที่เป็นของเหลวที่ ประกอบด้วยน้ำ (water) ส่วนที่เป็นก๊าซที่ประกอบด้วย อากาศ (air) และไอน้ำ (water vapor) ตาม รูปที่ 2.1(a) ดังนั้นส่วนที่เป็นของเหลวหรือน้ำในดินจะเป็นความชื้นในดิน (soil moisture) คือ ปริมาณน้ำที่ถูกอนุภาคของดินดูดยึดไว้ ทำให้น้ำที่แทรกซึมลงในดินยังคงค้างอยู่ตามช่องของเนื้อดิน (capillary water) หรือเคลือบเป็นฟิล์มรอบอนุภาคดิน (hygroscopic water) ตามรูปที่ 2.1(b) ถ้า ในส่วนของช่องว่างในเนื้อดินมีน้ำอยู่เต็มไม่มีก๊าซอยู่เลยเรียกว่า ดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated soil) แต่ถ้าในช่องว่างของดินมีทั้งน้ำและก๊าซอยู่ด้วยเรียกว่า ดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated soil) แต่ถ้า ในช่องว่างของดินมีทั้งน้ำและก๊าซอยู่ด้วยเรียกว่า ดินที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated soil)



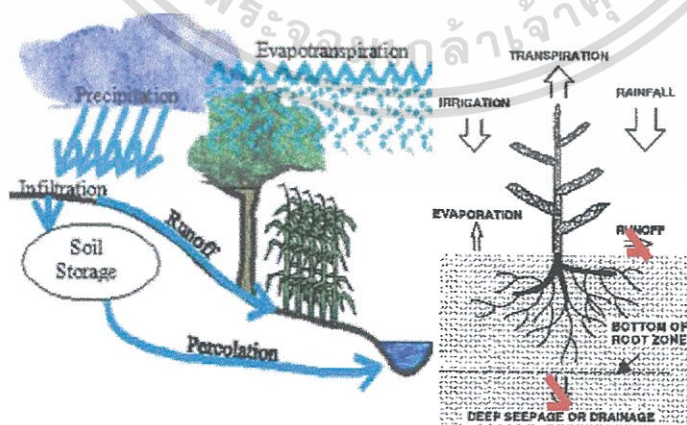
รูปที่ 2.1 (a) Tree-Phase System of Soil Structure

รูปที่ 2.1 (b) ปริมาณน้ำที่ถูกอนุภาคของดินดูดยึดไว้

2.3.1 สมดุลของน้ำในดิน (Soil Water Balance)

ความชื้นในดินมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับสิ่งมีชีวิตในดิน ได้แก่ สัตว์ พืช หรือ จุลินทรีย์ เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพืชและสัตว์ เพื่อใช้ในขบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) ต่างๆ เช่น ขบวนการสังเคราะห์แสงของพืชและจุลินทรีย์ในดินบางชนิด แล้วความชื้นในดินมาจากไหน ในรูปที่ 2.2 จะแสดงถึงสมดุลของน้ำในดิน โดยน้ำไหลเข้าคือน้ำฝนที่ตกลงมา หรือน้ำที่ได้จากการชลประทาน ส่วนน้ำไหลออกประกอบด้วย น้ำที่ระเหยออกจากหน้าดินโดยขบวนการการคายระเหย (evapotranspiration) น้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) และน้ำซึมลงไปในดิน ซึ่งประกอบด้วยน้ำที่เก็บกักไว้ในดิน (soil storage) หรือความชื้นในดิน และน้ำซึมลึก (drainage water or percolation) ในทางการเกษตรจะตัดน้ำไหลบ่าหน้าดิน และน้ำซึมลึกออก ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเกษตร และจะพิจารณาระดับน้ำในดินที่ไม่เกินความลึกของรากพืช ดังนั้น

ความชื้นในดิน = ปริมาณน้ำฝน - การคายระเหยของน้ำ



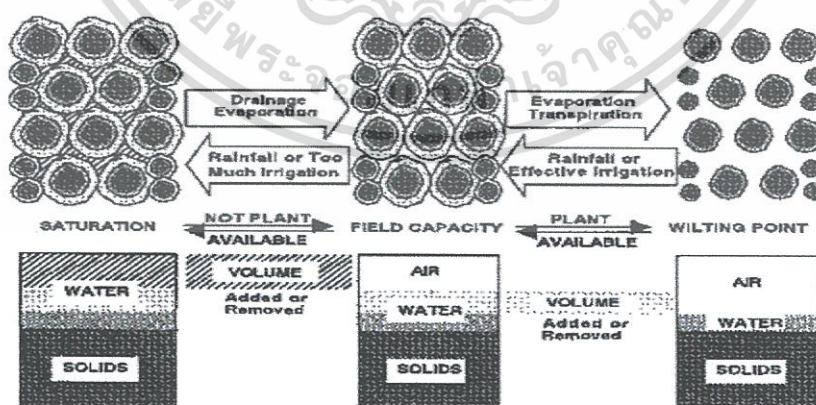
รูปที่ 2.2 สมดุลของน้ำในดิน (Soil Water Balance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายความชื้นในดินและน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Relationship between plant available water and water distribution in the soil)

ความชื้นในดินจะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้อย่างไร ในรูปที่ 2.3 จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายความชื้นในดิน และน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Relationship between plant available water and water distribution in the soil) หลังจากฝนตก ดินจะมีระดับความชื้นเท่ากับจุดอิ่มตัว (saturation) เป็นระดับที่เนื้อดินเต็มไปด้วยน้ำ ที่ระดับนี้เนื้อดินจะไม่ยึดเกาะน้ำ จึงเป็นการง่ายที่จะนำน้ำจะออกจากอนุภาคดิน โดยการระเหยจากหน้าดิน และซึมลึกไปในดินชั้นล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก พืชจึงใช้ประโยชน์จากน้ำในดินประเภทนี้ได้้น้อยมาก และน้ำซึมลึกไปในดินชั้นล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก พืชจึงใช้ประโยชน์จากน้ำในดินประเภทนี้ได้้น้อยมาก และน้ำที่ระดับนี้จะซึมลึกไปชั่วระยะเวลาหนึ่งก็จะหยุดซึมลึก ขณะนั้นระดับความชื้นในดินค่อนข้างคงที่ เรียกว่า ความจุภาคสนาม (field capacity) ที่ระดับนี้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย โดยน้ำจะไหลไปมาช้าๆ ในดิน เปรียบเสมือนน้ำที่อยู่นิ่ง ซึ่งจะถูกรากพืชดูดไปใช้และคายน้ำออกทางใบ (transpiration) นอกจากนี้ยังระเหยออกจากผิวหน้าดินได้โดยตรง (evaporation) หลังจากนั้นระดับความชื้นจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point) ซึ่งรากพืชจะดูดน้ำจากดินไม่ได้อีก พืชจะแสดงอาการเหี่ยวถาวรโดยไม่ฟื้นหากไม่ได้เติมน้ำ โดยระบบชลประทาน หรือมีฝนตกลงมา ดังนั้นความชื้นในดินที่มีประโยชน์ต่อพืช (Available water) จะอยู่ในช่วงระหว่างความชื้นระดับความจุสนามและจุดแห้งเหี่ยวถาวร

$$\text{ความชื้นในดินที่มีประโยชน์} = \text{ความชื้นที่ความจุสนาม} - \text{ความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร}$$



รูปที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายความชื้นในดินและน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นในดินที่มีประโยชน์ต่อพืชจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเนื้อดินเป็นหลัก พบว่าความชื้นในดินที่มีประโยชน์ต่อพืชของดินเหนียวที่เป็นดินเนื้อละเอียดจะมีช่วงกว้างกว่าดินร่วนและดินทราย ถ้าเนื้อดินเป็นดินทรายการให้น้ำต้องบ่อยครั้งมากกว่าดินร่วนและดินเหนียว สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของดินในระดับต่าง ๆ กับเนื้อดิน ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินในระดับต่าง ๆ กับเนื้อดิน

ระดับความชื้นในดิน (%)				
เนื้อดิน	จำนวนตัวอย่าง	ความจุความชื้นในภาคสนาม	จุดเหี่ยวถาวร	น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช
หยาบ	4	5.5	2.0	3.5
คอนขางหยาบ	5	22.2	12.0	10.2
ปานกลาง	9	34.6	20.3	14.3
คอนขางละเอียด	6	33.8	21.3	12.5
ละเอียด	9	33.5	20.2	13.3

2.4 พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy)

พลังงานแสงอาทิตย์ จัดเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาดปราศจากมลพิษ สามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่หมดสิ้น และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง ซึ่งถือเป็นทางเลือกของพลังงานที่จะนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในอนาคตของสังคมไทยแทนพลังงานเดิมอย่างก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมัน ที่นับวันจะประสบปัญหาด้านวัตถุดิบที่ลดลงเรื่อย ๆ ทั้งยังมีราคาสูงขึ้นในทุก ๆ วัน ในขณะที่ความต้องการการใช้พลังงานก็ยิ่งสูงขึ้นในทุก ๆ วันเช่นกัน และยังคาดการณ์อีกว่าอาจมีโอกาสมหตไปจากโลกในอีกไม่กี่ปีข้างหน้า ดังนั้นหนึ่งในทางเลือกก็คือ พลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ใช้แปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน สามารถใช้ได้ในทุก ๆ สถานที่ที่มีแสงจากดวงอาทิตย์ รวมถึงกระบวนการผลิตพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเข้ามาช่วยเสริมความมั่นคงให้ระบบไฟฟ้าของประเทศไทยและยังช่วยลดปัญหาโลกร้อนได้อีกทางหนึ่งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในส่วนของประเทศไทยเนื่องจากตั้งอยู่ในเขตศูนย์สูตรจึงมีข้อได้เปรียบตรงที่ความเข้มรังสีโดยเฉลี่ยตลอดทั้งปีสูงกว่าเขตอื่น ๆ ของโลก จึงได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ในเกณฑ์ที่สูง โดยพลังงานเฉลี่ยที่ได้รับทั่วประเทศประมาณ 4 – 4.5 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าบริเวณที่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรออกไปทั้งในแนวเหนือและแนวใต้ โดยการศึกษาจากข้อมูลดาวเทียมประกอบการตรวจวัดภาคพื้นดินของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานพบว่าพื้นที่ที่มีศักยภาพด้านพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย ซึ่งมีความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีประมาณ 18.2 เมกะจูลต่อตารางเมตร ส่วนใหญ่อยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และบางส่วนอยู่ในพื้นที่ภาคกลางตอนล่าง ซึ่งส่งผลให้ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้ถึง 10,000 เมกะวัตต์ ปัจจุบันการพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในนโยบายด้านพลังงานทดแทนของภาครัฐที่ได้รับผลักดันส่งเสริมให้มีการลงทุนอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในภาคเอกชน รวมทั้งภาครัฐที่ปัจจุบันสามารถจำหน่ายปริมาณไฟฟ้าส่วนเกินจากระบบเข้าสู่ กฟผ. ได้แล้ว จึงถือเป็นอีกพลังงานทดแทนที่มีอนาคตค่อนข้างสดใส ในรูปที่ 2.4 จะแสดงถึงตัวอย่างของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์



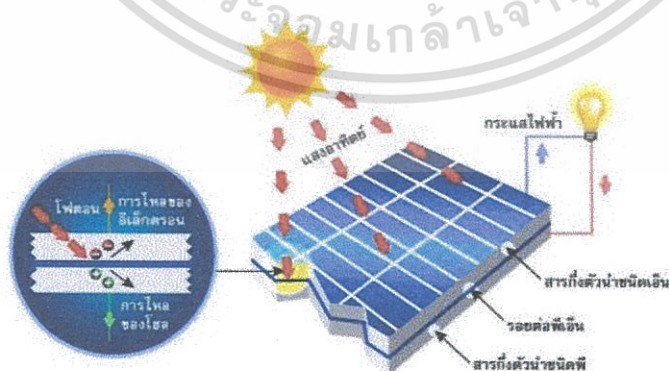
รูปที่ 2.4 โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

โดยการที่จะได้มาซึ่งพลังงานและนำมาใช้ได้ในรูปแบบพลังงานไฟฟ้านั้นจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ที่อยู่ในรูปแบบของแสงแดดให้เป็นพลังงานไฟฟ้าก่อน ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง ส่วนใหญ่เซลล์แสงอาทิตย์นั้นทำมาจากสารกึ่งตัวนำพวกซิลิคอน ที่มีราคาถูกและพบได้มากที่สุดบนโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุดถึง 44 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปใช้งาน หน้าที่ที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่าโปรตอน (Proton) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอมและเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่อเอกสารถูกส่งผ่านไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กทรอนิกส์ที่ครบวงจรก็จะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น แต่แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เดียวจะมีค่าต่ำมาก ดังนั้นการนำมาใช้งานจะต้องนำหลาย ๆ เซลล์มาต่ออนุกรมกัน เพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น โดยเซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Panel) อย่างไรก็ตาม ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ได้รับค่าพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ดีเพียงบางช่วงเวลาประมาณ 5-6 ชั่วโมงต่อวัน เนื่องจากดวงอาทิตย์มีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาจากทิศตะวันออกไปสู่ทิศตะวันตก แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ จะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ได้เต็มที่ในเวลาเที่ยงวันเท่านั้น จึงทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เต็มศักยภาพเท่าที่ควร

2.5 โซลาร์เซลล์ (Solar cell)

เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมียุคที่ผลิตบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ และพลังงานไฟฟ้าที่ได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยหลักการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.5 คือเมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบโซลาร์เซลล์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุบวกและลบขึ้น ได้แก่ โฟตอนและอิเล็กตรอน โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฟตอนไปทีขั้วบวกและพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าด้านหน้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของโซลาร์เซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ชนิดของโซล่าเซลล์

จากหลักการทำงานดังกล่าว ชนิดของสารหลักที่ใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ปัจจุบันนิยมใช้กัน มี 2 ประเภทคือ ประเภทแรกเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น แบบที่เป็นรูปผลึก (Crystalline) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous) โดยแบบที่เป็นรูปผลึก จะแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.) แบบผลึกเดี่ยว (Mono Crystalline) เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดแรก ๆ ที่ได้รับการผลิต และจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ มีลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนหนาประมาณ 300 ไมครอน หรือที่เรียกว่าเวเฟอร์

2.) แบบผลึกรวม (Poly Crystalline) เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อลดต้นทุนของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว โดยยังคงคุณสมบัติและประสิทธิภาพการใช้งานใกล้เคียงกับแบบผลึกเดี่ยวมากที่สุด

ส่วนในแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก ได้แก่ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous หรือ Thin Film) เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ได้รับการคิดค้นและพัฒนาขึ้น เพื่อประหยัดต้นทุนและเวลาในการผลิต เนื่องจากเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน หนานักเบาและมีความยืดหยุ่นกว่าแบบผลึก

2.5.2 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อแผงโซล่าเซลล์

- ชนิดของโซล่าเซลล์ การเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของแผงโซล่าโดยตรงคือการเลือกใช้เซลล์ที่มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าสูงแต่การใช้เซลล์ประสิทธิภาพสูง ย่อมส่งผลให้ราคาของแผงสูงตามด้วย
- โครงสร้างของแผง โครงสร้างของแผงที่ดีจะช่วยให้แผงมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น การใช้กระจกที่มีคุณสมบัติลดการสะท้อนแสงเป็นส่วนประกอบของแผง จะช่วยให้เซลล์ได้รับแสงมากขึ้น ส่งผลให้ผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น
- ความเข้มของแสงที่ตกกระทบ กระแสไฟฟ้าที่โซล่าเซลล์ผลิตได้ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หากแสงที่ตกกระทบแผงโซล่ามีความเข้มสูง แผงก็จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้มาก ขณะที่แรงดันไฟฟ้าจะแปรตามความเข้มแสงน้อยมาก ดังนั้นที่กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะสูงขึ้น เมื่อความเข้มของแสงเพิ่มขึ้น
- อุณหภูมิ มีผลโดยตรงกับประสิทธิภาพของโซล่าเซลล์ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะลดลงเมื่อเซลล์มีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยทั่วไปแล้วผู้ผลิตแผงโซล่าจะระบุข้อมูลทางเทคนิคที่วัดจากการทดลองในสภาวะแวดล้อมมาตรฐานคือ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิของแผงที่การใช้งานจริงอาจสูงถึง 45 องศาเซลเซียส ดังนั้นการออกแบบระบบเพื่อให้ได้กำลังไฟฟารวมที่ต้องการควรคำนึงถึงอุณหภูมิเวลาใช้งานจริง หากโครงสร้างของแผงสามารถระบายความร้อนได้ดี ก็จะช่วยให้อุณหภูมิของแผงสูงขึ้นได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ลักษณะการติดตั้งแผง หากมีเงาบังแผงโซลาร์เซลล์เพียงส่วนใดส่วนหนึ่ง อาจส่งผลให้ประสิทธิภาพของแผงลดลงอย่างมาก ดังนั้นจึงควรติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ในสถานที่ที่ไม่มีเงาของวัตถุใดมาบัง
- องศาการตกกระทบของแสง โซลาร์เซลล์จะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อแสงตกกระทบกับเซลล์แบบตั้งฉาก สำหรับประเทศไทยนั้น ทิศทางและองศาการติดตั้งที่จะทำ ให้รับแสงได้ดีที่สุด คือ หันไปทางทิศใต้และทำมุม 15 องศาจากพื้นดิน
- การดูแลรักษา เมื่อใช้งานไปได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง ย่อมมีฝุ่นละอองหรือสิ่งปฏิกูล เช่น มูลนก เปื้อนแผงโซลาร์เซลล์ หรืออาจมีต้นไม้กิ่งก้านขึ้นมากับแผงแสงที่จะตกกระทบแผง ซึ่งมีผลทำให้แผงได้รับแสงลดลง หรือเกิดเงาบนส่วนใดส่วนหนึ่งของแผง ส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมลดลง การทำความสะอาดและดูแลไม่ให้เกิดเงามาบังแผง จะช่วยให้ประสิทธิภาพของทั้งระบบดีขึ้นได้

2.6 ปั้มน้ำ (Water Pump)

ในปัจจุบันเครื่องปั้มน้ำจัดเป็นอุปกรณ์เครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์อย่างมาก เป็นอุปกรณ์ ที่ช่วยจัดส่งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค การเกษตร คมนาคม อุตสาหกรรม ตลอดจนการบำบัดน้ำเสีย เพื่อรักษา สภาวะแวดล้อม ที่ดีให้กับมนุษย์ ซึ่งวิวัฒนาการของเครื่องปั้มน้ำในปัจจุบันได้เปลี่ยนไปจากเดิม ที่ใช้พลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาเป็น การใช้พลังงานจากไอน้ำจากเครื่องยนต์ และที่นิยมกันมากคือการใช้พลังงานไฟฟ้า เนื่องจากความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน

2.6.1 ประเภทของปั้มน้ำ

ปั้มน้ำในปัจจุบันมีให้เลือกหลากหลายรูปแบบตามฟังก์ชันการทำงาน ซึ่งต้องเลือกให้เหมาะสมกับรูปแบบของงานแต่ละประเภทสามารถจำแนกออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1.) ปั้มน้ำแบบแรงดันคงที่

ปั้มน้ำแรงดันคงที่ที่เป็นปั้มน้ำที่ให้แรงดันน้ำสม่ำเสมอ เหมาะกับบ้านที่มีการใช้น้ำหลายจุดและอุปกรณ์ที่ต้องการแรงดันน้ำที่คงที่ อาทิเช่น เครื่องทำน้ำอุ่น ข้อดีของปั้มนชนิดนี้คือ มีการทำงานโดยใช้ตัวช่วยในการเพิ่มแรงดัน อาทิเช่น แก๊สไนโตรเจน ทำให้มีรอบในการอัดอากาศคงที่ ส่งผลให้การจ่ายน้ำมีปริมาณสม่ำเสมอ เช่น ถ้าเจ้าของบ้านใช้น้ำพร้อมกันทั้ง 3 จุด ปริมาณแรงดันน้ำก็จะมีปริมาณเท่ากันทั้ง 3 จุด เป็นต้น ปั้มนชนิดนี้มีเสียงเบาและขนาดที่ย่อมเยากว่า แต่มีราคาสูงกว่าชนิดแบบถังแรงดัน ส่วนข้อจำกัดของปั้มนชนิดนี้คือ เมื่อเกิดปัญหาหัวรั่วซึมของถังความดัน จะไม่สามารถดำเนินการแก้ไขเติมก๊าซเองได้ ต้องถอดเปลี่ยนเท่านั้น แต่ปัจจุบันเริ่มมีชนิดที่ใช้อากาศเป็นตัวช่วยในการเพิ่มแรงดันบ้างแล้ว ซึ่งสามารถช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ ชิ้นส่วนวัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่

เป็นพลาสติกแข็ง จึงทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องสนิมมากนัก แต่ก็ไม่ควรตั้งปั้มน้ำนี้ไว้กลางแจ้งโดยไม่มีหลังคาคลุม เพราะอาจทำให้ปั้มน้ำมีอายุสั้นลงกว่าที่ควร

2.) ปั้มน้ำแบบจุ่ม

ปั้มน้ำแบบจุ่มมีข้อดีคือความสะดวกเหมาะสมสำหรับพื้นที่จำกัด ตัวปั้มจะต้องอยู่ในน้ำแล้วส่งน้ำขึ้นไปยังพื้นที่ที่ต้องการผ่านสายยางหรือท่อน้ำที่ต่อไว้ ส่วนข้อเสียนั้นก็คือเรื่องแรงดันน้ำที่ได้ค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบแรงม้ากับปั้มน้ำชนิดอื่น และระยะทางที่ค่อนข้างสั้นแต่ในบางสถานการณ์ปั้มน้ำแบบนี้ก็มีประสิทธิภาพสูงได้เหมือนกันซึ่งทั้งนี้ทั้งนั้นก็ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ที่จะใช้งาน

3.) ปั้มน้ำแบบหอยโข่ง

การส่งน้ำออกจากปั้มน้ำแบบหอยโข่งอาศัย “แรงหนีศูนย์กลาง” เมื่อแรงหนีศูนย์กลางกระทำต่อน้ำในปั้ม ความดัน บริเวณศูนย์กลางของปั้มจะต่ำลงเกือบเป็นสุญญากาศ ความดันของบรรยากาศภายนอกจะดันน้ำจากบ่อพักน้ำเข้า ไปยังบริเวณศูนย์กลางของปั้มน้ำ การหมุนของใบพัด ในปั้มน้ำจะทำให้เกิดสุญญากาศและแรงหนีศูนย์กลาง พร้อม ๆ กัน ความต่อเนื่องของการหมุนนี้ทำให้น้ำเคลื่อนที่ ผ่านปั้มน้ำจากระดับที่ต่ำไปหาระดับที่สูงได้

4.) ปั้มน้ำบาดาล

เครื่องสูบน้ำบาดาลทำหน้าที่สูบน้ำขึ้นจากบ่อบาดาล โดยเครื่อง สูบน้ำจะติดตั้งอยู่ภายในบ่อบาดาลน้ำจะถูกผ่านตามท่อเข้าสู่ระบบ สำหรับไฟฟ้าที่จะจ่ายให้แก่มอเตอร์ของเครื่องสูบน้ำนั้น จะจ่ายผ่านสายไฟฟ้าที่ต่อจากตู้ควบคุมไปจนถึงตัวมอเตอร์ที่ติดตั้งในบ่อบาดาล เครื่องสูบน้ำบาดาลเป็นเครื่องสูบน้ำแบบ จุ่มใต้น้ำ น้ำซึ่งเป็นเครื่องสูบน้ำชนิดเดียวกับที่เรารู้จักกันทั่วไปว่า ปั้มไดโว่ แต่ประสิทธิภาพสูงกว่า และการใช้งานที่ระดับความลึกได้ผิวดินมากกว่า

2.7 แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้จัดเก็บประจุไฟฟ้าที่สามารถผลิตไฟฟ้าออกไปใช้งานได้ทันที ประดิษฐ์ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1859 โดยนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส แกสตัน พรองค์ ที่เรียกว่าแบตเตอรี่แบบเปียก ต่อมาก็พัฒนาเป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดในปี ค.ศ.1957 ออดโต จาเซ ได้ประดิษฐ์แบตเตอรี่ที่สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องคอยเติมน้ำกลั่นและจัดวางได้ทุกแบบ ไม่จำกัดวิธีวางแบบตั้งเพียงอย่างเดียว ในหลักการจะใช้วัสดุดูดซับน้ำกรดไว้และผนึกไม่ให้กรดไหลออกมา ทำให้ไม่ต้องคอยเติมน้ำกลั่นหรือเรียกได้ว่าเป็นเซลล์แบบแห้ง หรือแบตเตอรี่แบบแห้ง ต่อมาได้มีการพัฒนาวัสดุที่ใช้ดูดซับกรดได้เป็น 2 แบบ คือ แบบที่ใช้แผ่นซิลิกาไฟเบอร์เป็นตัวดูดซับเรียกว่าแบบ AGM และแบบที่ใช้เจลเป็นตัวดูดซับเรียกว่า แบบเจล ซึ่งเป็นหลักการต้นแบบของแบตเตอรี่ที่พัฒนาต่อมาใช้ปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ทั้งสองแบบ แต่ละแบบมีการพัฒนาให้มีความเหมาะสมในการใช้งานมากขึ้นโดยที่จะออกแบบให้สามารถจัดเก็บประจุได้มากขึ้น และจ่ายกระแสไฟฟ้าได้นานยิ่งขึ้น เรียกการทำงานนี้ว่า deep cycle โดยการออกแบบให้แผ่นธาตุตะกั่วมีความหนาเป็นพิเศษ เป็นผลทำให้ค่าความต้านทานภายในสูง สามารถจัดเก็บได้สูง แต่จะจ่ายกระแสออกมาได้ไม่สูงมากนัก ซึ่งไม่เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูง ๆ ในระยะเวลาสั้น ๆ เช่นการใช้กับรถยนต์ ซึ่งมาความต้องการกระแสสูงมาก ในเวลาการสตาร์ทเครื่องยนต์จึงไม่เหมาะกับการนำไปใช้งาน จึงต้องเลือกใช้งานให้ถูกต้อง แต่จะเหมาะสำหรับรถไฟฟ้า รถยกของ เครื่องสำรองไฟฟ้าหรือการเก็บพลังงานสำรองจากแหล่งพลังงานทดแทนต่าง ๆ รวมทั้งพลังงานจากแสงอาทิตย์ด้วย แบตเตอรี่ทั้งสองแบบนี้จะมีราคา ขนาดและน้ำหนักที่ต่างกันมาก ถึงแม้ว่ากำลังวัตต์ต่อชั่วโมงหรือความจุของกระแสไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากัน

2.7.1 การอัดประจุและคายประจุของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ทุติยภูมิ ได้แก่ แบตเตอรี่ตะกั่วกรดและแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน สามารถเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้หากนำมาอัดประจุไฟฟ้าเข้าไปอีกครั้งหลังจากการใช้งาน ดังนั้นแบตเตอรี่จึงสามารถจ่ายพลังงานได้หลาย ๆ ครั้งตลอดอายุการใช้งาน ความสำคัญของการอัดประจุเข้าสู่แบตเตอรี่ก็คือ การเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับของแบตเตอรี่ทุติยภูมิอย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายจากการอัดประจุที่เกิดกว่าขีดจำกัดของแบตเตอรี่ในการอัดประจุแบตเตอรี่นั้น พลังงานที่เราอัดประจุเข้าไปจะมากกว่าพลังงานที่เราได้รับออกมาจากแบตเตอรี่ นั่นเป็นเพราะว่าพลังงานในการอัดประจุแบตเตอรี่ส่วนหนึ่งจะสูญหายไปในแบตเตอรี่ เนื่องจากความต้านทานภายในแบตเตอรี่และการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่ใช่การเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้าไปสู่พลังงานเคมี เช่น การเกิดแก๊สในแบตเตอรี่ตะกั่วกรด ทำให้ประสิทธิภาพของการอัดประจุไม่ถึง 100% ดังนั้นหากต้องการใช้แบตเตอรี่อย่างเต็มประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องทำการอัดประจุจนถึงสถานะ การอัดประจุที่กระแสไฟฟ้าสูงเกินพิกัด คือสถานะประจุของแบตเตอรี่ที่อัดประจุของแบตเตอรี่ใกล้เคียงกับ 100% โดยไม่สามารถรู้ได้ว่าแบตเตอรี่จะถูกอัดประจุจนเต็มที่เวลาใด การอัดประจุที่สถานะกระแสไฟฟ้าเกินพิกัดนั้นจะทำให้มีความร้อนสูญเสียมากกว่าปกติ รวมไปถึงความดันที่จะเกิดขึ้นจากแก๊สที่ผลิตภายในแบตเตอรี่ แต่ก็สามารถที่จะทำให้ใช้แบตเตอรี่ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ จึงต้องมีการควบคุมการอัดประจุที่กระแสไฟฟ้าสูงเกินพิกัด เพื่อที่จะป้องกันและควบคุมไม่ให้เกิดความเสียหายขึ้น

2.8 เครื่องควบคุมการอัดประจุไฟฟ้า (Charge Controller)

เครื่องควบคุมการอัดประจุไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่อัดประจุไฟฟ้าที่ได้รับจากเซลล์แสงอาทิตย์มาชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่ซึ่งการชาร์จประจุนี้ต้องไม่ให้มีการชาร์จประจุมากเกินไป (Over Charge) ซึ่งจะมีผลทำให้แบตเตอรี่มีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้เสื่อมสภาพเร็วและเมื่อแบตเตอรี่มีอุณหภูมิเต็มแล้วก็ต้องตัดการชาร์จประจุทันที และมีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าแบตเตอรี่ประมาณ 15 - 20% เนื่องจากมีค่าตัวแปรที่มาจากเกี่ยวข้องกับกระบวนการชาร์จประจุแบตเตอรี่ ได้แก่ อุณหภูมิของแบตเตอรี่ ความไม่คงที่ของกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายที่ป้อนให้โดยเฉพาะจากแหล่งพลังงานทดแทนอื่น ๆ เช่นเซลล์แสงอาทิตย์ กังหันลม และพลังงานทดแทนในรูปแบบอื่น จึงต้องใช้อุปกรณ์ประมวลผล(Microcontroller) มาทำการประมวลผลและควบคุมการชาร์จประจุ เพื่อให้มีแรงดันไฟฟ้าที่คงที่และสม่ำเสมอสำหรับการชาร์จไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ โดยเครื่องควบคุมการอัดประจุไฟฟ้า แบ่งเป็น 2 ประเภทตามลักษณะหลักการทำงาน ได้แก่

2.8.1 PWM (Pulse Width Modulation)

หลักการทำงาน คือ ควบคุมความถี่ของคลื่นไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ให้คงที่ ด้วยระบบดิจิทัล (Digital) เพื่อให้ประหยัดพลังงานและสามารถควบคุมการประจุไฟเข้าสู่แบตเตอรี่ได้เป็นอย่างดี ทำให้แบตเตอรี่ไม่เสื่อมเร็ว มีฟังก์ชันแสดงสถานการณ์ทำงานที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่นการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ ระดับการเก็บประจุของแบตเตอรี่ การจ่ายไฟ DC ให้เครื่องใช้ไฟฟ้า DC ที่กำลังต่อเชื่อมวงจร มีระบบการตัดไฟอัตโนมัติ ในกรณีไฟแบตเตอรี่ใกล้หมด เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสียหายหรือเสื่อมสภาพ เนื่องจากการใช้ไฟเกินกำลัง (Over Charge / Over Discharge Protection)

2.8.2 MPPT (Maximum Power Point Tracking)

หลักการทำงานคือ มีระบบไมโครโพรเซสเซอร์ หรือตัวจับสัญญาณ คอยควบคุมดูแลสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ เปรียบเทียบกับแรงดันกระแสในแบตเตอรี่และเลือกสัญญาณไฟฟ้าที่สูงที่สุดจากแผงเพื่อประจุลงในแบตเตอรี่ให้เต็มที่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงไม่มีปัญหาเมื่อใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ ขณะที่สภาพแสงแดดภายนอกไม่คงที่ แสงแดดอ่อน ๆ ในช่วงเช้าหรือช่วงเย็น

2.9 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

อินเวอร์เตอร์ คือ วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (DC to AC Converter) เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าตรงเป็นกระแสไฟฟ้าสลับ โดยไฟฟ้ากระแสตรงที่จะนำมาทำการเปลี่ยนนั้นมาจาก แบตเตอรี่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงหรือแผงโซลาร์เซลล์ก็ได้ ไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้มานั้นจะเหมือนกับไฟฟ้าที่ได้จากปลั๊กไฟตามบ้าน โดยอินเวอร์เตอร์ ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น มอเตอร์ พัดลม หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับสามารถใช้ได้กับกระแสไฟฟ้าตรง ซึ่งมีข้อดีคือสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกได้ทั้งขนาดของแรงดันไฟฟ้าและความถี่อินเวอร์เตอร์ที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้านี้

2.9.1 ประเภทของ Solar Inverter ที่ใช้งานในปัจจุบัน

Solar Inverter มีหน้าที่แปลงไฟฟ้า DC จากแผงโซลาร์เซลล์ให้เป็นไฟฟ้า AC เพื่อนำมาต่อโหลดเพื่อใช้งานต่อไป แบ่งตามชนิดการทำงานดังนี้

1.) Central Solar Inverter

เป็นระบบ On grid ซึ่งเป็นอินเวอร์เตอร์ขนาดใหญ่ ที่พบเจอในตลาดทั่วไปก็มีขนาดตั้งแต่ 100 kW - 2,500 kW ส่วนใหญ่จะใช้ในโซลาร์ฟาร์ม หรือ PV Plant ขนาดใหญ่ที่มีการติดตั้งกำลังการผลิตเป็นหลาย ๆ เมกกะวัตต์ สะดวกในการติดตั้งระบบใหญ่ ๆ แต่มีข้อเสียคือ หากตัวอินเวอร์เตอร์เสีย ก็จะทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งระบบลดลงอย่างมาก

2.) String Solar Inverter

เป็นระบบ On grid ซึ่งเป็นอินเวอร์เตอร์ขนาดเล็ก ตั้งแต่ 2 - 60 kW ซึ่งเป็นอินเวอร์เตอร์ ที่เรานำมาติดตั้งใช้งานตามบ้าน สำนักงาน หรือโรงงาน ที่ส่วนใหญ่ติดตั้งบนหลังคาหรือตาดฟ้า เนื่องจากกำลังการผลิตและขนาดที่เหมาะสมในการติดตั้งการต่อใช้งาน โดยนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาอนุกรมและหรือขนานกัน ให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า หรือกำลังไฟฟ้า ให้เหมาะสมกับที่ String Solar Inverter ต้องการแล้วอินเวอร์เตอร์ก็แปลงไฟฟ้า DC จากแผงให้เป็นไฟฟ้า AC แล้วขนานหรือเชื่อมต่อเข้ากับไฟฟ้าของการไฟฟ้าที่เมนเบรกเกอร์ หรือ MDB

3.) Solar Inverter แบบมี Power Optimizer

เป็นระบบ On grid ซึ่งเป็นอินเวอร์เตอร์ประเภทหนึ่งที่พัฒนาการเพื่อทำให้อินเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยการเพิ่มอุปกรณ์ Power Optimizer ไปติดตั้งที่ใต้แผงโซลาร์เซลล์ แต่ละแผง (บางรุ่น 1 Power Optimizer ต่อได้ 2 PV) เพื่อทำหน้าที่ในการปรับแต่งค่าแรงดันไฟฟ้า DC ที่มาจากแผงโซลาร์เซลล์ให้เหมาะสม (DC to DC) แล้วจึงส่งต่อไปยังอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงเป็นไฟฟ้า AC นำไปใช้งานต่อไป

4.) Solar Micro Inverter

เป็นโซลาร์อินเวอร์เตอร์ที่มีทั้งแบบระบบ On grid หรือแบบระบบ Off grid โดยทางสถาปัตยกรรมก็คือทำตัวอินเวอร์เตอร์ให้เล็กลง แล้วไปติดตั้งที่ได้แผงโซลาร์เซลล์ โดยอาจจะต่อ โดยใช้ Micro Inverter 1ตัวต่อ1แผง 1ตัวต่อ2แผง หรือ 1ตัวต่อ4แผง แล้วแต่ที่แต่ละยี่ห้อจะผลิตออกมาจำหน่าย ซึ่งเอาท์พุทที่ออกมาจาก Micro Inverter ก็เป็นไฟฟ้า AC ที่นำไปต่อใช้งานได้เลย ซึ่งอินเวอร์เตอร์ ประเภทนี้กำลังเป็นที่นิยมในต่างประเทศ และมีหลายยี่ห้อที่แข่งขันกันปรับปรุงและพัฒนาขึ้นค่อนข้างมาก อันเนื่องมาจากผู้ใช้งานทั่วไปสามารถติดตั้งใช้งานได้เอง เคลื่อนย้ายได้สะดวก มีชุดติดตั้งแบบง่าย ๆ จำนวนไม่กี่แผง อีกทั้งทำใช้งานเป็นระบบ Off grid (สถานที่ที่ไม่มีระบบจำหน่ายไฟของการไฟฟ้า) ก็ติดตั้งได้ง่าย

5.) Off Grid Solar Inverter

เป็นโซลาร์อินเวอร์เตอร์ระบบ Off grid ซึ่งหมายถึงเป็นอินเวอร์เตอร์ที่แปลงไฟฟ้า DC จากแผงโซลาร์เซลล์ ให้เป็นไฟฟ้า AC แล้วนำไปต่อใช้งานได้เลยโดยไม่ต้องไปขนานหรือเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ซึ่งระบบ Off grid นี้ส่วนใหญ่ก็จะต้องมีระบบแบตเตอรี่ และเครื่องควบคุมการอัดประจุ มาต่อร่วมด้วยเพื่อทำหน้าที่เก็บสำรองพลังงานไฟฟ้าไว้ตอนที่ไม่มีแสงแดด อินเวอร์เตอร์ประเภทนี้ก็เหมาะกับสถานที่ที่ไม่มีไฟฟ้าของการไฟฟ้าเข้าถึง แต่ต้นทุนของระบบนี้ก็ยังมีข้อจำกัดที่แบตเตอรี่ในปัจจุบันยังมีราคาสูงและอายุการใช้งานแบตเตอรี่อยู่ที่ 2 -5 ปี

6.) Hybrid Solar Inverter

ไฮบริดจ์โซลาร์อินเวอร์เตอร์บางบริษัทแบ่งได้เป็นแบบระบบ Hybrid Off grid และระบบ Hybrid On grid ดังนี้

- ระบบ Hybrid Off grid คือ อินเวอร์เตอร์รับไฟได้จากหลายแหล่ง เช่น ไฟจากแผงโซลาร์เซลล์ ไฟจากการไฟฟ้า ไฟจากเครื่องปั่นไฟ หรือไฟจากกังหันปั่นไฟ เป็นต้น แล้วในระบบก็มีแบตเตอรี่ เพื่อเก็บพลังงานไฟฟ้าด้วย ไว้สำรองกรณีไม่มีแสงแดด โดยสามารถตั้งค่าให้รับไฟจากแหล่งใดก็ได้ เช่นเวลากลางวัน ก็ใช้ไฟจากแผงโซลาร์เซลล์ พอกลางคืนใช้ไฟจากแบตเตอรี่ หากแบตเตอรี่ไฟหมดก็ให้ใช้ไฟจากการไฟฟ้า สำหรับความหมายของ Off grid คือในตอนกลางวัน ถ้าไฟจากแผงโซลาร์เซลล์ผลิตมาเกินกว่าที่ใช้งาน ก็จะไม่เชื่อมต่อหรือไม่ขนานหรือไม่ไหลย้อนกลับไปยังระบบจำหน่ายไฟของการไฟฟ้า
- ระบบ Hybrid On grid เหมือนกับระบบ Hybrid Off grid ทุกอย่างยกเว้นถ้าไฟเหลือจากแผงโซลาร์เซลล์ จะขนานหรือเชื่อมต่อหรือไหลย้อนกลับเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟของการไฟฟ้า

2.10 อุปกรณ์ป้องกัน (Circuit Breaker)

อุปกรณ์ป้องกันหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับปลดวงจรและป้องกันการลัดวงจรโดยการตัดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ขึ้นอยู่กับแรงดัน กระแสโหลด และกระแสขณะลัดวงจร ซึ่งมีทั้งชนิดที่ทำงานด้วยความร้อนและชนิดหน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้า หน้าที่หลักในการทำงานคือการตัดกระแสไฟฟ้าออกจากวงจรถ้ากระแสมากเกินไปจนทำให้เกิดความร้อนที่มากเกินไป เมื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจรแล้วสามารถทำให้วงจรกลับมาทำงานใหม่โดยการรีเซ็ตหรือโยกคันโยก เซอร์กิตเบรกเกอร์ให้ลงมาอยู่ตำแหน่ง off และโยกไปยังตำแหน่ง on ใหม่เพื่อให้วงจรทำงานได้ตามปกติ

2.10.1 ค่าพิกัดมาตรฐานในการเลือกใช้

Ampere Trip เป็นพิกัดกระแส handle rating ซึ่งบอกให้รู้ว่าสามารถทนกระแสใช้งานในภาวะปกติได้สูงสุดเท่าใด มักมีค่าแสดงไว้ที่ name plate หรือที่ด้ามโยกของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ซึ่งมาตรฐานของ NEC 1990 paragraph 240-6 กำหนดค่าดังนี้ 15 60 70 80 90 100 110 125 150 175 200 225 250 300 350 400 450 600 700 800 1000 1200 1600 2000 2500 3000 4000 5000 6000 AT

Ampere Frame เป็นพิกัดกระแสโครง ซึ่งหมายถึงพิกัดทนกระแสสูงสุดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ในรุ่นนั้น ๆ AF มีประโยชน์คือ สามารถเปลี่ยนพิกัด AT ได้โดยที่ขนาดของเบรกเกอร์ยังคงเท่าเดิม ค่า AF ตามมาตรฐาน NEMA กำหนดค่าดังนี้ 50 100 225 250 400 600 800 1000 1200 1600 2000 2500 4000 5000 AF

Interrupting Capacity เป็นพิกัดการทนกระแสลัดวงจรสูงสุดที่ในขณะที่เริ่มเกิดอาร์คที่ตัวอุปกรณ์ป้องกันของเซอร์กิตเบรกเกอร์นั้น ๆ โดยปกติกำหนดค่าทนกระแสเป็น kA ค่า IC จะบอกให้รู้ว่าเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้นั้นมีความปลอดภัยมากน้อยเพียงใด การเลือกค่ากระแส IC ต้องรู้ค่ากระแสลัดวงจร ณ จุดนั้น ๆ เสียก่อน ตามมาตรฐาน IEC60947-2 ที่ได้กำหนดค่า I_{cu} และ I_{cs} โดยที่

- I_{cu} หมายถึงการทนได้ต่อกระแสลัดวงจรสูงสุด ในกรณี 3 เฟส โดยตัดวงจรสำเร็จได้ 2 ครั้งติดต่อกัน โดยไม่มีความเสียหายกับระบบ แต่เซอร์กิตเบรกเกอร์อาจจะเสียหายและใช้งานไม่ได้อีกต่อไป
- I_{cs} หมายถึงการที่สามารถตัดวงจรจากกระแสลัดวงจร ในกรณี 3 เฟส โดยตัดวงจรสำเร็จได้ติดต่อกัน โดยไม่มีความเสียหายกับระบบและเซอร์กิตเบรกเกอร์

2.11 อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ (Surge Protector)

อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสั้น ๆ ได้ ซึ่งพลังงานที่สูงมากเช่นนี้สามารถสร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า, อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องมือ-เครื่องใช้ในการควบคุมการประมวลผล ฯลฯ อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ มีหน้าที่หลักอยู่ 2 ประการ คือ สร้างบริเวณหนึ่งให้มีความต้านทานต่ำ เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นกลับอยู่ในสภาวะปกติได้แก่ สายดิน และทำการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงเกินไปยังบริเวณที่สร้างขึ้น (สายดิน) เพื่อป้องกันความเสียหายที่สามารถเกิดขึ้นได้

2.11.1 ชนิดของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ

1.) Filter เป็นอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะที่มีลักษณะเป็นตัวกีดขวาง คอยสกัดกั้นพลังงานไฟฟ้าที่มีความถี่สูง (มักจะเป็นสัญญาณรบกวน) ในขณะที่เดียวกันก็จะปล่อยให้พลังงานไฟฟ้าที่มีความถี่ต่ำไหลผ่านได้โดยสะดวก

2.) Transients Diverters เป็นอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะที่มีการสร้างแนวซึ่งมีความต้านทานต่ำสำหรับให้แรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นชั่วขณะไหลไปตามแนวนั้นลงสู่สายดิน

2.11.2 หลักการทำงานทั่วไปของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ

อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ ได้รับการออกแบบให้สามารถเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นในช่วงเวลาอันสั้นออกจากอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยสร้างแนวที่มีความต้านทานต่ำเชื่อมต่อไปสู่ตำแหน่งของสายดิน เพื่อให้แรงดันที่สูงขึ้นชั่วขณะไหลไปตามแนวความต้านทานต่ำไปยังสายดิน

2.11.3 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ

การใช้อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะสำหรับแต่ละลักษณะการใช้งาน จะมีความแตกต่างกัน ดังนั้น ชิ้นส่วนที่ประกอบอยู่ภายในอุปกรณ์ก็จะแตกต่างกันด้วย แต่มีจุดมุ่งหมายเช่นเดียวกัน คือ เพื่อป้องกันแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นในระยะเวลาอันรวดเร็ว ได้อย่างมีประสิทธิภาพ, เชื่อถือได้ และตอบสนองต่อพลังงานสูงได้อย่างรวดเร็ว ส่วนมากชิ้นส่วนที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ฯ ที่พบ จะต้องทำหน้าที่ทำให้เกิดความต้านทานต่ำ เช่น MOV (Metal Oxide Varistor), Gas Discharge Tube (GDT) และ Silicon Avalanche Diode (SAD) ฯลฯ หรือรวมเอาชิ้นส่วนของอุปกรณ์เหล่านี้เข้าไว้ด้วยกัน

2.12 ซอฟต์สตาร์ทเตอร์ (Soft Starter)

ซอฟต์สตาร์ทเตอร์ คือ วงจรกำลัง จะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังเข้ามาทำหน้าที่ตัดต่อกระแสไฟฟ้าที่จ่ายไปยังขดลวดมอเตอร์แทนคอนแทคเตอร์ วงจรโดยทั่วไปประกอบด้วยทรินสเตอร์ต่อกลับหัวแบบขนานกัน 3 ชุด

การควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าของซอฟต์สตาร์ทเตอร์ จะขึ้นอยู่กับมุมจุดชนวน เช่น ถ้ามุมจุดชนวนต่ำหรือเข้าใกล้ 0 องศา แรงดันเฉลี่ยด้านขาออกจะสูง หากมุมจุดชนวนสูง หรือเข้าใกล้ 180 องศา แรงดันเฉลี่ยขาออกก็จะต่ำ จากหลักการดังกล่าว ทำให้ซอฟต์สตาร์ทเตอร์สามารถทำการควบคุมแรงดันและพลังงานที่จ่ายไปยังมอเตอร์ได้ โดยแรงดันที่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามการตั้งเวลา Ramp up ทำให้การออกตัวและการหยุดเป็นไปอย่างนุ่มนวล ความเร็วที่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น จะช่วยลดแรงจุดหรือแรงกระชากในขณะออกตัว ซึ่งจะช่วยลดการสึกหรอของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น โซลidayพาน เกียร์ หรือเฟืองทดและอื่น ๆ ได้

นอกจากนั้นโดยทั่วไปยังมีฟังก์ชันการจำกัดกระแส ทำให้สามารถควบคุมกระแสขณะสตาร์ทไม่ให้เกินค่าสูงสุดตามที่ปรับตั้งไว้ (2.5 - 5 ของกระแสพิคก) ซึ่งเหมาะสำหรับมอเตอร์ที่ใช้ซับโหลดที่มีทอร์คเพิ่มขึ้นตามความเร็ว เช่น บิ๊มหรือพัดลม (ต้องการทอร์คในการออกตัวไม่สูง) ซึ่งต้องการการลดกระแสขณะสตาร์ท หรือกรณีที่โหลดหนักที่ต้องการแรงบิด 1 หรือ 2 เท่า ของทอร์คพิคก กระแสสตาร์ทจะมีค่าเท่ากับการสตาร์ทด้วยวิธี DOL แต่จะไม่เกิดการกระชากอย่างรุนแรงเนื่องจากซอฟต์สตาร์ทเตอร์จะมีการป้องกันกระแสไฟฟ้าอย่างรุนแรง

2.13 ซีเล็คเตอร์สวิตช์ (Selector Switch)

ซีเล็คเตอร์สวิตช์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมวงจรไฟฟ้า เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าวงจร หรือตัดกระแสไฟไม่ให้ไหลผ่านวงจรได้ตามที่ต้องการ เป็นสวิตช์ที่ใช้งานกันมากในงานที่ต้องควบคุมการทำงานด้วยมือ โดยการบิดให้คอนแทคที่อยู่ภายในเปลี่ยนสถานะปิด (NC) หรือเปิด (NO)

ซีเล็คเตอร์สวิตช์นั้นจะทำงานโดยอาศัยการบิดด้วยมือเพื่อให้หน้า Contact ที่อยู่ภายในตัวซีเล็คเตอร์สวิตช์เปลี่ยนสถานะการทำงานในแต่ละตำแหน่ง ซึ่งมีอยู่ 3 แบบ ดังนี้

- บิดค้าง เหมาะสำหรับงานที่ใช้การทำงานเป็นระยะเวลานานๆ เช่น บิดเพื่อทำการเปิดไฟแสดงสถานะทำงานของเครื่องจักร เป็นต้น
- บิดตั้งกลับ (spring return) เหมาะสำหรับใช้ในการปรับตำแหน่งการทำงาน เช่น การทำงานของเครน เป็นการทำงานไม่ซับซ้อน จะใช้สั่งการทำงานในระยะเวลานั้นๆ
- มีกุญแจ และแบบ เลือกตามลักษณะการทำงาน และ ที่ถูกออกแบบมา สามแบบนี้ นั้นมาเพื่อความปลอดภัย

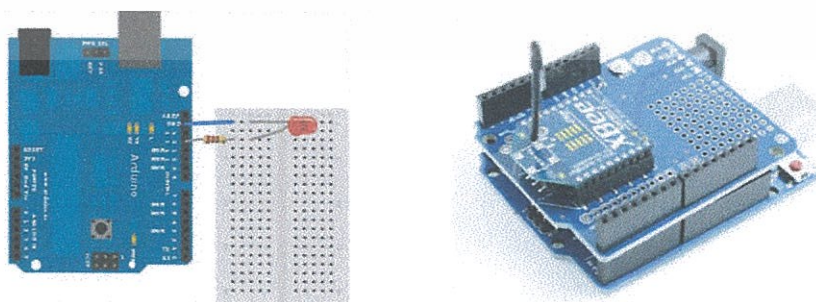
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียูหน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดย ทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน ไมโครคอนโทรลเลอร์ถ้าแปลความหมายแบบตรงตัวก็คือ ระบบคอนโทรลขนาดเล็กเรียกอีกอย่างหนึ่ง คือเป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โดยผ่านการออกแบบวงจรให้เหมาะกับงานต่าง ๆ และยังสามารถโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมขา Input / Output เพื่อสั่งงานให้ไปควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อีกด้วย ซึ่งก็นับว่าเป็นระบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ทั้งทางด้าน Digital และ Analog ยกตัวอย่างเช่น ระบบสัญญาณตอบรับอัตโนมัติ, ระบบบัตรคิว, ระบบตอกบัตรพนักงาน และอื่น ๆ ยิ่งระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ในยุคปัจจุบันนั้นสามารถทำการเชื่อมต่อกับระบบ Network ของคอมพิวเตอร์ทั่วไปได้อีกด้วย ดังนั้นการสั่งงานจึงไม่ใช่แค่หน้าแผงวงจร แต่อาจจะเป็นการสั่งงานอยู่คนละซีกโลกผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้

2.14.1 Arduino

Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน่ หรือ อาดูยโน่) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือ โปรแกรมต่อได้อีกด้วย ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่าง ๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด (ดูตัวอย่างรูปที่ 2.6) หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่าง ๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย



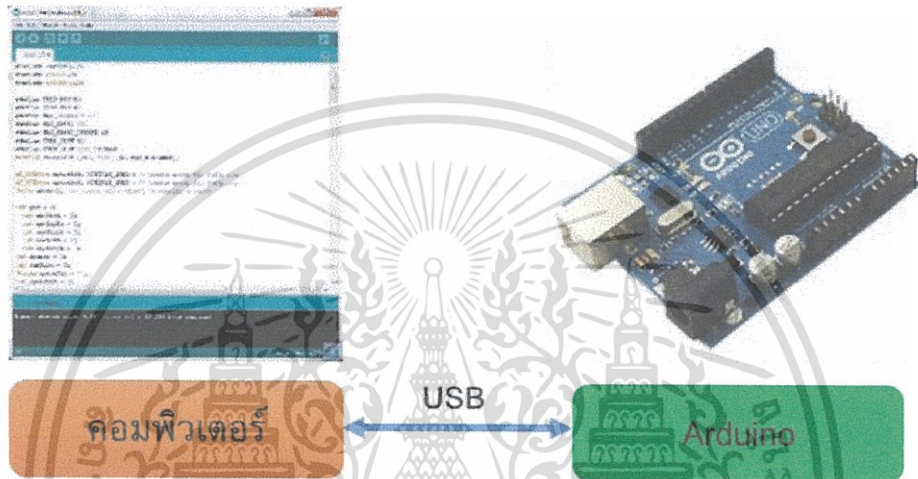
รูปที่ 2.6 บอร์ด Arduino ต่อกับ LED และ บอร์ด Arduino ต่อกับบอร์ด XBee Shield

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.1.1 จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

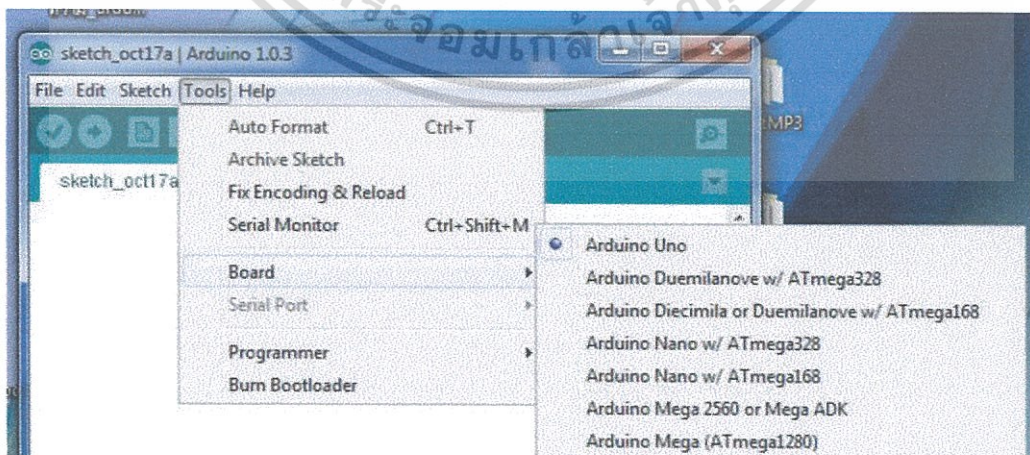
- ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
- มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแรง
- Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
- ราคาไม่แพง
- Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

2.14.1.2 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino



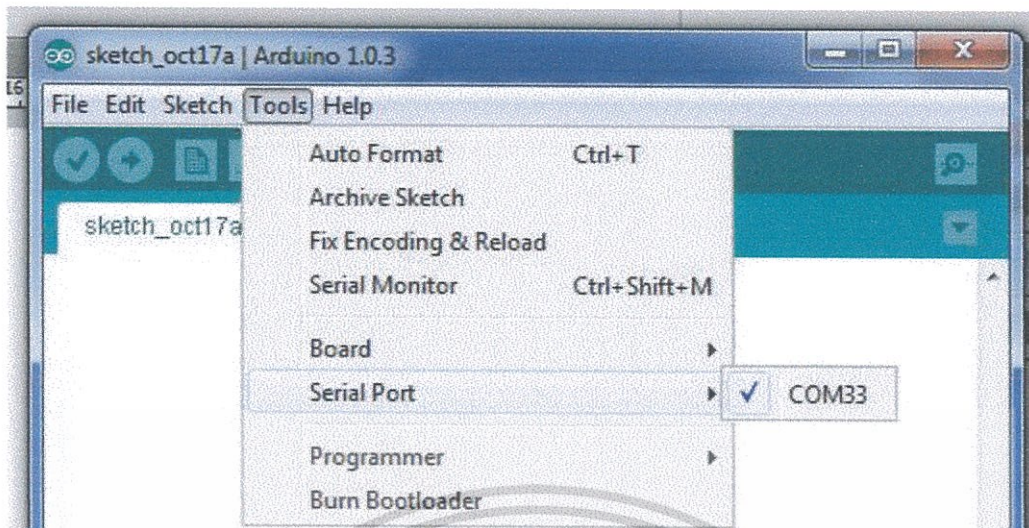
รูปที่ 2.7 การเชื่อมต่อระหว่าง Arduino กับ คอมพิวเตอร์

- 1.) เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม ArduinoIDE ซึ่งจะสามารถเชื่อมต่อระหว่าง Arduino กับคอมพิวเตอร์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.7
- 2.) หลังจากที่เขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้และหมายเลข Com port ดังแสดงในรูปที่ 2.8 และรูปที่ 2.9



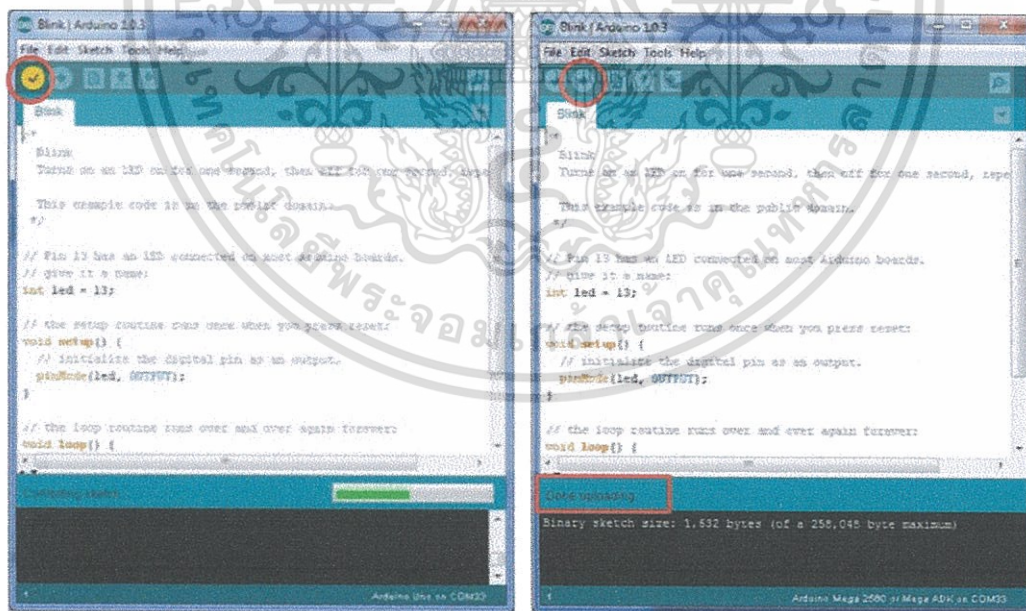
รูปที่ 2.8 เลือกุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด

3.) กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ดโปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัปโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที ดังแสดงในรูปที่ 2.10 และรูปที่ 2.11



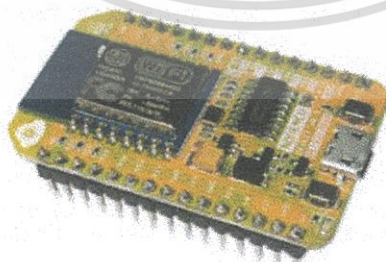
รูปที่ 2.10 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และ Compile โค้ด โปรแกรม
รูปที่ 2.11 Upload โค้ดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

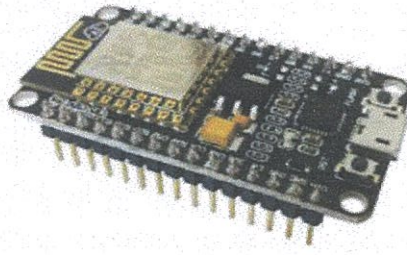
2.14.2 NodeMCU

NodeMCU คือ แพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจกต์ Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (Software บนบอร์ด) ที่เป็น open source สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lua ได้ ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น มาพร้อมกับโมดูล WiFi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตนั่นเอง ตัวโมดูล ESP8266 นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่นมาก ตั้งแต่เวอร์ชันแรกที่เป็น ESP-01 ไล่ไปเรื่อย ๆ จนปัจจุบันมีถึง ESP-12 แล้ว และที่ฝังอยู่ใน NodeMCU version แรกนั้นก็จะเป็น ESP-12 แต่ใน version 2 นั้นจะใช้เป็น ESP-12E แทน ซึ่งการใช้งานโดยรวมก็ไม่แตกต่างกันมากนัก NodeMCU นั้นมีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่มีพอร์ต Input Output built in มาในตัว สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ I/O ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่น ๆ และเมื่อไม่นานมานี้ก็มีนักพัฒนาที่สามารถทำให้ Arduino IDE ใช้งานร่วมกับ Node MCU ได้ จึงทำให้ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้ ทำให้เราสามารถใช้งานมันได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันมีอยู่ 2 เวอร์ชันที่ออกมาเป็นทางการด้วยกัน คือ NodeMCU Devkit 0.9 (ESP-12) Version 1 ดังแสดงในรูปที่ 2.12 และ NodeMCU Devkit 1.0 (ESP-12E) Version 2 ดังแสดงในรูปที่ 2.13 โดยมีข้อมูลทางเทคนิคดังนี้

- มีชุดพัฒนานี้ based on โมดูล WiFi ที่ชื่อ ESP8266
- มี GPIO PWM , I2C, 1-Wire และ ADC รวมมาอยู่บนบอร์ด
- มี USB-TTL มาในตัว ทำให้ใช้งานได้สะดวกขึ้น
- มีขา GPIO 10 ขา สามารถเป็น PWM , I2C และ 1-wire ได้
- มี PCB antenna สำหรับรับส่งสัญญาณไร้สาย
- ใช้คอนเนกเตอร์แบบ micro-USB สำหรับจ่ายแรงดันไฟเลี้ยงหรือเท่ากับ +5V และสำหรับดาวน์โหลดเฟิร์มแวร์



รูปที่ 2.12 NodeMCU Devkit 0.9 (ESP-12) Version 1



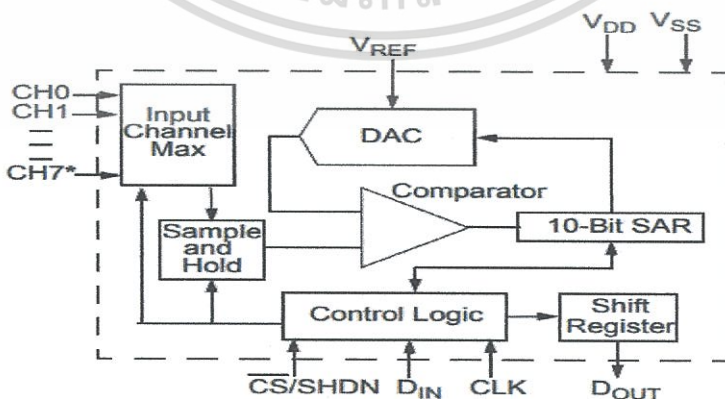
รูปที่ 2.13 NodeMCU Devkit 1.0 (ESP-12E) Version 2

2.14.2.1 MCP3008

MCP3008 (Microchip) ดังแสดงในรูปที่ 2.14 เป็น Chip แปลงสัญญาณ Analog ให้เป็นสัญญาณ Digital ด้วยจำนวน 8 Channels 10 Bit ADC โดยต่อผ่าน SPI interface MCP3008 นี้สามารถต่อใช้งานร่วมกับบอร์ด microcontroller อาทิเช่น ขา Analog Read ของ NodeMCU มีเพียงขาเดียวคือขา A1 เราจึงไม่สามารถอ่านค่า Analog จากเซนเซอร์ได้มากกว่า 1 ช่อง ด้วยข้อจำกัดนี้เราสามารถแก้ไขได้โดยใช้ IC MCP3008 ซึ่งเป็น IC สำหรับอ่านค่า Analog ใช้สายสัญญาณเพียง 4 เส้น สามารถอ่านได้ถึง 8 ช่องในตัวเดียว ค่าที่อ่านได้มีความละเอียด 10 bit คือ ค่าระหว่าง 0-1023 โดยมีการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.14 MCP3008



รูปที่ 2.15 Block diagram of MCP3008

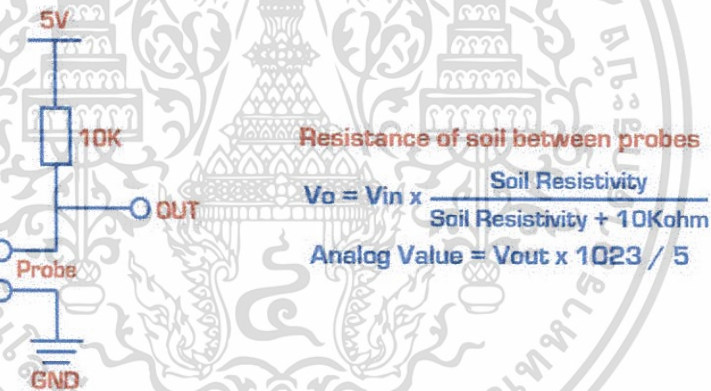
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor)

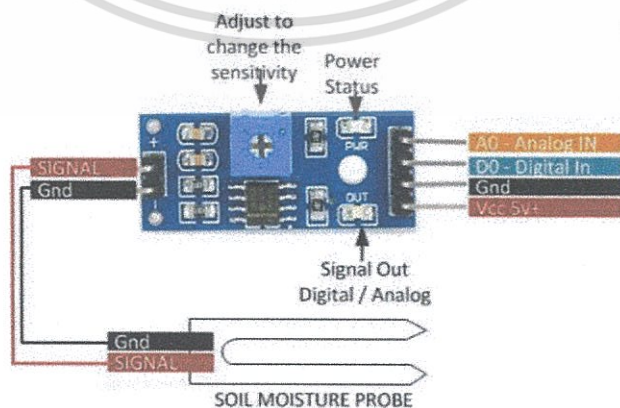
เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน Soil Moisture Sensor ใช้วัดความชื้นในดิน หรือใช้เป็นเซนเซอร์น้ำ สามารถต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้นาฬิกาอินพุตอ่านค่าความชื้น หรือเลือกใช้สัญญาณดิจิทัลที่ส่งมาจากโมดูล สามารถปรับความไวได้ด้วยการปรับ Trimpot

2.15.1 หลักการทำงาน

การใช้งาน จะต้องเสียบแผ่น PCB สำหรับวัดลงดิน เพื่อให้วงจรแบ่งแรงดันทำงานได้ครบวงจร จากนั้นจึงใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยใช้โอซีโอปแอมป์เบอร์ LM393 เพื่อวัดแรงดันเปรียบเทียบกันระหว่างแรงดันที่วัดได้จากความชื้นในดิน กับแรงดันที่วัดได้จากวงจรแบ่งแรงดันปรับค่าโดยใช้ Trimpot หากแรงดันที่วัดได้จากความชื้นของดินมีมากกว่า ก็จะทำให้วงจรปล่อยลอจิก 1 ไปที่ขา D0 แต่หากความชื้นในดินมีน้อย ลอจิก 0 จะถูกปล่อยไปที่ขา D0 ขา A0 เป็นขาที่ต้องโดยตรงกับวงจรที่ใช้วัดความชื้นในดิน ซึ่งให้ค่าแรงดันออกมาตั้งแต่ 0 - 5V (ในทางอุดมคติ) โดยหากความชื้นในดินมีมาก แรงดันที่ปล่อยออกไปก็จะน้อยตามไปด้วย ในลักษณะของการแปรผกผัน โดยมีหลักการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.16 และส่วนประกอบของวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.16 หลักการของ Soil Moisture Sensor



รูปที่ 2.17 วงจร Soil Moisture Sensor

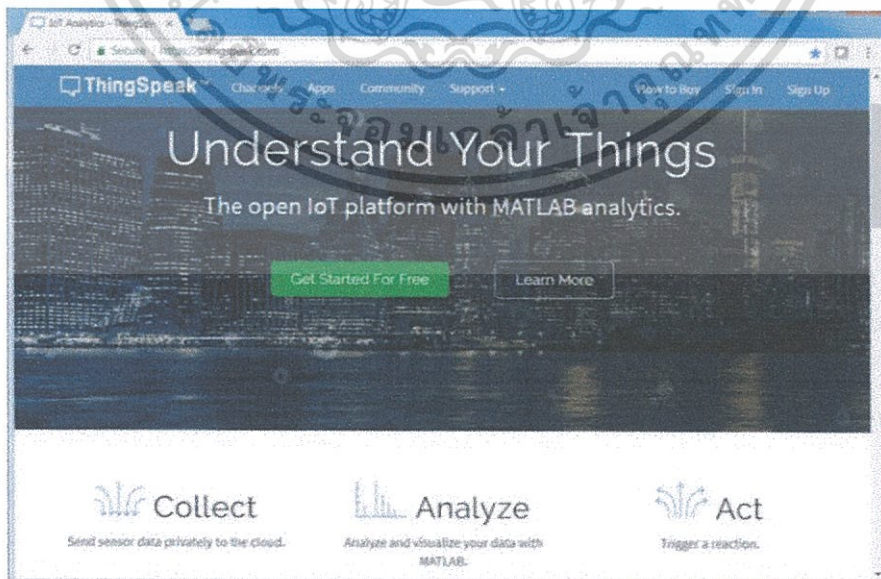
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 IoT Cloud Services

ในปัจจุบันมีผู้ให้บริการด้าน IoT Cloud Services อยู่หลายราย ซึ่งเปิดบริการและให้ทดลองใช้งานได้ฟรี แต่มีข้อจำกัดใช้งานอยู่บ้าง ตัวอย่างบริษัทได้แก่ Xively.com, ThingSpeak.com, data.sparkfun.com และ Plot.ly เป็นต้น ระบบเหล่านี้ให้บริการในการเก็บข้อมูล เช่น ข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ตรวจวัดค่าต่าง ๆ ทางกายภาพ หรืออุปกรณ์ที่เรียกว่า IoT Devices สามารถแชร์ข้อมูลผ่านเว็บ และแสดงข้อมูลเชิงกราฟิก (เช่น เป็นรูปกราฟ) ผ่านหน้าเว็บได้ อัพเดทข้อมูลบนหน้าเว็บได้โดยอัตโนมัติ สามารถนำเข้าหรือดึงข้อมูลออก (data import / export) ในรูปแบบอย่างเช่น JSON หรือ XML เป็นต้น ผ่านโปรโตคอล HTTP ดังนั้นจึงสามารถใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ได้หลายภาษา เช่น C/C++, Python, Java, JavaScript เป็นต้น

โดยในที่นี้จะใช้ ThingSpeak ซึ่งเป็นผู้ให้บริการ Cloud ชนิดหนึ่ง ที่อนุญาตให้เราสามารถส่งค่าต่าง ๆ ขึ้นเพื่อไปเก็บบนพื้นที่ ที่เปิดให้เราใช้บริการ และยังเปิดให้เราสามารถเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้ได้จากเว็บเบราว์เซอร์ทั่ว ๆ ไป จึงนับเป็นการเข้าถึงข้อมูลในรูปแบบ IOT (Internet of Things) โดยมีหน้าเว็บไซต์ดังแสดงในรูปที่ 2.18 ซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญดังต่อไปนี้

- 1.) สมัครใช้งานเพื่อขอเปิดบัญชีผู้ใช้ใหม่ (Sign Up)
- 2.) ยืนยันตัวตนเพื่อเข้าใช้งานสำหรับบัญชีที่สร้างไว้แล้ว (Sign In)
- 3.) สร้างช่องทางในการส่งข้อมูลใหม่พร้อมกำหนดคุณสมบัติของ Channel
- 4.) สร้าง API Key สำหรับเขียนข้อมูลและอ่านข้อมูล
- 5.) เขียนโค้ดและรันโปรแกรมเพื่อส่งข้อมูลไปยัง ThingSpeak.com ผ่าน Channel
- 6.) ดูข้อมูลในรูปของกราฟผ่านหน้าเว็บ



รูปที่ 2.18 หน้าเว็บไซต์ ThingSpeak.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกเหนือจากการส่งข้อมูลไปเก็บไว้ที่ ThingSpeak.com และดูข้อมูลผ่านหน้าเว็บที่บริษัทได้จัดทำไว้ให้ ผู้ใช้สามารถนำข้อมูลออกมาเพื่อทำการวิเคราะห์ และแสดงผลได้บนหน้าเว็บของตนเองได้เช่นกัน หรือพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อส่งข้อมูล ดึงข้อมูลและแสดงผลข้อมูลเหล่านั้น โดยสามารถเลือกใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ได้หลายภาษา (C, C++, Python, Node.JS เป็นต้น) การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างเช่น Arduino หรืออื่น ๆ ที่สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต และมี API รองรับการใช้งานแบบ TCP/IP ก็สามารถเชื่อมต่อกับ ThingSpeak.com ได้เช่นกัน

2.17 สรุป

การจัดสร้างบิมน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ อันดับแรกที่ต้องศึกษาคือข้อมูลทางเทคนิคของอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะนำไปติดตั้งในพื้นที่ ได้แก่ แผงโซลาร์เซลล์ บิมน้ำ แบตเตอรี่ เครื่องควบคุมการอัดประจุไฟฟ้า ซีล็คเตอร์สวิตช์ อินเวอร์เตอร์ อุปกรณ์ป้องกัน อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชาก แรงดันสูงชั่วคราว ซอฟต์แวร์เทอร์โม ไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน รวมไปถึงทฤษฎีการปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูกตามหลักการฟื้นฟูสภาพป่าด้วยวัฏธรรมชาติ เพื่อฟื้นฟูป่าต้นน้ำในพื้นที่เขาหัวโล้นที่อำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก

บทที่ 3

การออกแบบการทดลอง

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสำรวจพื้นที่หน้างานทั้งในด้านลักษณะทางภูมิศาสตร์ การหา ระดับความสูงของพื้นที่ ปัญหาที่พบในพื้นที่โครงการ การออกแบบระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ รวมทั้งสถานีอัดประจุไฟฟ้า ซึ่งการออกแบบนั้นจะออกแบบให้สอดคล้องกับความต้องการใช้งาน รวมถึงอุปกรณ์ที่มีอยู่ เพื่อที่จะใช้งานได้มีประสิทธิภาพ ในส่วนสุดท้ายจะกล่าวถึงการออกแบบ ระบบการติดตามความชื้นใน

3.2 การสำรวจพื้นที่โครงการ

โครงการนี้เป็นการนำเสนอกการศึกษาและจัดสร้างปั๊มน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ จากโซลาร์เซลล์เพื่อฟื้นฟูป่าต้นน้ำในพื้นที่เขาหัวโล้น ดังนั้นอันดับแรกที่จะต้องศึกษา คือ พื้นที่ของ โครงการ ซึ่งตั้งอยู่ที่อำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก ประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และมีพื้นที่ โดยรวมดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 แผนที่อำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก

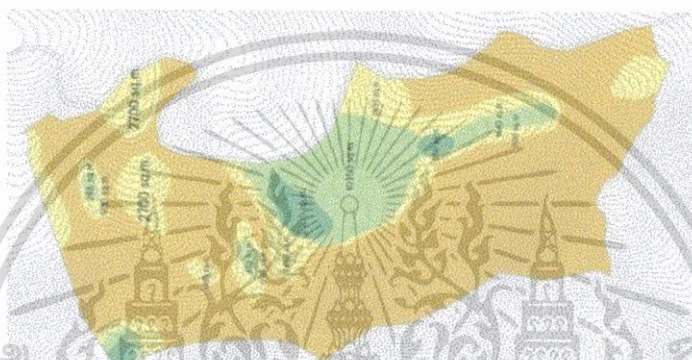


รูปที่ 3.2 พื้นที่เขาหัวโล้นในอำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่โครงการงาน

โดยลักษณะทางกายภาพของพื้นที่โครงการงานนั้นมีลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นภูเขาสูงประมาณร้อยละ 80 ของพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ปกคลุมพื้นที่ด้วยป่าโปร่งและป่าดิบบางส่วน โดยลักษณะทางภูมิอากาศนั้น ในฤดูร้อนจะตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และฤดูหนาวตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ มีลักษณะดินเป็นดินที่ดอนหรือดินไร่ เป็นดินที่มีการระบายน้ำดี โดยทั่วไปจะไม่มีการขังน้ำเมื่อฝนตก พบอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชัน สภาพพื้นที่เป็นที่ราบ ที่ลาดเชิงเขา และเป็นลูกคลื่น หน้าดินง่ายต่อการชะล้างพังทลายโดยฝนที่ตกลงมา อาจจะต้องมีการปรับปรุงพื้นที่ด้วยการทำขั้นบันไดอีกด้วย



รูปที่ 3.3 ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่โครงการงานที่อำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก

3.2.2 การหาระดับความสูงของพื้นที่

การออกแบบระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องเริ่มต้นด้วยการทราบระยะความสูงของพื้นที่ก่อนเพื่อที่จะสามารถคำนวณหาขนาดของปั๊มน้ำได้ โดยในโครงการนี้จะทำการวัดโดยใช้เครื่องมือดังนี้

1.) การหาความสูงของพื้นที่ด้วยระบบ GPS

การหาความสูงของพื้นที่ด้วยระบบ GPS เราจะทำการทดลองโดยกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดปลาย จะทำการทดลองโดยใช้แอปพลิเคชัน Altimeter ของระบบ IOS โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นค่าของตำแหน่งนั้นเทียบกับระดับความสูงจากน้ำทะเล ซึ่งค่าผลต่างก็คือความสูงระหว่างตำแหน่งสองตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่งจะใช้ในการคำนวณหาขนาดของปั๊มน้ำในส่วนถัดไป

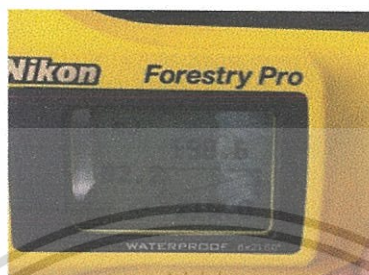


รูปที่ 3.4 แสดงค่าตำแหน่งสูงสุดและต่ำสุดเทียบกับระดับความสูงจากน้ำทะเล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) การหาความสูงของพื้นที่ด้วย Nikon Forestry Pro

การหาความสูงของพื้นที่ด้วย Nikon Forestry Pro เราสามารถเลือกรูปแบบการทำงานได้หลายรูปแบบโดยอาศัยการวัดระยะด้วยเลเซอร์ เริ่มต้นโดยยืนในตำแหน่งที่ต้องการวัดความสูง จากนั้นทำการส่องกล้องลงไปยังอีกตำแหน่งที่เราต้องการหาความสูงจากนั้นจะได้ระยะความสูงออกมาผ่านหน้าจอ LED ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งจะใช้ในการคำนวณหาขนาดของบิมน้ำในส่วนถัดไป



รูปที่ 3.5 แสดงระยะความสูงของตำแหน่งที่วัดได้จาก Nikon Forestry Pro

3.2.3 ปัญหาที่พบในพื้นที่โครงการ

เป็นอย่างไรทราบกันว่าในปัจจุบันที่จังหวัดตากนั้น ประสบปัญหาเขาหัวโล้นมาอย่างยาวนาน จากผลสำรวจที่ผ่านมา ชาวบ้านในพื้นที่ส่วนใหญ่ในจังหวัดตากทำไร่หมุนเวียน ปลูกข้าว และเลี้ยงสัตว์บางส่วน แต่ช่วงหลังมานี้ ชาวบ้านได้เริ่มหันมาปลูกข้าวโพดมากขึ้นเนื่องจากมีข้าวโพดสายพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูงเป็นที่ต้องการของตลาด จึงทำให้ต้องขยายพื้นที่มากกว่าเดิม โดยการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อทำสวนข้าวโพดซึ่งเป็นลักษณะของการทำไร่เลื่อนลอย คือ ย้ายที่ไปเรื่อย ๆ หลังจากดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ส่งผลให้เกิดเป็นพื้นที่ว่างจนมีสภาพกลายเป็นเขาหัวโล้นในปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 3.6 นอกจากนี้ยังพบหมู่บ้าน ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ป่าสงวน ซึ่งตั้งอยู่ใกล้พื้นที่เขาหัวโล้น ชาวบ้านไม่มีไฟฟ้าใช้ เพราะกรมป่าไม้ไม่อนุญาตให้ กฟภ. เข้ามาปักเสาเดินสาย ส่งผลให้ชาวบ้านได้รับความยากลำบากในการใช้ชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก เช่น เวลาากลางคืนต้องใช้เทียนไข ตะเกียง น้ำมัน และไฟฉายเป็นหลัก ชาวบ้านไม่สามารถเก็บรักษาถนอมอาหารได้เพราะไม่มีตู้เย็น ที่สำคัญไม่สามารถรับรู้ข่าวสารจากภายนอกได้เลย

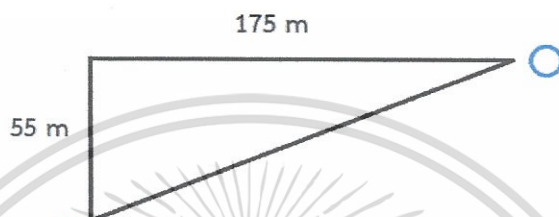


รูปที่ 3.6 พื้นที่เขาหัวโล้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

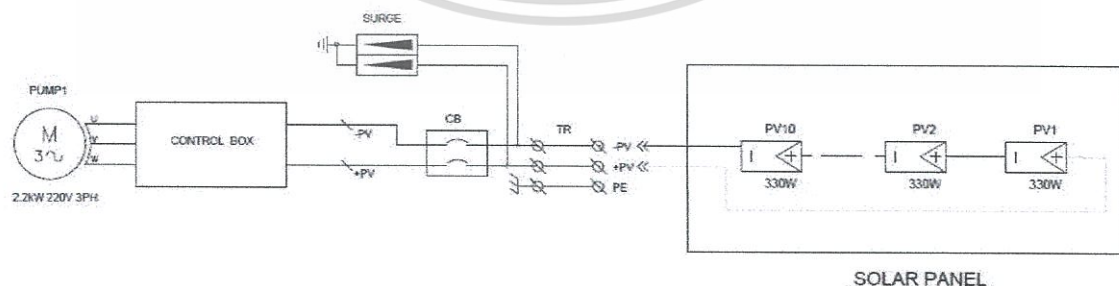
3.3 การออกแบบระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

โครงการนี้เป็นกรนำเสนองานการศึกษาและจัดสร้างปั๊มน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์จากโซล่าเซลล์เพื่อฟื้นฟูพื้นที่น้ำในพื้นที่เขาหัวโล้น โดยทำการดึงน้ำจากบริเวณลำธารที่อยู่ด้านล่างของภูเขาด้วยปั๊มน้ำจากพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นมาบนยอด เมื่อนำน้ำขึ้นไปพัก ณ ระดับสูงสุดได้แล้ว ก็ จะปล่อยให้ น้ำค่อย ๆ ไหลซึมลงมา ส่งผลให้ความชื้นกระจายไปรอบ ๆ ตามหลักการการกระจาย ความชื้นของน้ำภายในดิน โดยยึดทฤษฎีการปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูกตามหลักการฟื้นฟูสภาพป่า ด้วยวิถีจักรธรรมชาติ



รูปที่ 3.7 ระยะความสูงของพื้นที่

การออกแบบระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องเริ่มต้นด้วยการทราบระยะ ความสูงของพื้นที่ก่อนเพื่อที่จะสามารถคำนวณหาขนาดของปั๊มน้ำได้ จากการหาความสูงของพื้นที่จะ ได้ค่าความสูงที่ 55 เมตรดังแสดงในรูปที่ 3.7 จากนั้นทำการหาความสูงรวมของปั๊มน้ำ โดยความสูง รวมจะได้เท่ากับ $(55+175+((1.2/30)*180))*1.2 = 100$ m ดังนั้นจึงเลือกปั๊มน้ำพร้อมมอเตอร์ โดย การใช้ปั๊มซับเมอร์ส 2.2kW 3PH 220V ซึ่งสามารถปั๊มได้สูง 109 เมตร โดยจะได้อัตราการไหลของน้ำ 3.6 m³/h จากนั้นทำการเลือกอินเวอร์เตอร์ 2.2kW 220V ใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 37V 330W จำนวน 10 แผงต่ออนุกรมกัน โดยการออกแบบแสดงในรูปที่ 3.8



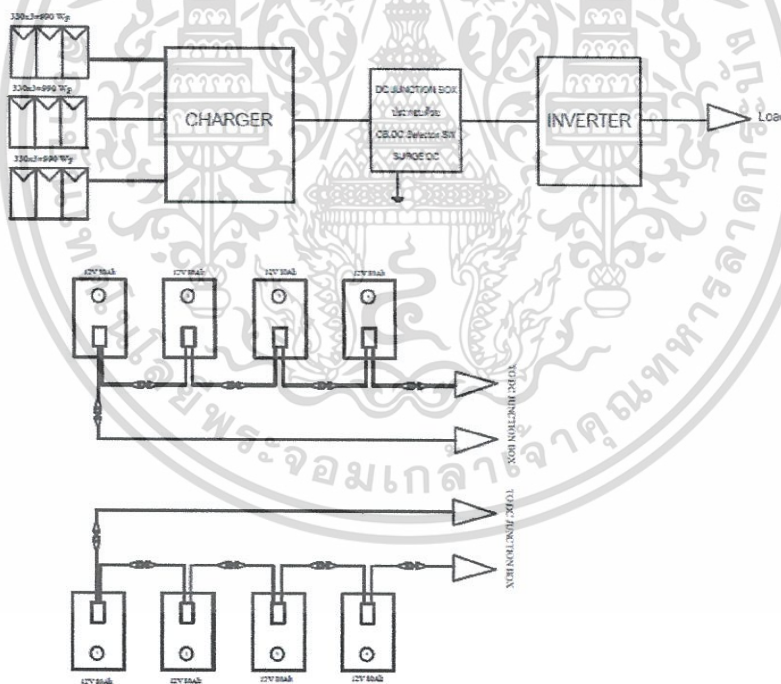
รูปที่ 3.8 ระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบสถานีอัดประจุไฟฟ้า

จากการสำรวจพื้นที่เขาหัวโล้นที่อำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก พบว่าชาวบ้านใช้ไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์เท่านั้น ซึ่งจะมีแบตเตอรี่เพียงหนึ่งลูกต่อหนึ่งครัวเรือนทำให้ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน เนื่องจากไม่มีไฟฟ้าใช้ เพราะกรมป่าไม้ไม่อนุญาตให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเข้ามาปักเสาเดินสาย ส่งผลให้ชาวบ้านได้รับความยากลำบากในการใช้ชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ชาวบ้านเกิดความยากลำบากในการใช้ชีวิตประจำวัน

จากปัญหาที่กล่าวข้างต้น จึงจะทำการสร้างสถานีอัดประจุไฟฟ้าที่รับพลังงานมาจากแผงโซลาร์เซลล์จึงทำการเลือกแผงโซลาร์เซลล์ แผงละ 37V ต่อแบบอนุกรม 3 แผง ขนานกัน 3 ชุด เท่ากับ 111 Vdc ซึ่งอยู่ในช่วงที่ Charger controller แบบ MPPT (input voltage range 64-120 Vdc battery system voltage 48 Vdc) รองรับได้แล้วเลือก อินเวอร์เตอร์ขนาด 3kW จากนั้นทำการเลือก Deep cycle Battery 12V 200 Ah ต่อแบบอนุกรม 4 ลูก (*0.6 ประสิทธิภาพ) โดยการออกแบบแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ระบบสถานีอัดประจุไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบระบบการติดตามความชื้นในดิน

ในที่นี้ได้จัดทำระบบการติดตามความชื้นในดินด้วยเซนเซอร์แล้วแสดงข้อมูลบนเว็บไซต์เพื่อที่จะใช้ข้อมูลความชื้นในดินในการเลือกปลูกต้นไม้ให้เหมาะสมตามความลึกของความชื้นในดินของพื้นที่เขาหัวโล้น โดยที่อันดับแรกจะนำเอาตัวอย่างดินที่เก็บมาตอนไปทำการสำรวจมาทำการทดสอบเพื่อหาค่าน้ำหนักที่หายไป

3.5.1 การทดสอบตัวอย่างดิน

การแสดงผลปริมาณความชื้นดินโดยน้ำหนักเป็นการแสดงโดยการเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักของความชื้นดินกับน้ำหนักของดินอบแห้ง (Oven - dry soil) วิธีตรงที่สุดที่จะหาน้ำหนักของความชื้นและน้ำหนักดินอบแห้งคือการชั่งน้ำหนักดินขณะชื้นและหลังอบแห้ง ความแตกต่างของน้ำหนักที่ได้จากการชั่งทั้งสองครั้งนี้คือน้ำหนักความชื้นดิน น้ำหนักดินอบแห้งคือน้ำหนักดินที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 105 - 110 องศาเซลเซียสในเวลา 24 ชั่วโมงจนมีน้ำหนักคงที่ การแสดงผลปริมาณความชื้นดินโดยน้ำหนักอาจแสดงเป็นสัดส่วนของน้ำหนักความชื้นต่อน้ำหนักดินอบแห้งโดยตรงเช่น กรัม/กรัมหรือแสดงเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก (Percent by weight, Pw) ก็ได้ร้อยละโดยน้ำหนักคือสัดส่วนของน้ำหนักความชื้นคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักดินอบแห้งโดยดินที่นำมาอบในการทดลองครั้งนี้จะเป็นดินที่มีแตกต่างกัน 10 ตัวอย่าง

ตารางที่ 3.1 ตารางค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินที่ได้จากการอบ

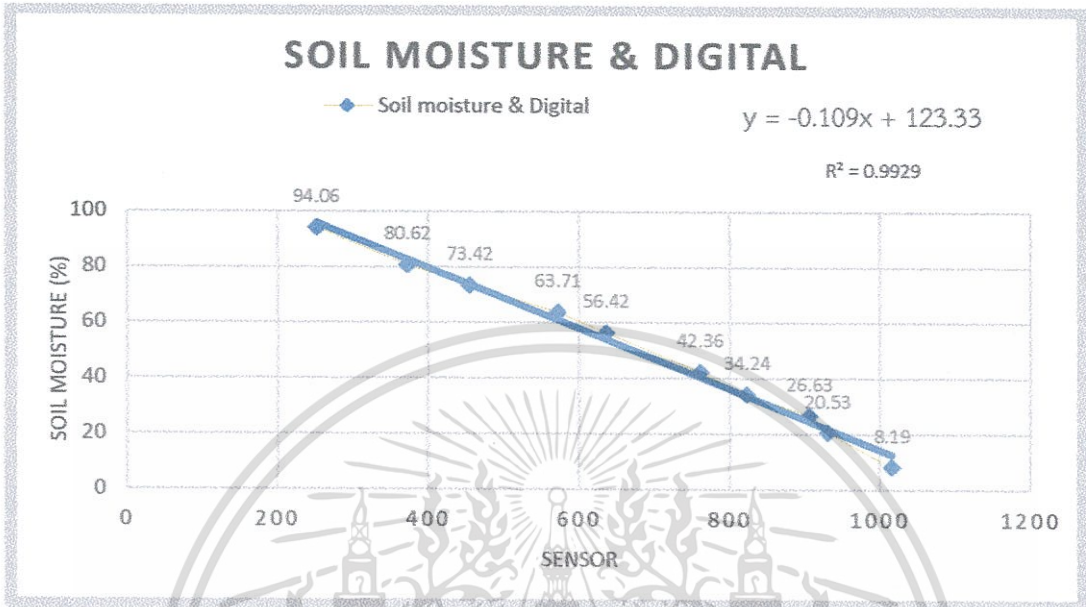
ตัวอย่างดิน ที่	ค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ที่ เป็น Analog	ค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ ที่เป็น Digital	เปอร์เซ็นต์ ความชื้นของดิน
1	4.96 V	1016	8.19 %
2	4.54 V	931	20.53 %
3	4.42 V	907	26.63 %
4	4.01 V	823	34.24 %
5	3.71 V	761	42.36 %
6	3.10 V	636	56.42 %
7	2.79 V	572	63.71 %
8	2.22 V	455	73.42 %
9	1.82 V	373	80.62 %
10	1.23 V	252	94.06 %

หมายเหตุ : (อ้างอิงจากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากน้ำในดินและค่าที่วัดได้

การหาปริมาณความชื้น โดยการนำค่าความชื้นมาเปรียบเทียบกับค่า Digital และปริมาณความชื้นดินโดยน้ำในดินมาเปรียบเทียบกับกันได้ลักษณะของกราฟดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.10 กราฟที่บอกค่าระหว่างค่าความชื้นกับค่า Digital

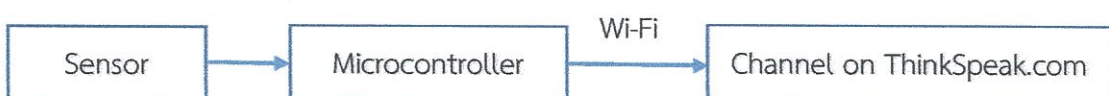
จากรูปที่ 3.10 กราฟค่า Digital และปริมาณความชื้นดินโดยน้ำในดินมาเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าลักษณะของกราฟจากออกมาในรูปแบบของความเป็นเชิงเส้น ซึ่งกราฟดังกล่าวมีความใกล้เคียงกับกราฟเส้นตรง ดังนั้นการหาค่าความชื้นจึงสามารถอ้างอิงได้จากสมการ เส้นตรง ($y = mx + c$) โดยการคำนวณจากโปรแกรม Microsoft Excel และได้สมการความชื้น ดังต่อไปนี้

$$\text{ความชื้นในดิน} = -(0.109 \times S_d) + 123.33 \quad (3.1)$$

เมื่อ S_d คือ ค่าข้อมูลเป็น Digital ที่อ่านค่าได้จากเซนเซอร์

3.5.3 การออกแบบวงจรและระบบไฟเลี้ยง

เมื่อเซนเซอร์ได้รับค่า Digital จากดินแล้ว จะทำการส่งข้อมูลไปยัง Microcontroller โดย Microcontroller นั้นจะทำการแปลงค่าจากค่า Digital ให้เป็นค่าความชื้น โดยใช้หลักการ เปรียบเทียบค่า Digital กับค่าความชื้นจริงตาม จากนั้นจะทำการส่งค่าความชื้นนั้นจะส่งเป็นแบบไร้สายโดยผ่านระบบ Wi-Fi เข้าสู่พื้นที่เก็บข้อมูลบน channel ที่ถูกสร้างขึ้นของเว็บไซต์ ThingSpeak ดังแสดงรูปที่ 3.11

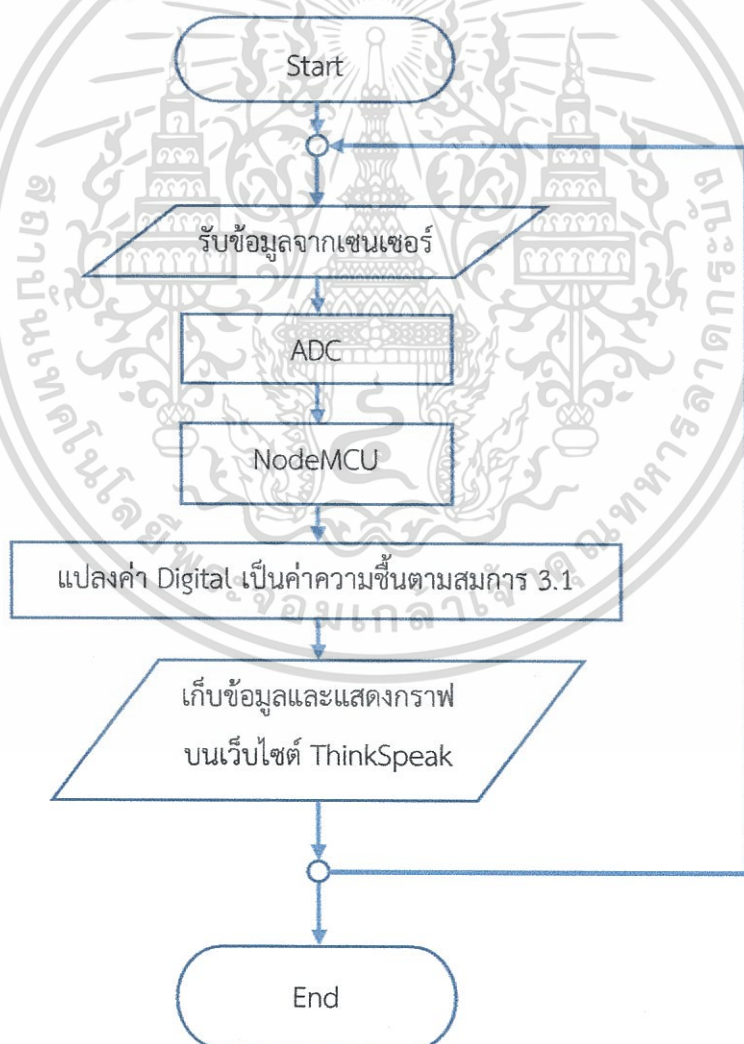


รูปที่ 3.11 บล็อกไดอะแกรมของระบบเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

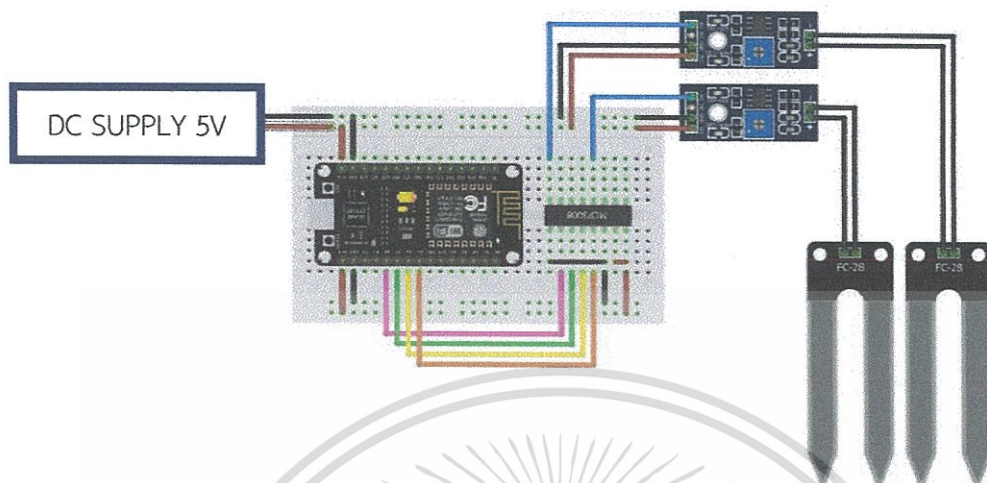
3.5.3.1 การออกแบบวงจรและระบบเพื่อแสดงค่าความชื้นในดิน

การออกแบบและการทำงานของระบบวัดความชื้นในดินจะเป็นระบบดังรูปที่ 3.12 โดยใช้ NodeMCU เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน 2 ตัว สำหรับวัดความชื้นในดินที่ความลึก 0.5 เมตร และ 1 เมตร ซึ่งต้องต่อช่องอ่านค่า Analog กับบอร์ดของ NodeMCU แต่บอร์ดของ NodeMCU มีช่องอ่านค่า Analog เพียง 1 ช่อง จึงต้องมีการต่อไอซี MCP3008 เข้ามาเพิ่ม ซึ่งเป็น IC สำหรับอ่านค่า Analog ที่สามารถอ่านได้ 8 ช่องในตัวเดียว มีการต่อดังรูปที่ 3.13 สำหรับบอร์ดของ NodeMCU จะมีโมดูล Wi-Fi (ESP8266) มาในตัวทำให้เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตผ่านทาง Wi-Fi ได้ และจะใช้อุปกรณ์ Pocket Wi-Fi ในการปล่อยสัญญาณอินเทอร์เน็ตให้กับบอร์ดเนื่องจากพื้นที่มีข้อจำกัดทางในด้านการสื่อสารและสะดวกในการเชื่อมต่อเข้ากับอินเทอร์เน็ตและเก็บข้อมูลของจากบอร์ดนำไปไว้ในฐานข้อมูลและแสดงผลบน channel ที่ถูกสร้างขึ้นของเว็บไซต์ ThingSpeak



รูปที่ 3.12 ระบบวัดความชื้นในดิน เพื่อเก็บข้อมูลและแสดงผลเป็นกราฟ

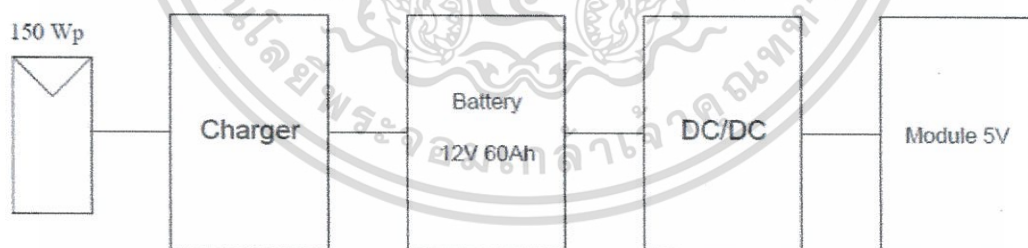
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 การต่อวงจรของระบบเซนเซอร์

3.5.3.2 การออกแบบระบบไฟเลี้ยงของเซนเซอร์

เนื่องจากโหลดที่ใช้งานมีค่า 10W โดยจะใช้งาน 24 ชม. จะได้ 240Wh ดังนั้นต้องการแผงโซลาร์เซลล์เท่ากับ $240 \times 2 \text{ factor} / 4 \text{ hr} = 120 \text{ W}$ จึงเลือกแผง 150W 18V และทำการเลือก Charger controller (input voltage range 0-24 Vdc battery system 12 V) ให้สอดคล้องกับแผงและทำการเลือกแบตเตอรี่ คือ Deep cycle Battery 12 Vdc 60 Ah โดยการออกแบบแสดงในรูปที่ 3.14



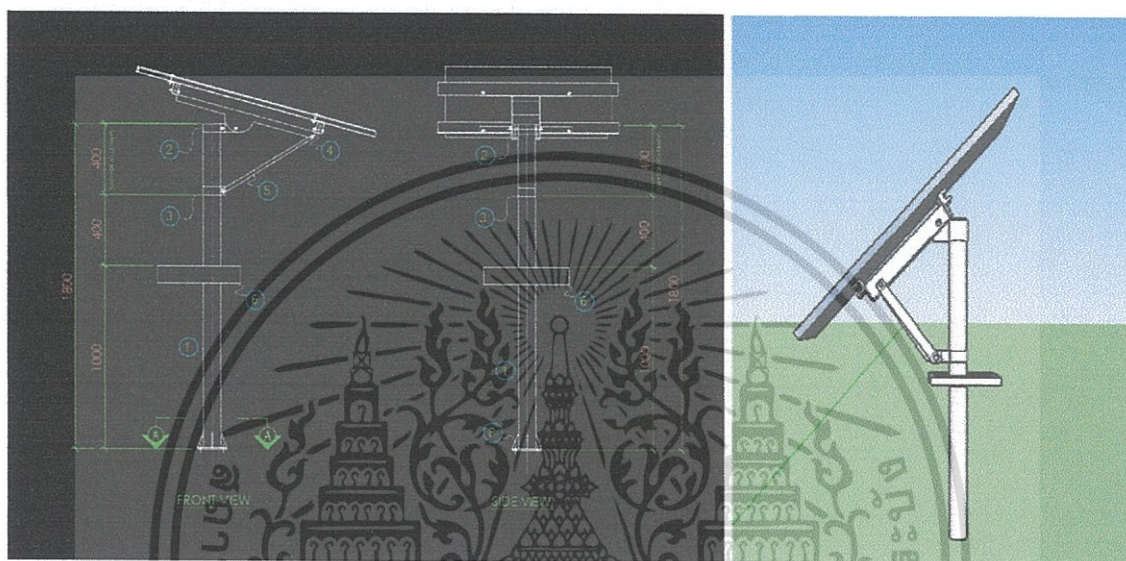
รูปที่ 3.14 ระบบการติดตามความชื้นในดิน

3.5.4 การออกแบบการติดตั้งเซนเซอร์

โดยปกติการวัดความชื้นในดินของป่าไม้จะทำการตรวจวัดที่ระดับความลึก 1 - 6 เมตร แต่เนื่องจากเขาหัวโล้นมีลักษณะเป็นพื้นที่แห้งแล้ง และขาดความชุ่มชื้นในดินเป็นอย่างมาก ทำให้พื้นที่เขาหัวโล้นมีความชื้นที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชเป็นเหตุให้ต้องให้ความสนใจกับพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีขนาดเล็กที่มีรากขนาดไม่เกิน 1 เมตรก่อน จึงทำการติดตั้งเซนเซอร์ที่ความลึก 0.5 เมตรและ 1 เมตร เพื่อเก็บข้อมูลความชื้นในดินหลังจากการติดตั้งระบบปั๊มทำให้สภาพพื้นที่มีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชและทำให้เกิดป่าไม้ตามทฤษฎีได้ รวมทั้งการเก็บข้อมูลความชื้นในดินยังต้องการที่จะทราบถึงการกระจายของความชื้นในดิน จึงทำการติดตั้งเซนเซอร์ 4 จุด โดยโครงสร้างของเสาที่ใช้ในการติดตั้งระบบเซนเซอร์และระบบไฟเลี้ยงดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 โครงสร้างของเสาที่ใช้ในการติดตั้งระบบเซนเซอร์และระบบไฟเลี้ยง

3.6 สรุป

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบการทดลองตั้งแต่การออกไปศึกษาพื้นที่หน้างานที่จังหวัดตากเพื่อหาระดับความสูงที่จะติดตั้งงานและรับทราบถึงปัญหาของชาวบ้านภายในชุมชน แล้วกลับมาทำการออกแบบชิ้นงาน โดยทำการแบ่งการออกแบบเป็นระบบทั้งหมด 3 ระบบ ได้แก่ การออกแบบระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทำการดึงน้ำจากลำธารที่ด้านล่างภูเขาขึ้นไปบนยอดเขาแล้วปล่อยน้ำให้ค่อย ๆ ไหลซึมลงมา เพื่อให้ความชื้นกระจายไปรอบ ๆ พื้นที่เขาหัวโล้น การออกแบบสถานีอัดประจุไฟฟ้าเพื่อให้ชาวบ้านที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ได้นำแบตเตอรี่มาชาร์จแล้วนำกลับไปใช้ในครัวเรือนรวมถึงจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอาคารเอนกประสงค์ของหมู่บ้าน และการออกแบบระบบการติดตามความชื้นในดินเพื่อที่จะติดตามผลเมื่อความชื้นกระจายตัวไปรอบ ๆ ของภูเขา โดยจะกล่าวถึงการคำนวณเพื่อเลือกอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมต่อการจัดสร้างระบบ รวมไปถึงการออกแบบโครงสร้างต่างภายในระบบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการติดตั้งระบบทั้ง 3 ระบบ ซึ่งได้แก่ ระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ สถานีอัดประจุไฟฟ้า และระบบการติดตามความชื้นในดิน ในพื้นที่จริงที่หมู่บ้านห้วยกระทิง อำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก

4.2 ระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบแรกที่จะกล่าวถึงคือระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทำการดึงน้ำจากลำธารที่ด้านล่างภูเขาขึ้นไปบนยอดเขาโดยการใช้ปั้มน้ำแบบจุ่มหรือแช่ (Submersible Pump) ขนาด 2.2kW 3PH 220V ซึ่งสามารถปั้มน้ำได้สูงสุดถึง 135 เมตร จากความสูงรวมที่ได้จากการสำรวจพื้นที่ประมาณ 100 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.1



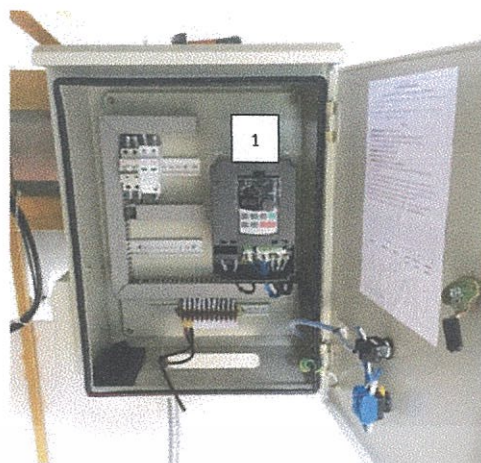
รูปที่ 4.1 การติดตั้งปั้มน้ำในพื้นที่

โดยรับพลังงานมาจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 37V 330W จำนวน 10 แผงต่ออนุกรมกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 2.2kW 220V (ตำแหน่งที่ 1) ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ในพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 อินเวอร์เตอร์

โดยเมื่อปั้มน้ำทำงาน น้ำจะถูกดูดขึ้นมาพักในบ่อที่ขุดไว้ซึ่งอยู่บริเวณยอดเขา ดังแสดงในรูปที่ 4.4 แล้วปล่อยน้ำให้ค่อย ๆ ไหลซึมลงมาตามคลองไส้ไก่ เพื่อให้ความชื้นกระจายไปรอบ ๆ พื้นที่เขาหัวโล้น ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ตามหลักการการกระจายความชื้นของน้ำภายในดิน โดยยึดทฤษฎีการปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูกตามหลักการฟื้นฟูสภาพป่าด้วยวัชกรรมชาติตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช



รูปที่ 4.4 บ่อน้ำ



รูปที่ 4.5 คลองไส้ไก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

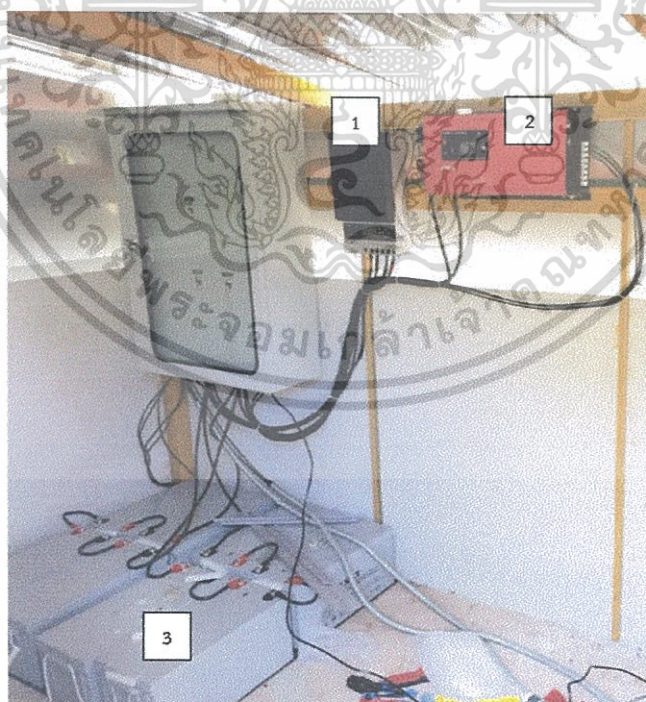
4.3 สถานีอัดประจุไฟฟ้า

ในส่วนของสถานีอัดประจุไฟฟ้าเพื่อให้ชาวบ้านที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ได้นำแบตเตอรี่มาชาร์จแล้วนำกลับไปใช้ในครัวเรือน ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 สถานีอัดประจุไฟฟ้า

โดยทำการเลือกแผงโซลาร์เซลล์ แผงละ 37V ต่อแบบอนุกรม 3 แผง ขนานกัน 3 ชุด เท่ากับ 111 V_{DC} ซึ่งอยู่ในช่วงที่ Charger controller แบบ MPPT (ตำแหน่งที่ 1) รองรับได้ ใช้ อินเวอร์เตอร์ขนาด 3kW (ตำแหน่งที่ 2) และใช้ Deep cycle Battery 12V 200 Ah ต่อแบบอนุกรม 4 ลูก 2 ชุด (ตำแหน่งที่ 3) ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ภายในสถานีอัดประจุไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ระบบการติดตามความชื้นในดิน

4.4.1 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

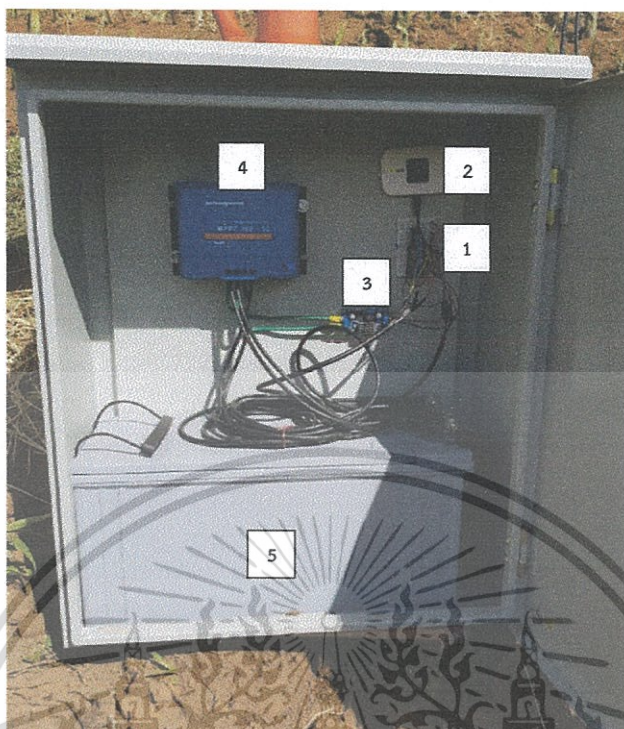
และสุดท้ายในระบบการติดตามความชื้นในดินเพื่อที่จะติดตามผลเมื่อความชื้นกระจายตัวไปรอบ ๆ ของภูเขา โดยทำการออกแบบการทำงานของระบบวัดความชื้นในดิน และเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน 2 ตัว สำหรับวัดความชื้นในดินที่ความลึก 0.5 เมตร และ 1 เมตร ซึ่งจะทำให้การวัด 4 จุดรอบพื้นที่ที่จะทำการกระจายความชื้น ในส่วนของไฟเลี้ยงระบบเนื่องจากโหลดที่ใช้งานมีค่า 10W จึงใช้แผงโซลาร์เซลล์ 150W 18V ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 เสาเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

โดยภายในตู้ควบคุมจะประกอบด้วย NodeMCU (ตำแหน่งที่ 1) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อเซนเซอร์ได้รับข้อมูลที่เป็นค่า Digital จากดินแล้ว จะทำการส่งข้อมูลไปยัง Microcontroller โดยจะทำการแปลงค่าจากค่า Digital ให้เป็นค่าความชื้นโดยใช้หลักการเปรียบเทียบข้อมูลที่เป็นค่า Digital กับค่าความชื้นจริงตาม จากนั้นจะทำการส่งค่าความชื้นนั้นจะส่งเป็นแบบไร้สายโดยผ่านระบบ Wi-Fi โดยเชื่อมต่อกับ Pocket Wi-Fi AIS(ตำแหน่งที่ 2) เพื่อเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต ซึ่งรับไฟเลี้ยงระบบ 5 V_{DC} มาจาก LM2596 Step down power Module DC-DC Converter(ตำแหน่งที่ 3) แปลงแรงดันจาก 12 V_{DC} เป็น 5 V_{DC} ซึ่งแรงดัน 12 V_{DC} มาจาก Charger Controller(ตำแหน่งที่ 4) และแบตเตอรี่แบบ Deep cycle Battery 12 V_{DC} 150 Ah (ตำแหน่งที่ 5) โดยจะใช้งาน 24 ชม.เพื่อเก็บข้อมูลความชื้นตลอดเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ภายในตู้ควบคุมระบบเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

4.4.2 ระบบติดตามความชื้นผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

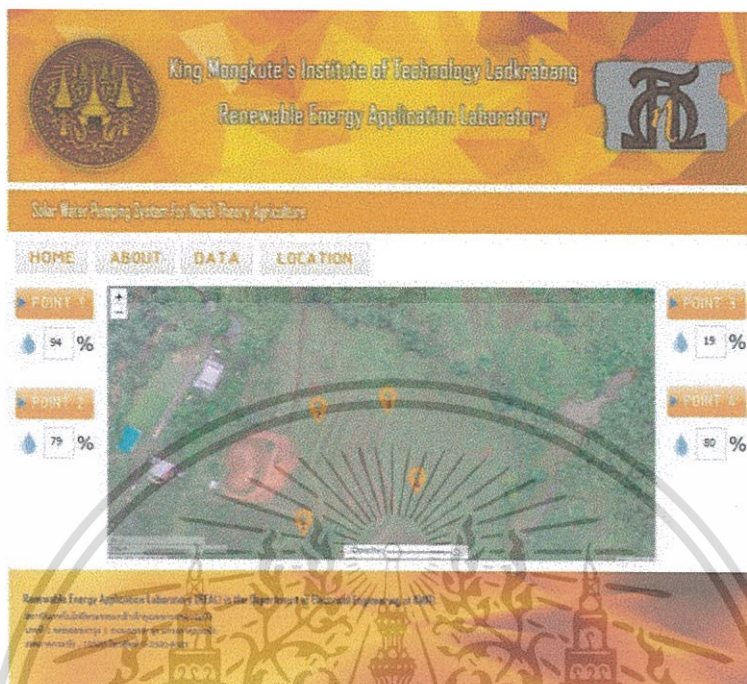
หลังจากการติดตั้งระบบการติดตามความชื้นในดิน เพื่อที่จะติดตามผลเมื่อความชื้นกระจายตัวไปรอบ ๆ ของภูเขา โดยจะแสดงผลบนเว็บไซต์ที่ทางเราจัดทำขึ้นเพื่อติดตามผลและเก็บข้อมูลในระยะยาวโดยต้องเก็บข้อมูลไปเรื่อย ๆ เพื่อจะดูการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าดินที่จะกลับกลายมาเป็นป่าไม้ในที่สุด ซึ่งสามารถเปิดดูข้อมูลได้ตลอดเวลาผ่านทางเว็บไซต์

<https://reallabmiosturesensor.github.io/KMITL/INDEX.html>

ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 4 หน้าต่างดังนี้

1.) หน้าต่าง HOME

ในหน้านี้จะเป็นหน้าแรก โดยจะระบุถึงจุดที่ทำการปักเซนเซอร์ทั้ง 4 จุด



รูปที่ 4.10 หน้าต่าง HOME

2.) หน้าต่าง DATA

ในหน้านี้จะบอกถึงค่าความชื้นในดินทั้งที่ความลึก 0.5 เมตร และ 1 เมตร

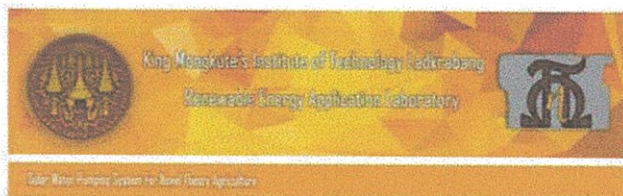


รูปที่ 4.11 หน้าต่าง DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) หน้าต่าง ABOUT

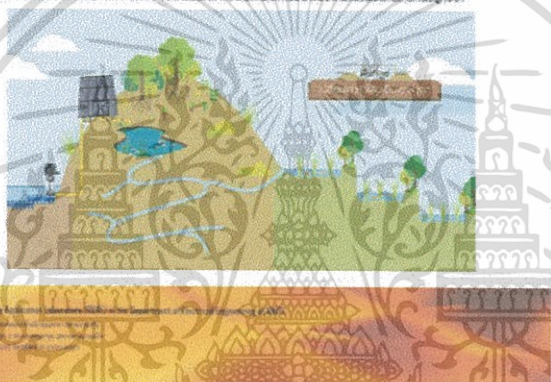
ในหน้านี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและวัตถุประสงค์ของโครงการนี้



โครงการนี้เป็นการริเริ่มของภาควิชาพลังงานไฟฟ้าเพื่อสนับสนุนการศึกษาด้านพลังงานทดแทนในภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย โดยที่โครงการนี้มาจากวัตถุประสงค์ที่มุ่งเน้นการพัฒนาและส่งเสริมการวิจัยและนวัตกรรมด้านพลังงานทดแทนในประเทศไทย โดยที่โครงการนี้มาจากวัตถุประสงค์ที่มุ่งเน้นการพัฒนาและส่งเสริมการวิจัยและนวัตกรรมด้านพลังงานทดแทนในประเทศไทย โดยที่โครงการนี้มาจากวัตถุประสงค์ที่มุ่งเน้นการพัฒนาและส่งเสริมการวิจัยและนวัตกรรมด้านพลังงานทดแทนในประเทศไทย

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อเป็นแนวทางให้กับนักศึกษาที่มีใจรักในด้านพลังงานทดแทนในภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย
2. เพื่อส่งเสริมการวิจัยและนวัตกรรมด้านพลังงานทดแทนในประเทศไทย
3. เพื่อสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรมด้านพลังงานทดแทนในประเทศไทย

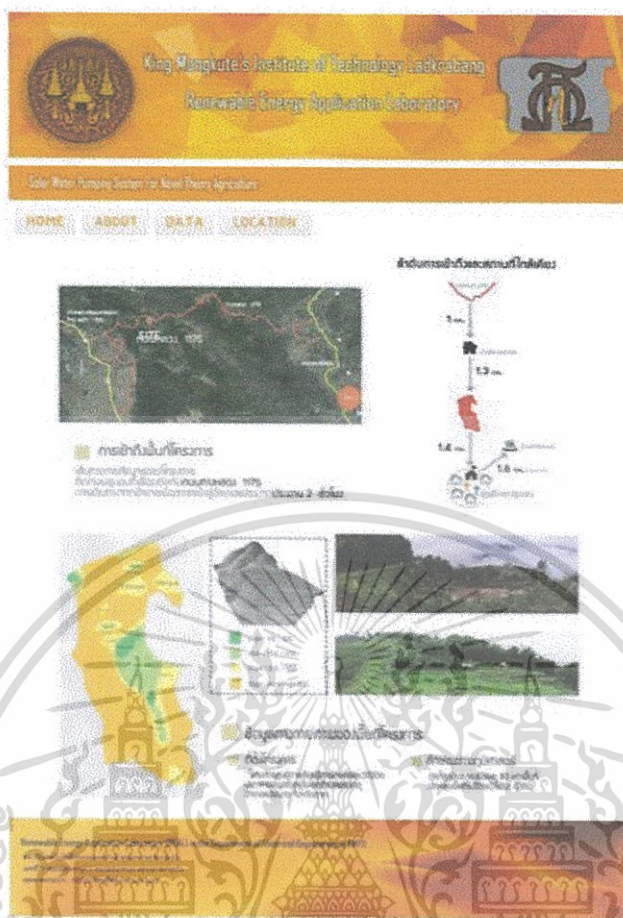


รูปที่ 4.12 หน้าต่าง ABOUT

4.) หน้าต่าง ABOUT

ในหน้านี้จะกล่าวถึงสถานที่ที่ทำการติดตั้งของโครงการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 หน้าต่าง LOCATION

4.5 บทสรุป

การติดตั้งและการใช้งานจริงของระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ สถานีอัดประจุไฟฟ้า ระบบเซนเซอร์วัดความชื้นในดินที่ติดตั้งภายในพื้นที่เขาคั่วไลน์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ที่ทีละน้อยจากเขาคั่วไลน์เป็นป่าที่สมบูรณ์ โดยการปั้มน้ำกระจายความชื้นสู่ดินผ่านคลองไส้ไก่ และติดตามผลความชื้นผ่านระบบติดตามความชื้นผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต รวมทั้งยังเป็นสถานที่ให้ชาวบ้านนำแบตเตอรี่มาชาร์จเพื่อกลับนำไปใช้ในครัวเรือนอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 บทสรุป

จากการการออกแบบและทำการติดตั้ง โดยทำการแบ่งการออกแบบและการติดตั้งระบบทั้งหมดออกเป็น 3 ระบบ ได้แก่

ระบบแรกคือระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทำการดึงน้ำจากลำธารที่ด้านล่างภูเขาขึ้นไปบนยอดเขาโดยการใช้ปั้มน้ำขนาด 2.2kW 3PH 220V ซึ่งสามารถปั้มน้ำได้สูง 109 เมตร จากความสูงรวมที่ได้จากการสำรวจพื้นที่ประมาณ 100 เมตร โดยจะได้อัตราการไหลของน้ำ 3.6 m³/h ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 2.2kW 220V และใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 37V 330W จำนวน 11 แผงต่ออนุกรมกัน จึงสามารถสูบน้ำได้วันละประมาณ 13 - 17 ลูกบาศก์เมตรขึ้นมาที่บ่อน้ำบนยอดเขา แล้วปล่อยน้ำให้ค่อยๆ ไหลซึมลงตามคลองไส้ไก่ เพื่อให้ความชื้นกระจายไปรอบๆ พื้นที่เขาหัวโล้น ตามหลักการการกระจายความชื้นของน้ำภายในดิน โดยยึดทฤษฎีการปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูกตามหลักการฟื้นฟูสภาพป่าด้วยวัฏธรรมาชาติตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช

ในส่วน of สถานีอัดประจุไฟฟ้าเพื่อให้ชาวบ้านที่ไม่มีไฟฟ้าใช้นำแบตเตอรี่มาชาร์จแล้วนำกลับไปใช้ในครัวเรือนรวมถึงจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอาคารอเนกประสงค์ของหมู่บ้าน จึงทำการเลือกแผงโซลาร์เซลล์ แผงละ 37V ต่อแบบอนุกรม 3 แผง ขนาดกัน 3 ชุด เท่ากับ 111 V_{DC} ซึ่งอยู่ในช่วงที่ Charger controller แบบ MPPT (input voltage range 64-120 V_{DC} battery system voltage 48 V_{DC}) รองรับได้ ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 3kW และใช้ Deep cycle Battery 12V 200 Ah ต่อแบบอนุกรม 4 ลูก 2 ชุด

และสุดท้ายในระบบการติดตามความชื้นในดินเพื่อที่จะติดตามผลเมื่อความชื้นกระจายตัวไปรอบ ๆ ของภูเขา โดยทำการออกแบบการทำงานของระบบวัดความชื้นในดิน ซึ่งจะใช้ NodeMCU เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน 2 ตัว สำหรับวัดความชื้นในดินที่ความลึก 0.5 เมตร และ 1 เมตร ซึ่งจะทำการวัด 4 จุดรอบพื้นที่ที่จะทำการกระจายความชื้น เมื่อเซนเซอร์ได้รับข้อมูลที่เป็ค่า Digital จากดินแล้ว จะทำการส่งข้อมูลไปยัง Microcontroller โดยจะทำการแปลงค่าจากค่า Digital ให้เป็นค่าความชื้นโดยใช้หลักการ เปรียบเทียบข้อมูลที่เป็ค่า Digital กับค่าความชื้นจริงตาม จากนั้นจะทำการส่งค่าความชื้นนั้นจะส่งเป็นแบบไร้สายโดยผ่านระบบ Wi-Fi เข้าสู่พื้นที่เก็บข้อมูลบนช่องทางที่ถูกสร้างขึ้นของเว็บไซต์ ThingSpeak แล้วแสดงผลบนเว็บไซต์ <https://reallabmiosturesensor.github.io/KMITL/INDEX.html> ที่ทางเราจัดทำขึ้นเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดตามผลในระยะยาว ในส่วนของไฟเลี้ยงระบบเนื่องจากโหนดที่ใช้งานมีค่า 10W จึงใช้แผงโซลาร์เซลล์ 150W 18V ใช้ Charger controller (input voltage range 0-24 V_{DC} battery system 12 V) ให้สอดคล้องกับแผงและใช้แบตเตอรี่ แบบ Deep cycle Battery 12 V_{DC} 150 Ah โดยจะใช้งาน 24 ชม. เพื่อเก็บข้อมูลความชื้นตลอดเวลา

เนื่องจากด้วยข้อจำกัดทางด้านเวลาทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลความชื้น ซึ่งต้องเก็บข้อมูลระยะยาวโดยต้องเก็บข้อมูลไปเรื่อย ๆ เพื่อจะดูการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าดินที่จะกลับกลายมาเป็นป่าไม้ในที่สุด แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาและติดตั้งระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ จะทำให้เกิดเป็นพื้นที่ต้นแบบการบริหารจัดการสภาพดินในพื้นที่เขาหัวโล้นภายใต้การออกแบบตามแนวพระราชดำรินอกอยู่กับป่าและหลักการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน

5.2 ข้อเสนอแนะและข้อควรระวัง

จากการดำเนินการตลอดโครงการนี้พบว่า มีข้อเสนอแนะและข้อควรระวังดังนี้

- 1.) ในการใช้งานระบบ ควรจะเริ่มจากการตรวจสอบอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ก่อนจะทำการดำเนินการ เพื่อความปลอดภัยและหลีกเลี่ยงความผิดพลาด
- 2.) เมื่อเกิดข้อผิดพลาด ทำให้อุปกรณ์เสียหายขณะดำเนินการ ควรวิเคราะห์หาสาเหตุให้ดีกว่าก่อน และทำการแก้ไขอย่างถูกวิธี ก่อนดำเนินการในครั้งถัดไป เพื่อหลีกเลี่ยงการผิดพลาดซ้ำสอง

5.3 แนวทางการพัฒนา

โครงการนี้สามารถทำการพัฒนาเพิ่มเติมความสามารถและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของระบบได้ดังนี้

- 1.) จัดหาเซนเซอร์วัดอุณหภูมิความชื้นของดินที่มีเสถียรภาพสูงขึ้น เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับการแสดงผล
- 2.) เพิ่มประเภทเซนเซอร์ ตรวจสอบวัดค่าต่างๆ เพื่อหาปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพพื้นที่

เอกสารอ้างอิง

- [1] กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์. ออกแบบวงจรไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ พัฒนาเทคนิคศึกษา, 2539.
- [2] กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [3] กรมส่งเสริมการเกษตร. 2547. คู่มือการออกแบบระบบการให้น้ำพีชระดับพื้นฐานสำหรับไม้ผล. นิเวศกรมตากการพิมพ์, สาทร กรุงเทพฯ.
- [4] การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช. ฐานการพิมพ์, จตุจักร กรุงเทพฯ.
 นาวี จิระชีวี. 2548. การออกแบบระบบให้น้ำ ฉบับชาวสวน. เจริญรัฐการพิมพ์, ราษฎร์บูรณะ กรุงเทพฯ.
- [5] เริ่มต้นใช้งาน Arduino UNO . [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.arduitronics.com/>
 เริ่มต้นใช้งาน Arduino UNO (6 กรกฎาคม 2560)
- [6] การศึกษาวิธีการปลูกหญ้าแฝกเพื่อรักษาความชุ่มชื้นในดินในแปลงไม้ผล. ฝ่ายวิชาการ, สำนักงานพัฒนาที่ดิน เขต 3, กรมพัฒนาที่ดิน.
- [7] วันชัย คุปวานิชพงษ์. 2550. ความสำคัญของการชลประทานและระบบการให้น้ำพืช. เอกสารประกอบการ
- [8] อรพิน ประวัตติรสสุทธิ. เรียนรู้และเข้าใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ พ.ศ.พัฒนา, 2543.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

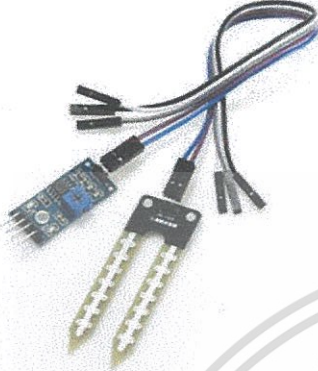
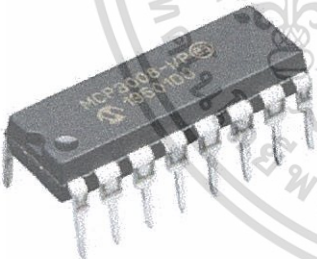


ภาคผนวก

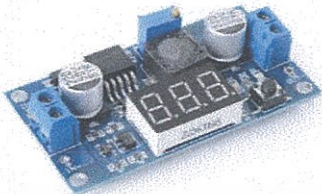
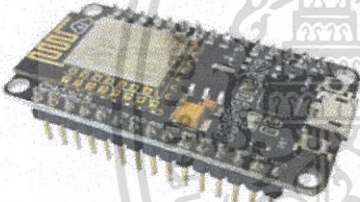
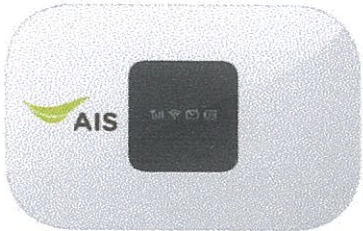
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	รายละเอียด
<p data-bbox="214 282 485 314">Soil moisture sensor</p> 	<p data-bbox="618 282 790 314">Specification</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="618 336 975 368">• Power supply: 3.3v or 5v <li data-bbox="618 390 1034 422">• Output voltage signal: 0~4.2v <li data-bbox="618 444 847 476">• Current: 35mA <li data-bbox="618 498 989 745">• Pin definition: <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="755 551 975 584">- Digital output <li data-bbox="755 605 989 638">- Analog output <li data-bbox="755 659 861 692">- GND <li data-bbox="755 713 886 745">- Power <li data-bbox="618 767 886 799">• Size: 60x20x5mm <li data-bbox="618 821 1048 853">• Surface finish: Immersion Gold
<p data-bbox="289 940 412 972">MCP3008</p> 	<p data-bbox="618 940 790 972">Specification</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="618 993 872 1026">• 10-bit resolution <li data-bbox="618 1047 886 1080">• ± 1 LSB max DNL <li data-bbox="618 1101 872 1134">• ± 1 LSB max INL <li data-bbox="618 1155 879 1187">• 8 input channels <li data-bbox="618 1209 1236 1306">• Analog inputs programmable as single-ended or pseudo-differential pairs <li data-bbox="618 1328 989 1360">• On-chip sample and hold <li data-bbox="618 1381 1153 1414">• SPI serial interface (modes 0,0 and 1,1) <li data-bbox="618 1435 1112 1468">• Single supply operation: 2.7V - 5.5V <li data-bbox="618 1489 1181 1522">• 200 ksps max. sampling rate at VDD = 5V <li data-bbox="618 1543 1188 1576">• 75 ksps max. sampling rate at VDD = 2.7V <li data-bbox="618 1597 1037 1629">• Low power CMOS technology <li data-bbox="618 1651 1167 1683">• 5 nA typical standby current, 2 μA max. <li data-bbox="618 1705 1078 1737">• 500 μA max. active current at 5V <li data-bbox="618 1759 1133 1791">• Industrial temp range: -40°C to +85°C <li data-bbox="618 1813 1222 1845">• Available in PDIP, SOIC and TSSOP packages

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

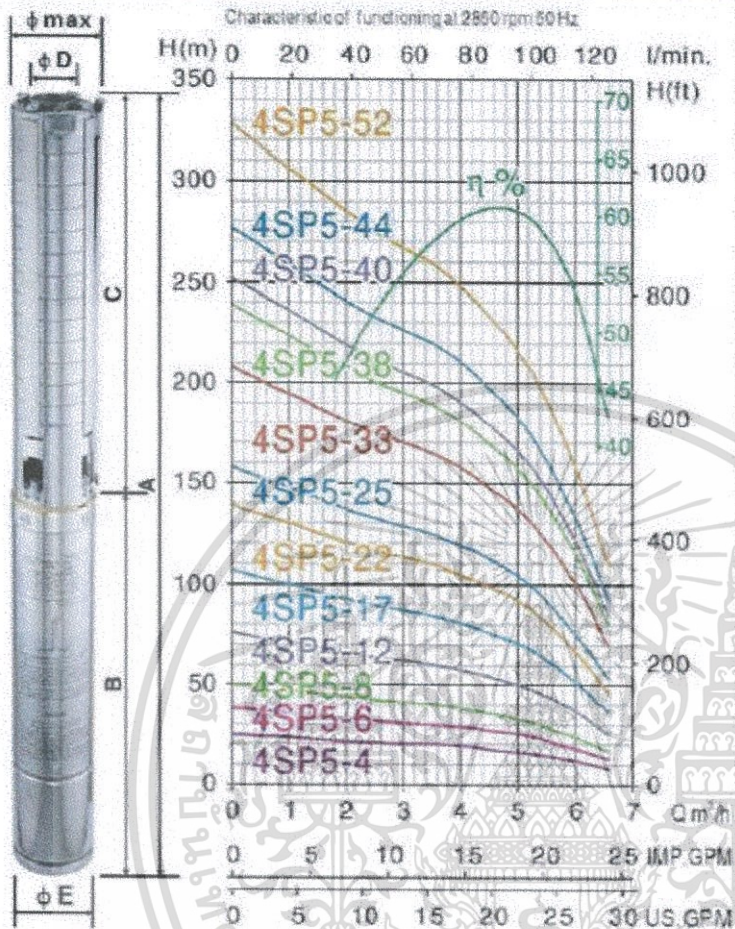
อุปกรณ์	รายละเอียด
<p>LM2596 Step down power Module DC-DC Converter</p> 	<p>Specification</p> <ul style="list-style-type: none"> • Input Voltage: 4-35V • Adjustable Output Voltage: 1.25-30V • 7 segment displays • Output Current: 3A • PCB Size: 68x35mm
<p>NodeMCU</p> 	<p>Specification</p> <ul style="list-style-type: none"> • Finally, programable Wi-Fi module. • Arduino-like (software defined) hardware IO. • Can be programmed with the simple and powerful Lua programming language or Arduino IDE. • USB-TTL included, plug & play. • 10 GPIOs D0-D10, PWM functionality, IIC and SPI communication, 1-Wire and ADC A0 etc. all in one board. • Wi-Fi networking connect to internet to fetch or upload data. • Event-driven API for network applications. • PCB antenna.
<p>4G Pocket Wi-Fi Brand: HONGKONG BOOST รุ่น: M028A</p> 	<p>Specification</p> <ul style="list-style-type: none"> • รองรับ 3G 900/ 2100MHz และรองรับ 4G LTE FDD Band 1,3,8 (2100/1800/900 MHz) • HSPA+ 21 Mbps / 5.76 Mbps • LTE 150 Mbps / 50 Mbps • รองรับการจัดตั้ง ผ่านระบบปฏิบัติการ Win XP, Win 7, Win 8, Vista, MAC และ Linux • รองรับ Micro SD สูงสุด 32 GB • เชื่อมต่อการใช้งานอินเทอร์เน็ตได้สูงสุดถึง 10 อุปกรณ์พร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASTA® PUMP 4SP5



PUMP MATERIALS

Part	Material
Shaft	AISI304
Coupling	AISI304
Check valve	AISI304
Pump body	AISI304
Impeller	AISI304
Diffuser	AISI304
Bearing	Wear resistant rubber
Suction strainer	AISI304
Suction support	AISI304
Delivery body	AISI304

Type	A	B	C	D	E	φ Max
4SP5-4	590	351	239	1" 1/2G	95	93
4SP5-6	647	386	261	1" 1/2G	95	93
4SP5-8	709	380	323	1" 1/2G	95	93
4SP5-12	813	406	407	1" 1/2G	95	93
4SP5-17	952	441	512	1" 1/2G	95	93
4SP5-22	1110	501	637	1" 1/2G	95	93
4SP5-25	1181	501	680	1" 1/2G	95	93
4SP5-33	1410	581	848	1" 1/2G	95	93
4SP5-38	1754	601	959	1" 1/2G	95	93
4SP5-40	1596	601	995	1" 1/2G	95	93
4SP5-44	1680	601	1070	1" 1/2G	95	93
4SP5-52	1668	721	1247	1" 1/2G	95	93

Type	Motor Power		Three phase 220V		Single phase 220V		Q m³/h l/min	Capacity								
	HP	kW	A	A	μF	VC		Total head in meters								
(50Hz)																
4SP5-4	0.5	0.37		3.6	15	450	25	21	20	17	15	12	8			
4SP5-6	0.75	0.55	2.9	4.6	20	450	38	32	30	26	23	18	13			
4SP5-8	1	0.75	3.6	6.3	30	450	50	43	40	34	30	24	17			
4SP5-12	1.5	1.1	5.2	8.6	40	450	76	64	60	52	46	37	25			
4SP5-17	2	1.5	6.8	10	50	450	107	90	84	73	65	52	36			
4SP5-22	3	2.2	9.7	14	60	450	139	117	109	95	84	67	46			
4SP5-25	3	2.2	9.7	14	60	450	158	133	124	108	95	76	53			
4SP5-33	4	3	12.7	-	-	-	208	176	164	142	125	101	69			
4SP5-38	5.5	4	17.9	-	-	-	239	202	188	163	144	116	80			
4SP5-40	5.5	4	17.9	-	-	-	252	213	198	172	152	122	84			
4SP5-44	5.5	4	17.9	-	-	-	277	234	218	189	167	134	92			
4SP5-52	7.5	5.5	22.5	-	-	-	328	277	258	224	198	159	109			

ข้อมูลทางเทคนิคของปั้มน้ำ (Water Pump)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model	Power	Voltage	Output Current	Dimensions (L*W*Hmm)	Installation Dimensions (a*b*Ømm)	Base No.	
PI9130B-S 0R4G1	0.4	Recommend 1-phase AC 220V±10% DC200-380V (Input voltage range 120-450Vdc)	2.5	185/120/165	174/108/Ø5.3	9S2	
PI9130B-S 0R7G1	0.75		4			9S2	
PI9130B-S 1R5G1	1.5		7			9S2	
PI9130B-S 2R2G1	2.2		10	220/150/182	209/138/Ø5.3	9S3	
PI9130B-S 004G1	4		16	285/180/200	272/167/Ø5.5	9S4	
PI9230-S 5R5G1	5.5		25	360/220/225	340/150/Ø10	9L1	
PI9230-S 7R5G1	7.5		32			9L1	
PI9230-S 011G1	11		45	435/275/258	415/165/Ø10	9L2	
PI9230-S 015G1	15		60	480/296/262	460/200/Ø10	9L3	
PI9230-S 018G1	18		75	660/364/295	640/250/Ø10	9L3	
PI9230-S 022G1	22		90			9L4	
PI9230-S 030G1	30		110			9L4	
PI9230-S 037G1	37		152	710/453/295	690/350/Ø10	9L4	
PI9230-S 045G1	45		176			9L5	
PI9230-S 055G1	55		210	710/453/295	690/350/Ø10	9L5	
PI9130B-S 0R4G2	0.4		Recommend 3-phase AC 220V±10% DC200-380V (Input voltage range 120-450Vdc)	2.5	185/120/165	174/108/Ø5.3	9S2
PI9130B-S 0R7G2	0.75			4			9S2
PI9130B-S 1R5G2	1.5	7		9S2			
PI9130B-S 2R2G2	2.2	10		220/150/182	209/138/Ø5.3	9S3	
PI9130B-S 004G2	4	16		285/180/200	272/167/Ø5.5	9S4	
PI9230-S 5R5G2	5.5	25		360/220/225	340/150/Ø10	9L1	
PI9230-S 7R5G2	7.5	32				9L1	
PI9230-S 011G2	11	45		435/275/258	415/165/Ø10	9L2	
PI9230-S 015G2	15	60		480/296/262	460/200/Ø10	9L3	
PI9230-S 018G2	18	75		660/364/295	640/250/Ø10	9L3	
PI9230-S 022G2	22	90				9L4	
PI9230-S 030G2	30	110				9L4	
PI9230-S 037G2	37	152		710/453/295	690/350/Ø10	9L4	
PI9230-S 045G2	45	176				9L5	
PI9230-S 055G2	55	210		710/453/295	690/350/Ø10	9L5	
PI9130B-S 0R4G3	0.4	Recommend 3-phase AC 380V±10% DC350-750V (Input voltage range 240-750Vdc)		2.5	185/120/165	174/108/Ø5.3	9S2
PI9130B-S R75G3	0.75			2.5			9S2
PI9130B-S 1R5G3	1.5		3.8	9S2			
PI9130B-S 2R2G3	2.2		5.1	220/150/182	209/138/Ø5.3	9S2	
PI9130B-S 004G3	4		9			9S3	
PI9130B-S 5R5G3	5.5		13			9S3	
PI9130B-S 7R5G3	7.5		17	285/180/200	272/167/Ø5.5	9S4	
PI9230-S 011G3	11		25	360/220/225	340/150/Ø10	9L1	
PI9230-S 015G3	15		32			9L1	
PI9230-S 018G3	18		37	435/275/258	415/165/Ø10	9L2	
PI9230-S 022G3	22		45	480/269/262	460/200/Ø10	9L2	
PI9230-S 030G3	30		60			9L3	
PI9230-S 037G3	37		75			9L3	
PI9230-S 045G3	45		90	660/364/295	640/250/Ø10	9L4	
PI9230-S 055G3	55		110			9L4	
PI9230-S 075G3	75		150			9L4	
PI9230-S 093G3	93		176	710/453/295	690/350/Ø10	9L5	
PI9230-S 110G3	110	210	9L5				
PI9230-S 132G3	132	253	910/480/335	890/350/Ø10	9L6		
PI9230-S 160G3	160	304			9L6		
PI9130B-S 0R4G4	0.4	Recommend 3-phase AC 480V±10% DC450-850V (Input voltage range 240-850Vdc)	2.5	185/120/165	174/108/Ø5.3	9S2	
PI9130B-S R75G4	0.75		2.5			9S2	
PI9130B-S 1R5G4	1.5		3.7			9S2	
PI9130B-S 2R2G4	2.2		5	220/150/182	209/138/Ø5.3	9S2	
PI9130B-S 004G4	4		8			9S3	
PI9130B-S 5R5G4	5.5		11			9S3	
PI9130B-S 7R5G4	7.5		15	285/180/200	272/167/Ø5.5	9S4	
PI9230-S 011G4	11		22	360/220/225	340/150/Ø10	9L1	
PI9230-S 015G4	15		27			9L1	

ข้อมูลทางเทคนิคของโซลาร์อินเวอร์เตอร์ (Solar Inverter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODEL	PC16-4S15F	PC16-6S15F	PC16-8S15F	
Nominal Battery System Voltage		12V/24V/36V/48VDC (Auto detection)		
CONTROLLER INPUT	PV Open Circuit Voltage	100VDC@12V/ 145VDC @24V/ 145VDC @36V/ 145VDC @48V		
	PV Array MPPT Voltage Range	16VDC~100VDC / 32VDC~130VDC / 48VDC~130VDC / 64VDC~130VDC		
	Max PV Input Power(12V)	600W	800W	1050W
	Max PV Input Power(24V)	1200W	1600W	2100W
	Max PV Input Power(36V)	1800W	2400W	3150W
	Max PV Input Power(48V)	2400W	3200W	4200W
BATTERY	Absorption Voltage	12.5VDC/25.0VDC/37.5VDC/50.0VDC		
	Refloat Voltage	13.7VDC/27.4VDC/41.1VDC/54.8VDC		
	Float Voltage	14.3VDC/28.6VDC/42.9VDC/57.2VDC		
	Low Voltage Protection Point	8.5VDC/17VDC/25.5VDC/34.0VDC		
	Temperature Compensation coefficient	-3mV/°C /cell (25°C -vef)		
PATTERY	Peak Conversion efficiency	98% (MPPT Efficiency 99%)		
	Max Charging Current	45 amps continuous @ 40°C ambient	60 amps continuous @ 40°C ambient	80 amps continuous @ 40°C ambient
GENERAL SPECIFICATION	Radiating mode	Fan cooling		
DISPLAY & PROTECTION	LED indication	Systematic operation, LV indication, LV protection, over charge protection, short circuit protection		
	LCD display	Charge voltage, charge current, voltage of storage battery, capacity of storage battery, output current		
	Alarm Protections	PV array short circuit, PV reverse polarity		
		Battery reverse polarity, Over charging protection		
		Output short circuit protection		
	Low voltage protection for storage battery			
MECHANICAL SPECIFICATIONS	Mounting	Wall mount		
	Machine Dimension(W*H*Ø)	167.6*257.2*82.9mm (per pcs)		
	G.W(Kg)	3Kg/pcs		
	Package Dimension(W*H*D)	612*308.2*235.6mm (5pcs/Carton)		
	Gross Weight(Kg)	17.4Kg (per Carton)	19Kg (per Carton)	
OTHER	Environmental Rating	Indoor		
	Operation Temperature Range	-25~55°C		
	Ambient humidity	0~90% relative humidity(non-condensing)		
	Altitude	≤3000m		
	Loading(20GP/40GP/40HQ)	3000pcs / 6000pcs / 7200pcs		

ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องควบคุมการอัดประจุไฟฟ้า (Charge Controller)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODEL		EP30-1KW PRO		EP30-1.5KW PRO		EP30-2KW PRO		EP30-3KW PRO		EP30-4KW PRO		EP30-5KW PRO		EP30-6KW PRO		
Nominal Battery System Voltage		12VDC	24VDC	12VDC	24VDC	12VDC	24VDC	12VDC	24VDC	48VDC	24VDC	48VDC	24VDC	48VDC	24VDC	48VDC
INVERTER OUTPUT	Rated Power	1.0KW		1.5KW		2KW		3KW		4KW		5KW		6KW		
	Surge Rating (20ms)	3.0KW		4.5KW		6.0KW		9.0KW		12KW		15KVA		18KW		
	Capable Of Starting Electric Motor	1HP		1HP		1HP		2HP		2HP		3HP		3HP		
	Waveform	Pure sine wave/ same as input (bypass mode)														
	Nominal Output Voltage RMS	100V/110V/120VAC 220V/230V/240VAC(±10% RMS)										220V/230V/240VAC(±10% RMS)				
	Output Frequency	50Hz/60Hz±0.3 Hz														
	Inverter Efficiency(Peak)	>88%														
	Line Mode Efficiency	>95%														
Power Factor	1.0															
Typical Transfer Time	10ms(max)															
AC INPUT	Voltage	230VAC														
	Selectable Voltage Range	96-132VAC 155-280VAC(For Personal Computers)														
	Frequency Range	50Hz/60Hz (Auto sensing) 40-80Hz														
BATTERY	Minimum Start Voltage	10.0VDC (10.5VDC for 12VDC mode (*2 for 24VDC, *4 for 48VDC))														
	Low Battery Alarm	10.5VDC ±0.3V for 12VDC mode (*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)														
	Low Battery Cut off	10.0VDC ±0.3V for 12VDC mode (*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)														
	High Voltage Alarm	16.0VDC ±0.3V for 12VDC mode (*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)														
	High Battery Voltage Recover	15.5VDC ±0.3V for 12VDC mode V														
	Idle Consumption-Search Mode	<25W when power saver on														
CHARGER	Output Voltage	Depends on battery type														
	Charger AC Input Breaker Rating	10A		30A		30A		30A		30A		40A		40A		
	Overcharge Protection S.D.	16.7VDC for 12VDC mode (*2 for 24VDC mode, *4 for 48VDC mode)														
	Maximum Charge Current	35A	20A	45A	25A	65A	35A	75A	45A	30A	65A	35A	70A	40A	75A	50A
BYPASS & PROTECTION	Input Voltage Waveform	Sine wave (grid or generator)														
	Nominal Input Frequency	50Hz or 60Hz														
	Overload Protection (SMPS Load)	Circuit breaker														
	Output Short Circuit Protection	Circuit breaker														
	Bypass Breaker Rating	10A		30A		30A		30A		30A		40A		40A		
MECHANICAL SPECIFICATIONS	Max Bypass Current	30Amp														
	Mounting	Wall Mount														
	Dimensions (W*H*D)	426*206*178 mm										601*206*178mm				
	Net Weight (Solar CHG) kg	16.5	17	21.1	20	26	24.5	24.8	30.2	35.8	45.2	45	45.2	45		
	Shipping Dimensions(W*H*D)	570*335*300mm										750*335*300mm				
OTHER	Shipping Weight (Solar CHG) kg	19.3	20	24.1	22.8	29.1	27.5	27.5	42.3	40	49.5	49.3	49.5	49.3		
	Operation Temperature Range	0°C to 40°C														
	Storage Temperature	-15°C to 60°C														
	Audible Noise	60dB MAX														
	Display	LED+LCD														
Standard Warranty	1 year															

ข้อมูลทางเทคนิคของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

SE	Battery Type	Depth of Discharge (%)	Capacity (Ah)	Dimensions (mm)	Weight (kg)	Terminal Type	Mounting Type	Max. Discharge Current (A)
1	PACE 32	32	197	129	225	1	Screw	10.60
2	PACE 35	35	197	129	225	1	Screw	11.71
3	PACE 45	45	238	129	225	1	Screw	13.11
4	PACE 60	60	259	173	225	1	Screw	18.07
5	PACE 75	80	306	173	225	1	Pole	20.20
6	PACE 100	100	409	173	233	1	Screw	27.72
7	PACE 120	120	513	182	248	3	Screw	35.61
8	PACE 150	150	510	221	246	3	Screw	41.95
9	PACE 200	200	518	274	248	3	Screw	57.48

Depth of Discharge	Max. Cycles
80%	840
50%	1750
20%	2800

Self Discharge	Capacity to sustain partial state of charge
Less than 2.5% per month	Up to 6 months

ข้อมูลทางเทคนิคของแบตเตอรี่ (Battery)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

Code สำหรับแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code สำหรับแสดงผลหน้า HOME

```

<!doctype html>
<html>
<head>
<meta charset="utf-8">
<title>Untitled Document</title>
<script type="text/javascript">
function MM_swapImgRestore() { //v3.0
    var i,x,a=document.MM_sr; for(i=0;a&&i<a.length&&(x=a[i])&&x.oSrc;i++) x.src=x.oSrc;
}
function MM_preloadImages() { //v3.0
    var d=document; if(d.images){ if(!d.MM_p) d.MM_p=new Array();
    var i,j=d.MM_p.length,a=MM_preloadImages.arguments; for(i=0; i<a.length; i++)
    if (a[i].indexOf("#")!=0){ d.MM_p[j]=new Image; d.MM_p[j++].src=a[i];}}
}
function MM_findObj(n, d) { //v4.01
    var p,i,x; if(!d) d=document; if((p=n.indexOf("?"))>0&&parent.frames.length) {
        d=parent.frames[n.substring(p+1)].document; n=n.substring(0,p);}
    if(!(x=d[n])&&d.all) x=d.all[n]; for (i=0;!x&&i<d.forms.length;i++) x=d.forms[i][n];
    for(i=0;!x&&d.layers&&i<d.layers.length;i++) x=MM_findObj(n,d.layers[i].document);
    if(!x && d.getElementById) x=d.getElementById(n); return x;
}
function MM_swapImage() { //v3.0
    var i,j=0,x,a=MM_swapImage.arguments; document.MM_sr=new Array;
    for(i=0;i<(a.length-2);i+=3)
        if ((x=MM_findObj(a[i]))!=null){document.MM_sr[j++]=x; if(!x.oSrc) x.oSrc=x.src;
        x.src=a[i+2];}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

</script>
</head>

<body
onLoad="MM_preloadImages('HOME2.jpg','ABOUT2.jpg','DATA2.jpg','LOCATION2.jpg','Point11.jpg','Point22.jpg','Point33.jpg','Point44.jpg','Point55.jpg')">
<table width="950" border="0" align="center">
  <tbody>
    <tr>
      <td width="950" height="200" bgcolor="#FFFFFF">
      <table width="950" border="0" align="center">
        <tbody>
          <tr </tr>
        </tbody>
      </table></td>
    </tr>
  </tbody>
</table>
<table width="950" border="0" align="center">
  <tbody>
    <tr>
      <td bgcolor="#FFFFFF"></td>
    </tr>
  </tbody>
</table>
<table width="950" border="0" align="center">
  <tbody>
    <tr>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

<tr>
  <td><a href="#" onMouseOut="MM_swapImgRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('p11','Point11.jpg',1)"></a></td>
</tr>
</tbody>
</table>
<table width="100" border="0">
<tbody>
<tr>
  <td></td>
  <td><iframe width="35" height="38" style="border: 1px solid #cccccc;"
src="https://thingspeak.com/channels/444590/fields/1/last.txt"></iframe></td>
  <td></td>
</tr>
</tbody>
</table>
<br></td>
</tr>
<tr>
<td height="100" align="center"><table width="100" border="0">
<tbody>
<tr>
  <td><a href="#" onMouseOut="MM_swapImgRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('p22','Point22.jpg',1)"></a></td>
</tr>
</tbody>
</table>
<table width="100" border="0">
<tbody>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<tr>
  <td></td>
  <td><iframe width="35" height="38" style="border: 1px solid #cccccc;"
src="https://thingspeak.com/channels/444590/fields/1/last.txt"></iframe></td>
  <td></td>
</tr>
</tbody>
</table>      <br></td>
</tr>
<tr>
  <td height="100" align="center"><table width="100" border="0">
  <tbody>
    <tr>
      <td><a href="#" onMouseOut="MM_swapImgRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('p33','Point33.jpg',1)"></a></td>
    </tr>
  </tbody>
</table>
  <table width="100" border="0">
  <tbody>
    <tr>
      <td></td>
      <td><iframe width="35" height="38" style="border: 1px solid #cccccc;"
src="https://thingspeak.com/channels/444590/fields/1/last.txt"></iframe></td>
      <td></td>
    </tr>
  </tbody>
</table>      <br></td>
</tr>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

</tbody>
</table></td>
<td rowspan="2" align="center" bgcolor="#FFFFFF"></td>
<td width="100" rowspan="2" align="center" valign="top"
bgcolor="#FFFFFF"><table width="100" border="0">
<tbody>
<tr>
<td height="100" align="center"><a href="#"
onMouseOut="MM_swapImgRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('p44','Point44.jpg',1)"></a>
<table width="100" border="0">
<tbody>
<tr></tr>
</tbody>
</table>
<table width="100" border="0">
<tbody>
<tr>
<td></td>
<td><iframe width="35" height="38" style="border: 1px solid #cccccc;"
src="https://thingspeak.com/channels/444590/fields/1/last.txt"></iframe></td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>
<br></td>
</tr>
<tr>
</tr>
</tbody>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<tbody>
  <tr> </tr>
</tbody>
<tbody>
  <tr>
    <td height="100" align="center"><table width="100" border="0">
      <tbody>
        <tr>
          <td><a href="#" onMouseOut="MM_swapImgRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('p55','Point55.jpg',1)"></a></td>
        </tr>
      </tbody>
    </table>
    <table width="100" border="0">
      <tbody>
        <tr>
          <td></td>
          <td><iframe width="35" height="38" style="border: 1px solid #cccccc;"
src="https://thingspeak.com/channels/444590/fields/1/last.txt"></iframe></td>
          <td></td>
        </tr>
      </tbody>
    </table>
    <br></td>
  </tr>
  <tr>
    <td height="100">&nbsp;</td>
  </tr>
</tbody>
</table></td>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

</tr>
<tr> </tr>
</tbody>
</table>
<table width="950" border="0" align="center">
<tbody>
<tr>
<th width="950" height="100" bgcolor="#FFFFFF" scope="col"></th>
</tr>
</tbody>
</table>
</body>
</html>

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code สำหรับแสดงผลหน้า ABOUT

```

<!doctype html>
<html>
<head>
<meta charset="utf-8">
<title>Untitled Document</title>
<script type="text/javascript">
function MM_swapImgRestore() { //v3.0
    var i,x,a=document.MM_sr; for(i=0;a&&i<a.length&&(x=a[i])&&x.oSrc;i++) x.src=x.oSrc;
}
function MM_preloadImages() { //v3.0
    var d=document; if(d.images){ if(!d.MM_p) d.MM_p=new Array();
    var i,j=d.MM_p.length,a=MM_preloadImages.arguments; for(i=0; i<a.length; i++)
    if (a[i].indexOf("#")!=0){ d.MM_p[j]=new Image; d.MM_p[j++].src=a[i];}}
}
function MM_findObj(n, d) { //v4.01
    var p,i,x; if(!d) d=document; if((p=n.indexOf("?"))>0&&parent.frames.length) {
        d=parent.frames[n.substring(p+1)].document; n=n.substring(0,p);}
    if(!(x=d[n])&&d.all) x=d.all[n]; for (i=0;!x&&i<d.forms.length;i++) x=d.forms[i][n];
    for(i=0;!x&&d.layers&&i<d.layers.length;i++) x=MM_findObj(n,d.layers[i].document);
    if(!x && d.getElementById) x=d.getElementById(n); return x;
}
function MM_swapImage() { //v3.0
    var i,j=0,x,a=MM_swapImage.arguments; document.MM_sr=new Array;
    for(i=0;i<(a.length-2);i+=3)
        if ((x=MM_findObj(a[i]))!=null){document.MM_sr[j++]=x; if(!x.oSrc) x.oSrc=x.src;
        x.src=a[i+2];}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

</script>
</head>

<body
onLoad="MM_preloadImages('HOME2.jpg','ABOUT2.jpg','DATA2.jpg','LOCATION2.jpg')">
<table width="950" border="0" align="center">
  <tbody>
    <tr>
      <td width="950" height="200" bgcolor="#FFFFFF">
        <table width="950" border="0" align="center">
          <tbody>
            <tr> </tr>
          </tbody>
        </table></td>
      </tr>
    </tbody>
  </table>
  <table width="950" border="0" align="center">
    <tbody>
      <tr>
        <td bgcolor="#FFFFFF"></td>
      </tr>
    </tbody>
  </table>
  <table width="950" border="0" align="center">
    <tbody>
      <tr>
        <td width="100" height="40" align="center" valign="middle" bgcolor="#FFFFFF"
style=""><a href="index.html" onMouseOut="MM_swapImgRestore()"

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

onMouseOver="MM_swapImage('Image14','HOME2.jpg',1)"></a></td>
    <td width="50" height="50" align="left" valign="middle" bgcolor="#FFFFFF"><a
href="ABOUT.html" onMouseOut="MM_swapImageRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('Image2','ABOUT2.jpg',1)"></a></td>
    <td width="23" height="40" align="left" valign="middle" bgcolor="#FFFFFF"><a
href="DATA.html" onMouseOut="MM_swapImageRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('Image3','DATA2.jpg',1)"></a></td>
    <td width="24" align="left" valign="middle" bgcolor="#FFFFFF"><a
href="Location.html" onMouseOut="MM_swapImageRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('Image5','LOCATION2.jpg',1)"></a></td>
    <td width="450" height="40" align="center" valign="middle"
bgcolor="#FFFFFF">&nbsp;</td>
</tr>
</tbody>
</table>
<table width="950" border="0" align="center">
<tbody>
<tr>
<th width="950" height="200" bgcolor="#FFFFFF" scope="col"><table width="950"
border="0" align="center">
<tbody>
<tr> </tr>
</tbody>
</table>
<table width="950" border="0" align="center">
<tbody>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        <th scope="col"></th>
    </tr>
</tbody>
</table>
<table width="950" border="0" align="center">
<tbody>
<tr>
<th scope="col"></th>
</tr>
</tbody>
</table>
<table width="950" border="0" align="center">
<tbody>
<tr>
<th scope="col">&nbsp;</th>
</tr>
</tbody>
</table>
<table width="950" border="0" align="center">
<tbody>
<tr> </tr>
</tbody>
</table>
<table width="950" border="0" align="center">
<tbody>
<tr> </tr>
</tbody>
</table>
</th>
</tr>
</tbody>
</table>
</body>
</html>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code สำหรับแสดงผลหน้า DATA

```

<!doctype html>
<html>
<head>
<meta charset="utf-8">
<title>Untitled Document</title>
<script type="text/javascript">
function MM_swapImgRestore() { //v3.0
    var i,x,a=document.MM_sr; for(i=0;a&&i<a.length&&(x=a[i])&&x.oSrc;i++) x.src=x.oSrc;
}
function MM_preloadImages() { //v3.0
    var d=document; if(d.images){ if(!d.MM_p) d.MM_p=new Array();
    var i,j=d.MM_p.length,a=MM_preloadImages.arguments; for(i=0; i<a.length; i++)
    if (a[i].indexOf("#")!=0){ d.MM_p[j]=new Image; d.MM_p[j++].src=a[i];}
}
function MM_findObj(n, d) { //v4.01
    var p,i,x;  if(!d) d=document; if((p=n.indexOf("?"))>0&&parent.frames.length) {
        d=parent.frames[n.substring(p+1)].document; n=n.substring(0,p);}
    if(!(x=d[n])&&d.all) x=d.all[n]; for (i=0;!x&&i<d.forms.length;i++) x=d.forms[i][n];
    for(i=0;!x&&d.layers&&i<d.layers.length;i++) x=MM_findObj(n,d.layers[i].document);
    if(!x && d.getElementById) x=d.getElementById(n); return x;
}
function MM_swapImage() { //v3.0
    var i,j=0,x,a=MM_swapImage.arguments; document.MM_sr=new Array;
    for(i=0;i<(a.length-2);i+=3)
        if ((x=MM_findObj(a[i]))!=null){document.MM_sr[j++]=x; if(!x.oSrc) x.oSrc=x.src;
        x.src=a[i+2];}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

</script>
</head>

<body
onLoad="MM_preloadImages('HOME2.jpg','ABOUT2.jpg','DATA2.jpg','LOCATION2.jpg','Poi
nt44.jpg','Point33.jpg','Point22.jpg','Point11.jpg')">
<table width="950" border="0" align="center">
  <tbody>
    <tr>
      <td width="950" height="200" bgcolor="#FFFFFF">
      <table width="950" border="0" align="center">
        <tbody>
          <tr </tr>
        </tbody>
      </table></td>
    </tr>
  </tbody>
</table>
<table width="950" border="0" align="center">
  <tbody>
    <tr>
      <td bgcolor="#FFFFFF"></td>
    </tr>
  </tbody>
</table>
<table width="950" border="0" align="center">
  <tbody>
    <tr>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<td width="100" height="40" align="center" valign="middle" bgcolor="#FFFFFF"
style=""><a href="index.html" onMouseOut="MM_swapImgRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('Image14','HOME2.jpg',1)"></a></td>
```

```
<td width="50" height="50" align="left" valign="middle" bgcolor="#FFFFFF"><a
href="ABOUT.html" onMouseOut="MM_swapImgRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('Image2','ABOUT2.jpg',1)"></a></td>
```

```
<td width="23" height="40" align="left" valign="middle" bgcolor="#FFFFFF"><a
href="DATA.html" onMouseOut="MM_swapImgRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('Image3','DATA2.jpg',1)"></a></td>
```

```
<td width="24" align="left" valign="middle" bgcolor="#FFFFFF"><a
href="Location.html" onMouseOut="MM_swapImgRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('Image5','LOCATION2.jpg',1)"></a></td>
```

```
<td width="450" height="40" align="left" valign="middle"
bgcolor="#FFFFFF">&nbsp;   </td>
```

```
</tr>
```

```
</tbody>
```

```
</table>
```

```
<table width="950" border="0" align="center">
```

```
<tbody>
```

```
<tr>
```

```
<th scope="col"><a href="DATA.html"></a><a href="DATA.html" onMouseOut="MM_swapImgRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('point1','Point11.jpg',1)"></a></th>
```

```
<th scope="col"><a href="DATA p2.html" onMouseOut="MM_swapImgRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('point2','Point22.jpg',1)"></a></th>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<th scope="col"><a href="DATA p3.html" onMouseOut="MM_swapImgRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('point3','Point33.jpg',1)"></a></th>
```

```
<th scope="col"><a href="DATA p4.html" onMouseOut="MM_swapImgRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('Image4','Point44.jpg',1)"></a></th>
```

```
<th scope="col"><a href="DATA p5.html" onMouseOut="MM_swapImgRestore()"
onMouseOver="MM_swapImage('Image15','Point55.jpg',0)"></a></th>
```

```
</tr>
```

```
</tbody>
```

```
</table>
```

```
<table width="950" border="0" align="center">
```

```
<tbody>
```

```
<tr> </tr>
```

```
<tr> </tr>
```

```
</tbody>
```

```
</table>
```

```
<table width="950" border="0" align="center">
```

```
<tbody>
```

```
<tr>
```

```
<th width="950" height="100" bgcolor="#FFFFFF" scope="col"><table width="950"
border="0">
```

```
<tbody>
```

```
<tr>
```

```
<th scope="col"><iframe width="450" height="260" style="border: 1px solid
#cccccc;"
src="https://thingspeak.com/channels/444590/charts/1?bgcolor=%23ffffff&color=%23
d62020&dynamic=true&results=1000&type=line"></iframe></th>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<th scope="col"><iframe width="450" height="260" style="border: 1px solid
#cccccc;"
src="https://thingspeak.com/channels/444590/charts/2?bgcolor=%23ffffff&color=%23
d62020&dynamic=true&results=1000&type=line"></iframe></th>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>
</th>
</tr>
</tbody>
</table>
</body>
</html>

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code สำหรับแสดงผลหน้า LOCATION

```

<!doctype html>
<html>
<head>
<meta charset="utf-8">
<title>Untitled Document</title>
<script type="text/javascript">
function MM_swapImgRestore() { //v3.0
    var i,x,a=document.MM_sr; for(i=0;a&&i<a.length&&(x=a[i])&&x.oSrc;i++) x.src=x.oSrc;
}
function MM_preloadImages() { //v3.0
    var d=document; if(d.images){ if(!d.MM_p) d.MM_p=new Array();
    var i,j=d.MM_p.length,a=MM_preloadImages.arguments; for(i=0; i<a.length; i++)
    if (a[i].indexOf("#")!=0){ d.MM_p[j]=new Image; d.MM_p[j++].src=a[i];}
}
function MM_findObj(n, d) { //v4.01
    var p,i,x; if(!d) d=document; if((p=n.indexOf("?"))>0&&parent.frames.length) {
        d=parent.frames[n.substring(p+1)].document; n=n.substring(0,p);}
    if(!(x=d[n])&&d.all) x=d.all[n]; for (i=0;!x&&i<d.forms.length;i++) x=d.forms[i][n];
    for(i=0;!x&&d.layers&&i<d.layers.length;i++) x=MM_findObj(n,d.layers[i].document);
    if(!x && d.getElementById) x=d.getElementById(n); return x;
}
function MM_swapImage() { //v3.0
    var i,j=0,x,a=MM_swapImage.arguments; document.MM_sr=new Array;
    for(i=0;i<(a.length-2);i+=3)
        if ((x=MM_findObj(a[i]))!=null){document.MM_sr[j++]=x; if(!x.oSrc) x.oSrc=x.src;
        x.src=a[i+2];}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

</script>
</head>

<body
onLoad="MM_preloadImages('HOME2.jpg','ABOUT2.jpg','DATA2.jpg','LOCATION2.jpg')">
<table width="950" border="0" align="center">
  <tbody>
    <tr>
      <td width="950" height="200" bgcolor="#FFFFFF">
        <table width="950" border="0" align="center">
          <tbody>
            <tr> </tr>
          </tbody>
        </table></td>
      </tr>
    </tbody>
  </table>
  <table width="950" border="0" align="center">
    <tbody>
      <tr>
        <td bgcolor="#FFFFFF"></td>
      </tr>
    </tbody>
  </table>
  <table width="950" border="0" align="center">
    <tbody>
      <tr>
        <td width="100" height="40" align="center" valign="middle" bgcolor="#FFFFFF"
style=""><a href="index.html" onMouseOut="MM_swapImgRestore()"

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

</tr>
<tr> </tr>
</tbody>
</table>
<table width="950" border="0" align="center">
<tbody>
<tr>
<th width="950" height="100" bgcolor="#FFFFFF" scope="col"><table width="950"
border="0" align="center">
<tbody>
<tr>
<th scope="col"><table width="950" border="0" align="center">
<tbody>
<tr>
<th scope="col"></th>
</tr>
</tbody>
</table>
</th>
</tr>
</tbody>
</table>
</th>
</tr>
</tbody>
</table>
</body>
</html>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code บน ArduinoIDE

```

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <MCP3008.h>
#define CS_PIN D8
#define CLOCK_PIN D5
#define MOSI_PIN D7
#define MISO_PIN D6
MCP3008 adc(CLOCK_PIN, MOSI_PIN, MISO_PIN, CS_PIN);

const char* ssid = "Soil_moisture_sensor";
const char* password = "30011704";

const char* host = "api.thingspeak.com";
const char* api = "XTDT2X12CGYLBKP9";

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  delay(10);

  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
Serial.println("Soil Moisture Test!");
}

```

```

void loop() {
  int sensorValuea = adc.readADC(1);
  delay(5000);
  sensorValuea = 123.33-(0.109*sensorValuea);

  int sensorValueb = adc.readADC(0);
  delay(1000);
  sensorValueb = 123.33-(0.109*sensorValueb);

  Serial.print("Moisture of Soil @50m : ");
  Serial.print(sensorValuea);
  Serial.println(" %");

  Serial.print("Moisture of Soil @100m : ");
  Serial.print(sensorValueb);
  Serial.println(" %");

  Serial.print("connecting to ");
  Serial.println(host);

  WiFiClient client;
  const int httpPort = 80;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (!client.connect(host, httpPort)) {
    Serial.println("connection failed");
    return;
}

```

```

String url = "/update?api_key=";
url += api;
url += "&field1=";
url += sensorValuea;
url += "&field2=";
url += sensorValueb;
Serial.print("Requesting URL: ");
Serial.println(url);
client.print(String("GET ") + url + " HTTP/1.1\r\n" +
    "Host: " + host + "\r\n" +
    "Connection: close\r\n\r\n");
delay(10);
while (client.available()) {
    String line = client.readStringUntil('\r');
    Serial.print(line);
}

Serial.println();
Serial.println("closing connection");
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรทฤษฎีใหม่

SOLAR WATER PUMPING SYSTEM FOR NOVEL THEORY AGRICULTURE

นายธีระพงษ์ เตือกฤษ, นายปริญญา กาศา

นายฟาริส เจริญ, นายสุทวิธ แหมมา, นายปณณวัฒน์ เพ็ชรจัด

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ซอย ถลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925 E-mail : punnawat2009@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปรัชญาพินิจนี้เป็นการพัฒนาปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อคืนความชุ่มชื้นให้แก่ดินสำหรับแก้ปัญหาเขาหัวโล้นที่เกิดจากการตัดไม้ทำลายป่าโดยยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จากสถานการณ์พื้นที่ป่าไม้ปัจจุบันในประเทศไทยพบว่าเฉลี่ยแล้วในแต่ละปีมีการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้กว่า 1.6 ล้านไร่ต่อปี จึงจำเป็นต้องเร่งฟื้นฟูป่าไม้เพื่อรักษาระบบนิเวศป่าต้นน้ำซึ่งเป็นแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่คอยหล่อเลี้ยงชาวไทย โดยในที่นี้จะใช้วิธีทำการสูบน้ำจากบริเวณลำธารที่อยู่ด้านล่างของภูเขาด้วยปั๊มน้ำจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 2.2 kW โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 3.3 kW สามารถสูบน้ำได้วันละประมาณ 13 - 17 ลูกบาศก์เมตรขึ้นมาที่บ่อน้ำบนยอดเขาแล้วปล่อยน้ำให้ค่อยๆ ไหลซึมลงมาเพื่อให้ความชื้นกระจายไปรอบๆ พื้นที่เขาหัวโล้น ตามหลักการกระจายความชื้นของน้ำภายในดิน โดยยึดหลักการปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูกตามหลักการฟื้นฟูสภาพป่าด้วยวิถีธรรมชาติตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช และยังสามารถสร้างสถานีอัดประจุแบตเตอรี่เพื่อเก็บพลังงานไฟฟ้าให้กับชาวบ้านในชุมชนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ นอกจากนี้สองระบบที่กล่าวข้างต้นแล้ว ในที่นี้ได้จัดทำระบบการติดตามความชื้นในดินด้วยเซนเซอร์แล้วแสดงข้อมูลบนเว็บไซต์ ดังนั้นข้อมูลความชื้นในดินสามารถใช้ในการปลูกต้นไม้ให้เหมาะสมตามความลึกของความชื้นในดินของพื้นที่เขาหัวโล้น สุดท้ายนี้ด้วยวิธีการดังกล่าวจะเกิดเป็นต้นแบบการบริหารจัดการสภาพทรัพยากรดินในพื้นที่เขาหัวโล้นโดยยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและการพัฒนาที่ยั่งยืนของประชาชนชาวไทยต่อไป

คำสำคัญ : ปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์, สถานีอัดประจุไฟฟ้า, เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

Abstract

Philosophy of sufficiency economic (SEP) is an essence of this thesis. The development of solar water pumping technique to increase moisture in the soil is presented for solving deforestation problem in Thailand. Recently, the forest territory of Thailand has been destroyed for more than 0.624 million acre per year. Thereupon, The rehabilitated forest area should be recovered for conservative watershed forest which is the key natural water resource of all Thai. The methodology is pumping water from canal which is located at the foothill by using 2.2 kW pumping machine and 3.3 kW photovoltaic resource. So, a water can be pumped about 13 - 17 m³ per day and drained the water for spreading out the moisture around the bald mountain area, based on the theory of natural reforestation of King Bhumibol Adulyadej. In addition, the battery charger station using a solar energy is also developed. The charging station can be used as energy storage for a small village. With both developed system, the soil moisture can be monitored via a developed web-service using a proposed moisture sensor. Consequently, the soil moisture data can be used for growing a suitable tree according a depth of moisture in soil of a bald mountain. The expected result can be a demonstration site of a rehabilitated forest method based on the SEP which can offer a better quality of life and sustainable of Thai people in the near future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

จากสถานการณ์พื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยในช่วงเกือบ 6 ทศวรรษที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าปัจจุบันพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยนั้นลดลงเหลือเพียง 102 ล้านไร่ พบว่าเฉลี่ยแล้วในแต่ละปีมีการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้กว่า 1.6 ล้านไร่ต่อปี (มูลนิธิสืบคณะเสถียร, 2558) แม้ว่าในช่วงหลังมานี้ อัตรารกรถูกทำลายของป่าไม้จะลดลงจากอดีต แต่เมื่อเทียบทรัพยากรตามธรรมชาติที่เหลืออยู่ต่อจำนวนประชากรในปัจจุบันแล้ว เราไม่ควรเสียพื้นที่ป่าไม้ไปมากกว่านี้อีกแล้ว การสูญเสียนี้จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าต้นน้ำซึ่งเป็นแหล่งน้ำตามธรรมชาติคอยหล่อเลี้ยงชาวไทย

โดยสาเหตุที่เป็นต้นกำเนิดการทำลายป่าไม้มีหลายสาเหตุ สาเหตุหลักมาจาก การตัดไม้ทำลายป่าเพื่อใช้เป็นที่เพื่อทำการเกษตร หรือการลักลอบตัดไม้เพื่อนำไปขาย การที่ประชากรเฉลี่ยทั่วโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น การที่ประชากรเพิ่มจำนวนมากขึ้น หมายถึง ความต้องการในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการดำรงชีวิตในชั้นต่าง ๆ ก็เพิ่มขึ้นด้วย รวมไปถึงการขยายตัวของชุมชนเมือง การขยายตัวของอุตสาหกรรมและการจัดสร้างสาธารณูปโภคของรัฐ เช่น ถนน เขื่อน อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น ไฟไหม้ป่าซึ่งมักเกิดในช่วงฤดูแล้งที่อากาศแห้งและร้อนจัด การทำเหมืองแร่ โดยแหล่งแร่ที่พบในบริเวณที่มีป่าไม้ปกคลุมอยู่ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องเปิดหน้าดินก่อนจึงทำให้ป่าไม้ที่ขึ้นปกคลุมถูกทำลายลง

โดยในที่นี้จะนำเสนอถึงปัญหาเข่าหัวโล้นที่ อำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก เป็นจังหวัดที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เป็นป่าต้นน้ำใหญ่ของน้ำที่ลงไปรวมกันเป็นแม่น้ำปิง ซึ่งเป็นแม่น้ำสายสำคัญของประเทศไทย และเป็นหนึ่งในสองของแม่น้ำที่บรรจบมาเป็นแม่น้ำเจ้าพระยา ในปัจจุบันจังหวัดตากจะประสบปัญหาเข่าหัวโล้นอยู่ จากผลสำรวจที่ผ่านมา ชาวบ้านในพื้นที่ส่วนใหญ่ในจังหวัดตากทำไร่หมุนเวียน ปลูกข้าว และเลี้ยงสัตว์บางส่วน แต่ช่วงหลังมานี้ ชาวบ้านได้เริ่มหันมาปลูกข้าวโพดมากขึ้นเนื่องจากมีข้าวโพดสายพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูงเป็นที่ต้องการของตลาด จึงทำให้อ้อยขยายพื้นที่มากกว่าเดิม โดยการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อทำสวนข้าวโพดเป็นลักษณะของการทำไร่เลื่อนลอย คือ ย้ายที่ไปเรื่อย ๆ หลังจากดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ส่งผลให้เกิดเป็นพื้นที่ว่างจนมีสภาพกลายเป็นเข่าหัวโล้นในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังพบหมู่บ้านที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติซึ่งตั้งอยู่ใกล้พื้นที่เข่าหัวโล้น ซึ่งชาวบ้านนั้นไม่มีไฟฟ้าใช้ เพราะกรมป่าไม้ไม่อนุญาตให้ กฟภ. เข้ามาปักเสาเดินสาย ส่งผลให้ชาวบ้านได้รับความยากลำบากในการใช้ชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก

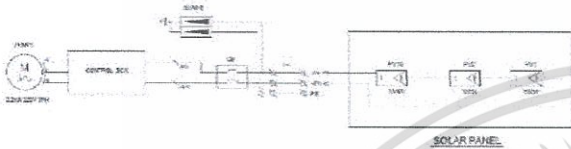
2. ทฤษฎีการปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูกตามหลักกรพื้นที่ฟูสภาพป่าด้วยวัชพรรณชาติ

การฟื้นฟูพื้นที่เข่าหัวโล้นนั้นจะต้องมีการปลูกป่า ซึ่งสิ่งที่จำเป็นในการฟื้นฟูพื้นที่นั้นคือน้ำ เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพืชเพื่อที่จะใช้ในขบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ซึ่งพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชนั้นทรงห่วงใยในปัญหาปริมาณป่าไม้ลดลงเป็นอย่างมาก จึงทรงพยายามค้นหาวิธีนานาประการที่จะเพิ่มปริมาณของป่าไม้ในประเทศไทยให้เพิ่มมากขึ้นอย่างมั่นคงและถาวร โดยมีวิธีการที่เรียบง่ายและประหยัดในการดำเนินงาน ซึ่งก็คือถ้าเลือกได้ที่เหมาะสมแล้ว ก็ทิ้งป่านั้นไว้ครึ่งนั้น ไม่ต้องไปทำอะไรเลย ป่าจะเจริญเติบโตมาเป็นป่าสมบูรณ์โดยไม่ต้องไปปลูกเลยสักต้นเดียว จากพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชที่ว่า ควรสำรวจแหล่งน้ำเพื่อการพัฒนาสร้างฝายขนาดเล็กปิดกั้นร่องน้ำในเขตต้นน้ำลำธารทั้งนี้เพื่อแผ่กระจายความชุ่มชื้นออกไปให้กว้างขวางอันจะช่วยฟื้นฟูสภาพป่าในบริเวณที่สูงให้สมบูรณ์ขึ้น บริเวณดังกล่าวจะได้กลายเป็นภูเขาป่า ในอนาคตซึ่งหมายความว่ามีความชุ่มชื้นในธรรมชาติให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมไม่แห้งแล้งเกินไป และยังช่วยยึดผิวดินอันมีค่าไม่ให้ถูกน้ำชะละลายลงมายังพื้นที่ราบอีกด้วย หากไม่มีแหล่งน้ำในพื้นที่ที่พื้นที่ป่าไม้ในบริเวณภูเขาเสื่อมโทรม ก็ให้พิจารณาตั้งน้ำขึ้นไปยังจุดที่สูงที่สุดเท่าที่จะดำเนินการได้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถจ่ายน้ำลงไปหล่อเลี้ยงกล้าไม้อ่อนที่ปลูกทดแทนไว้บนภูเขาได้ตลอดเวลา โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งซึ่งกล้าไม้ไม่มีอัตราการสูญเสียค่อนข้างสูง เมื่อกล้าไม้เจริญเติบโตพอสมควรจนสามารถทนทานต่อสภาวะแห้งแล้งได้แล้วในอนาคตภูเขาในบริเวณดังกล่าวก็จะคืนสภาพเดิมเป็นภูเขาป่าที่มีความชุ่มชื้นพอสมควร ตลอดจนจะช่วยฟื้นฟูสภาพแวดล้อมในคอนล่างไม่ให้กลายเป็นดินแดนแห้งแล้งจะต้องพยายามสูบน้ำขึ้นไปทีละชั้นจนถึงระดับสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยพิจารณาใช้เครื่องสูบน้ำพลังงานธรรมชาติ เช่น หลังงานแสงอาทิตย์กับพลังงานลม ซึ่งมีใช้งานอยู่แล้ว ทั้งนี้เพื่อจะได้มีเปลือกเชื้อเพลิง เมื่อน้ำขึ้นไปพัก ณ ระดับสูงสุดได้แล้ว จะสามารถปล่อยน้ำให้ค่อย ๆ ไหลซึมลงมา เพื่อช่วยเร่งรัดการปลูกป่าไม้ที่มีทั้งพันธุ์ไม้ป้องกันไฟไหม้ได้เร็ว นอกจากนั้นยังจะแปรสภาพโครงการภูเขาป่าให้เป็นป่าเปียกซึ่งสามารถป้องกันไฟป่าได้อีกด้วย (พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การออกแบบระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

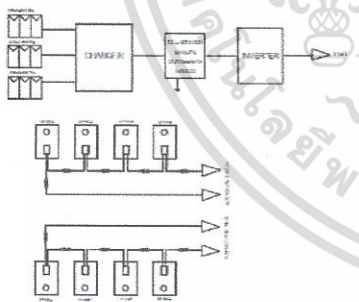
เนื่องด้วยจากการสำรวจพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งประกอบกับความ ต้องการของชาวบ้านในพื้นที่ที่จะทำการเกษตรจึงทำการออกแบบ ระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีส่วนประกอบหลักต่างๆ ดังนี้ ปั๊มน้ำซัมเมอร์ส ตู้คอนโทรลเลอร์ อินเวอร์เตอร์ และแผงโซล่าเซลล์ ซึ่ง ได้ทำการออกแบบและหาข้อมูลทางเทคนิคของอุปกรณ์ และวิธีการ ติดตั้งเชื่อมต่ออุปกรณ์ เพื่อให้ระบบปั๊มน้ำโซล่าเซลล์สามารถทำงาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเชื่อมต่อของระบบปั๊มน้ำโซล่าเซลล์

3.2 การออกแบบสถานีอัดประจุไฟฟ้า

เนื่องด้วยจากการสำรวจพื้นที่รวมถึงความต้องการของชาวบ้านใน พื้นที่พบว่าชาวบ้านใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เนื่องด้วยพื้นที่ไม่มีไฟฟ้า เข้าถึงจึงทำการออกแบบสถานีอัดประจุไฟฟ้าเพื่อให้ชาวบ้านสามารถ นำแบตเตอรี่มาอัดประจุ รวมถึงจ่ายไหลให้อาคารอเนกประสงค์ ซึ่ง ได้ทำการออกแบบและหาข้อมูลทางเทคนิคของอุปกรณ์ และวิธีการ ติดตั้งเชื่อมต่ออุปกรณ์ เพื่อให้ระบบของสถานีอัดประจุไฟฟ้าสามารถ จ่ายไหลและอัดประจุได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังรูปที่ 2

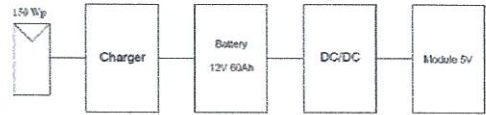


รูปที่ 2 การเชื่อมต่อของสถานีอัดประจุไฟฟ้า

3.3 การออกแบบระบบติดตามความชื้นในดิน

เนื่องด้วยโครงการนี้เป็น โครงการที่จำเป็นต้องติดตามผลการ ทดลองเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 3 ปีจึงจำเป็นต้องมีการติดตามผลของ ความชื้นในดินตลอดเวลา เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ว่าการ ออกแบบทางสถาปัตยกรรมของทางคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ซึ่งทำ การออกแบบพื้นที่ มีการออกแบบที่ถูกต้องสามารถฟื้นฟูพื้นที่เขา หัวไศล ได้จริงจึงทำการออกแบบระบบติดตามความชื้นและหาข้อมูล

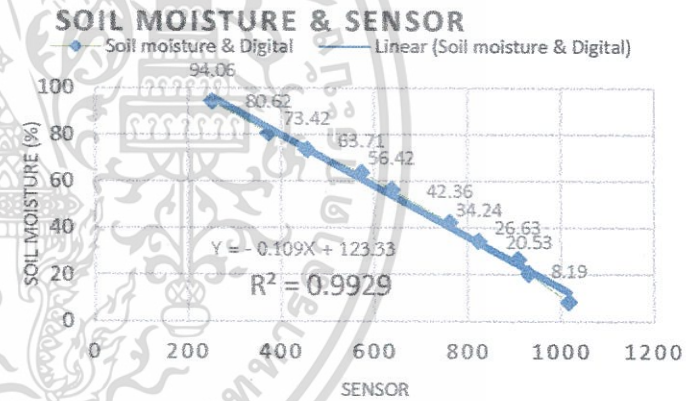
ทางเทคนิคของอุปกรณ์ และวิธีการติดตั้งเชื่อมต่ออุปกรณ์ เพื่อให้ ระบบติดตามความชื้นในดินสามารถส่งค่าความชื้นได้ตลอดเวลาและ มีประสิทธิภาพ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเชื่อมต่อของระบบติดตามความชื้นในดิน

4. ผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อหาความชื้นในดิน จำเป็นต้องมีการปรับ เชนเซอร์วัดความชื้นเพื่อให้ผลของความชื้นที่ได้สอดคล้องกับชนิด ของดินในพื้นที่ โดยใช้วิธีการนำดินไปอบแห้งเพื่อหาค่าความชื้นและ ปรับเทียบกับค่าที่ได้จากเซนเซอร์เพื่อให้ข้อมูลที่ได้นี้ใกล้เคียงความเป็น จริงที่สุด ซึ่งจะนำค่าความชื้นมาเปรียบเทียบกับค่า Digital และปริมาณ ความชื้นดินโดยนำน้ำหนักมาเปรียบเทียบกัน ได้ลักษณะของกราฟ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4 กราฟที่บอกค่าระหว่างค่าความชื้นกับค่า Digital

จากกราฟค่า Digital และปริมาณความชื้นดินโดยน้ำหนักมา เปรียบเทียบกันจะเห็นว่าลักษณะของกราฟจะออกมาในรูปแบบของ ความเป็นเชิงเส้น ซึ่งกราฟดังกล่าวมีความใกล้เคียงกับกราฟเส้นตรง ดังนั้นการหาค่าความชื้นจึงสามารถอ้างอิงได้จากสมการ เส้นตรง ($y = mx + c$) โดยการคำนวณจากโปรแกรม Microsoft Excel และได้สมการ ความชื้นในดิน = $-(0.109 \times \text{Digital}) + 123.33$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นได้มีออกแบบและจัดทำเว็บไซต์ขึ้นเพื่อเก็บค่าความชื้นและแสดงผลความชื้นตลอดเวลา เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลความชื้นมาวิเคราะห์ ว่าการออกแบบพื้นที่ทางสถาปัตยกรรม ของทางคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สามารถฟื้นฟูเขาหัวโล้นได้จริง



รูปที่ 5 ความชื้นที่แสดงผลบนเว็บไซต์

5. บทสรุป

จากการออกแบบและทำการติดตั้ง โดยทำการแบ่งออกเป็น 3 ระบบ ได้แก่

ระบบแรกคือระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทำการดึงน้ำจากลำธารที่ด้านล่างภูเขาขึ้นไปบนยอดเขาโดยการใช้น้ำปั๊มขนาด 2.2kW 3PH 220V ซึ่งสามารถปั๊มได้สูง 109 เมตร จากความสูงรวมที่ได้จากการสำรวจพื้นที่ประมาณ 100 เมตร โดยจะได้อัตราการไหลของน้ำ $3.6 \text{ m}^3/\text{h}$ ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 2.2kW 220V และใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 37V 330W จำนวน 10 แผงต่ออนุกรมกัน จึงสามารถสูบน้ำได้วันละประมาณ 13 - 17 ลูกบาศก์เมตรขึ้นมาที่บ่อน้ำบนยอดเขา แล้วปล่อยน้ำให้ค่อย ๆ ไหลซึมลงมา เพื่อให้ความชื้นกระจายไปรอบ ๆ พื้นที่เขาหัวโล้น ตามหลักการการกระจายความชื้นของน้ำภายในดิน โดยยึดทฤษฎีการปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูกตามหลักการฟื้นฟูสภาพป่าด้วยวัชพืชร่มชาติตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช

ในส่วนของสถานีอัดประจุไฟฟ้าเพื่อให้ชาวบ้านที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ได้นำแบตเตอรี่มาชาร์จแล้วนำกลับไปใช้ในครัวเรือนรวมไปถึงจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอาคารเนกประสงค์ของหมู่บ้าน จึงทำการเลือกแผงโซลาร์เซลล์ แผงละ 37V ต่อแบบอนุกรม 3 แผง ขนานกัน 3 ชุด เท่ากับ 111 Vdc ซึ่งอยู่ในช่วงที่ Charger controller แบบ MPPT (input voltage range 64-120 Vdc battery system voltage 48 Vdc) รองรับได้ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 3kW และใช้ Deep cycle Battery 12V 80 Ah ต่อ

แบบอนุกรม 4 ชุด ได้ 48 Ah ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการโหลดในอาคารเนกประสงค์ ซึ่งโหลดมีค่า 1050W สามารถใช้งานได้ 9 ชม.

และสุดท้ายในระบบการติดตามความชื้นในดินเพื่อที่จะติดตามผลเมื่อความชื้นกระจายตัวไปรอบ ๆ ของภูเขา โดยทำการออกแบบการทำงานของระบบวัดความชื้นในดิน ซึ่งจะใช้ NodeMCU เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน 2 ตัว สำหรับวัดความชื้นในดินที่ความลึก 0.5 เมตร และ 1 เมตร ซึ่งจะทำการวัด 5 จุดรอบพื้นที่ที่จะทำการกระจายความชื้น เมื่อเซนเซอร์ได้รับข้อมูลที่เป็นค่า Digital จากดินแล้ว จะทำการส่งข้อมูลไปยัง Microcontroller โดยจะทำการแปลงค่าจากค่า Digital ให้เป็นค่าความชื้นโดยใช้หลักการ เปรียบเทียบข้อมูลที่ป้อนค่า Digital กับค่าความชื้นจริงตามจากนั้นจะทำการส่งค่าความชื้นนั้นจะเป็นแบบไร้สายโดยผ่านระบบ Wi-Fi เข้าสู่พื้นที่เก็บข้อมูลบนช่องทางที่ถูกสร้างขึ้นของเว็บไซต์ ThingSpeak แล้ว แสดงผลบนเว็บไซต์ <https://reallabmiosturesensor.github.io/KMITL/INDEX.html> ที่ทางเราจัดทำขึ้นเพื่อติดตามผลในระยะยาว ในส่วนของไฟเลี้ยงระบบเนื่องจากโหลดที่ใช้งานมีค่า 10W จึงใช้แผงโซลาร์เซลล์ 18V ใช้ Charger controller (input voltage range 0-24 Vdc battery system 12 V) ให้สอดคล้องกับแผงและใช้แบตเตอรี่ แบบ Deep cycle Battery 12 Vdc 80 Ah โดยจะใช้งาน 24 ชม.เพื่อเก็บข้อมูลความชื้นตลอดเวลา

เอกสารอ้างอิง

- [1] ฤกษ์มณฑล วัฒนารงค์.ออกแบบวงจรไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ ทัศนเทคโนโลยีศึกษา,2539.
- [2] กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [3] กรมส่งเสริมการเกษตร. 2547. คู่มือการออกแบบระบบการให้น้ำพืชระดับพื้นฐานสำหรับไม้ผล. นิเวศกรมการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- [4] การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช. ฐานการพิมพ์, จตุจักร กรุงเทพฯ.
- [5] เริ่มต้นใช้งาน Arduino UNO . [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.arduitronics.com/เริ่มต้นใช้งาน Arduino UNO> (6 กรกฎาคม 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล ธีระพงษ์ เผือกอุย
วัน เดือน ปีเกิด 15 ธันวาคม 2538
ที่อยู่ 21 ซ.รังสิต-นครนายก 23 ถ.รังสิต-
นครนายก ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.
ปทุมธานี 12130

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนธัญรัตน์ จ.ปทุมธานี

ปีการศึกษา 2560 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน บริษัท ไดกินอินดัสทรีส์ (ประเทศไทย) จำกัด
ระหว่าง 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2560



ชื่อ-นามสกุล ปริญญ์ กาษา
วัน เดือน ปีเกิด 27 มิถุนายน 2538
ที่อยู่ 1461 ถ.นิมิตใหม่ แขวงสามวา
ตะวันออก เขตคลองสามวา กทม.
10510

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนศิริวัฒนาวิทยา

ปีการศึกษา 2560 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน บริษัท ไรท์แมน จำกัด
ระหว่าง 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชื่อ-นามสกุล สุทิวส์ แหมา
 วัน เดือน ปีเกิด 1 พฤศจิกายน 2538
 ที่อยู่ 246/218 ม.1 ต.มะขาม อ.มะขาม
 จังหวัด จันทบุรี 22150

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนเบญจมราชูทิศ
 จังหวัดจันทบุรี
 ปีการศึกษา 2560 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ฝึกงานภาคฤดูร้อน การไฟฟ้าฝ่ายผลิต เชื้อนภูมิพล
 ระหว่าง 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2560



ชื่อ-นามสกุล ฟาริส เงาะ
 วัน เดือน ปีเกิด 17 กุมภาพันธ์ 2538
 ที่อยู่ 148/228 หมู่6 ซอย9 ถนนโรงเหล้า
 สาย ข ตำบลรูสะมิแล อำเภอเมือง
 จังหวัดปัตตานี 94000

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนโรงเรียนสาธิต
 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดปัตตานี
 ปีการศึกษา 2560 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ฝึกงานภาคฤดูร้อน การไฟฟ้าฝ่ายผลิต โรงไฟฟ้าจะนะ
 ระหว่าง 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้