

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

บทนำ

การออกแบบระบบโฟโตโวลตาอิกชนิดเชื่อมต่อกับกริดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขนาด 5kW_p กรณีศึกษาสำหรับพื้นที่บริการนักศึกษาและประชาชนทั่วไป วัตถุประสงค์เพื่อนำเซลล์แสงอาทิตย์ มาผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานทดแทน ลดการใช้น้ำมันพลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค นอกจากนั้นได้มีการอธิบายการออกแบบโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ การเลือกกระบบป้องกัน การสื่อสาร

3.1 สำรวจพื้นที่ก่อนการติดตั้งจริง ภายในพื้นที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การสำรวจพื้นที่ก่อนการติดตั้ง ของระบบโฟโตโวลตาอิก ได้มีการออกสำรวจหน้างานก่อนการติดตั้งจริง โดยการสำรวจพื้นที่ที่ต้องการติดตั้งระบบโฟโตโวลตาอิก พบว่าพื้นที่ที่ต้องการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องเชื่อมต่อกับแรงดันไฟฟ้า 380 โวลต์ ความถี่ 50 Hz จากเสาไฟถนนบริเวณใกล้เคียง ซึ่งมีการเดินสายไฟเป็นแบบสายใต้ดิน (Underground Cable) ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เสาไฟถนน ที่รับพลังงานไฟฟ้าจากระบบโฟโตโวลตาอิก



รูปที่ 3.2 ภายในตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าที่ต่อสายไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย

3.2 การติดตั้งโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 3.3 การเตรียมท่ฐานรากรองรับโครงสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากรูปที่ 3.3 ถึง 3.4 การติดตั้งฐานรากของโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ บนโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้ทำการออกแบบไว้ก่อนหน้านี้ ซึ่งโครงสร้างดังกล่าวสามารถรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ถึง 60 แผง หรือ กำลังไฟฟ้าทั้งหมด 10.2 kW_p เมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผง ผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 170 W_p ในการทดสอบที่สภาวะมาตรฐาน (Standard Test Condition) ซึ่งกำหนดให้ทำการทดสอบที่อุณหภูมิแวดล้อม 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสงอาทิตย์ที่ 1,000 W/m² AM 1.5 ซึ่งน้ำหนักแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผงหนัก 15.4 กิโลกรัม โดยมีติดตั้ง กว้าง 790 มิลลิเมตร ยาว 1,593 มิลลิเมตรหนา 50 มิลลิเมตร เป็นค่าที่ต้องนำไปคำนวณ น้ำหนักแผงทั้งหมดที่กระทำกับเสา และพื้นที่ในการติดตั้งแผงทั้งหมด จากรูปที่ 3.4 เป็นหัวเข็มที่ได้มีการเท คอนกรีตเรียบร้อยแล้ว พร้อมสำหรับการติดตั้งโครงสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้มีการเชื่อม ประกอบไว้แล้ว

จากรูปที่ 3.5 – 3.7 แสดงให้เห็นถึงการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ บนโครงสร้างโดยเริ่มที่การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แถวล่างก่อนโดยการออกแบบให้สามารถรองรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ถึง 10 กิโลวัตต์สูงสุด หลักการในการออกแบบสำหรับระบบขนาด 5 kW_p ก็คือแบ่งแถวแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 3 กลุ่มๆละ 10 แผงต่อ 1 อินเวอร์เตอร์ ดังนั้นจะได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อระบบเป็น 5.1 กิโลวัตต์สูงสุด (170 วัตต์ต่อแผง) สำหรับสายไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชุด จะได้ทำการต่อภายหลังการการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมดแล้วเสร็จ



รูปที่ 3.4 ฐานรากเสารองรับโครงสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 3.5 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ บน โครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 3.6 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์



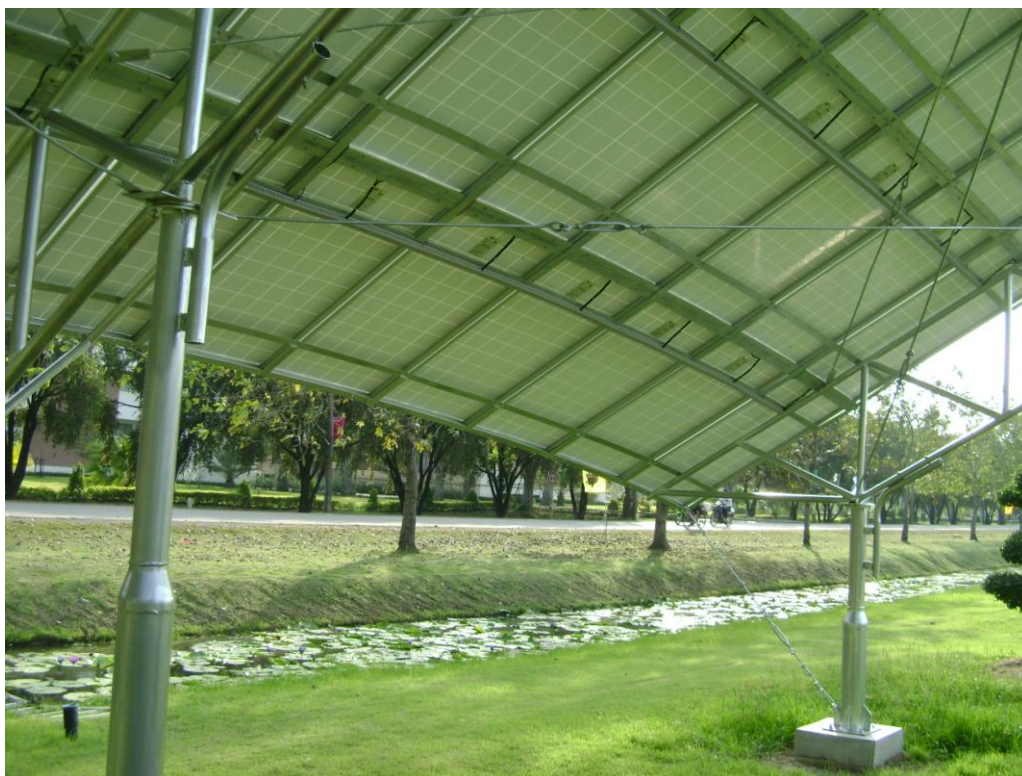
รูปที่ 3.7 ด้านหน้าของการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.3 การออกแบบระบบโฟโตโวลตาอิก ขนาด 5 kW_p

การออกแบบระบบโฟโตโวลตาอิก ได้มีการออกแบบให้ใช้อินเวอร์เตอร์ 1 เฟสจำนวน 3 ตัว แปลงระบบไฟฟ้ากระแสตรง จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชุดมาเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ รูปคลื่นไซน์ (Pure Sine Wave) ความถี่ 50 Hz (cycle per minutes) ต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้จากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นแบบสตาร์ หรือวาย เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าสามเฟส ต่อเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้า สามเฟส 380V 50Hz ของการไฟฟ้า

โดยหลักการของระบบคือ การต่อระบบพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดเชื่อมต่อกับกริดของการไฟฟ้าแบบไร้แบตเตอรี่ ซึ่งหมายความว่า ตลอดวันที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ ระบบจะผลิตแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า จ่ายให้กับสายส่งกำลังไฟฟ้าตามกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ณ เวลานั้นๆ โดยไม่มีการจัดเก็บ ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จะสูงสุดในช่วงเวลากลางวันและน้อยในช่วงเวลาเช้าและตอนเย็นของวันนั้นๆ

การป้องกันของระบบเนื่องจากในเวลาเย็นหรือตอนกลางคืนระบบพลังงานแสงอาทิตย์ จะไม่ผลิตกำลังไฟฟ้า นั่นหมายความว่า ระบบโฟโตโวลตาอิกจะไม่ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า แต่จะทำหน้าที่เป็นโหลดทางไฟฟ้าเสียเอง อินเวอร์เตอร์ซึ่งทำหน้าที่แปลงแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับจะป้องกันระบบโดยทำการตัดวงจร แหล่งจ่ายของการไฟฟ้าออก



รูปที่ 3.8 ได้โครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลังการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 3.9 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แล้วเสร็จ ขนาดรวมทั้งหมด 10 kW_p

การออกแบบระบบโฟโตโวลตาอิก เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้ออกแบบที่ กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างสำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งต้องการพื้นที่ในการติดตั้งแผงเซลล์ ประมาณ 76 ตารางเมตร สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 60 แผง ขนาดกำลังไฟฟ้ารวมทั้งระบบ 10.2 kW_p หรือ 10,200 W_p และโครงสร้างหันหน้าไปทางทิศตะวันออกได้ ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้ มีความยาว 12 เมตร กว้าง 6 เมตร วางเอียงทำมุม 30 องศา ผู้วิจัยได้เลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Poly Crystalline Silicon หรือ Multi Crystalline Silicon มาทำการออกแบบเนื่องจากเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดที่มีประสิทธิภาพร้อยละ 10-12 ราคาถูก [1] เมื่อเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่นๆ ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีรายละเอียดทางเทคนิคต่างๆดังนี้

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาออกแบบ

กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Rated power P_{max})	170	วัตต์
กระแสไฟฟ้าปกติ (Rated current)	4.8	แอมป์
แรงดันไฟฟ้าปกติ (Rated voltage)	35.6	โวลต์
กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Short circuit current I_{sc})	5.2	แอมป์
แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (Open circuit voltage)	44.3	โวลต์

ตารางที่ 3.2 มิติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

กว้าง (Width)	790	มิลลิเมตร
ยาว (Length)	1,600	มิลลิเมตร
หนา (Depth)	50	มิลลิเมตร
น้ำหนักแผง (Weight)	15.4	กิโลกรัม

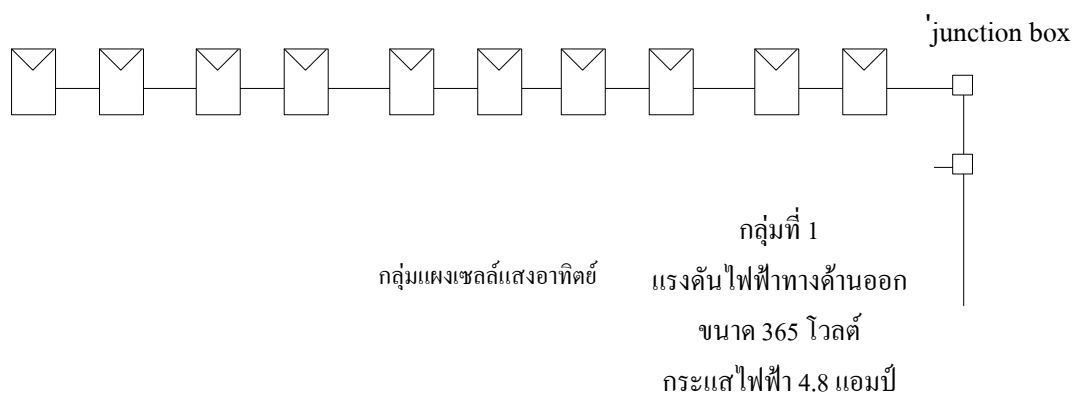
ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ที่นำมาออกแบบ

Recommended maximum array (W_p)	4,555	W_p
Maximum input DC power	4,100	W
Maximum DC voltage (VDC)	500	VDC
Input DC Voltage range	200-500	VDC
Maximum input current max	26	A
Efficiency	96.1%	

ผู้วิจัยได้คำนวณหาจำนวนพื้นที่ทั้งหมดที่ต้องจัดทำโครงสร้างเพื่อรองรับการติดตั้ง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อพื้นที่ของแผงเท่ากับ 1.264 m^2

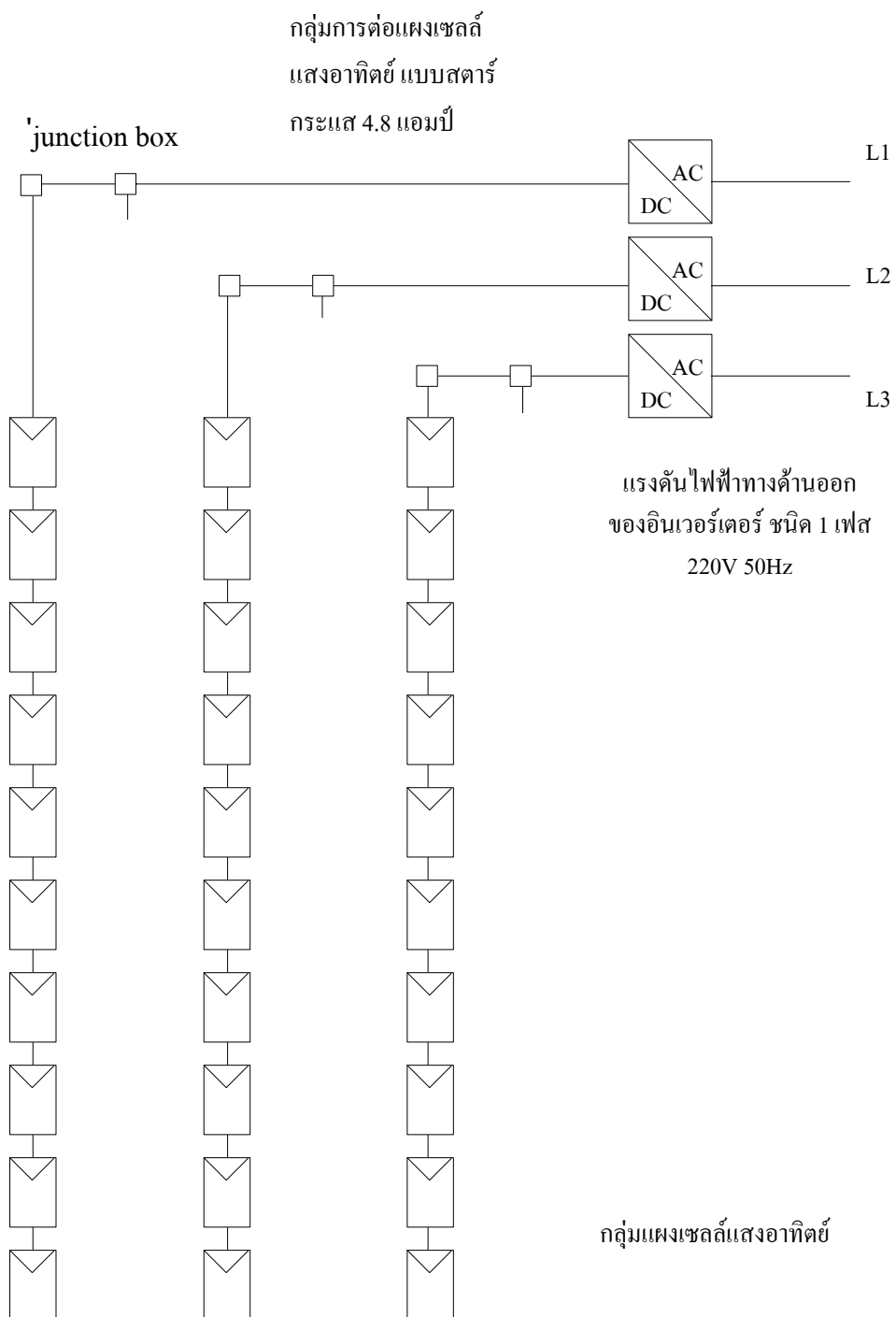
$$\text{จำนวนพื้นที่ที่ติดตั้ง} = 30 \text{ แผง} \times 1.264 \text{ m}^2 = 37.92 \text{ m}^2$$

เลือกระบบไฟฟ้าเป็นแบบ 1 เฟส 240 โวลต์ 3 กลุ่ม จำนวนแผงต่อกลุ่ม 10 แผง โดยการออกแบบเบื้องต้น ให้ระบบเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้า 3 เฟส 380V 50Hz ดังนั้นต้องออกแบบระบบโฟโตโวลตาอิก จำนวน 3 ชุด เพื่อต่อแบบ Star ให้ได้แรงดันที่สายเท่ากับ 380V โดยต้องอนุกรมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้แรงดันไฟฟ้า เมื่อ แรงดันสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ 35.6 โวลต์ อนุกรมกันเพื่อให้ได้แรงดัน 356 โวลต์โดยที่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่อินเวอร์เตอร์ต้องการ 200-500VDC (PV VDC) จำนวน 10 แผงต่อสตริง (10 Panel per String) ทำให้ได้กระแสไฟฟ้าต่อกลุ่ม 4.8 แอมแปร์ กำลังไฟฟ้าสูงสุด 1.71 kW_p / 1 อินเวอร์เตอร์ ดังรูปที่ 3.10

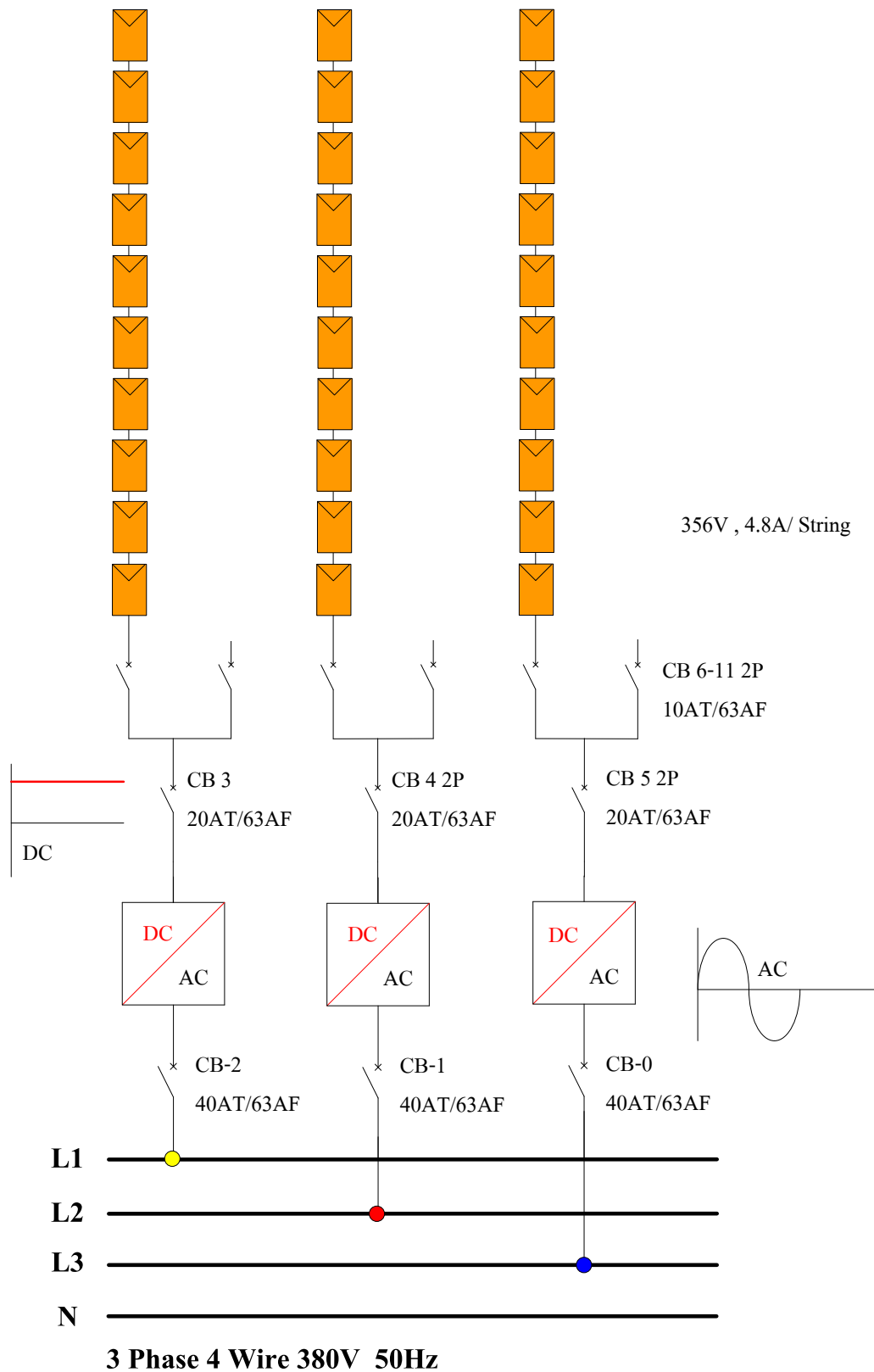


รูปที่ 3.10 การวางระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อหนึ่งกลุ่ม

ผู้วิจัยออกแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 3 ชุดด้วยกันเพื่อทำให้เป็นระบบ 3 เฟส 380V 50Hz โดยที่ขนาดแรงดัน 356 โวลต์กระแสตรงสูงสุด 4.8 แอมแปร์ ผ่านอินเวอร์เตอร์ชนิด 1 เฟสจำนวน 3 เครื่อง เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยมีการต่อระบบไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทางด้านไฟฟ้ากระแสตรง ดังรูปที่ 3.10 สำหรับการเชื่อมต่อบรรยากาศไฟฟ้าของระบบทั้งหมดสามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 3.11 ซึ่งจะเห็นได้ว่า เป็นการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ได้ระดับแรงดันไฟฟ้าตามที่ต้องการ สำหรับการต่อแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับอินเวอร์เตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ จากรูปจะต่ออินเวอร์เตอร์ 1 เฟส จำนวนสามตัว เพื่อจ่ายให้กับสายส่งกำลังไฟฟ้า โดยมีการต่อแรงดันทางด้านออก ของอินเวอร์เตอร์แบบ Star ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การวางระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลังผลิต 5 กิโลวัตต์สูงสุด



รูปที่ 3.12 ระบบป้องกันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลังผลิต 5 กิโลวัตต์สูงสุด

การเลือกใช้ อินเวอร์เตอร์ประสิทธิภาพสูง ชนิดเชื่อมต่อกับสายส่งกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้า
เลือกชนิด 1 เฟสจำนวน 3 เครื่อง เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งจากการออกแบบ
ต้องหาค่าของอินเวอร์เตอร์ โดยพิจารณาได้จากสมการที่ 3.1 [1]

ใช้สูตร หาค่าของอินเวอร์เตอร์

$$P_{inv} = \frac{P_{ACT} S_f}{pf} \quad (3.1)$$

เมื่อ P_{inv} คือ Minimum inverter size wattage (Watt)

S_f คือ Safety factor

P_{ACT} คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของแผง

แทนค่าสูตร

$$P_{inv} = \frac{1.72kVA}{0.85} * 1.25 = 2.52kW$$

ดังนั้นเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ ขนาด 3 kW

อุปกรณ์ป้องกัน

ทางด้านไฟฟ้ากระแสตรง

เซอร์กิตเบรกเกอร์ = $4.8 * 1.25 = 6 A$ (ขนาดกระแสที่ใช้งานของระบบ 5 kWp)

เลือกใช้ CB ขนาด 20 AT แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 356 VDC max

เซอร์กิตเบรกเกอร์ = $14.4 * 1.25 = 18 A$ (ขนาดกระแสที่ใช้งานของระบบ 5 kWp)

เลือกใช้ CB ขนาด 40 AT แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 356 VDC max

ทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ

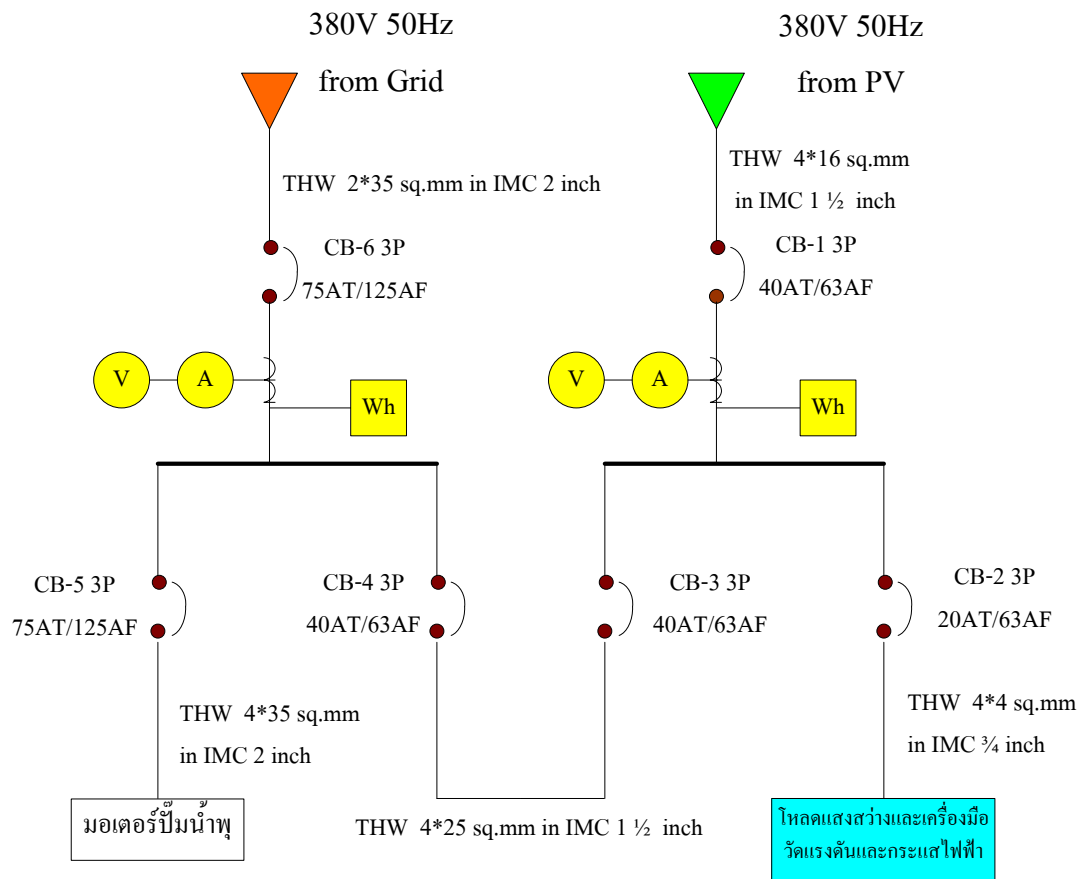
จากสูตร [20]

$$\text{เซอร์กิตเบรกเกอร์} = CB_{ac} = \frac{3kVA}{(220 * 0.85)} * 1.25 = 20 A \text{ (เครื่องป้องกันระบบ 5 kW)}$$

ดังนั้นเลือกขนาด เซอร์กิตเบรกเกอร์ 20 AT 2 Pole

ตารางที่ 3.4 กำลังไฟฟ้าของระบบโฟโตโวลตาอิก Watt Peak ของระบบไฟฟ้าที่ทำการออกแบบ

ระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	356	V
กระแสไฟฟ้าสูงสุด	14.4	A
จ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด	5.13	kW
ขนาดของอินเวอร์เตอร์ 1 กลุ่ม	3	kW / String



รูปที่ 3.13 ระบบไฟฟ้ารวมสำหรับงานระบบ

จากรูปที่ 3.13 แสดงให้เห็นถึงระบบป้องกัน ของระบบโฟโตโวลตาอิก ระบบป้องกันสายไฟ ซึ่งจากตำแหน่งที่ติดตั้ง เซอร์กิตเบรกเกอร์ CB3, CB4 คือระยะห่างจากจุดที่ติดตั้งระบบโฟโตโวลตาอิกกับตู้ควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า สำหรับเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าของระบบ แสงสว่างที่ใช้ใน สถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จะรวมอยู่ใน Measuring system and Lighting สำหรับจุดที่เชื่อมต่อระบบโฟโตโวลตาอิกกับสายส่งกำลังไฟฟ้า โดยจะป้องกันระบบทั้งสองให้แยกออกจากกันกรณีเกิดการลัดวงจร หรือต้องการซ่อมบำรุงสายไฟฟ้าด้วย เซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาด 75 AT

พลังงานไฟฟ้าที่ระบบโฟโตโวลตาอิก สามารถจ่ายให้กับโหลดปั๊มน้ำ สามารถหาได้จากสูตร กำลังไฟฟ้าที่ระบบสามารถจ่ายให้แก่โหลดได้

$$P_{\max} = 356V * 28.8A * 0.96 = 4.92kW$$

หรือ ประมาณ 4.92 kW ที่ระบบ 3 เฟส 380 V 50 Hz เมื่อคิดความยาวนานของแสงแดดมีค่าเท่ากับ 5 ชั่วโมงต่อวัน [1] ระบบโฟโตโวลตาอิกสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดได้ที่ 24.6 หน่วยต่อวัน (kWh/day) หรือ 8,979 หน่วยต่อปี (kWh/Years)

สรุป

วิธีดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการออกแบบและวิเคราะห์ ระบบโฟโตโวลตาอิกสำหรับการเชื่อมต่อเข้ากับสายส่งของการไฟฟ้า โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. การสำรวจพื้นที่ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับระบบ 5 kW
2. การจำลองระบบโฟโตโวลตาอิก 5 กิโลวัตต์เชื่อมกับสายส่ง ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
3. การออกแบบระบบป้องกันทางไฟฟ้าของระบบโฟโตโวลตาอิก