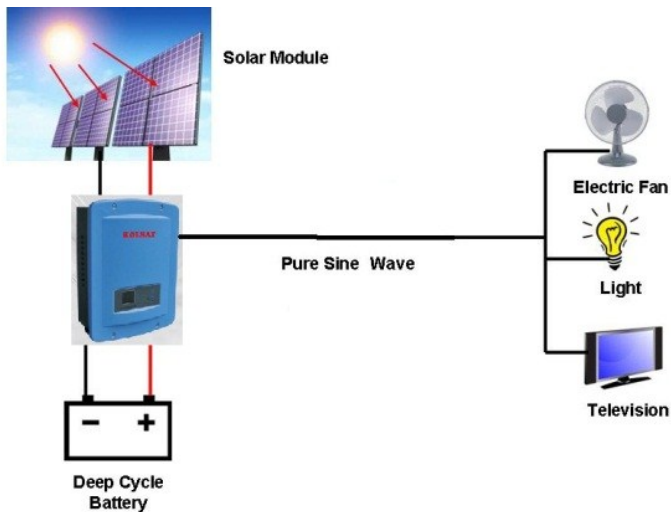
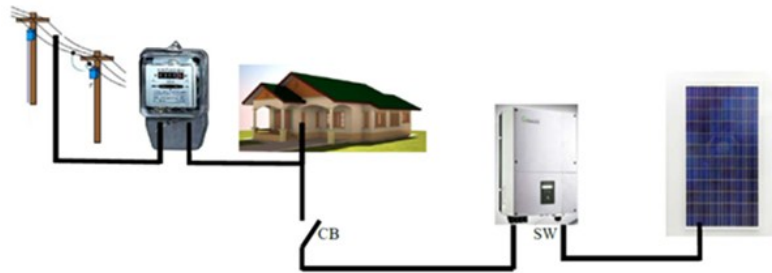
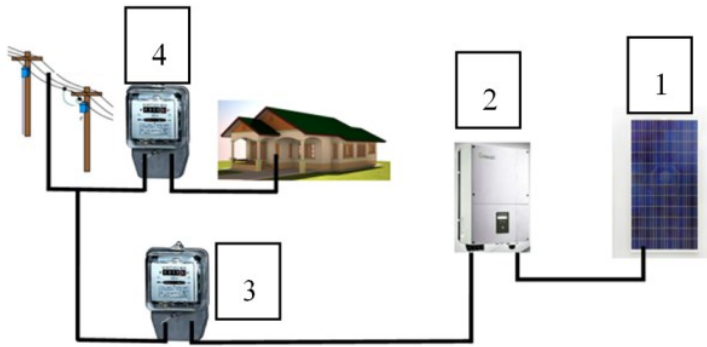


โซล่าเซลล์ผลิตไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย



รองศาสตราจารย์ ดร.กานต์ เกิดชื่น

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นครราชสีมา

คำนำ

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อเสนอแนวคิด และแนะนำการประยุกต์ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ สำหรับชุมชนในประเทศไทย ระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์มีการใช้งานในโลกนี้อย่างกว้างขวาง ส่งผลให้ราคาต้นทุนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์มีราคาลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นชุมชนในประเทศไทยสมควรนำระบบดังกล่าวนี้มาใช้เพื่อความคุ้มค่าในการดำรงชีวิต และส่งเสริมความปลอดภัยให้แก่โลก

ระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์สามารถนำมาใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของชุมชนได้หลายประการ ยกตัวเช่น การผลิตไฟฟ้าเพื่อขายไฟฟ้าให้แก่รัฐบาล การผลิตไฟฟ้าเพื่อลดค่าไฟฟ้า การผลิตไฟฟ้าสำหรับชุมชนที่ห่างไกลสายส่งไฟฟ้า หรือการผลิตไฟฟ้าสำหรับการเกษตร เป็นต้น ในแต่ละจุดประสงค์ของการผลิตไฟฟ้าประชาชนหรือผู้สนใจน่าจะต้องมีความรู้ความเข้าใจพอสมควร เพื่อจะทำให้การติดตั้งใช้งานนั้นเหมาะสม และคุ้มค่า ซึ่งในเอกสารนี้พยายามกล่าวอย่างง่าย ๆ ให้ครอบคลุมการประยุกต์ใช้ดังกล่าว

ลงชื่อ กาณท์ เกิดชื่น

Kaan.ke@rmuti.ac.th

ออนไลน์ครั้งที่ 1: มกราคม 2559

ออนไลน์ครั้งที่ 2: มิถุนายน 2559

ออนไลน์ครั้งที่ 3: กันยายน 2560

โซล่าเซลล์ผลิตไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

สารบัญแบบย่อ

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์

บทที่ 3 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลล์ชนิดเชื่อมต่อสายส่ง

บทที่ 4 การออกแบบและติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บนหลังคา

บทที่ 5 การออกแบบและติดตั้งโซล่าฟาร์ม

บทที่ 6 ระบบโซล่าเซลล์แยกอิสระและสำหรับการเกษตร

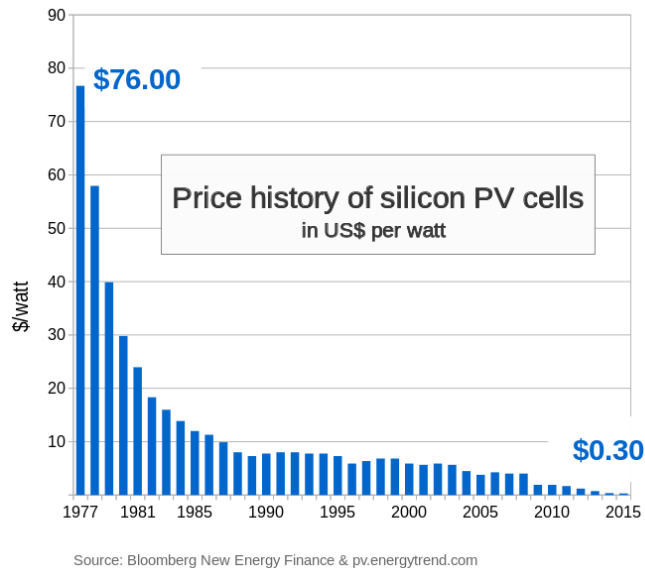
บทที่ 7 ประสิทธิภาพและการคืนทุนของระบบโซล่าเซลล์

บทที่ 1

บทนำ

สถานะทั่วไปโซลาร์เซลล์

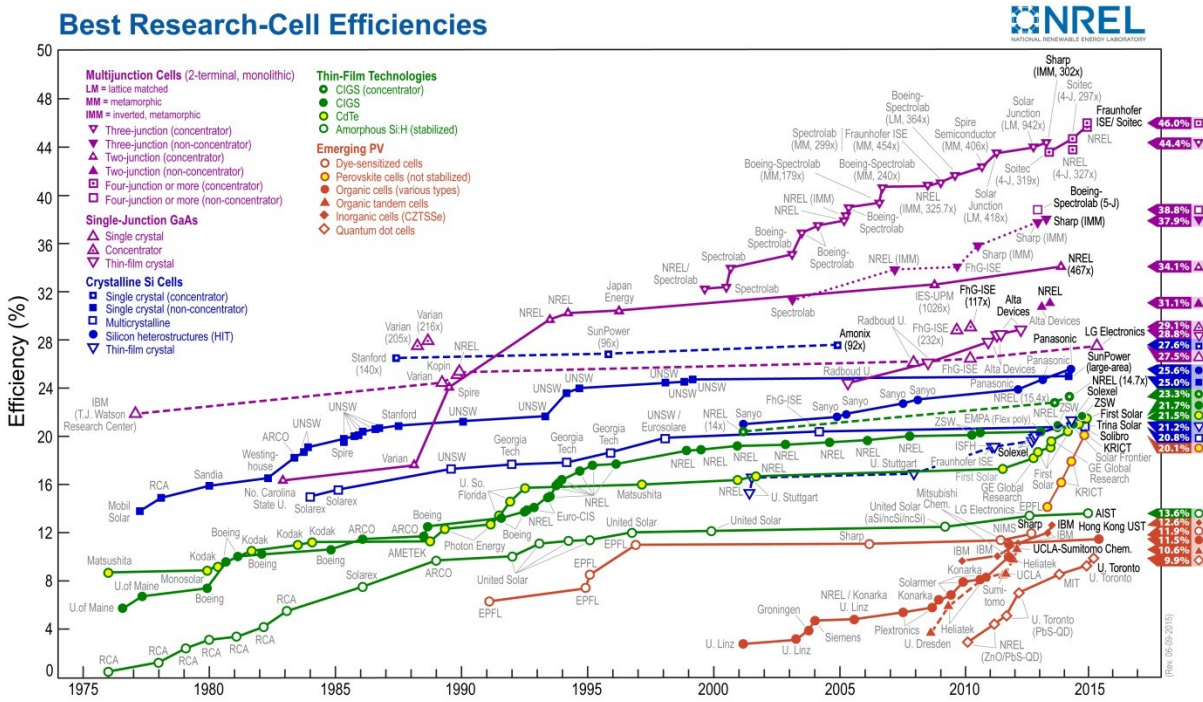
เซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เซลล์แสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์นี้ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนมีการผลิตเชิงการค้าเข้าสู่ประชาคมโลกอย่างมาก ทำให้ราคาของเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาถูกลงเป็นอย่างมากดังในรูปที่ 1.1 ในส่วนของประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ในปัจจุบันมีคุณภาพสูงขึ้นเรื่อยๆ ดังในรูปที่ 1.2 อายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นสิ่งที่ผู้ใช้มีความกังวล เพราะแผงโซลาร์เซลล์ต้องอยู่กับผู้ใช้ยาวนาน สิ่งเหล่านี้ผู้ใช้สามารถคลายกังวลได้ เพราะมีมาตรฐานต่างๆทั่วโลกให้การรับรอง



รูปที่ 1.1 การลดลงของราคาโซลาร์เซลล์ [1]

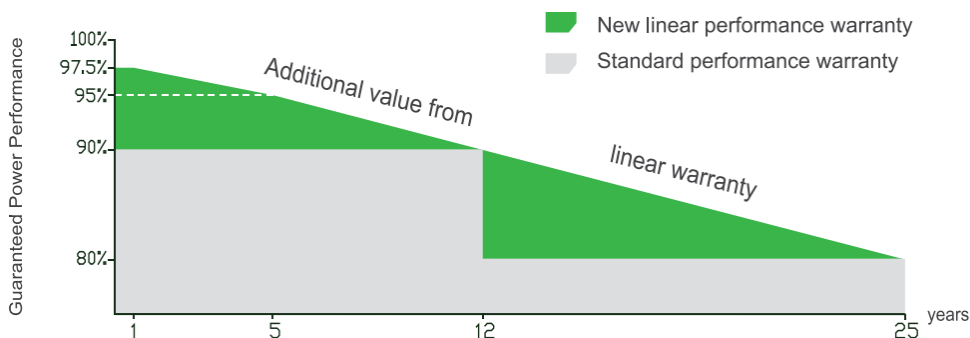
ในรูปที่ 1.1 แสดงให้เห็นว่าในปัจจุบัน (ปี 2558) ราคาของเซลล์แสงอาทิตย์นั้นอยู่ที่ 0.3 USD/วัตต์ นั่นหมายถึงแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 250 วัตต์มีราคาประมาณ 2,500 บาท ทั้งนี้เนื่องจากกำลังการผลิตโซลาร์เซลล์ทั่วโลกมีมากขึ้น และความต้องการใช้โซลาร์เซลล์ก็มีมากขึ้นเช่นกัน

ส่วนในรูปที่ 1.2 แสดงประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์จากหน่วยวิจัยหลายๆ สามารถพัฒนาขึ้นได้ อย่างไรก็ตามแผงโซลาร์เซลล์ที่แพร่หลายในท้องตลาดมีประสิทธิภาพอยู่ที่ 15% ซึ่ง 15% นี้หมายถึงถ้ากำลังแสงอาทิตย์เป็น 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร เราจะได้กำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์สามารถแปลงออกมาได้เป็น 150 วัตต์ต่อตารางเมตรนั่นเอง



รูปที่ 1.2 ประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ [2]

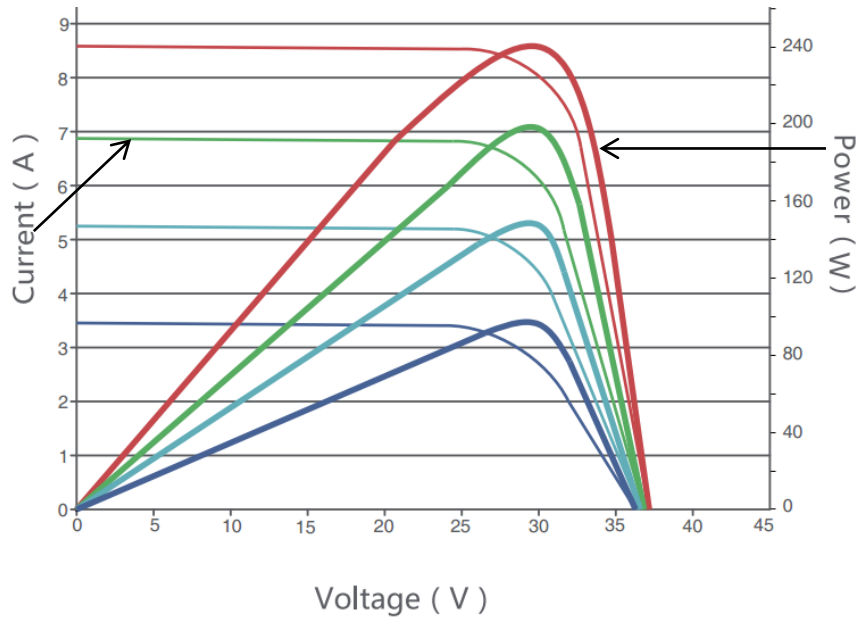
สำหรับอายุการใช้งานของแผงโซลาร์เซลล์ผู้ผลิตมักแสดงด้วยรูปภาพที่แสดงให้เห็นว่า เมื่ออายุการใช้งานครบ 20 ประสิทธิภาพคงเหลือเป็นเท่าใด โดยปกติแล้วประสิทธิภาพจะลดลงประมาณ 1% ต่อปี ดังนั้นเมื่อครบ 20 ปี ประสิทธิภาพคงเหลือเป็น 80% ดังรูป



รูปที่ 1.3 การลดลงของประสิทธิภาพของผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์รายหนึ่ง

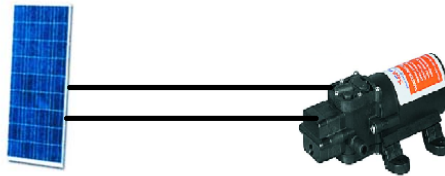
รูปแบบที่นิยมต่อใช้งานโซลาร์เซลล์

โซลาร์เซลล์จะผลิตไฟฟ้ากระแสตรงออกมาที่เป็นลักษณะคล้ายแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าคงที่ แต่กระแสไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่กับความต้องการของโหลดด้วยดังรูปที่ 1.4 ดังนั้นเราสามารถนำไฟฟ้ากระแสตรงนี้ไปใช้ได้ทันที



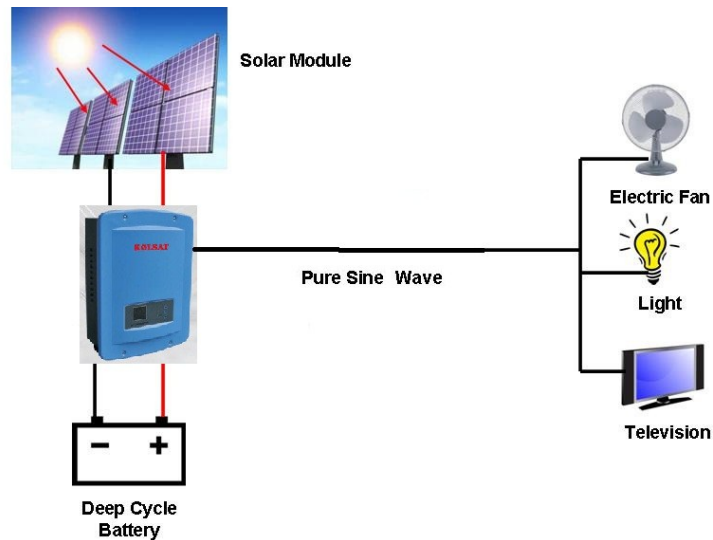
รูปที่ 1.4 ความสัมพันธ์ของกระแส แรงดัน ไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์

ในรูปที่ 1.4 ที่แต่ละกำลังแสงอาทิตย์ (โดยปกติกำลังแสงอาทิตย์นี้มีค่าประมาณ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร) จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าจะมีค่าคงที่ๆทุกๆระดับค่าแรงดันไฟฟ้า ดังนั้นถ้าเรานำแผงโซลาร์เซลล์ไปขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ก็สามารถทำได้โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินแต่อย่างใด ซึ่งเหมาะสมกับการใช้ในงานเกษตร



รูปที่ 1.5 การใช้โซลาร์เซลล์ต่อกับมอเตอร์กระแสไฟตรงเพื่อปั้มน้ำ

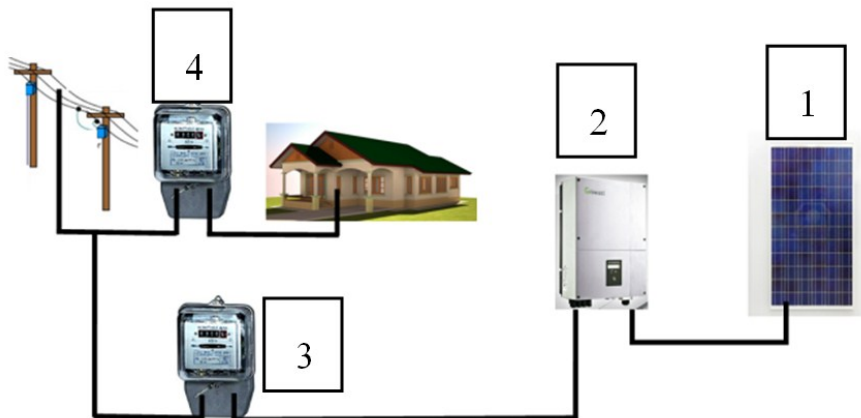
นอกจากนี้โซลาร์เซลล์ยังใช้งานในพื้นที่ๆไม่มีไฟฟ้า หรือไม่ต้องการใช้ไฟจากการไฟฟ้า เรียกว่าระบบแยกอิสระ โดยระบบจะต้องใช้ประจุแบตเตอรี่ และมีอินเวอร์เตอร์แปลงผันไฟจากไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสสลับ เพื่อให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีอยู่



รูปที่ 1.6 การใช้งานโซล่าเซลล์ระบบแยกอิสระ

ในรูปที่ 1.6 ชุดอินเวอร์เตอร์กับชุดควบคุมการประจุแบตเตอรี่จะประกอบอยู่ในตัวเดียวกัน นอกจากอินเวอร์เตอร์ในบางรุ่นยังสามารถต่อร่วมกับไฟของการไฟฟ้าได้ด้วย โดยบางครั้งอาจต้องใช้ไฟจากการไฟฟ้าในกรณีที่ไฟในแบตเตอรี่ไม่เพียงพอ

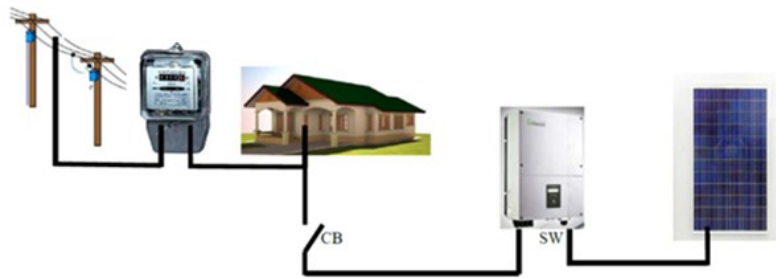
นอกจากนี้โซล่าเซลล์ที่ใช้เชื่อมต่อสายส่ง (Grid-connected) ก็ได้รับความนิยมทั่วโลก ซึ่งเป็นส่วนที่รัฐบาลกำลังส่งเสริม โดยมีการรับซื้อเข้าระบบสายส่งไฟฟ้าในหลายชื่อ เช่น โซล่าฟาร์ม โซลาร์ฟลอป เป็นต้น ซึ่งระบบดังกล่าวนี้สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้าได้ นอกจากนี้ผู้ใช้ไฟฟ้ายังสามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้เอง (กรณีไม่ขายไฟฟ้าให้รัฐบาลก็ได้)



รูปที่ 1.7 ระบบ Grid-connected กรณีขายไฟฟ้า

จากรูปที่ 1.7 ส่วนที่ 1 เป็นแผงโซล่าเซลล์ที่ปกติแล้วจะวางบนหลังบ้าน แต่เราเขียนรูปเพื่อให้เห็นภาพชัดเจนจึงแสดงอยู่ด้านนอกหลังคาบ้านอย่างนั้น ส่วนที่ 2 เป็นอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อสายส่ง (Grid-connected Inverter) ส่วนที่ 3 เป็นมิเตอร์วัดพลังงานที่ระบบโซล่าเซลล์ผลิตได้สำหรับการขายไฟฟ้า และ

ส่วนที่ 4 เป็นมิเตอร์วัดพลังงานที่เราซื้อไฟฟ้าจากระบบมาใช้ในบ้าน ระบบนี้เองที่รัฐบาลไทยรับซื้อไฟฟ้าจากโครงการที่เรียกว่า “Solar PV Rooftop”



รูปที่ 1.8 ระบบ Grid-connected กรณีผลิตไฟฟ้าใช้เอง

ในรูปที่ 1.8 จะแตกต่างจากรูปที่ 1.7 เล็กน้อยตรงที่มีมิเตอร์วัดพลังงานสำหรับการขายไฟฟ้านั้นไม่มี แต่ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบโซลาร์เซลล์จะต่อตรงเข้าไปใช้ในตัวบ้านเลย ถ้าหากกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์ไม่เพียงพอต่อการใช้ในบ้าน ไฟฟ้าก็จะถูกดึงมาจากระบบการไฟฟ้า ซึ่งกล่าวง่าย ๆ คือ ไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านหลังนี้มาจาก 2 แหล่ง คือจากการไฟฟ้า และจากระบบโซลาร์เซลล์ ถ้าหากในบ้านไม่มีการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์ก็จะไหลย้อนเข้าไปในระบบไฟฟ้า ไฟฟ้าก็จะถูกใช้โดยอาคารหลังอื่นที่มีการใช้ไฟฟ้าไป

แหล่งอ้างอิง

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/File:Price_history_of_silicon_PV_cells_since_1977.svg //เมื่อ 6 กค. 58
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell // เมื่อ 6 กค. 58

บทที่ 2

พลังงานแสงอาทิตย์

บทนำ

ก่อนที่จะทราบการออกแบบระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เราจะกล่าวถึงการเกิดมีพลังงานแสงอาทิตย์เสียก่อน พลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นโลกขึ้นอยู่กับตำแหน่งละติจูดและการโคจรของโลกเป็นสำคัญ ดังนั้นในบทนี้เราจะกล่าวถึงการโคจรของโลกกับพลังงานแสงอาทิตย์ และเทคโนโลยีการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าด้วย “โซลาร์เซลล์”

การโคจรของโลกและพลังงานแสงอาทิตย์ [1]

โลกห่างจากพระอาทิตย์เป็นระยะทาง r เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

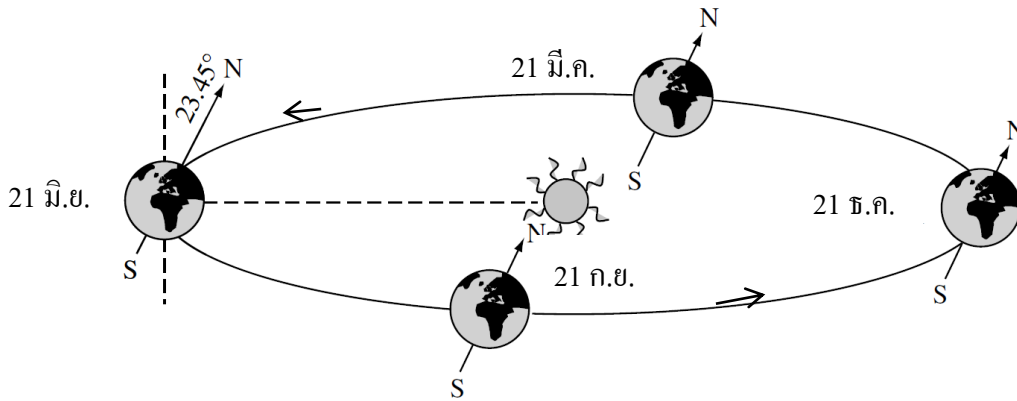
$$r = r_0 \left[1 + 0.017 \sin \left(\frac{360(d_n - 93)}{365} \right) \right] \quad (2.1)$$

เมื่อ d_n เป็นจำนวนของวันที่นับจากวันเริ่มต้นของปี ซึ่งการเคลื่อนที่ของโลกรอบดวงอาทิตย์เป็นลักษณะวงรีแคบๆ มีความแตกต่างของวงเพียง 0.017 ซึ่ง r_0 มีค่าเป็น 1.496×10^8 km และตัวเลขนี้เรียกว่า 1 AU

โดยปกติแล้วเพื่อความสะดวกต่อการประยุกต์ใช้ มักใช้เป็นค่าตัวประกอบปรับค่าวงรี ซึ่งมีค่าเป็น

$$\epsilon_0 = \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 = 1 + 0.033 \cos \left(\frac{360d_n}{365} \right) \quad (2.2)$$

โลกหมุนรอบตัวเองเป็นเวลา 1 วัน โดยหมุนเอียงที่มุมคงที่ 23.45° เทียบกับแนวสุริยคราสตั้งรูปที่ 2.1 มุมนี้เป็นผลให้แสงแดดแรงในช่วงฤดูร้อนมากกว่าฤดูหนาว และยังส่งผลให้ฤดูร้อนมีกลางวันยาวนานกว่าฤดูหนาว



รูปที่ 2.1 วงโคจรของโลกรอบพระอาทิตย์

มุมที่พระอาทิตย์ตกกระทบในแต่ละวันเราอาจพิจารณาเป็นค่าคงที่ เพราะมีการเบี่ยงเบนที่น้อยมาก ไม่เกิน 0.5 องศา ถ้าหากเราพิจารณาเหนือเส้นศูนย์สูตรให้มีมุมตกกระทบเป็นบวก และได้เส้นศูนย์สูตรเป็นลบ ดังนั้นมุมที่พระอาทิตย์ตกกระทบจะหาได้จากสมการ

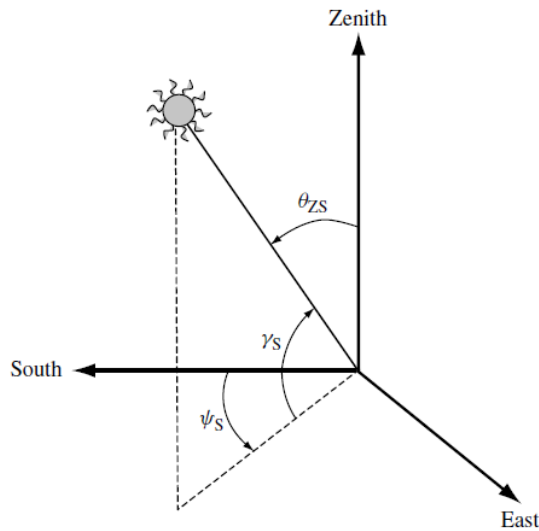
$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[\frac{360(d_n + 284)}{365} \right] \quad (2.3)$$

จากรูปที่ 2.1 ช่วงวันที่ 20 – 21 มีนาคม และ 22 – 23 กันยายน เส้นตกกระทบของพระอาทิตย์อยู่ตรงแนวเส้นศูนย์สูตร หรือเป็นช่วงที่ $\delta = 0$ นั่นเอง เป็นผลให้เวลากลางวันและกลางคืนมีค่าเท่ากัน และพระอาทิตย์ขึ้นทางตะวันออกและตะวันตก

ช่วง 21 – 22 มิถุนายน $\delta = 23.45^\circ$ นั่นคือพระอาทิตย์ตกกระทบที่ด้านบนเส้นศูนย์สูตรและพระอาทิตย์ขึ้นจากตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนพระอาทิตย์ตกทางตะวันตกเฉียงใต้ ส่งผลให้ซีกโลกเหนือมีกลางวันยาวนานเท่ากลางคืน ส่วนซีกโลกใต้จะเป็นตรงกันข้าม

ในช่วง 21 – 22 ธ.ค. $\delta = -23.45^\circ$ พระอาทิตย์ตกกระทบด้านล่างเส้นศูนย์สูตร ส่งผลให้ซีกโลกเหนือมีกลางวันยาวนานกว่ากลางวัน

ณ จุดที่ติดตั้ง PV ใดๆ บนพื้นโลกเราอาจกำหนดเป็นตามแนวตั้ง และแนวระนาบดังรูปที่ 2 มุมในแนวตั้งจากจุดยอดฟ้าไปถึงที่พระอาทิตย์ตกกระทบเรียกมุม θ_{zs} และมุมในแนวระนาบจากทิศใต้ (Azimuth) เรียกมุม ψ_s และในส่วนของความสูงของพระอาทิตย์เป็นมุม γ_s นั่นก็สัมพันธ์กับมุม θ_{zs}



รูปที่ 2.2 มุมที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งใดๆ พื้นโลก

จากรูปที่ 2.2 ณ ตำแหน่งใดๆ ที่พระอาทิตย์ตกกระทบที่ตำแหน่งละติจูด ϕ (N เป็น + และ S เป็น -) จะได้ว่า

$$\cos \theta_{ZS} = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega = \sin \gamma_S \quad (2.4)$$

และ

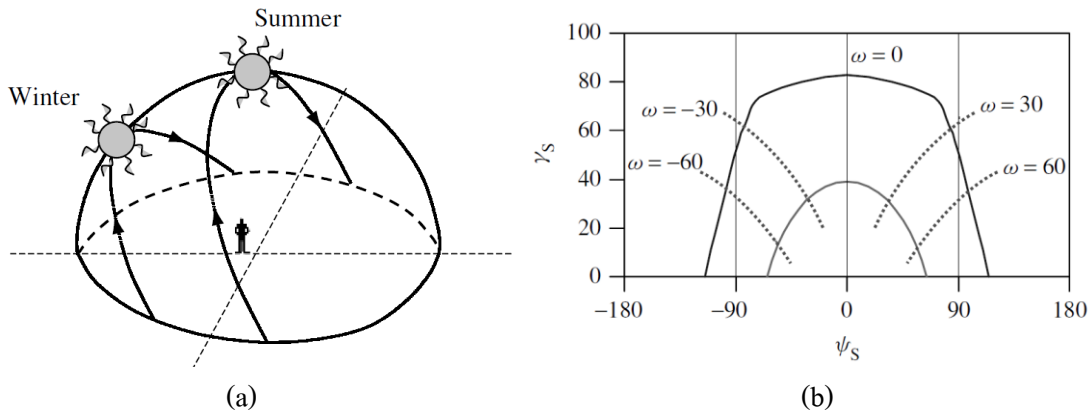
$$\cos \psi_S = \frac{(\sin \gamma_S \sin \phi - \sin \delta)}{\cos \gamma_S \cos \phi} [\text{sign}(\phi)] \quad (2.5)$$

เมื่อ ω เป็นเวลาจริงของพระอาทิตย์ หรือเวลา ณ ท้องถิ่นนั้นๆ หรือชั่วโมงพระอาทิตย์ ซึ่ง $\omega = 0$ ที่ ตอนเที่ยง ซึ่งเป็น “-” ช่วงเช้า และ “+” บ่าย ซึ่งค่า ω จะสัมพันธ์เวลาทำการ ณ ท้องถิ่นนั้น (TO) ดังต่อไปนี้

$$\omega = 15(TO - AO - 12) - (LL - LH) \quad (2.6)$$

เมื่อ LL เป็นละติจูด และ LH เป็นค่าลองติจูดโดยเป็น “+” เมื่ออยู่ด้านตะวันตกและ “-” เมื่ออยู่ ตะวันออกของ Greenwich

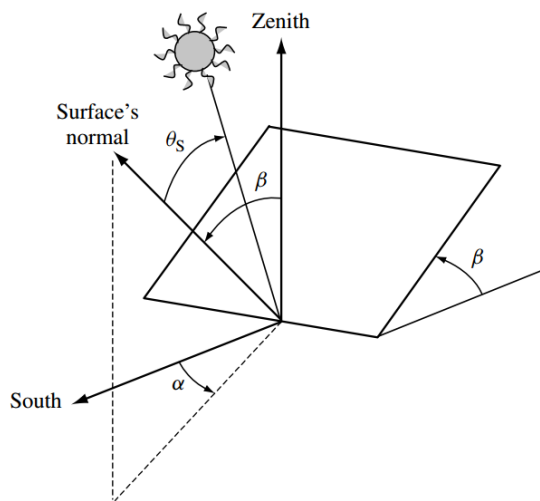
AO เป็นเวลาที่นำหน้าเวลา ณ ท้องถิ่นนั้น ถ้าเป็นฤดูหนาวเวลานำหน้านี้เป็น 1 ชั่วโมง แต่ถ้าเป็น ฤดูร้อนหรือฝนเป็น 2 ชั่วโมง (กลุ่มยุโรป) สำหรับค่า ω, LL, LH มีหน่วยเป็นองศา ในขณะที่ TO และ AO เป็นชั่วโมง



รูปที่ 2.3 (a) การเคลื่อนที่ของพระอาทิตย์ (b) ความสัมพันธ์ของมุมพระอาทิตย์

ในรูปที่ 2.3 แสดงการเคลื่อนที่ที่ตะวัน (a) ความแตกต่างระหว่างช่วงฤดูร้อนกับฤดูหนาว (b) ความสัมพันธ์ของมุมความสูงพระอาทิตย์กับมุมแนวระนาบในแต่ละช่วงเวลา

ในสมการที่ (2.1) – (2.3) และ (2.5) พิจารณาจากความเร็วเชิงมุมของการหมุนของโลก ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการประยุกต์ใช้ด้านวิศวกรรมโซล่าเซลล์เป็นอย่างมาก



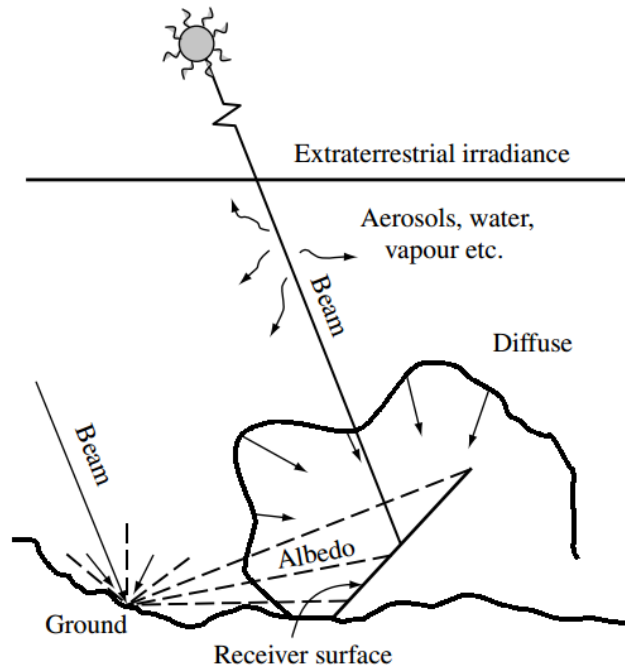
รูปที่ 2.4 ตำแหน่งแผ่นตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์วางความชันเป็น β ที่มุม Azimuth = α และมุมที่ลำแสงพระอาทิตย์ตกกระทบ θ_s

จากรูปที่ 2.4 มุมที่พระอาทิตย์ตกกระทบไปที่พื้นผิว คำนวณได้จาก

$$\begin{aligned} \cos \theta_s = & \sin \delta \sin \phi \cos \beta - [\text{sign}(\phi)] \sin \delta \sin \phi \cos \beta \cos \alpha \\ & + \sin \delta \sin \phi \cos \beta \cos \omega + [\text{sign}(\phi)] \cos \delta \sin \phi \sin \beta \cos \alpha \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \alpha \sin \omega \sin \beta \end{aligned} \quad (2.7)$$

ถ้าหากแผ่นนี้วางตามระนาบเส้นศูนย์สูตร $\alpha = 0$ สมการก็จะมีค่าเป็น

$$\cos \theta_s = [\text{sign}(\phi)] \sin \delta \sin(\text{abs}(\phi - \beta)) + \cos \beta \cos(\text{abs}(\phi - \beta)) \cos \omega \quad (2.8)$$



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของรังสีแสงอาทิตย์ที่จะตกกระทบที่แผ่น PV

ถ้าเราประมาณที่สภาวะดีที่สุดที่พระอาทิตย์เปล่งรังสี (Black Body) ณ อุณหภูมิใกล้ 5,800 K ค่ากำลังที่ตกกระทบมีค่าเป็น

$$B_0 = 1367 \text{ w/m}^2 \quad (2.9)$$

ซึ่งค่า B_0 นี้ เรียกว่าค่าคงตัวพระอาทิตย์ (Solar Constant) ถึงแม้จะมีรังสีสะท้อนมาจากแหล่งอื่นด้วย แต่ส่วนใหญ่มาจากพระอาทิตย์ อย่างไรก็ตามผลรวมรังสีทั้งหมดมาจาก direct + diffuse + albedo

ความเข้มรังสีที่จุดใดก็มักแสดงเป็นความหนาแน่นของกำลัง (w/m^2) ดังนั้นจึงเป็นพลังงานต่อพื้นที่ ในช่วงเวลาใดๆ

ที่สภาวะบรรยากาศมาตรฐานและหลังจากดูคลื่นต่างๆ แล้วค่า B_0 มีเป็น 1000 w/m^2 โดยทั่วไปในวันฟ้าปลอดโปร่งจะได้ค่ารังสีตกกระทบเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ คือ

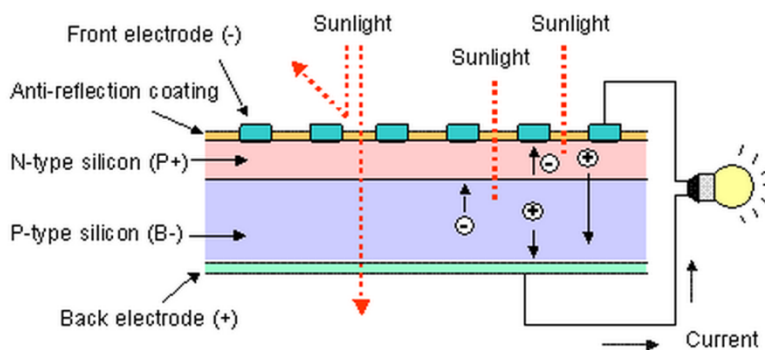
$$G = B_0 \cdot \varepsilon_0 \times 0.7^{AM^{0.678}} \quad (2.10)$$

ถ้าสมมติแผงตั้งฉากกับพระอาทิตย์ที่ 2 ช่วงเวลา $\phi = 30^\circ$ และ $\phi = -30^\circ$ (10.00 น. และ 14.00 น.) ของวันที่ 14 เมษายน

$$\begin{aligned} 14 \text{ เม.ย.} &\Rightarrow d_n = 104; = 0.993; = 9.04 \\ 10:00 \text{ h} &\Rightarrow \omega = -30^\circ \\ \phi = -30^\circ &\Rightarrow \cos \theta_{zs} = 0.819 \Rightarrow \theta_{zs} = 35^\circ \Rightarrow \cos \psi_s = 0.508 \\ &\Rightarrow \psi_s = -59.44^\circ \\ &\Rightarrow AM = 1.222 \Rightarrow G = 902.4 \text{ w/m}^2 \\ &\Rightarrow G(0) = G \cdot \cos \theta_{zs} = 739 \text{ w/m}^2 \\ \\ \phi = -30^\circ &\Rightarrow \cos \theta_{zs} = 0.662 \Rightarrow \theta_{zs} = 48.54^\circ \\ &\Rightarrow \cos \psi_s = 0.403 \Rightarrow \psi_s = -66.28^\circ \\ &\Rightarrow AM = 1.510 \Rightarrow G = 846.9 \text{ w/m}^2 \\ &\Rightarrow G(0) = G \cdot \cos \theta_{zs} = 561 \text{ w/m}^2 \end{aligned}$$

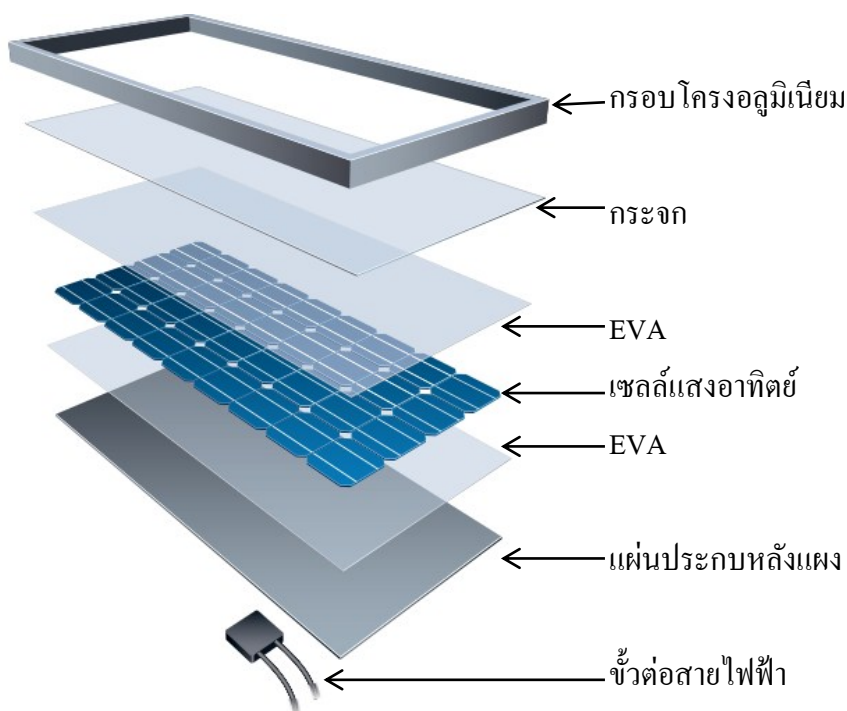
เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ หรือ โซลาร์เซลล์ หรือ เซลล์สุริยะหรือ เซลล์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic, PV cell) (มีการเรียกขานหลายชื่อ) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงหรือโฟตอนให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง โดยอาศัยปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก นั่นก็คือ เมื่อมีแสงตกกระทบโดยไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอก คุณสมบัติของสาร (ปกติใช้สารกึ่งตัวนำประเภทซิลิกอน) เช่น ค่าความต้านทานแรงดัน และกระแส จะเปลี่ยนไป เมื่อเราต่อโหลดทางไฟฟ้า จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโหลดได้ มีรายละเอียดดังรูป



รูปที่ 2.6 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ [2]

ในทางปฏิบัติเมื่อนำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้งานจะต้องประกอบเป็นแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งแผงโซลาร์เซลล์นี้มีความทนทานต่อสภาพอากาศ และลูกเห็บ ทำให้ต้องมีมาตรฐานกำกับเพื่อแสดงถึงความสามารถดังกล่าว



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบแผงโซลาร์เซลล์

ในรูปที่ 2.7 การประกอบแผงจะต้องไม่ให้น้ำเข้าไปในเซลล์แสงอาทิตย์ได้ กระจกต้องมีความแข็งแรงพอที่จะไม่ได้รับความเสียหายจากภัยธรรมชาติ เช่น ลูกเห็บ แผ่น EVA มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้เซลล์เสียหายต้องมีความคงทนต่อสภาพอากาศไม่เปลี่ยนแปลงง่าย ซึ่งจะส่งผลให้เซลล์แสงอาทิตย์รับพลังงานแสงได้น้อยลง ด้วยเหตุนี้แผงโซลาร์เซลล์ที่จะนำมาใช้งานต้องรับการรับรองตามมาตรฐานหลายอย่างดังรูป



รูปที่ 2.8 มาตรฐานที่ใช้ในการรับรองแผงโซลาร์เซลล์

สำหรับในประเทศไทยมี มอก. 1843-2553 เป็นมาตรฐานที่กำกับแผงโซลาร์เซลล์ อย่างไรก็ตามแผงโซลาร์เซลล์ที่จะนำมาใช้ในประเทศ อาจได้รับ มอก. หรือ IEC61215 และ IEC61730 ก็ได้

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันมีอยู่ 3 ชนิด คือ โพลีคริสตอลไลน์ (Poly crystalline) หรือผลึกรวม โมโนคริสตอลไลน์ (Mono crystalline) หรือผลึกเดี่ยว และแบบอมอฟัส ในแต่ละชนิดมีกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างออกไป [2] แต่ทั้ง 3 ชนิดนี้ล้วนทำมาจากสารกึ่งตัวนำซิลิกอนทั้งสิ้น

ลักษณะการใช้งานบนหลังคานั้นแบบอมอฟัสจะไม่เหมาะ เพราะมีน้ำหนักแผงมากและต้องใช้พื้นที่จำนวนมาก เนื่องจากประสิทธิภาพต่ำอยู่ที่ประมาณ 7-8% เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เท่ากับจากแบบผลึก สำหรับแบบผลึกเดี่ยวและผสมนั้นเหมาะสมที่จะใช้งานบนหลังคามากกว่า เพราะมีน้ำหนักเบาและใช้พื้นที่หลังคาน้อย เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงถึง 14-15% ในปัจจุบันถึงแม้ว่าแบบผลึกผสมจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบผลึกเดี่ยว 1-2% แต่ก็ได้รับความนิยมมากกว่า เพราะราคาต่ำกว่า และประสิทธิภาพก็ถือว่าใกล้เคียงกัน

Potential Induced Degradation (PID) เป็นสิ่งที่สำคัญของแผงโซลาร์เซลล์ที่ต้องพิจารณาอีกประการหนึ่ง ปปรากฏการณ์ PID ที่เกิดขึ้นกับแผงโซลาร์เซลล์ชนิดผลึกนี้ส่งผลให้กำลังการผลิตได้ถึง 30% ดังนั้นแผงโซลาร์เซลล์ที่จะนำมาใช้งานต้องผ่านการทดสอบการต่อต้าน PID นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] Eduardo Lorenzo, Energy Collected and Delivered by PV Modules,” Handbook of photovoltaic science and engineering, Chapter 20, John Wiley & Sons, 2003

[2] <http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm> 29 กค 2558

บทที่ 3

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ชนิดเชื่อมต่อสายส่ง

บทนำ

ระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ชนิดเชื่อมต่อสายส่งมีการใช้งานอย่างกว้างขวางทั่วโลก ในประเทศไทยมีการส่งเสริมให้มีการติดตั้ง โดยรัฐบาลจะรับซื้อไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในราคาที่แพงกว่าที่ประชาชนซื้อไฟฟ้ามาใช้ ซึ่งการติดตั้งโซลาร์เซลล์เพื่อขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้ามีทั้งที่เป็นแบบวางบนพื้นดิน หรือ Solar PV Farm และเป็นแบบวางบนหลังคา Solar PV Rooftop

เมื่อระบบการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ชนิดเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ามีราคาถูกลง ประชาชนก็ให้ความสนใจนำมาติดตั้งเพื่อลดค่าไฟฟ้าในอาคาร รูปการต่อเพื่อขายไฟฟ้า และเพื่อลดค่าไฟฟ้าในประเทศไทยขณะนี้ (มกราคม 2559) ในอนาคตรัฐบาลอาจสนับสนุนเป็นลักษณะ โซลาร์เซลล์เสรี ใครใคร่ติดตั้งก็ติดตั้งได้อย่างสะดวกสบายมากขึ้น ดังเช่นการซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้ามารับติดตั้ง

ดังนั้นในบทนี้จะนำเสนอการออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ชนิดเชื่อมต่อสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้า เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถออกแบบและติดตั้งเองได้ โดยสามารถใช้เฉพาะช่างฝีมือไฟฟ้าเท่านั้น ก็สามารถติดตั้งและใช้งานได้อย่างปลอดภัย ซึ่งขั้นตอนการออกแบบและติดตั้งมีดังต่อไปนี้

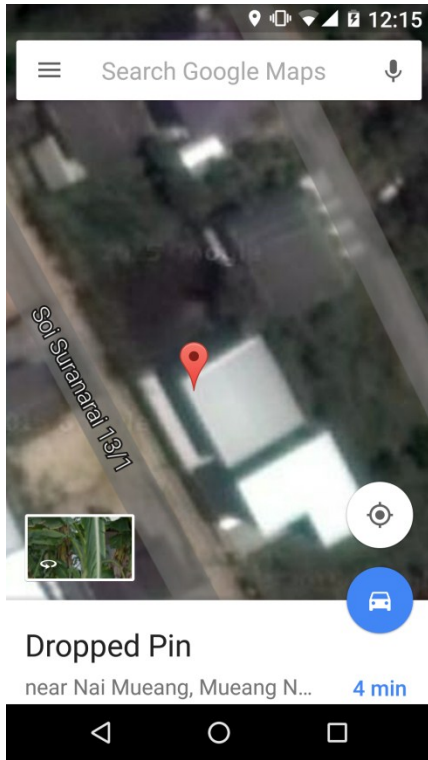
- สำรวจพื้นที่หลังคาเพื่อการติดตั้ง
- การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ชนิดเชื่อมต่อสายส่ง
- การติดตั้งระบบ
- การตรวจสอบระบบและการบำรุงรักษา

การสำรวจพื้นที่หลังคาเพื่อการติดตั้งระบบ

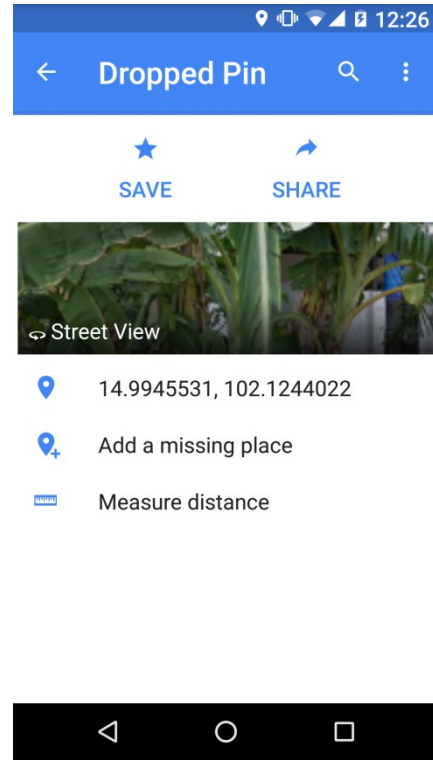
ปกติแล้วการสำรวจเบื้องต้นเราอาจทำได้ง่ายๆ โดยการพิจารณาจากตำแหน่ง GPS (หาได้จาก Google Map) จะทำให้เราทราบตำแหน่ง และด้านทิศอย่างถูกต้อง

จากรูปที่ 3.1 เป็นตัวอย่างตำแหน่งอาคารหลังหนึ่งในซอยสุรนารายณ์ 13/1 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา ที่ได้จากสมาร์ตโฟน ในตำแหน่งที่ปักหมุดในรูป (a) จะเห็นเป็นอาคารที่มุงด้วยหลังคาเมทัลชีส ด้านบนสุดเป็นทิศเหนือของอาคารซึ่งเป็นมุมหลังคา

สำหรับในรูปที่ 3.1 (b) ได้จากการเลื่อนลงของรูป (a) ในสมาร์ตโฟน จะปรากฏตำแหน่ง GPS มาคือ: 14.9945531, 102.1244022 ซึ่งตัวเลขนี้เราสามารถประมาณเป็นมุมเงยที่จะตั้งแผงโซลาร์เซลล์ให้ทำมุมที่ดีกับพระอาทิตย์ได้ที่เงยไปทางทิศเหนือประมาณ 15 องศา นั่นเอง (โดยประมาณ)



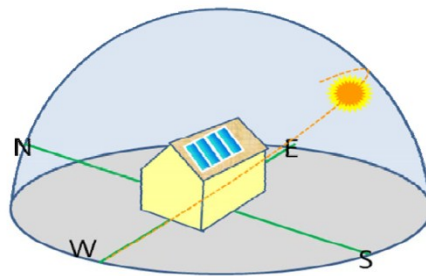
(a)



(b)

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างตำแหน่งอาคารจาก Google Map

เมื่อทราบตำแหน่งอาคารแล้วขั้นตอนต่อไปต้องพิจารณาพื้นที่ที่จะวางแผงโซล่าเซลล์ ควรต้องเป็นด้านทิศใต้ของอาคาร (สำหรับประเทศที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร) ดังนั้นแผงโซล่าเซลล์ก็จะมีมุมเงยไปด้านทิศเหนือดังรูป



รูปที่ 3.2 บริเวณหลังคาที่ควรติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ [1]

ถ้าหากเราต้องการทราบมุมที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งจริง เราสามารถใช้ตำแหน่ง GPS เข้าไปในเว็บไซต์ของ NASA [2] เพื่อคำนวณให้เราได้ มีตัวอย่างการให้แสดงมุมติดตั้งแผงที่เหมาะสมดังรูป

Latitude 14.995 / Longitude 102.124 was chosen.

Geometry Information		Elevation: 173 meters <small>taken from the NASA GTOPO30 model elevation</small>	
Northern boundary 15			
Western boundary 102	Center Latitude 14.5 Longitude 102.5	Eastern boundary 103	
Southern boundary 14			

Parameters for Tilted Solar Panels:

Monthly Averaged Radiation Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface (kWh/m ² /day)													
Lat 14.995 Lon 102.124	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	5.11	5.44	5.66	5.81	5.28	4.98	4.84	4.66	4.63	4.53	4.62	4.76	5.02
Rc	0.61	0.59	0.56	0.54	0.49	0.46	0.45	0.44	0.45	0.48	0.54	0.59	0.52
Diffuse	1.37	1.65	1.97	2.20	2.34	2.33	2.34	2.35	2.21	1.95	1.61	1.36	1.97
Direct	6.46	6.03	5.45	5.14	4.20	3.82	3.58	3.27	3.51	3.98	5.07	6.05	4.70
Tilt 0	5.07	5.39	5.59	5.71	5.17	4.86	4.73	4.57	4.57	4.48	4.58	4.73	4.95
Tilt 14	5.77	5.84	5.76	5.63	5.17	4.91	4.75	4.46	4.60	4.71	5.08	5.44	5.17
Tilt 29	6.22	6.03	5.66	5.27	4.94	4.74	4.56	4.15	4.43	4.74	5.36	5.91	5.16
Tilt 90	4.56	3.73	2.74	1.88	2.09	2.20	2.08	1.64	2.06	2.75	3.73	4.51	2.83
OPT	6.33	6.03	5.76	5.72	5.19	4.91	4.76	4.57	4.61	4.76	5.40	6.06	5.34
OPT ANG	41.0	30.0	16.0	2.00	7.00	10.0	8.00	0.00	10.0	23.0	37.0	43.0	18.8

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการให้เว็บไซต์ NASA หาคำแหน่งมุมติดตั้งแผงที่ติดตั้ง

จากรูปที่ 3.3 มุมเงยของแผงโซลาร์เซลล์ที่ควรติดตั้ง ณ ตำแหน่ง 14.9945531, 102.1244022 ที่เหมาะสม คือ 18.8 องศาจากทิศเหนือ ซึ่งจะทำให้พลังงานที่ผลิตได้เฉลี่ยตลอดทั้งปีมีค่าสูงที่สุด

การออกแบบระบบโซลาร์เซลล์ชนิดเชื่อมต่อสายส่ง

ระบบโซลาร์เซลล์เชื่อมต่อสายส่งมีอุปกรณ์ประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ แผงโซลาร์เซลล์ และ อินเวอร์เตอร์ชนิดเชื่อมต่อสายส่ง (ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า) ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ต่อจากนั้นอินเวอร์เตอร์ชนิดเชื่อมต่อสายส่งจะทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงนี้ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่เหมาะสมต่อการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า และป้อนกำลังไฟฟ้าที่มาจากแผงโซลาร์เซลล์ให้ป้อนเข้าระบบการไฟฟ้าต่อไป

การออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ชนิดเชื่อมต่อสายส่ง ต้องพิจารณาให้ขนาดกำลังและแรงดันไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ มีความเหมาะสมกับขนาดของอินเวอร์เตอร์ จุดประสงค์การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าแบบนี้ เจ้าของโครงการอาจมีหลายเป้าหมายดังต่อไปนี้

- เพื่อขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้า
- เพื่อลดค่าพลังงานไฟฟ้า
- เพื่อขายไฟฟ้าแบบพลังงานสุทธิ (Net metering)

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจะเพื่อจุดประสงค์ใดก็ตาม ต้องพิจารณาขนาดของแผง และอินเวอร์เตอร์ให้มีความเหมาะสมกัน ขั้นตอนการพิจารณาออกแบบนั้นพิจารณาประกอบดังต่อไปนี้

Input Data	
Max. DC power	11000W
Max DC voltage	1000V
Start Voltage	350V
PV voltage range	180V - 1000V
MPP voltage range / nominal voltage	300V - 1000V / 600V
Full load DC voltage range	400V - 800V
Number of MPP trackers/ strings per MPP tracker	2/2
Max. input current	15A / 15A
Max. input current per string	20A
Output (AC)	
Rated AC output power	10KW
Max. AC apparent power	10KVA
Max. output current	16A

รูปที่ 3.4 ข้อมูลสำคัญของอินเวอร์เตอร์ต่อการออกแบบ

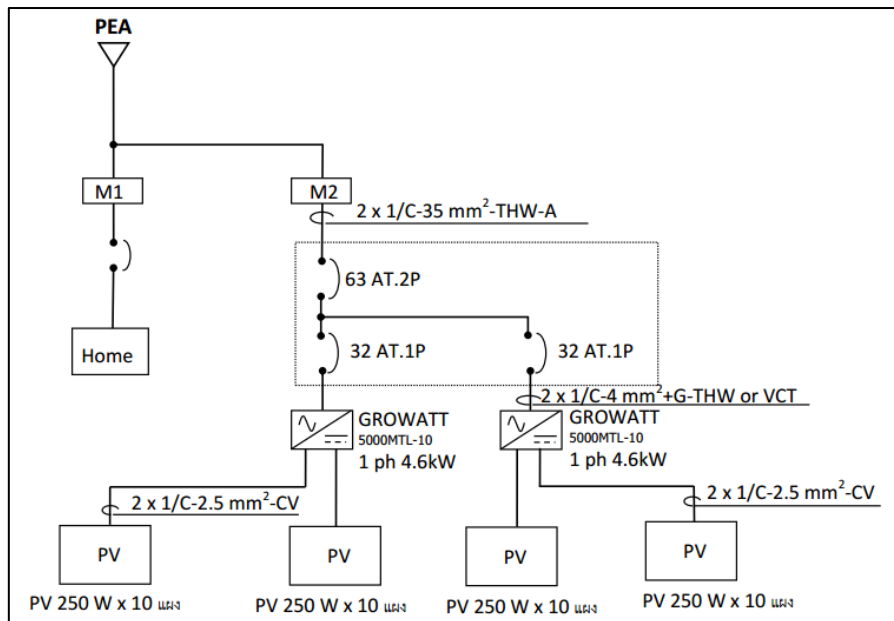
จากรูปที่ 3.4 เป็นข้อมูลอินเวอร์เตอร์ยี่ห้อหนึ่งขนาด 10 กิโลวัตต์ที่ผ่านมาตรฐานการไฟฟ้าให้เชื่อมต่อระบบไฟฟ้าได้ อินเวอร์เตอร์เครื่องนี้ควรต่อแผงโซลาร์เซลล์ที่มีกำลังผลิตรวมไม่เกิน 11,000 วัตต์ และแรงดันไฟฟ้าค่านแผงโซลาร์เซลล์ต้องไม่เกิน 1,000 โวลต์ในแต่ละวงจร (สตริง)

Module Type	Unit	STP6-260/60	STP6-255/60	STP6-250/60
Rated Power at STC (Pmp)	W	260	255	250
Power Tolerance	W	(0, +5)	(0, +5)	(0, +5)
Power Maximum at STC	W	265	260	255
Cell Efficiency (η_c)	%	18.3-18.6	18.0-18.3	17.7-18.0
Minimum Module Efficiency (η_m)	%	16.5-16.9	16.1-16.4	15.4-15.7
Open Circuit Voltage (Voc)	V	37.3	37.2	37.1
Short Circuit Current (Isc)	A	9.30	9.11	8.92
Maximum Power Voltage (Vmp)	V	30.1	30.0	29.9
Maximum Power Current (Imp)	A	8.58	8.46	8.35

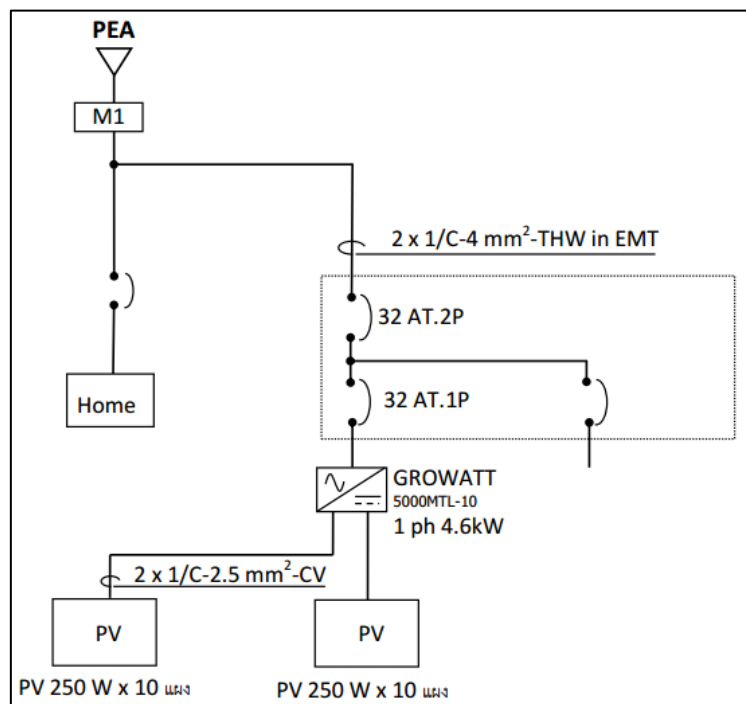
รูปที่ 3.5 ข้อมูลสำคัญของแผงโซลาร์เซลล์ต่อการออกแบบ

จากรูปที่ 3.5 เป็นข้อมูลแผงยี่ห้อหนึ่ง ซึ่งในช่องสุดท้ายเป็นของแผงขนาด 250 วัตต์ แผงรุ่นนี้มีแรงดันกระแสตรงขณะเปิดวงจรเป็น 37.1 โวลต์ ในขณะที่แรงดันขณะจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเป็น 29.9 โวลต์ (แรงดันขณะใช้งาน)

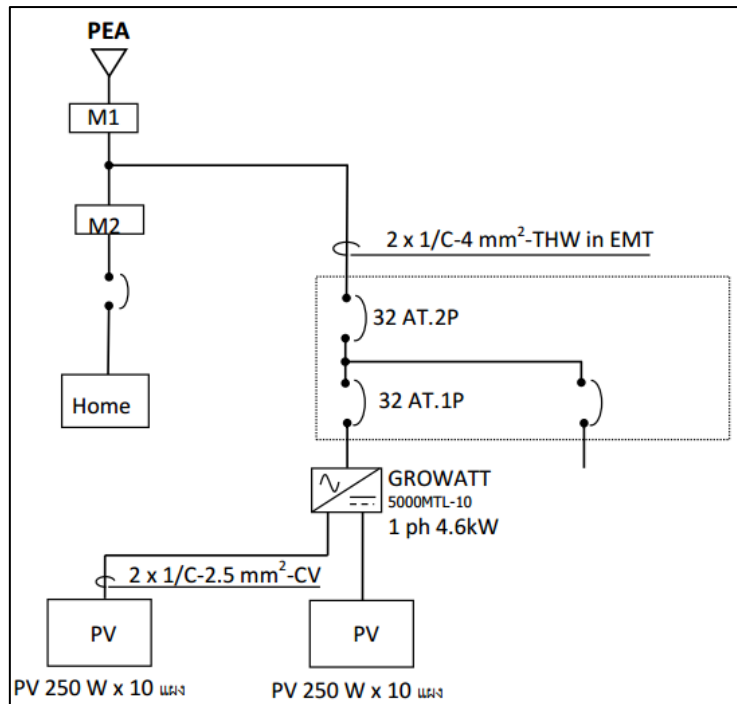
จากข้อมูลเบื้องต้นของแผงโซลาร์เซลล์และอินเวอร์เตอร์ เราสามารถออกแบบเป็นระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ชนิดเชื่อมต่อสายส่งได้ดังวงจรต่อไปนี้



รูปที่ 3.6 ไดอะแกรมเส้นเดียวระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์เพื่อการขายไฟฟ้า



รูปที่ 3.7 ไดอะแกรมเส้นเดียวระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์เพื่อการลดค่าพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 3.8 โค้ดแกรมเส้นเดียวระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ ในระบบ Net metering

ในรูปที่ 3.6 เป็นระบบสำหรับการขายไฟฟ้าในโครงการ Solar PV Rooftop โดยมีมิเตอร์ M2 สำหรับวัดค่าพลังงานของระบบ PV ที่ผลิตไฟฟ้าได้

สำหรับรูปที่ 3.7 เป็นระบบสำหรับการลดค่าพลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน โดยไฟฟ้าที่ผลิตได้ระบบ PV จะถูกใช้ในบ้าน ดังนั้นจะทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ต้องดึงจากระบบการไฟฟ้านั้นลดลง

ส่วนในรูปที่ 3.8 จะเป็นการลดค่าพลังงานดังเช่นในรูปที่ 3.7 เพียงแต่ในรูปที่ 3.8 นั้นเราต้องการทราบค่าพลังงานที่ใช้ในบ้านจริงๆ เหตุการณ์นี้ผู้เขียนขอทำนายว่าจะเกิดขึ้นแน่นอนถ้าหากรัฐบาลดำเนินโครงการโซลาร์เซลล์เสรีแล้วสามารถขายกลับพลังงานที่เหลือใช้ในบ้านได้

การออกแบบระบบโซลาร์เซลล์ชนิดเชื่อมต่อสายส่งด้วยโปรแกรม PVsyst

การออกแบบระบบเชื่อมต่อสายส่งที่กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมา นั้นอาจพิจารณาได้ง่ายๆ สำหรับระบบขนาดเล็ก ถ้าหากเป็นระบบขนาดใหญ่หรือต้องการทราบพลังงานที่ผลิตได้อย่างแม่นยำ เราอาจใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ

โปรแกรม PVsyst [3] เป็นโปรแกรมที่นิยมใช้ในการออกแบบในวงการระบบโซลาร์เซลล์ โปรแกรมนี้จะรวบรวมสมการที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 และสภาพระบบการใช้งานจริงของระบบทำให้ได้ค่าการผลิตพลังงานที่ใกล้เคียงสภาพจริง ในภาคผนวกบทที่ 3 เป็นการแสดงตัวอย่างการใช้โปรแกรม PVsyst เพื่อออกแบบระบบโซลาร์เซลล์ชนิดเชื่อมต่อสายส่งในเมืองหลวงพระบางประเทศลาว

เอกสารอ้างอิงบทที่ 3

- [1] โครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาเพื่อขายไฟฟ้า โดยบริษัท ไทยโซลาร์ฟิวเจอร์ จำกัด
- [2] <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov> // NASA Surface meteorology and Solar Energy - Location
- [3] http://www.pvsyst.com/images/pdf/PVsyst_Tutorials.pdf//คู่มือการใช้งาน

ภาคผนวกของบทที่ 3

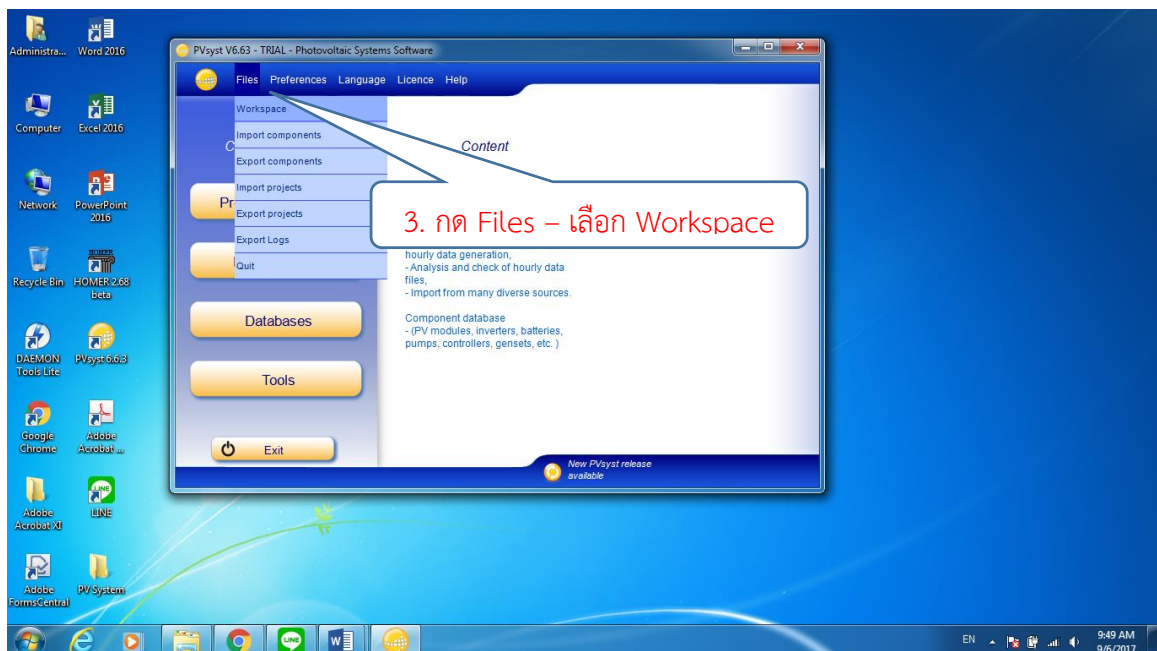
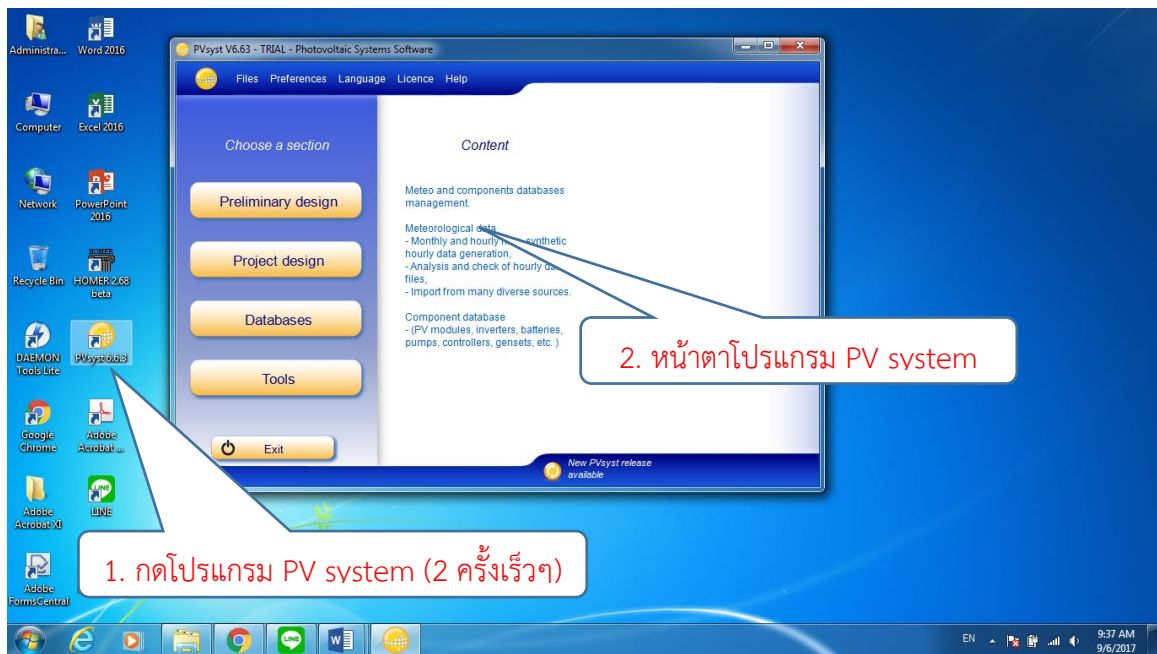
ตัวอย่างการออกแบบระบบโซลาร์เซลล์เชื่อมต่อสายส่งด้วยโปรแกรม PVsyst

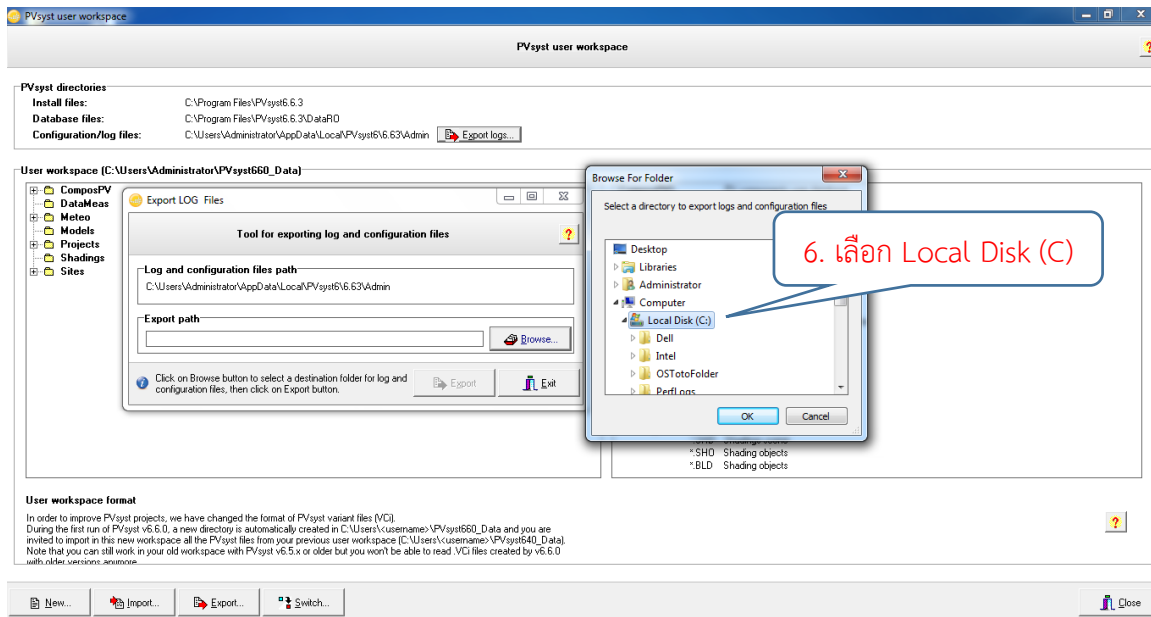
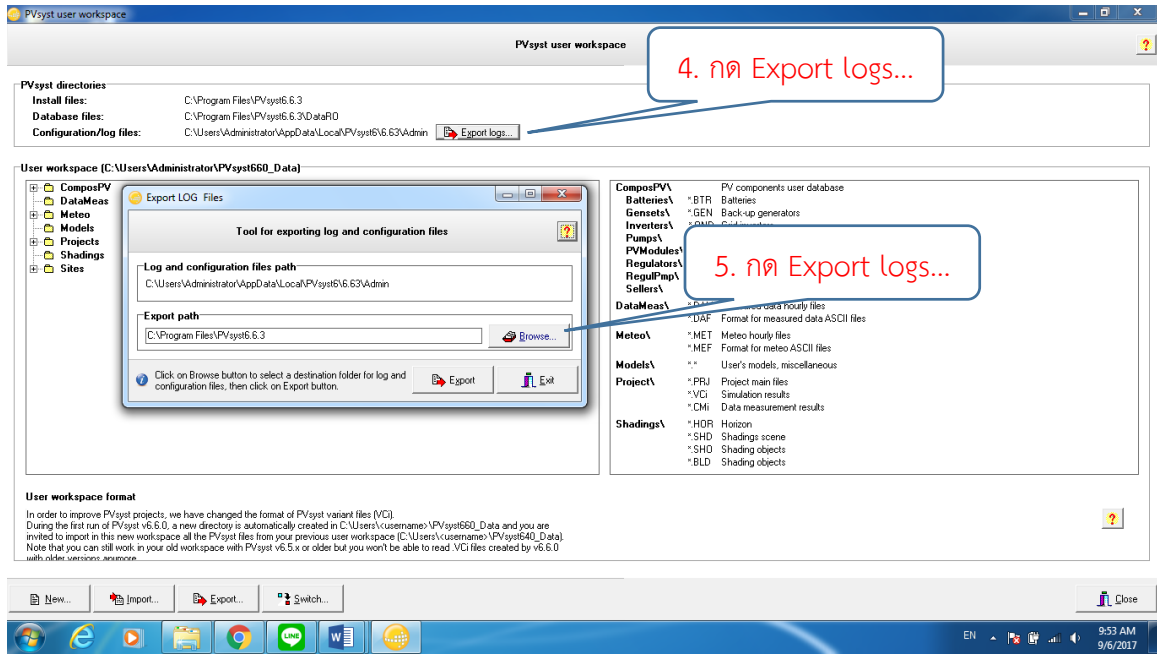
ณ เมืองหลวงพระบาง ประเทศลาว

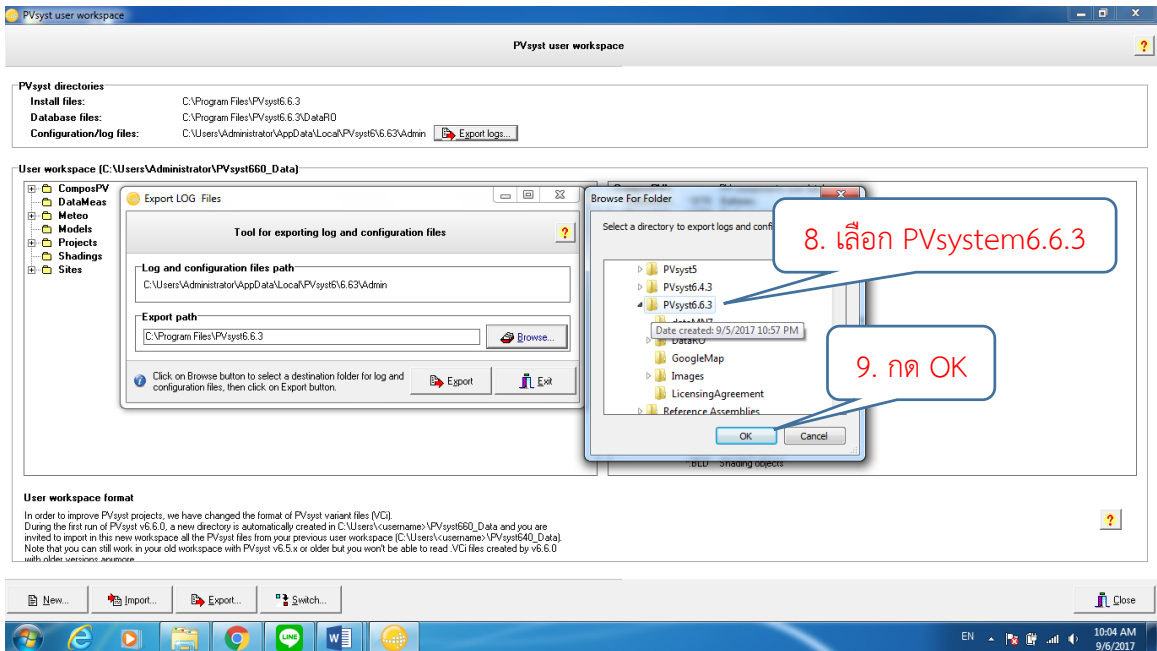
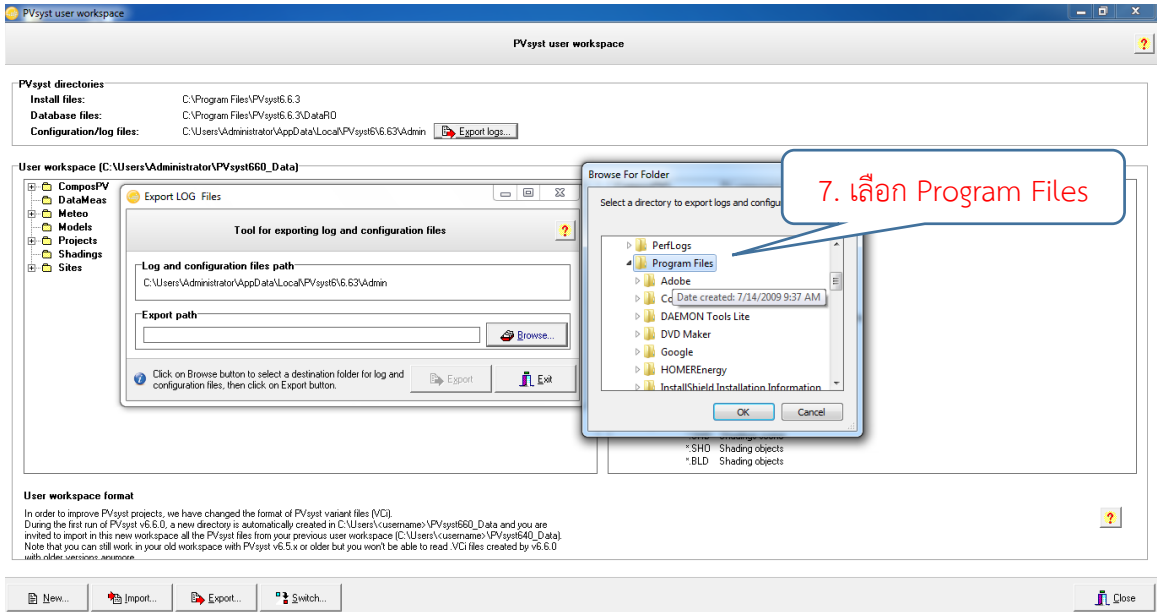
จัดทำโดยนายบุญเทียม เลี่ยมพระจันทร์

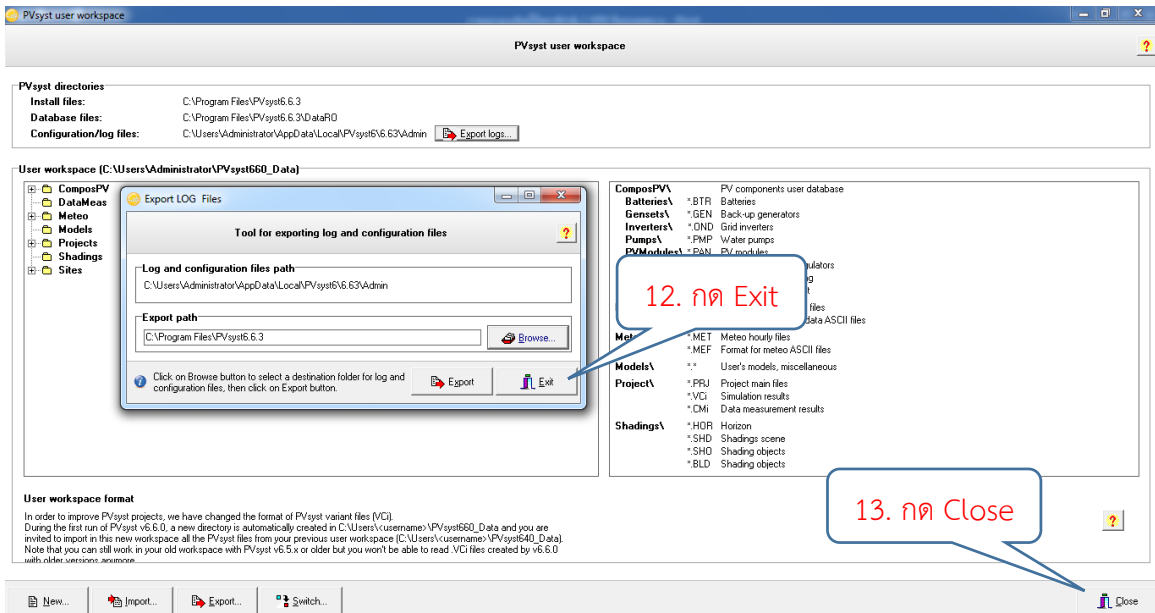
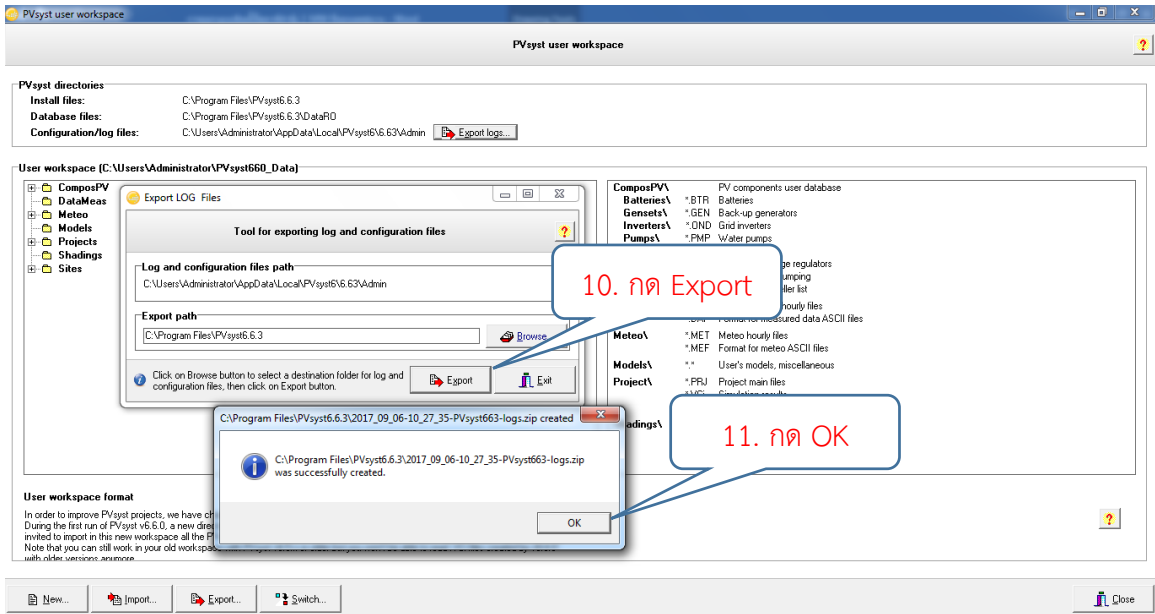
การออกแบบโซลาร์ฟาร์ม 1 MW โดยใช้โปรแกรม PV system พื้นที่หลวงพระบาง (สปป.ลาว)

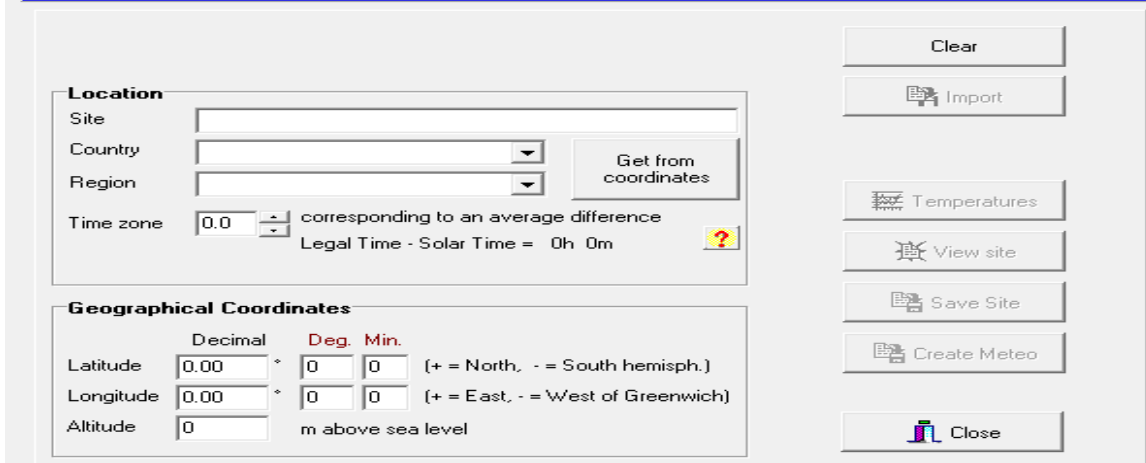
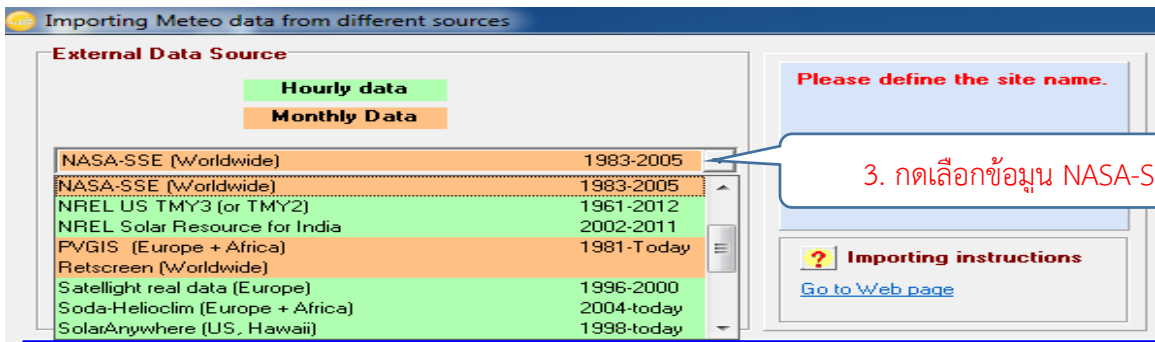
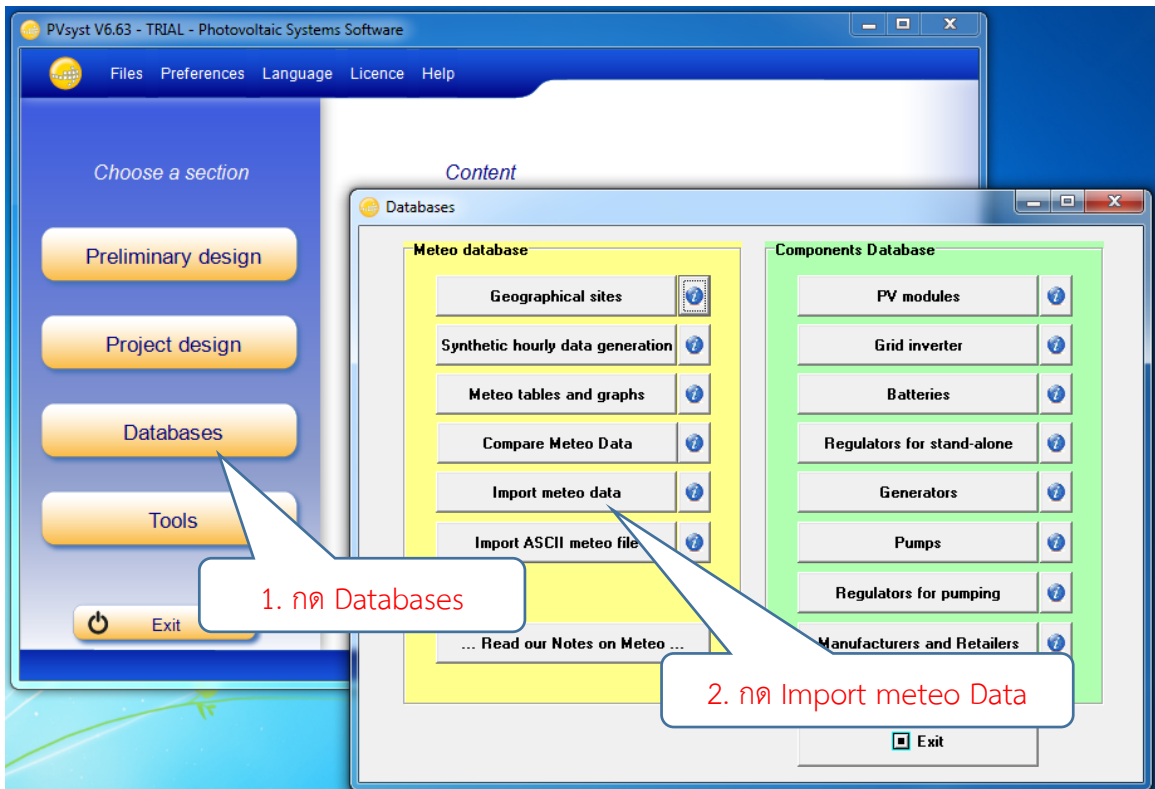
1. เปิดโปรแกรม PV system

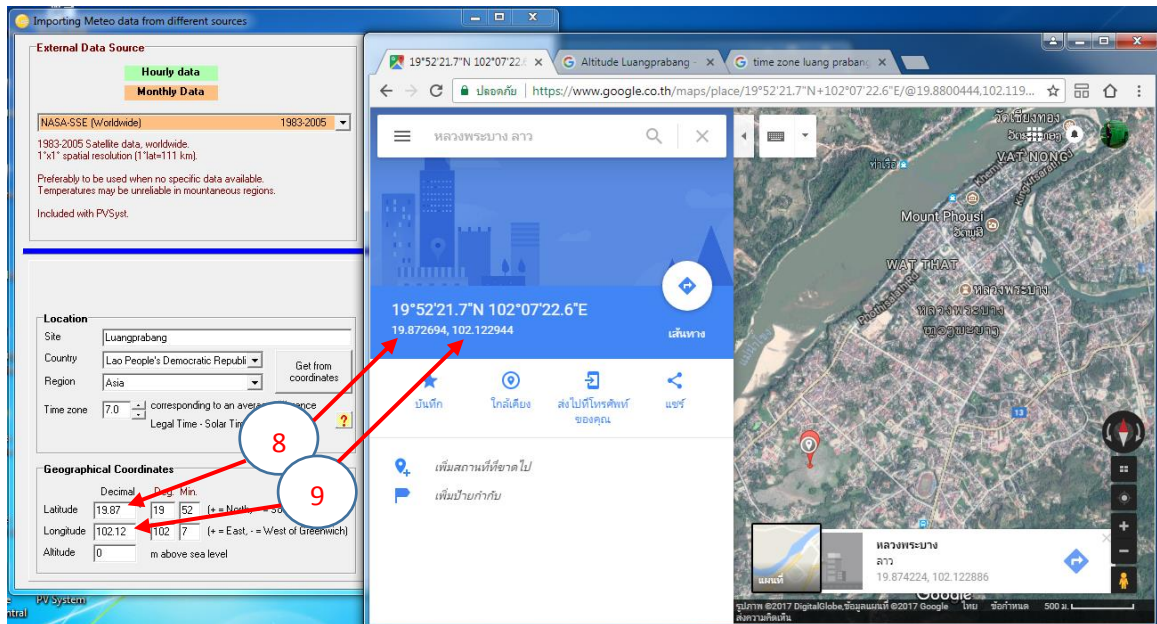
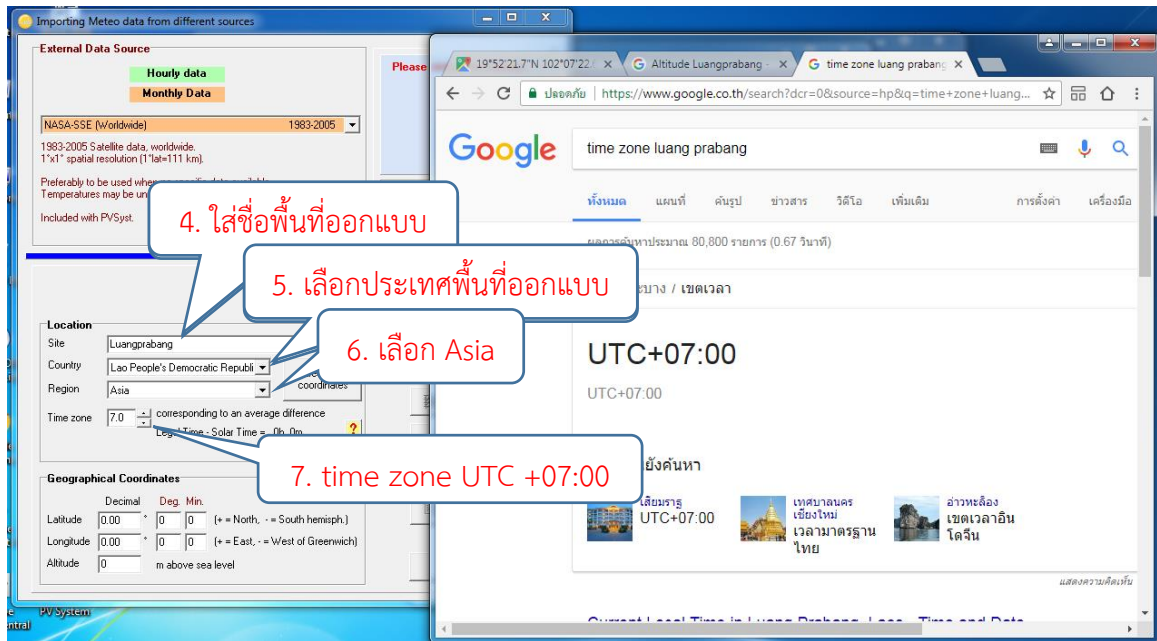


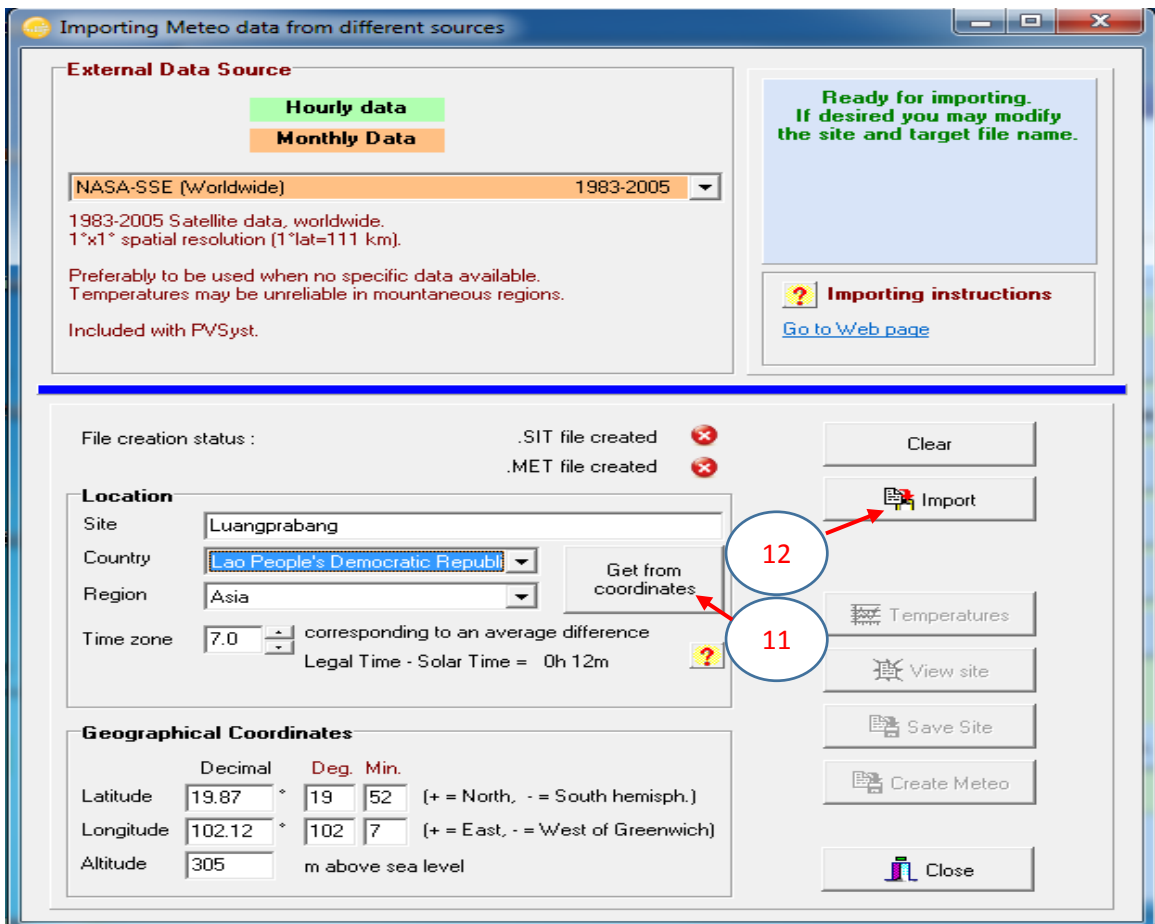
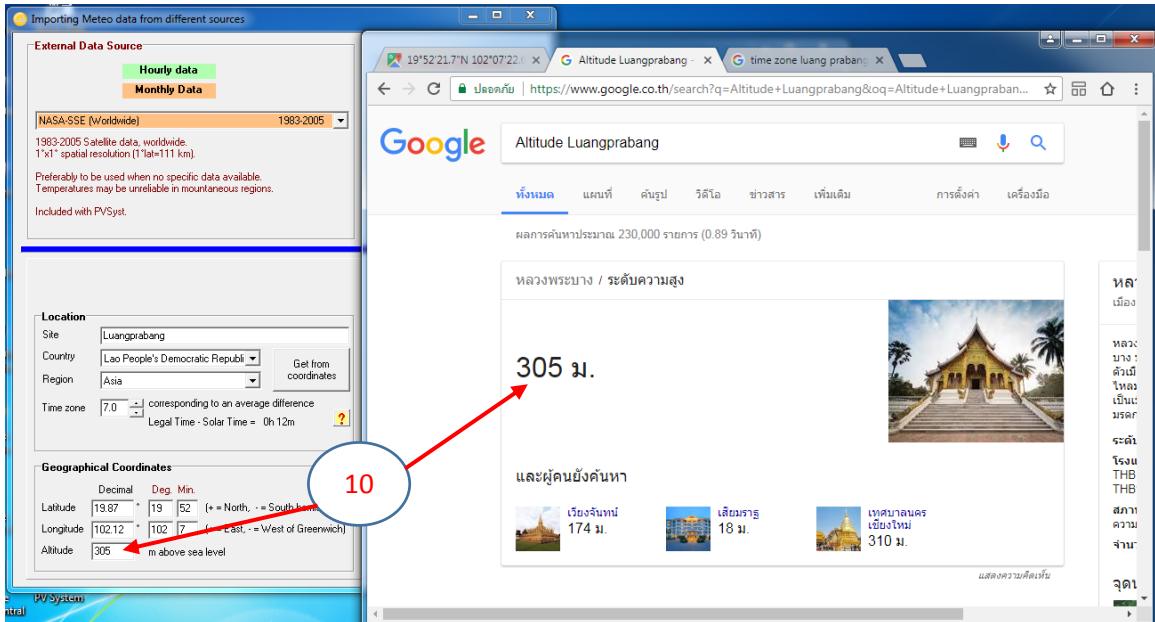












Importing Meteo data from different sources

External Data Source

Hourly data
Monthly Data

NASA-SSE (Worldwide) 1983-2005

1983-2005 Satellite data, worldwide.
1°x1° spatial resolution (1°lat=111 km).

Preferably to be used when no specific data available.
Temperatures may be unreliable in mountaneous regions.

Included with PVSyst.

Ready for importing.
If desired you may modify
the site and target file name.

Importing instructions
[Go to Web page](#)

File creation status : .SIT file created
.MET file created

Clear
Import

Location

Site: Luangprabang
Country: Lao People's Democratic Republi
Region: Asia
Time zone: 7.0 corresponding to an average difference
Legal Time - Solar Time = 0h 12m

Geographical Coordinates

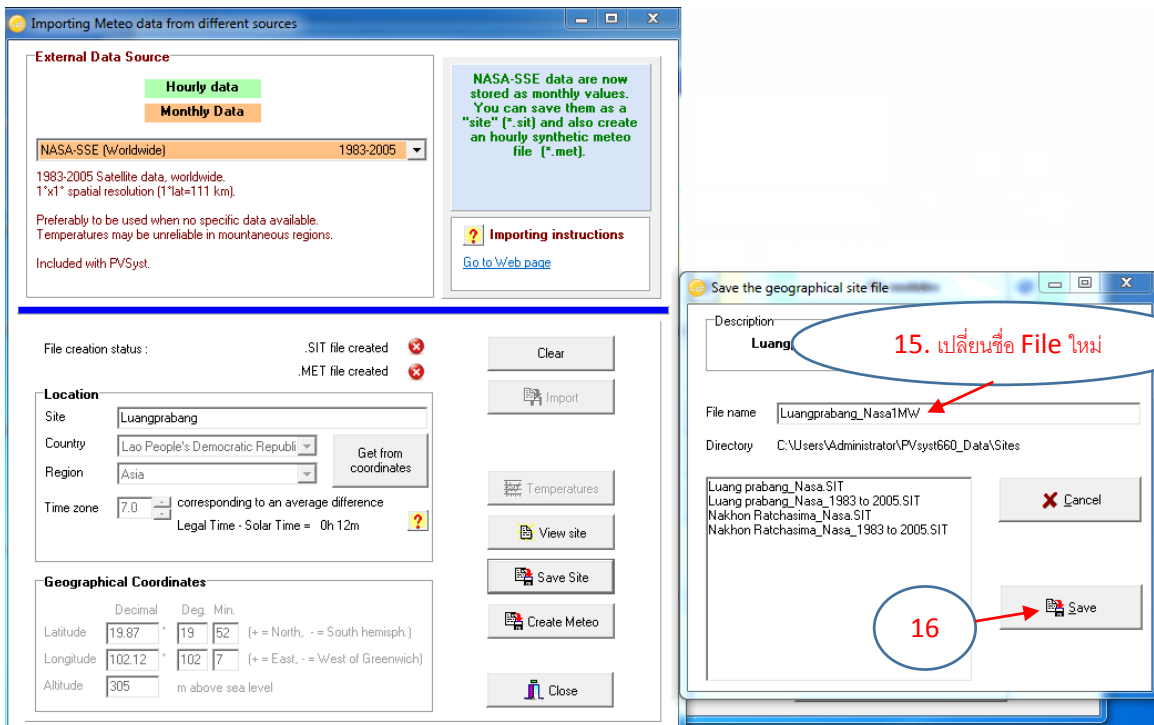
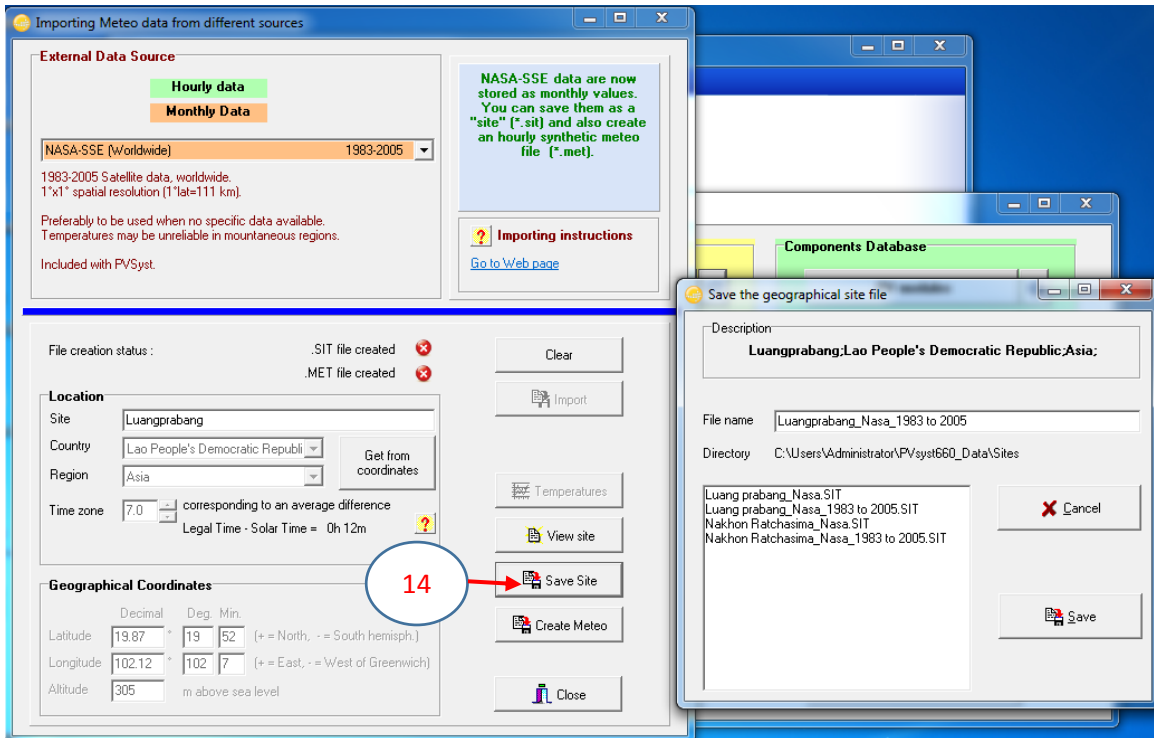
	Decimal	Deg.	Min.	
Latitude	19.87	19	52	(+ = North, - = South hemisph.)
Longitude	102.12	102	7	(+ = East, - = West of Greenwich)
Altitude	305			m above sea level

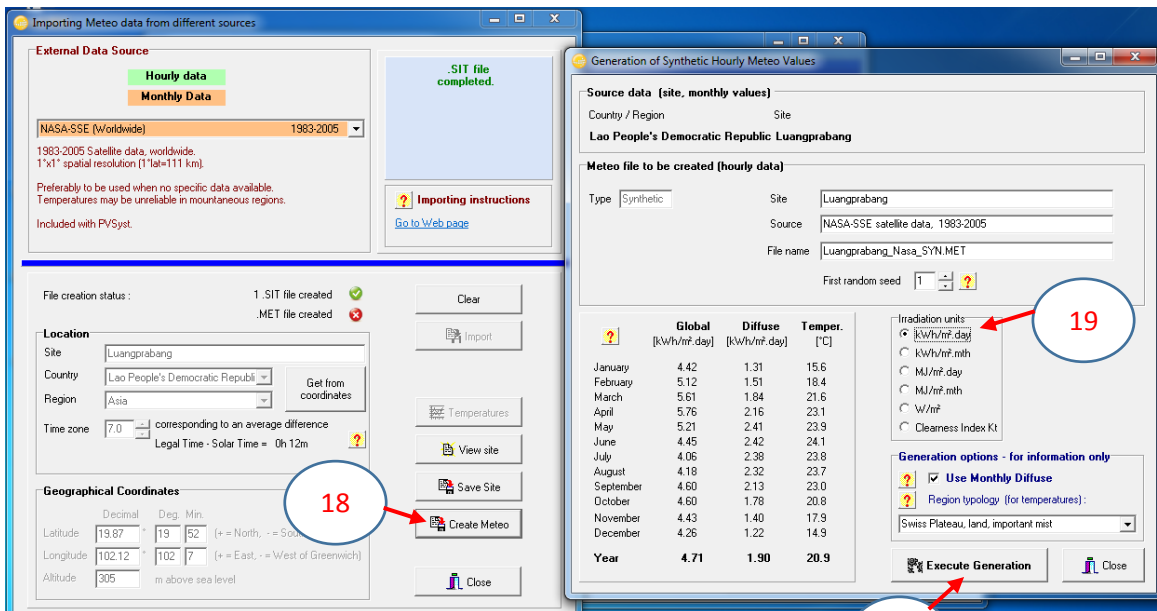
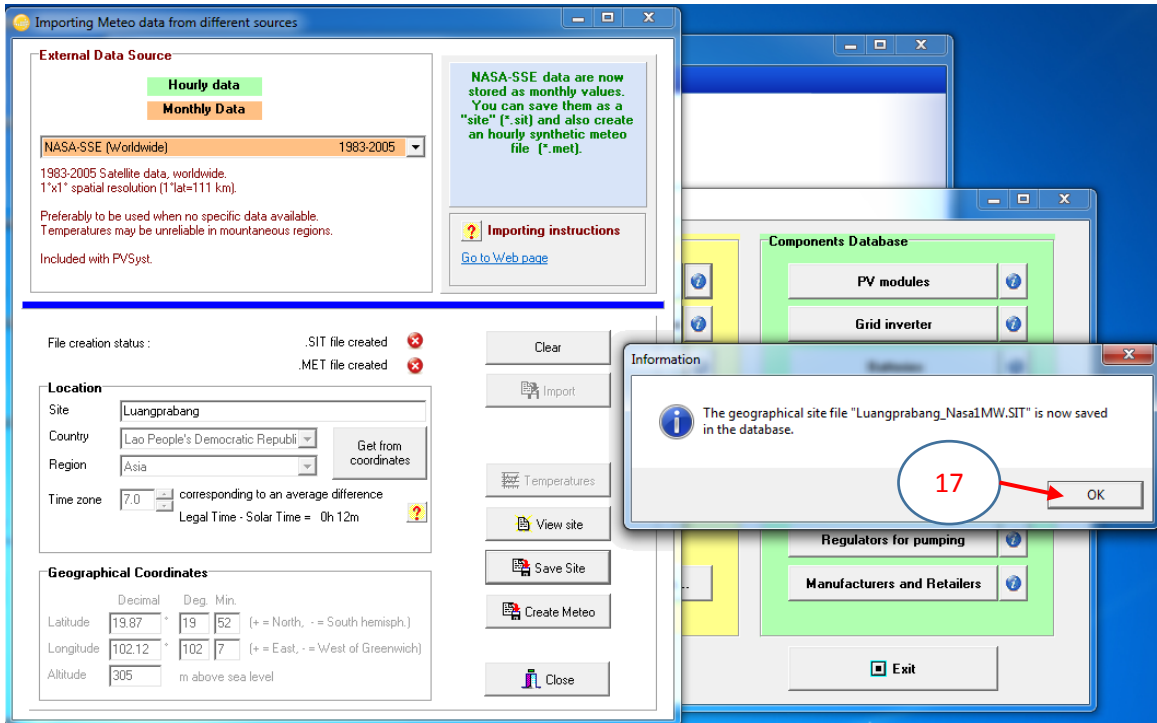
Information

The NASA satellite data for the cell
Latitude = 19 to 20° (111 km),
Longitude = 102 to 103° (105 km)
are now stored in your site.

13 → OK

Close





Importing Meteo data from different sources

External Data Source

Hourly data
Monthly Data

NASA-SSE (Worldwide) 1983-2005

1983-2005 Satellite data, worldwide.
1°x1° spatial resolution (1°lat=111 km).

Preferably to be used when no specific data available.
Temperatures may be unreliable in mountaneous regions.

Included with PVSyst.

.SIT file completed.

Importing instructions
[Go to Web page](#)

File creation status : 1 .SIT file created ✓
.MET file created ✗

Location

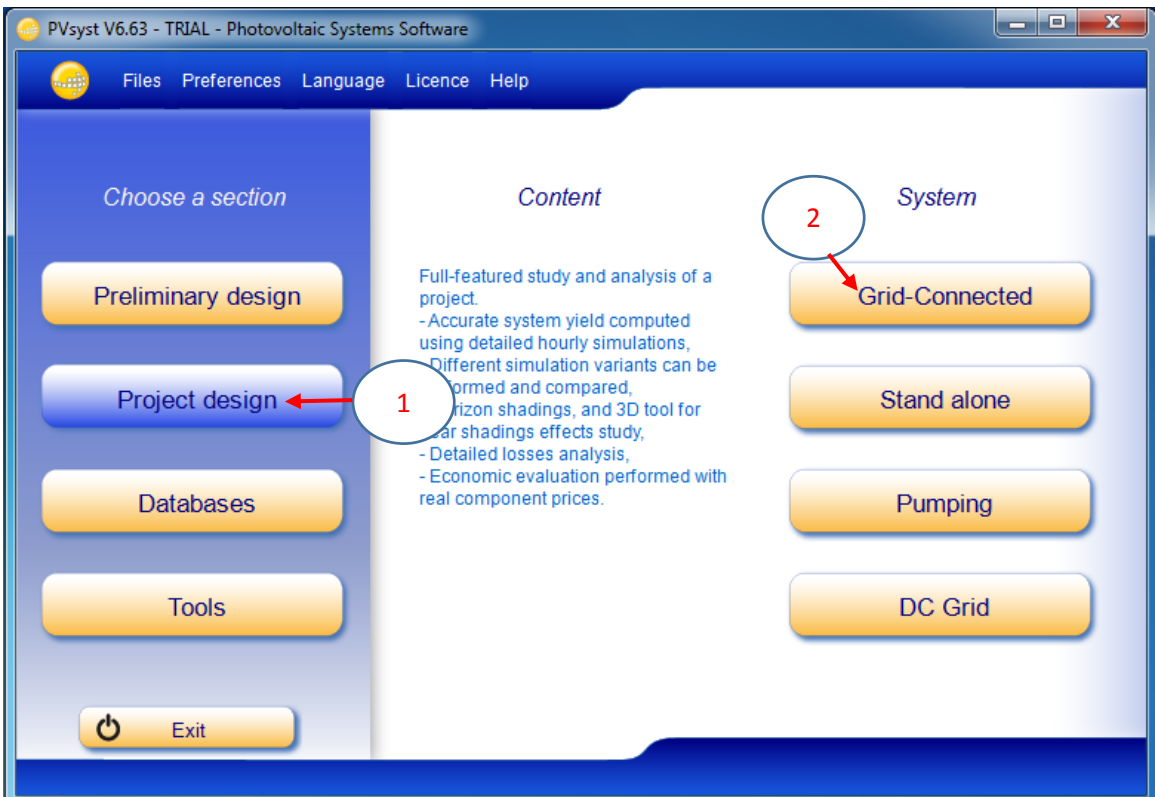
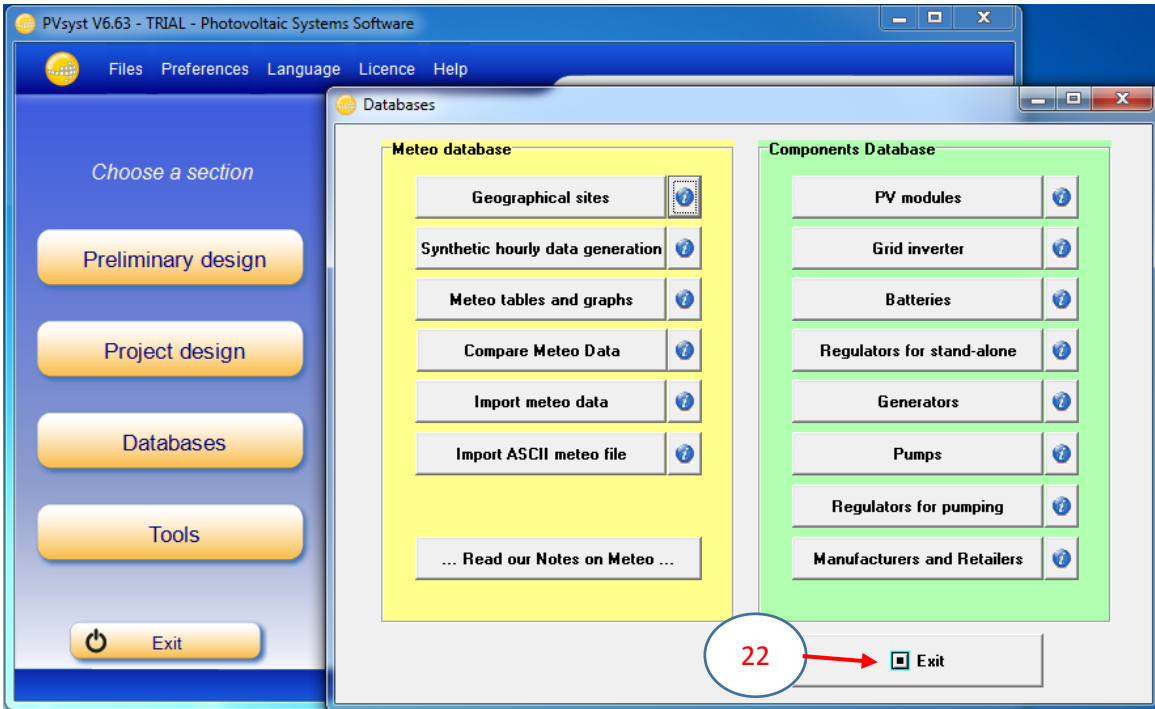
Site: Luangprabang
Country: Lao People's Democratic Republi
Region: Asia
Time zone: 7.0 corresponding to an average difference
Legal Time - Solar Time = 0h 12m

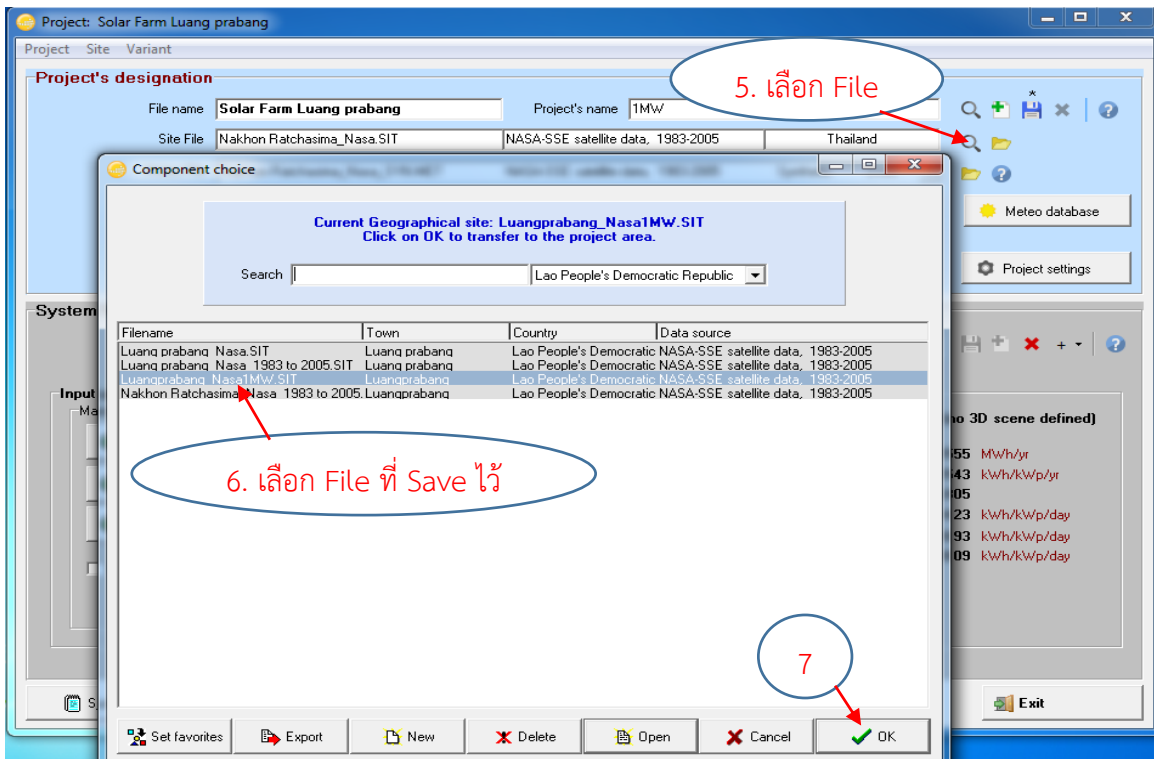
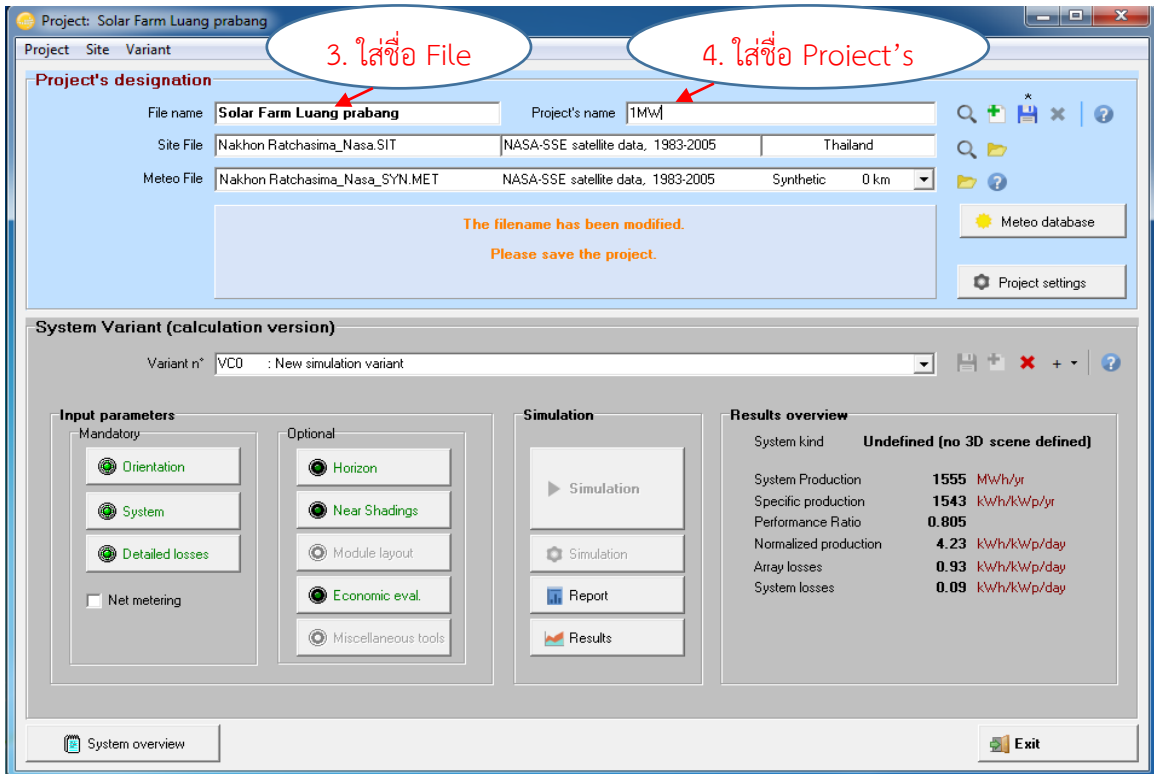
Geographical Coordinates

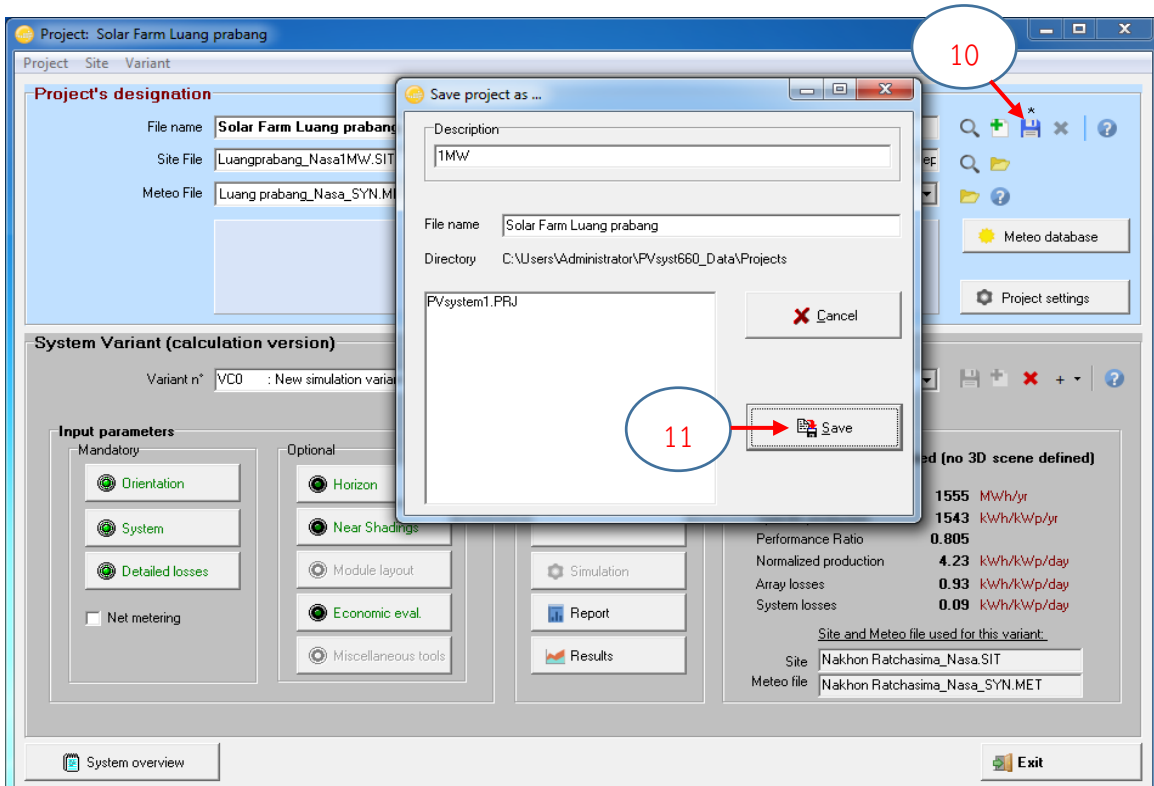
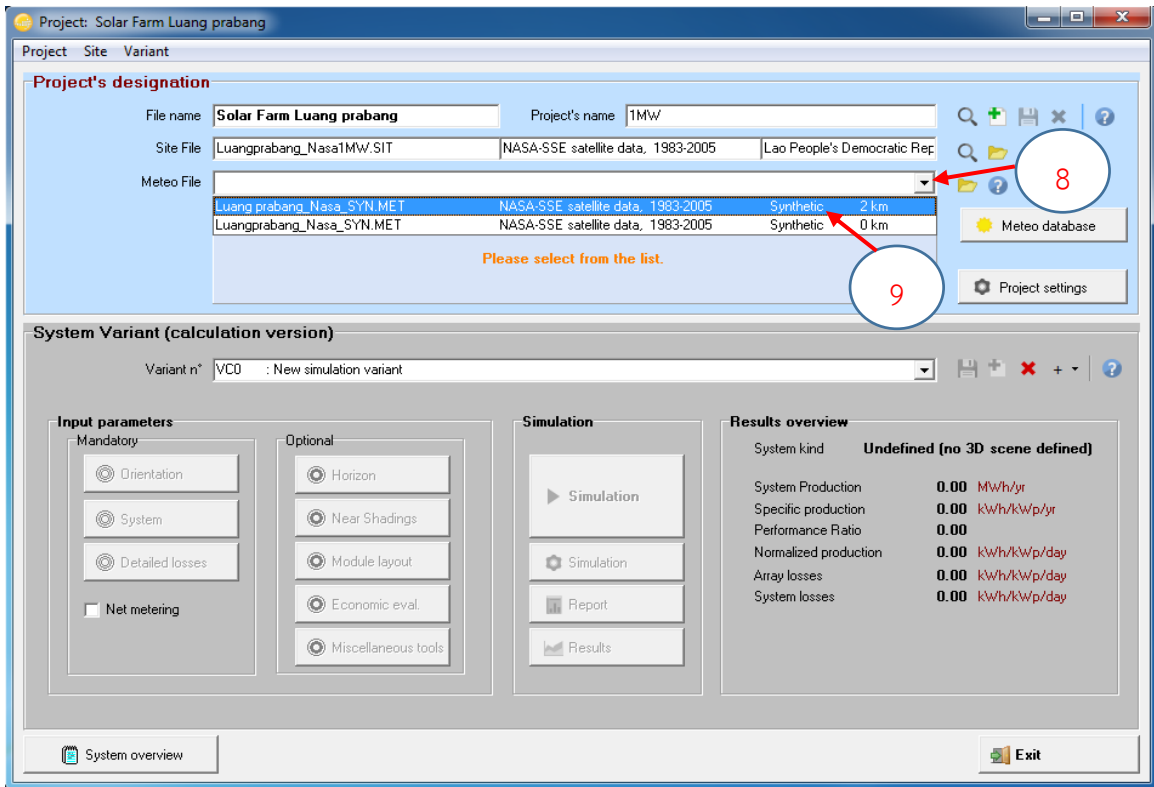
	Decimal	Deg.	Min.	
Latitude	19.87	19	52	(+ = North, - = South hemisph.)
Longitude	102.12	102	7	(+ = East, - = West of Greenwich)
Altitude	305	m above sea level		

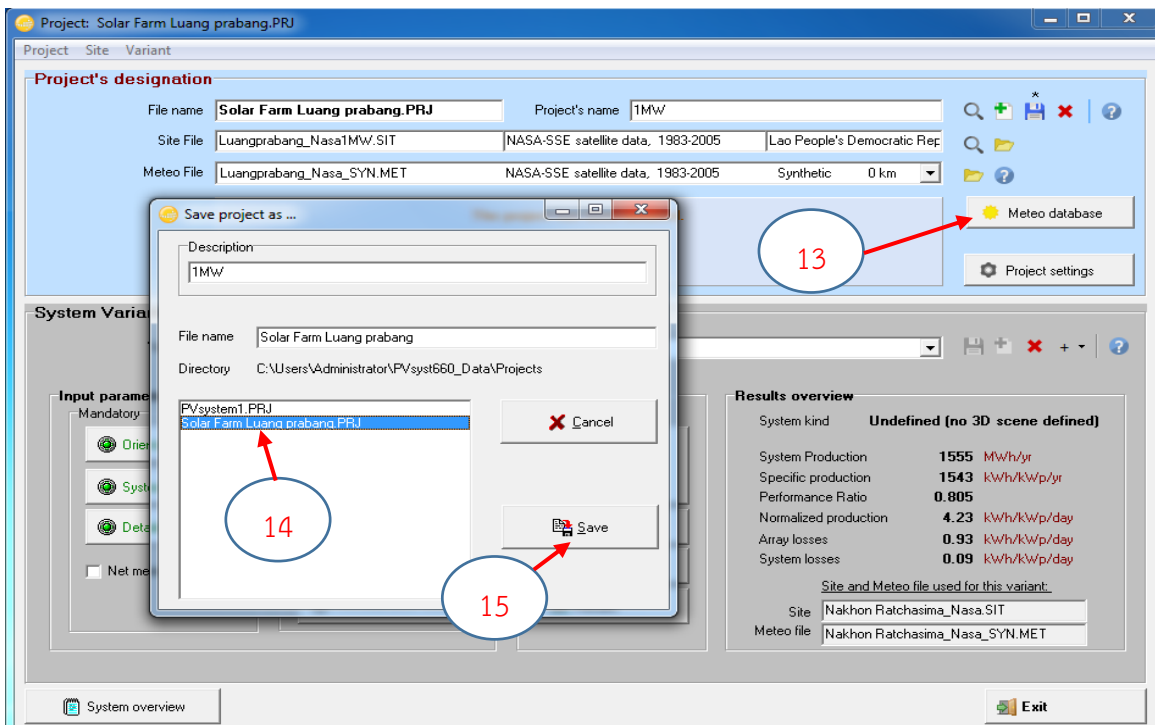
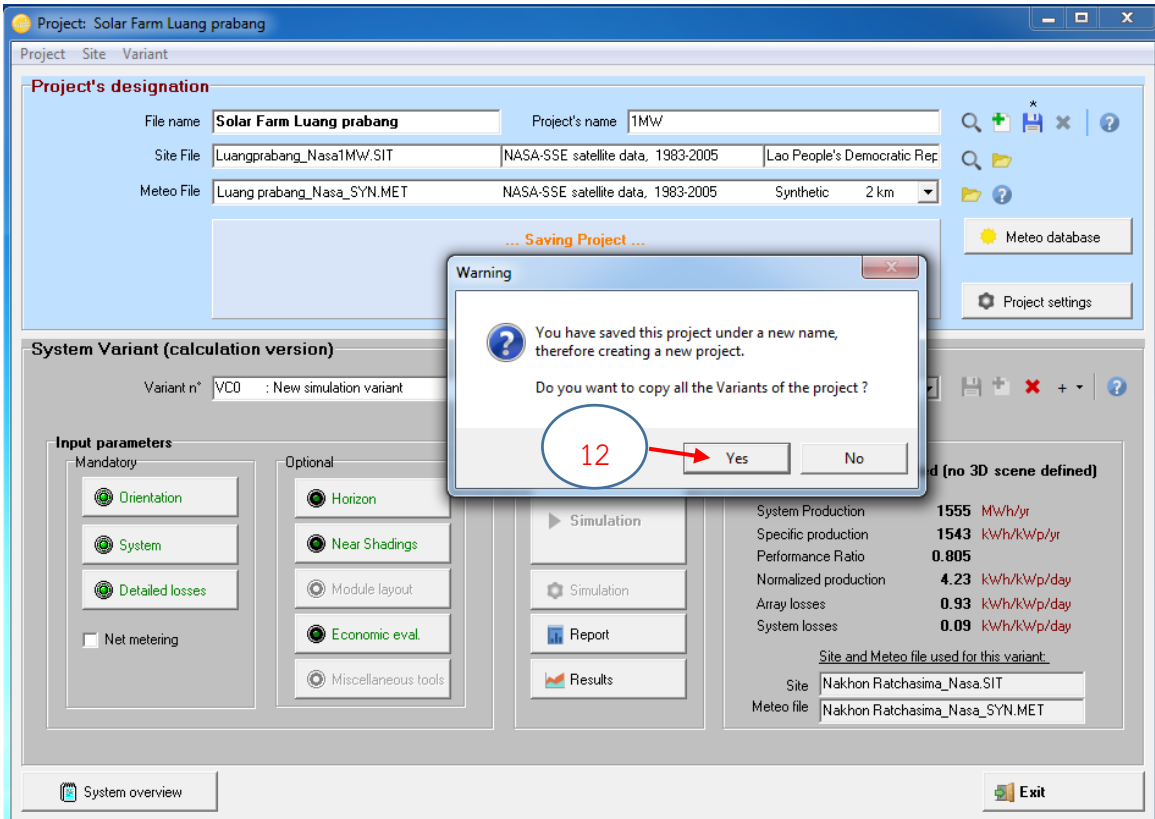
Clear
Import
Temperatures
View site
Save Site
Create Meteo
Close

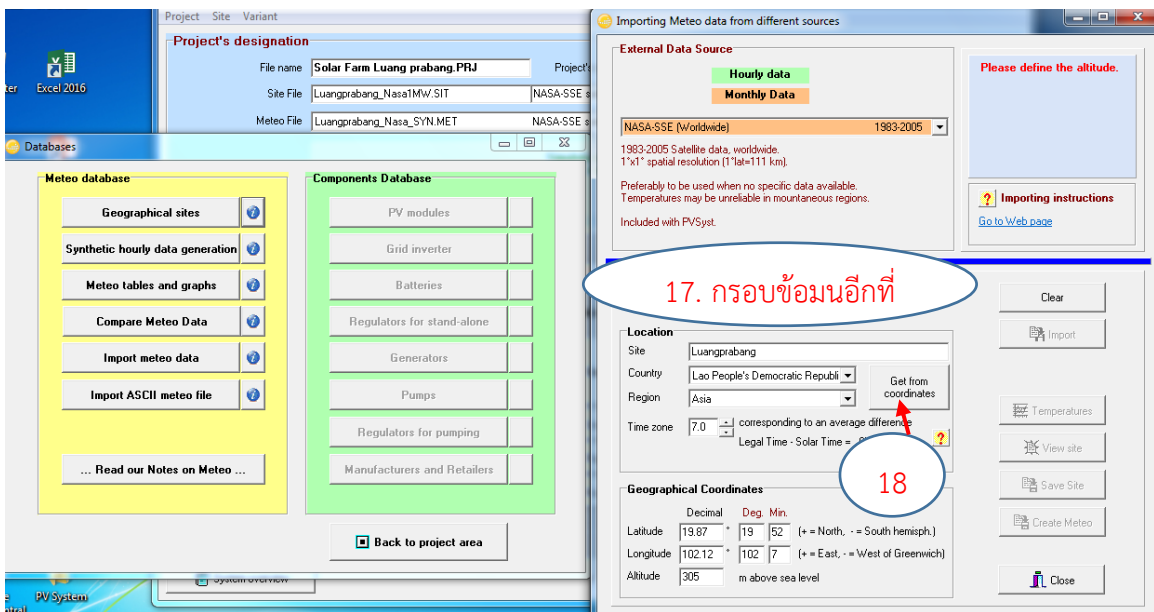
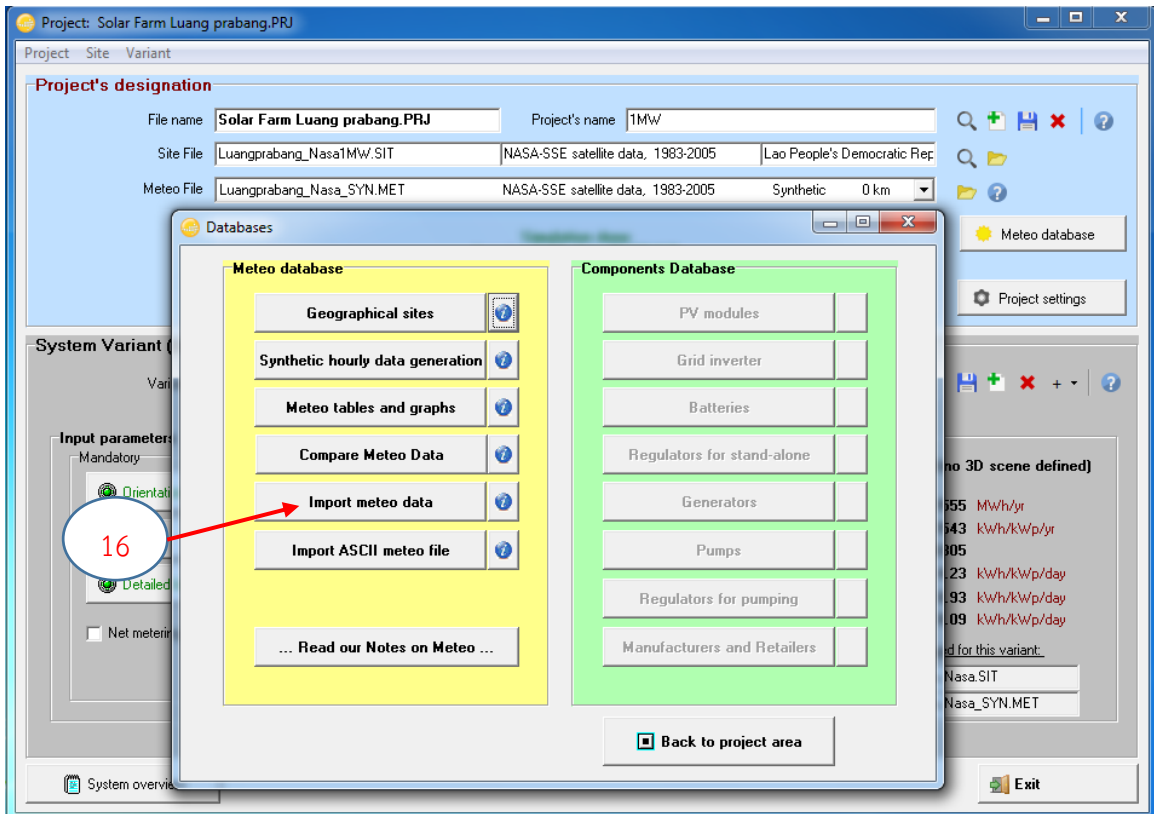
21

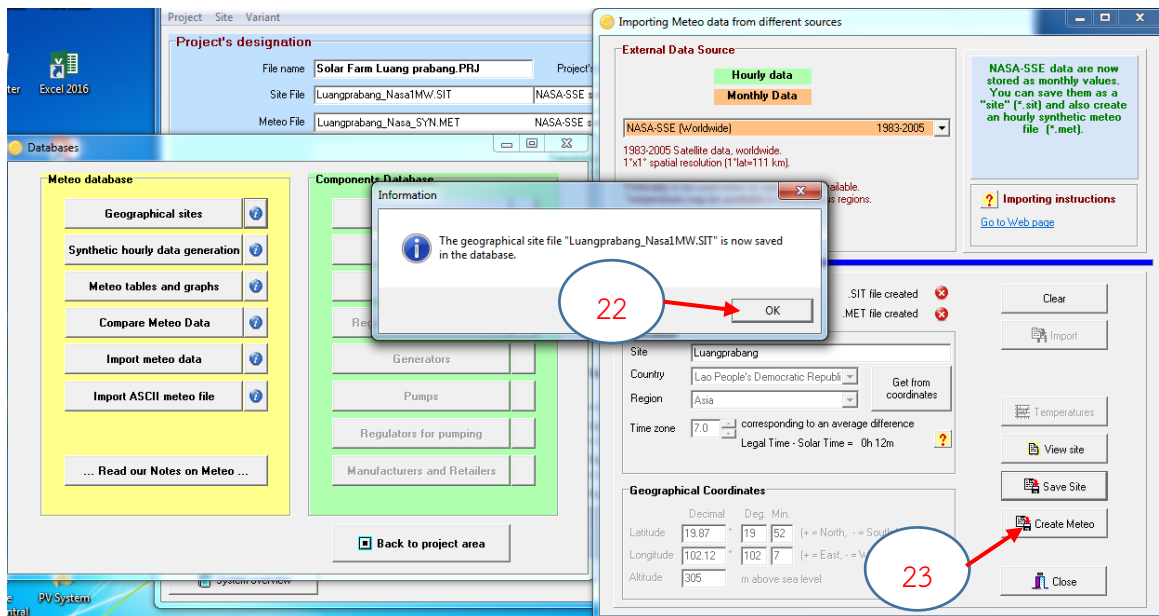
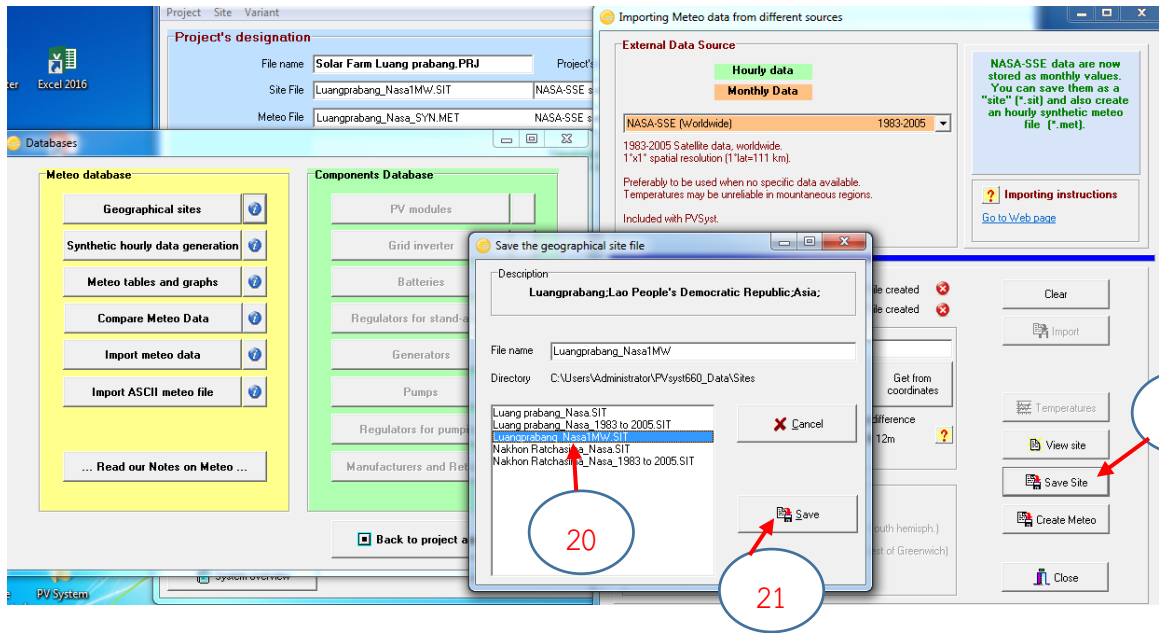


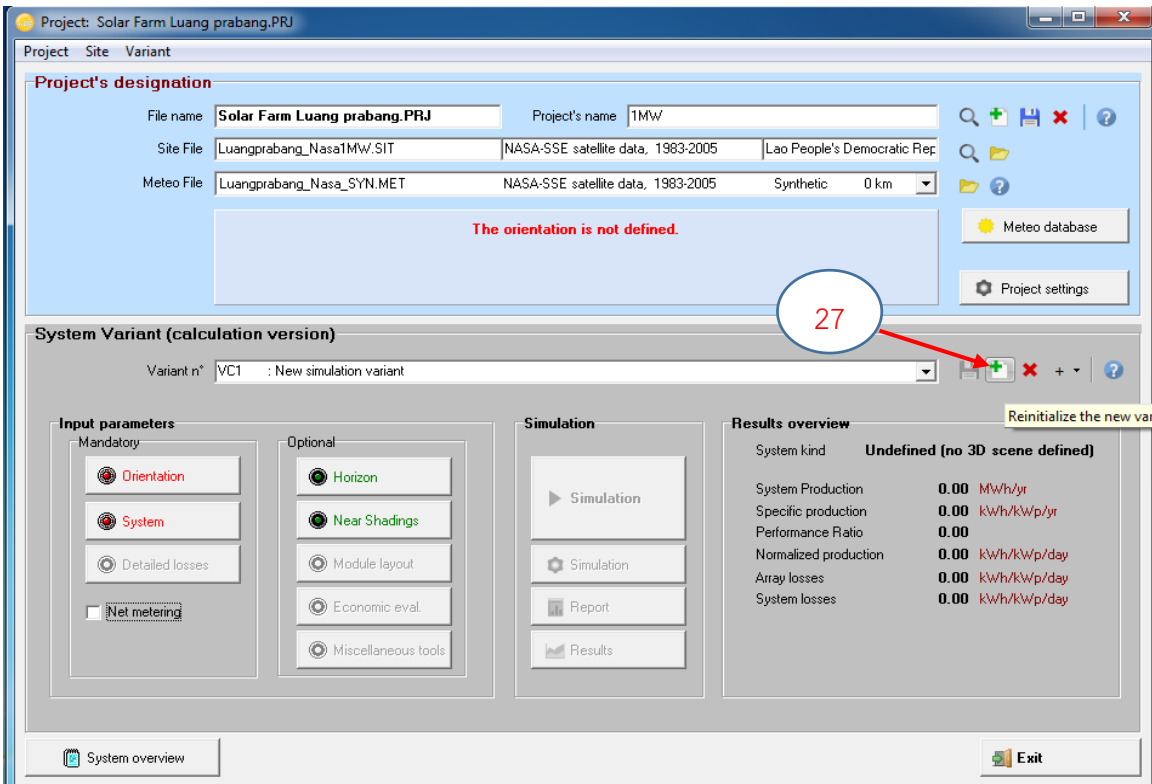
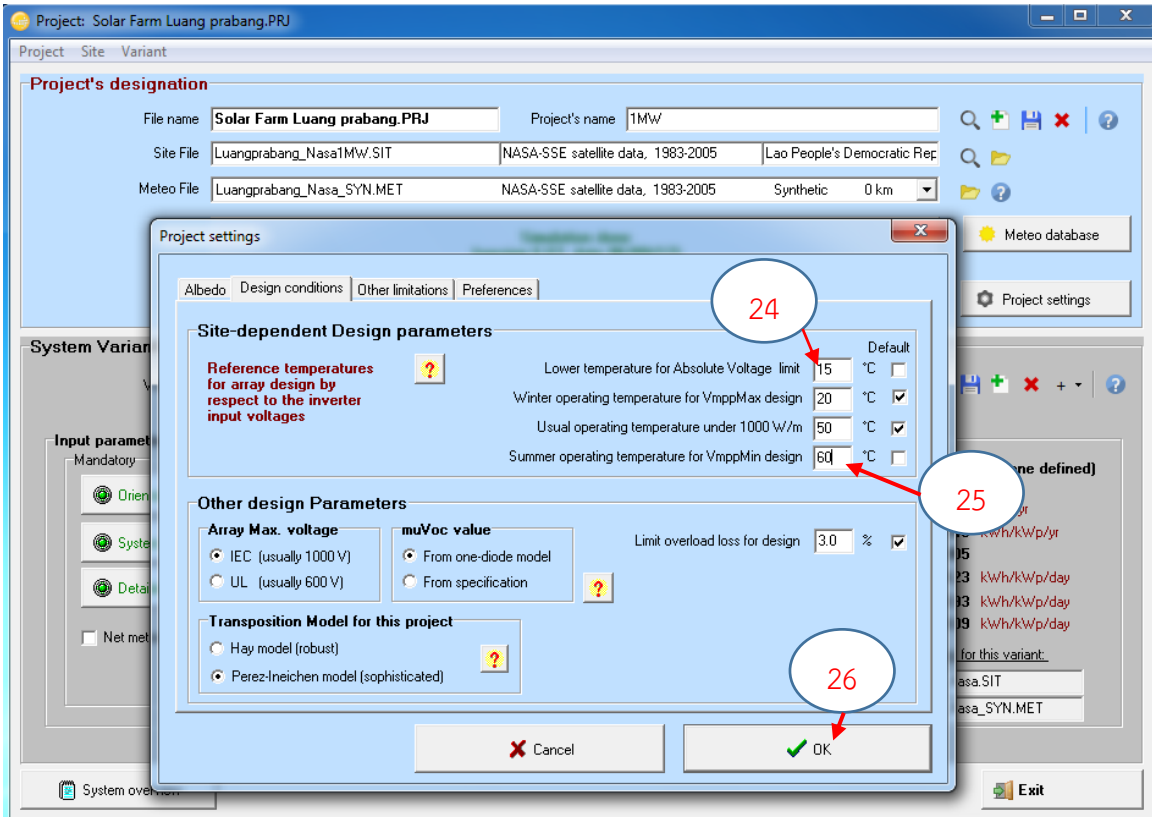


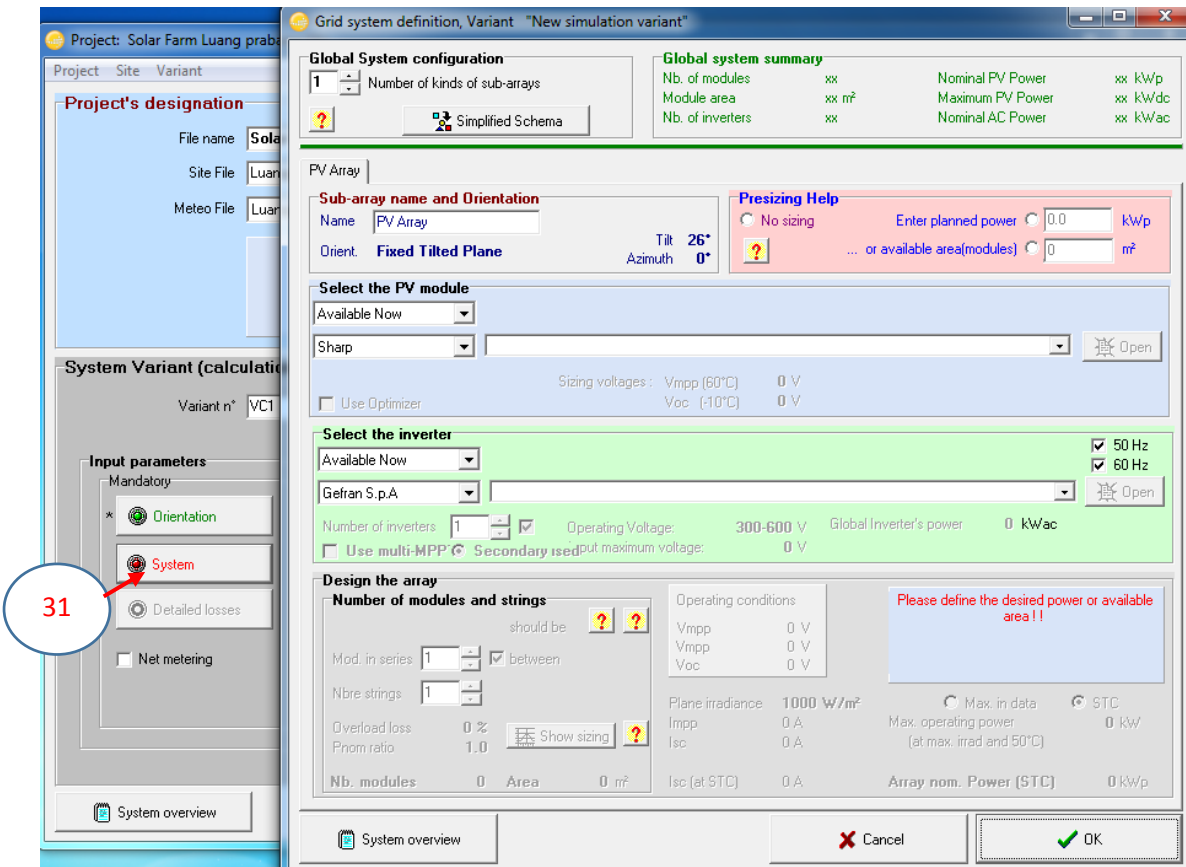
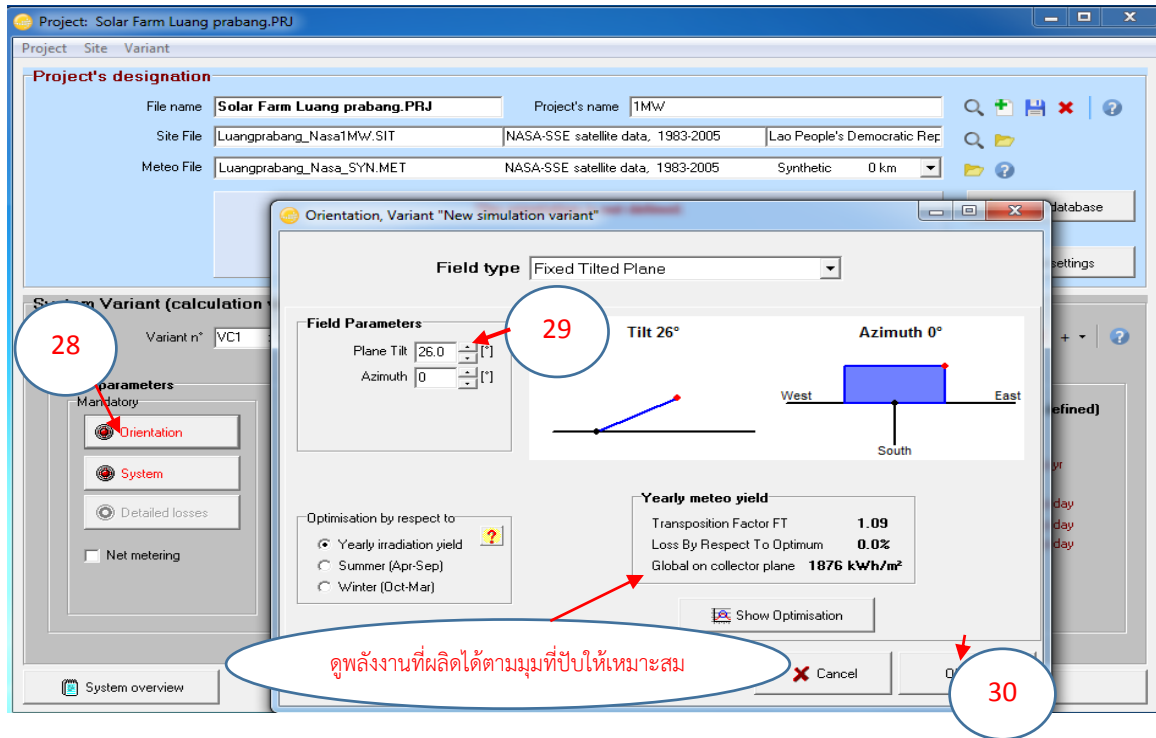


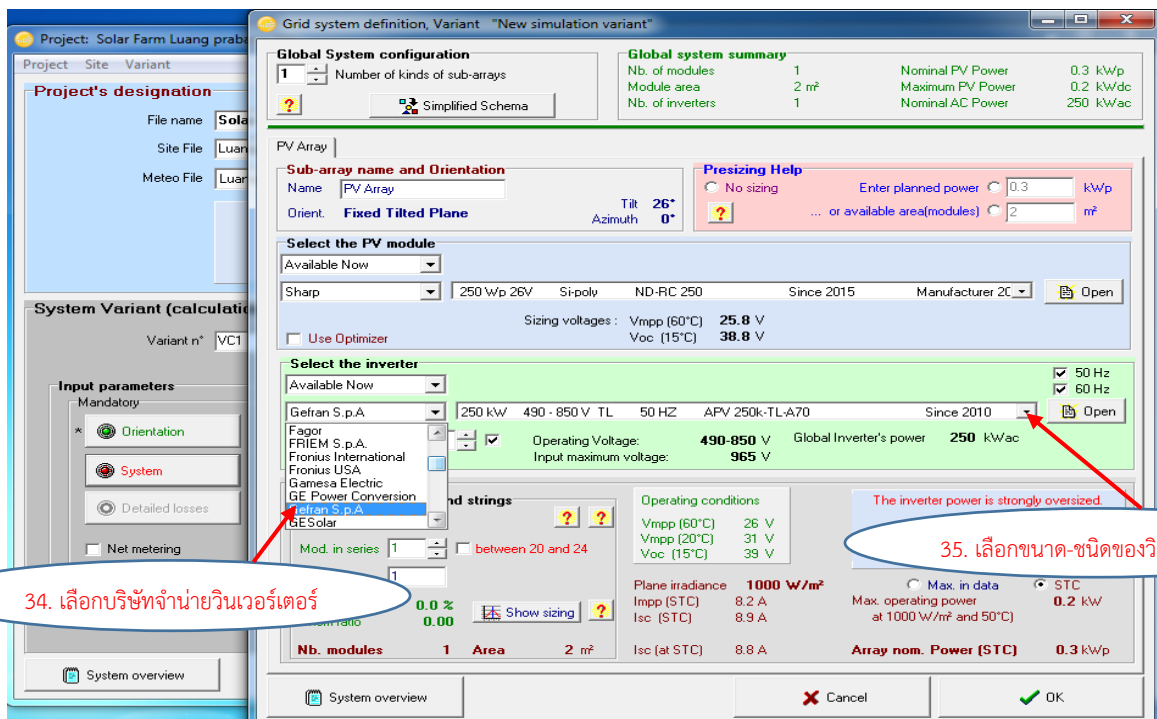
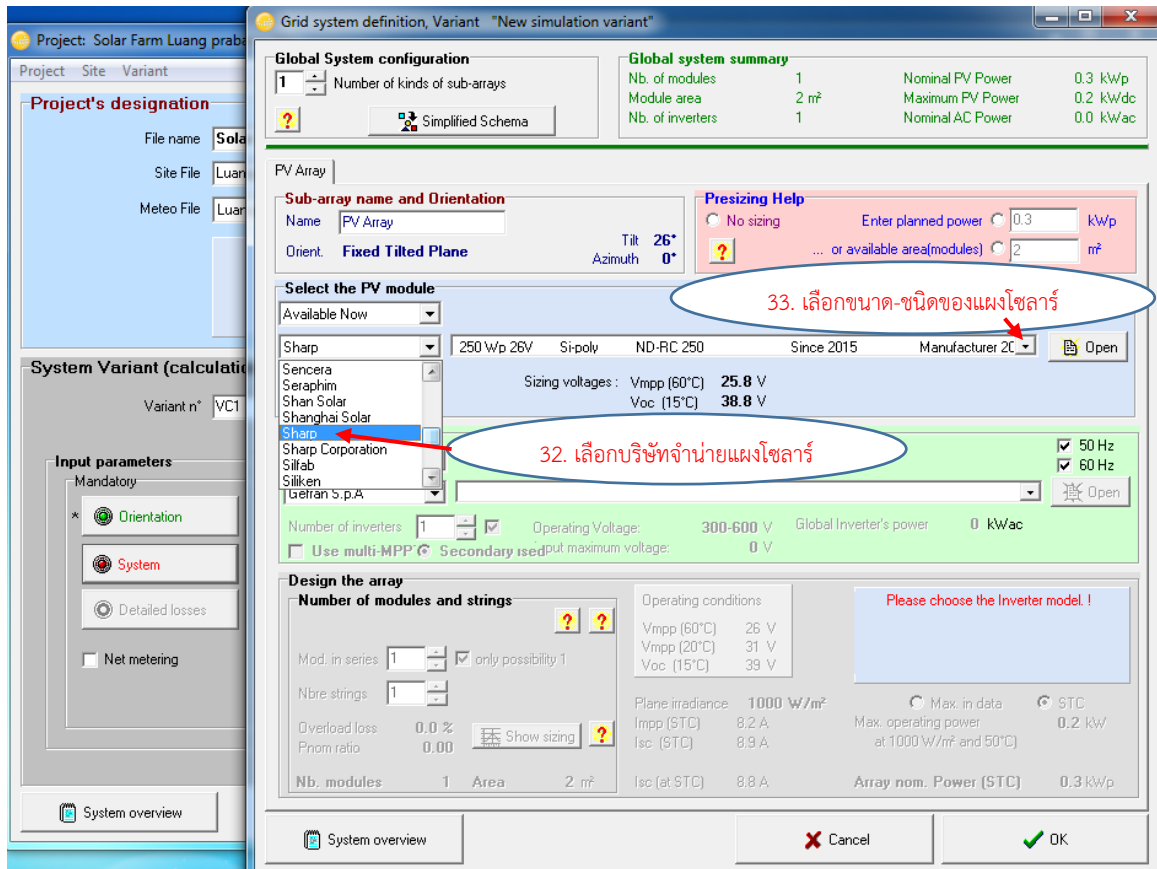












Project: Solar Farm Luang prabang,PRJ

Grid system definition, Variant "New simulation variant"

38. ดูพลังงานที่ผลิตได้

Global System configuration

1 Number of kinds of sub-arrays

Global system summary

Nb. of modules	4032	Nominal PV Power	1008 kWp
Module area	6626 m ²	Maximum PV Power	977 kWdc
Nb. of inverters	4	Nominal AC Power	1000 kWac

Sub-array name and Orientation

Name: PV Array

Orient: Fixed Tilted Plane

Tilt: 26°

Azimuth: 0°

Select the PV module

Available Now: Sharp

250 Wp 26V Si-poly ND-RC 250 Since 2015 Manufacturer 2C

Sizing voltages: Vmpp (60°C) 25.8 V

Voc (15°C) 38.8 V

Select the inverter

Available Now: Gefran S.p.A

250 kW 490 - 850 V TL 50 HZ APV 250k-TL-A70 Since 2010

Nb. of inverters: 4

Operating Voltage: 490-850 V

Global Inverter's power: 1000 kWac

Input maximum voltage: 965 V

Design the array

Number of modules and strings

Mod. in series: 24

Nbre strings: 168

Overload loss: 0.0%

Pnom ratio: 1.01

Nb. modules: 4032

Area: 6626 m²

Operating conditions

Vmpp (60°C): 619 V

Vmpp (20°C): 745 V

Voc (15°C): 931 V

Plane irradiance: 1000 W/m²

Impp (STC): 1385 A

Isc (STC): 1490 A

Isc (at STC): 1472 A

Max. operating power at 1000 W/m² and 50°C: 901 kW

Array nom. Power (STC): 1008 kWp

36. ปรับจำนวนชุดของ Mod. In Series

37. ปรับจำนวนของแผงโซลาร์ต่อ Strings

Cancel OK

39

Project: Solar Farm Luang prabang,PRJ

Project Site Variant

Project's designation

File name: Solar Farm Luang prabang,PRJ Project's name: 1MW

Site File: Luangprabang_Nasa1MW.SIT NASA-SSE satellite data, 1983-2005 Lao People's Democratic Rep

Meteo File: Luangprabang_Nasa_SYN.MET NASA-SSE satellite data, 1983-2005 Synthetic 0 km

Ready for simulation

Meteo database

Project settings

System Variant (calculation version)

Variant n° VC1 : New simulation variant

Input parameters

Mandatory: Orientation, System, Detailed losses, Net metering

Optional: Horizon, Near Shadings, Module layout, Economic eval, Miscellaneous tools

Simulation

40

Simulation

Simulation

Report

Results

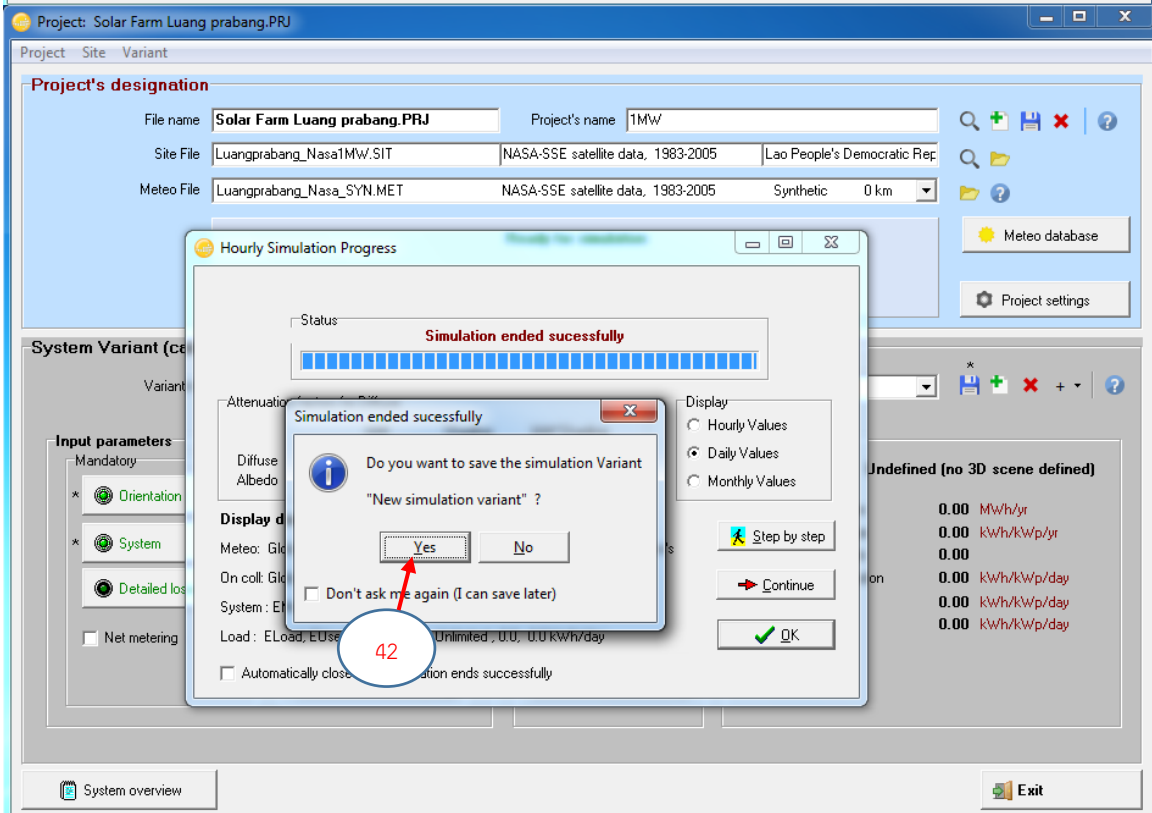
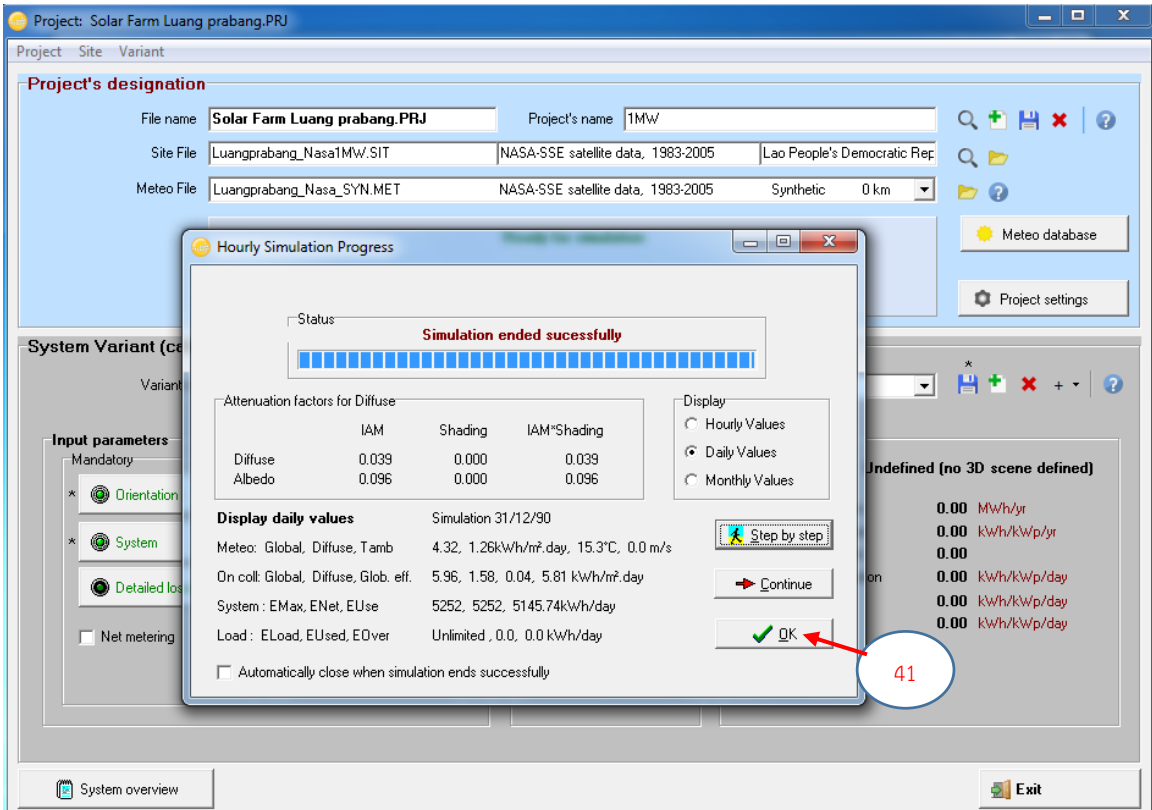
Results overview

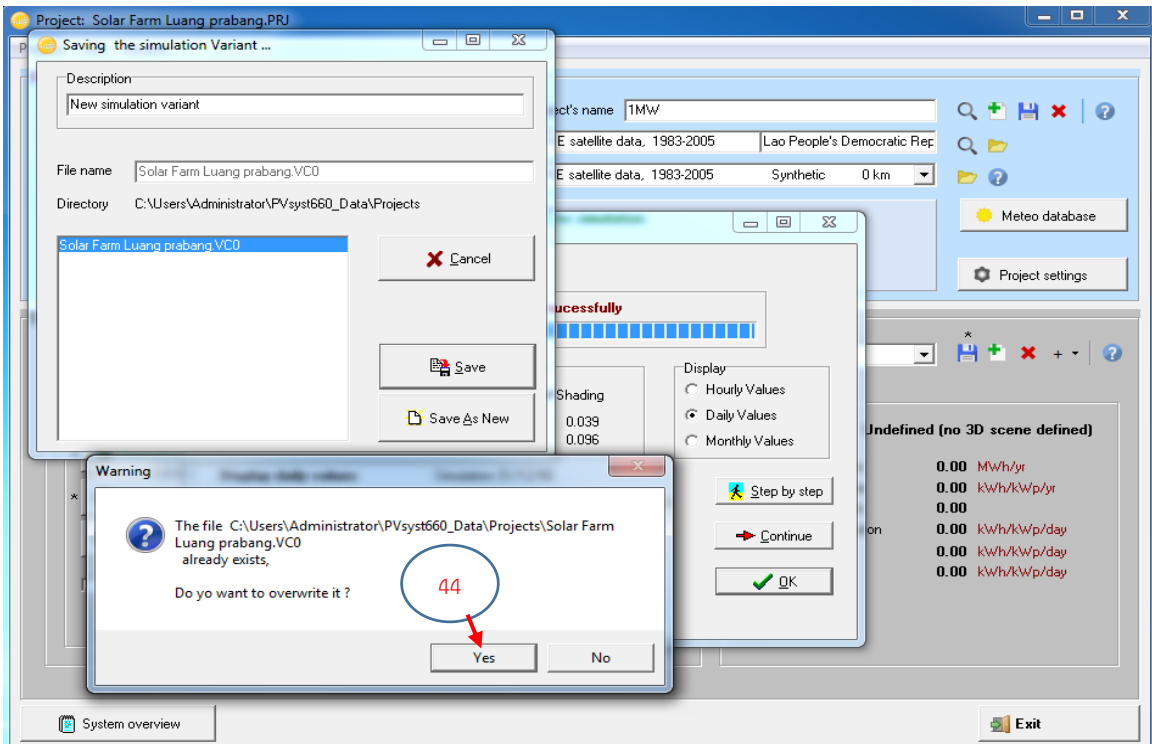
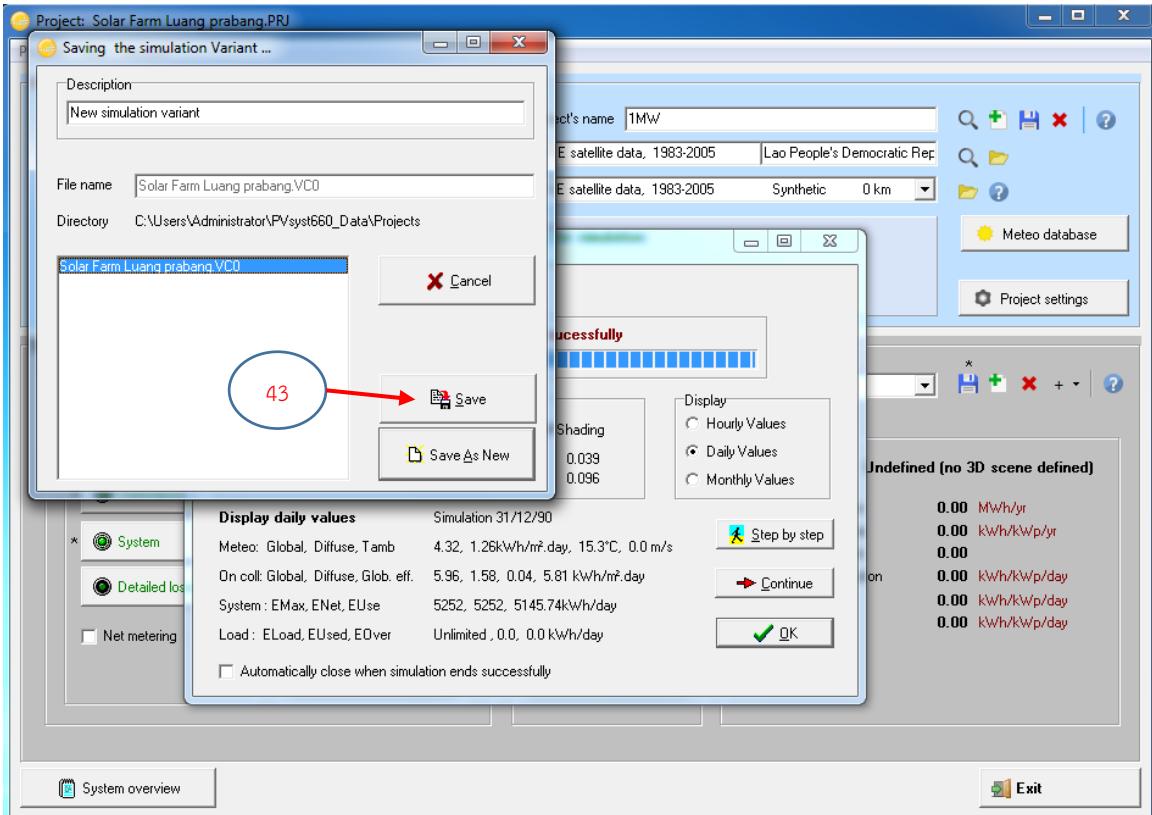
System kind: Undefined (no 3D scene defined)

System Production	0.00 MWh/yr
Specific production	0.00 kWh/kWp/yr
Performance Ratio	0.00
Normalized production	0.00 kWh/kWp/day
Array losses	0.00 kWh/kWp/day
System losses	0.00 kWh/kWp/day

System overview

Exit





Project: Solar Farm Luang prabang.PRJ

Project Site Variant

Project's designation

File name: **Solar Farm Luang prabang.PRJ** Project's name: 1MW

Site File: Luangprabang_Nasa1MW.SIT NASA-SSE satellite data, 1983-2005 Lao People's Democratic Rep.

Meteo File: Luangprabang_Nasa_SYN.MET NASA-SSE satellite data, 1983-2005 Synthetic 0 km

Simulation done (version 6.63, date 06/09/17)

Meteo database

Project settings

System Variant (calculation version)

Variant n° VCO : New simulation variant

Input parameters

Mandatory:

- Orientation
- System
- Detailed losses
- Net metering

Optional:

- Horizon
- Near Shadings
- Module layout
- Economic eval.
- Miscellaneous tools

Simulation

- Simulation
- Simulation
- Report** (1)
- Results

Direct access to the simulation report

Results overview

System kind: **Undefined (no 3D scene defined)**

System Production	1550 MWh/yr
Specific production	1538 kWh/kWp/yr
Performance Ratio	0.828
Normalized production	4.21 kWh/kWp/day
Day losses	0.78 kWh/kWp/day
System losses	0.10 kWh/kWp/day

System overview

Exit

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project :	1MW		
Geographical site	Luangprabang	Country	Lao People's Democratic Republic
Situation	Latitude 19.87° N	Longitude	102.12° E
Time defined as	Legal Time Time zone UT+7	Altitude	305 m
	Albedo 0.20		
Meteo data:	Luangprabang	NASA-SSE satellite data, 1963-2005 - Synthetic	

Simulation variant : New simulation variant

Simulation date 06/09/17 17h06

Simulation parameters

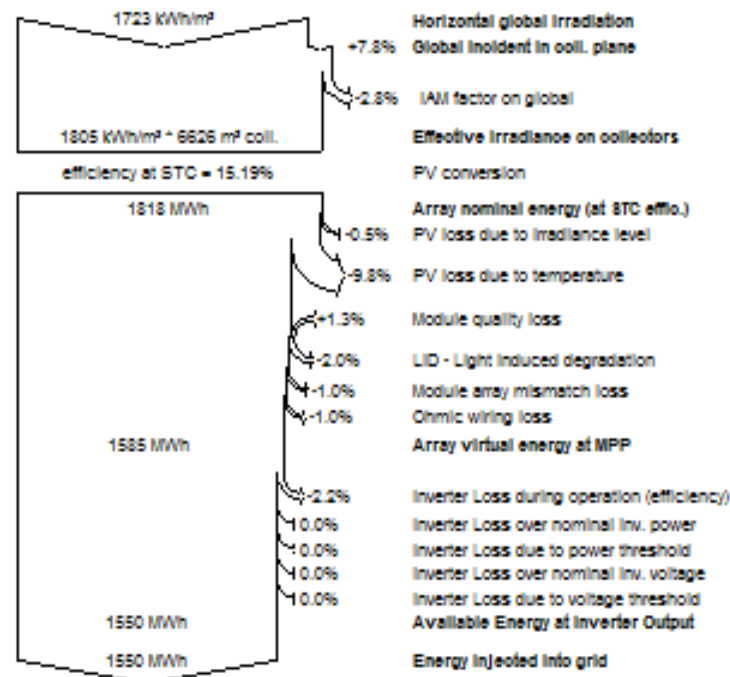
Collector Plane Orientation	Tilt	26°	Azimuth	0°
Models used	Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonom
Horizon	Free Horizon			
Near Shadings	No Shadings			
PV Array Characteristics				
PV module	SI-poly	Model	ND-RC 250	
Original PVsyst database		Manufacturer	Sharp	
Number of PV modules		In series	24 modules	In parallel 168 strings
Total number of PV modules		Nb. modules	4032	Unit Nom. Power 250 Wp
Array global power		Nominal (STC)	1008 kWp	At operating cond. 901 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	650 V	I mpp 1385 A
Total area		Module area	6626 m²	Cell area 5889 m²
Inverter				
Original PVsyst database		Model	APV 250k-TL-A70	
Characteristics		Manufacturer	Gefran S.p.A	
		Operating Voltage	490-850 V	Unit Nom. Power 250 kWac
Inverter pack		Nb. of inverters	4 units	Total Power 1000 kWac
PV Array loss factors				
Thermal Loss factor		Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss		Global array res.	7.9 mOhm	Loss Fraction 1.5 % at STC
LID - Light Induced Degradation				Loss Fraction 2.0 %
Module Quality Loss				Loss Fraction -1.3 %
Module Mismatch Losses				Loss Fraction 1.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM =	1 - bo (1/cos I - 1)	bo Param. 0.05
User's needs :	Unlimited load (grid)			

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : 1MW
 Simulation variant : New simulation variant

Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	26°	azimuth	0°
PV modules	Model	ND-RC 250	P _{nom}	250 Wp
PV Array	Nb. of modules	4032	P _{nom total}	1008 kWp
Inverter	Model	APV 250K-TL-A70	P _{nom}	250 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	4.0	P _{nom total}	1000 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Loss diagram over the whole year



บทที่ 4

การออกแบบและติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา

บทนำ

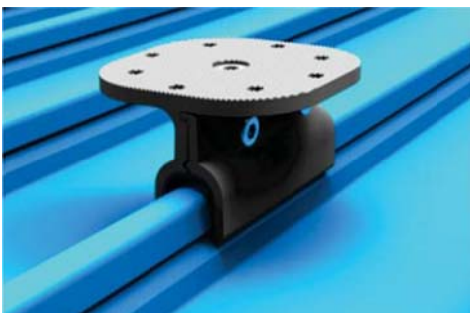
ระบบโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งบนหลังคาสามารถเป็นได้หลายระบบ ทั้งการผลิตไฟฟ้าแล้วเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้ากำลัง หรืออาจเป็นระบบแยกอิสระที่ผลิตแล้วประจุเข้าแบตเตอรี่ ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ที่อยู่บนหลังคา ส่วนจะนำไฟฟ้าจากแผงไปทำอะไรนั้นจะไม่กล่าวถึง เพราะมีการกล่าวถึงในบทที่ผ่านไปแล้ว ตลอดจนในบทถัดไปก็จะมีกล่าวถึงเช่นกัน

อุปกรณ์จับยึดแผงเป็นส่วนที่ต้องเจอทั้งแดด ฝน และพายุ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ต้องแข็งแรง และไม่เกิดสนิมง่าย วัสดุที่นิยมใช้เป็นอลูมิเนียม ไม่ควรออกแบบให้แผงตั้งรับแดดที่ไม่แนบกับหลังคา เพราะในเวลาที่เกิดพายุอาจทำความเสียหายแก่แผงโซลาร์เซลล์เราได้

ลักษณะหลังคาในประเทศไทยมีหลายแบบ แต่ละแบบต้องการอุปกรณ์จับยึดที่แตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตามอุปกรณ์จับยึดแผงยังต้องการการพัฒนาเพื่อให้เหมาะสมกับหลังคาแต่ ในบทนี้จึงจะยกตัวอย่างอุปกรณ์จับยึดแผงที่เหมาะสม สมควรนำมาใช้ในการติดตั้ง และอุปกรณ์ประกอบที่เกี่ยวข้องต่อไป

อุปกรณ์จับยึดแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา

หลังคาในประเทศไทยที่นิยมในปัจจุบันมีหลายแบบเช่น หลังคามมทอลชีส หลังคากระเบื้องลอนคู่ และหลังคากระเบื้องคอนกรีต เป็นต้น หลังคาแต่ละแบบมีการออกแบบใช้ขายึดแตกต่างกันไป



(a) แบบไม่ต้องเจาะเพราะหลังคาหนีบได้



(b) หลังคาที่ต้องเจาะ

รูปที่ 4.1 ขายึดแผงสำหรับหลังคามมทอลชีส

จากรูปที่ 4.1 เป็นการติดตั้งขาตั้งบนหลังคามมทอลชีส ปกติแล้วจะมี 2 รูปแบบ คือแบบลอนคลิปล็อก และแบบลอนเรียบธรรมดา ในแบบลอนคลิปล็อกจะสามารถใช้ขาแบบหนีบได้ ทำให้ไม่ต้องเจาะหลังคา ส่วนในแบบลอนเรียบธรรมดาจะต้องมีการเจาะหลังคาเพื่อยึดขาตั้งรองรับแผงกับแปของโครงสร้างหลังคาดังรูป (b) ทำให้มีโอกาสหลังคารั่วได้ อย่างไรก็ตามเราเจาะบนสันที่สูงของมมทอลชีสโอกาสรั่วก็ไม่

มากนัก นอกจากนี้การเจาะเพื่อยึดกับแปเราต้องพิจารณาความหนาเหล็กแปที่จะยึดด้วย เพราะถ้าหากบาง การยึดของตะปูเกลียวกับแปจะรับแรงดึงได้น้อยลง ในขณะที่แผงเราเจอกับลมพายุจะเกิดแรงยกของแผง เกิดขึ้น ซึ่งวิศวกร โครงสร้างที่พิจารณาต้องคำนึงถึงประเด็นนี้ด้วย ดังนั้นถ้าหากเราสร้างอาคารใหม่เพื่อการ ติดตั้ง โซลาร์เซลล์ด้วย จึงควรพิจารณาเลือกลอนหลังคาเป็นแบบคลิปล็อกจะดีกว่าแบบลอนเรียบ ซึ่งการ ติดตั้งก็จะสะดวกกว่าด้วย



รูปที่ 4.2 การติดตั้งบนหลังคาแบบกระเบื้องซีเมนต์

จากรูปที่ 4.2 เป็นการติดตั้งสำหรับหลังคากระเบื้องซีเมนต์ที่ในประเทศไทยนิยมใช้ โดยการติดตั้งขา ยึดแผงจะใช้แบบสอดเข้าระหว่างกระเบื้องแล้วยึดด้วยเกลียวป้อยที่จันทัน การติดตั้งแบบนี้มีข้อดีคือไม่ ต้องเจาะกระเบื้อง แต่เหล็กขาที่สอดจะต้องไม่หนามากนัก ไม่อย่างนั้นจะทำให้กระเบื้องไม่สนิทกัน น้ำอาจ รั่วเข้าอาคารได้



(a) ติดตั้งบนแปไม้หรือเหล็กหนา

(b) ติดตั้งบนแปเหล็กบาง

รูปที่ 4.3 การติดตั้งบนกระเบื้องลอนคู่

จากรูปที่ 4.3 เป็นขายึดที่เหมาะสมกับการติดตั้งบนกระเบื้องลอนคู่ โดยจะมีซี่ลยางปิดรูที่เราเจาะ หลังคา ในรูปที่ 4.3 (a) เป็นกรณีที่แปเป็นไม้หรือเหล็กหนา เราสามารถใช้เกลียวป้อยเจาะยึดได้ แต่ถ้าหาก เป็นแปเป็นเหล็กบาง เราต้องใช้ขายึดแบบปลายมีที่ขั้วล๊อคคังรูป (b) จะทำให้ขายึดเรารับแรงดึงได้สูงขึ้นเมื่อ เจอลมพายุ

สายไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่ต้องอยู่บนหลังคา

สายไฟฟ้าที่ติดตั้งจากแผงโซลาร์เซลล์เพื่อต่อไปยังอินเวอร์เตอร์หรือกล่องรวมวงจรกระแสตรง (DC combiner) จะเป็นสายไฟฟ้ากระแสตรง นิยมใช้เป็นสายตีเกลียวเส้นเล็กๆเพื่อให้เกิดการอ่อนตัวติดตั้งได้ง่าย ที่สำคัญคือฉนวนของสายไฟฟ้าจะต้องเป็นแบบมีเปลือกและทนแรงดันได้ถึง 1,000 โวลต์

สายไฟฟ้าที่เราสามารถใช้ได้บนหลังคาตามในมาตรฐานของ วสท. จะเป็นสาย IEC 60502-1 หรือเรียกง่าย ๆ ว่าสาย CV สายชนิดนี้ฉนวนสามารถตากแดดตากฝนได้ ดังนั้นเราสามารถติดตั้งโดยตรงต่อสภาพอากาศได้ อย่างไรก็ตามการติดตั้งถ้าไม่โดนแดดโดยตรงก็จะดีกว่า เปรียบเสมือนรถยนต์ที่จอดตามแดดฝนได้แต่เราก็นิยมจอดในร่มมากกว่า อย่างไรก็ตามการสายไฟฟ้าที่ออกแบบมาสำหรับระบบโซลาร์เซลล์โดยเฉพาะก็มี เช่นสาย PV-1F ซึ่งฉนวนสามารถรับแรงดันได้ 1,000 โวลต์ หรือมากกว่า



(a) สาย CV

(b) สายโซลาร์เซลล์โดยเฉพาะ (PV1-F)

รูปที่ 4.4 สายไฟฟ้าที่ติดตั้งบนหลังคา

ตัวต่อสายไฟฟ้าของระบบโซลาร์เซลล์จะใช้ตัวต่อที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน เพื่อความปลอดภัยและติดตั้งได้สะดวก ตัวต่อนี้จะเรียกว่าตัวต่อ MC4 ซึ่งตัว MC4 นี้จะสามารถใช้กับสาย PV1-F ได้หลายขนาด เพราะปลายรับสายไฟฟ้าจะเป็นแบบเปิด ทำให้การใช้งานสะดวกเพราะไม่ต้องเจาะงกับสายไฟแต่ละขนาด การต่อสายจะต้องใช้คีมบีบสายเฉพาะใช้งานกับ MC4 เท่านั้น เมื่อบีบสายแล้วสายจะแยกเป็น 2 ทางทำให้เกิดความแน่นหนา หากการต่อสายไม่แน่นจะทำให้เกิดไฟลุกไหม้ได้ เพราะระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงนั้นมีค่าสูงมาก ถึงแม้ปริมาณกระแสไม่มากก็สามารถทำให้ไฟลุกไหม้ได้



(a) ตัวต่อ MC4



(b) คีมบีบ MC4

รูปที่ 4.5 ตัวต่อสาย MC4 และคีมบีบ MC4

เนื่องจาก MC4 ที่เป็นแบบปลายเปิดจะต้องใช้กับคีมบีบโดยเฉพาะ ดังนั้นสำหรับช่างไฟฟ้าทั่วไป อาจไม่สะดวกในการจัดหาคีมบีบ จึงมีผู้ผลิตตัวต่อสายออกแบบให้ตัวต่อสามารถใช้งานร่วมกับ MC4 ได้ แต่สามารถใช้คีมบีบหางปลาทั่วไปของช่างไฟฟ้าได้ ตัวต่อสายแบบนี้เป็นแบบเหมาะสมตรงกับขนาดสายไฟพอดี



รูปที่ 4.6 ตัวต่อสายคล้าย MC4 แต่เหมาะสมตรงกับขนาดสาย

บทสรุป

บทนี้ได้กล่าวถึงอุปกรณ์ที่ต้องติดตั้งบนหลังคาเมื่อเราจะติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ อย่างไรก็ตามอาจมีอุปกรณ์ประกอบอย่างอื่นด้วย ยกตัวอย่างเช่น ทางเดินสายไฟ อุปกรณ์ราวกันตก ทางเดินบนหลังคา ซึ่งอุปกรณ์ที่จะนำมาติดตั้งต้องเป็นแบบไร้สนิม อาจทำได้โดยการชุบกล้าวาไนซ์ เป็นต้น ในส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญที่กล่าวไปนั้นจะเป็นสายไฟฟ้า และตัวต่อสายไฟฟ้า อุปกรณ์เหล่านี้ไม่ควรโดนแดดโดยตรง เพราะจะทำให้อายุการใช้งานสั้นลง