



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การออกแบบ และติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง
จากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

Design and Installation of a Direct Current Electrical
Control Cabinet from Solar Panel

โดย

นายทิวากร สอหมาน 6002320004

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2562



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การออกแบบ และติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง
จากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

Design and Installation of a Direct Current Electrical
Control Cabinet from Solar Panel

โดย

นายทิวากร สอหมาน 6002320004

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2562

หัวข้อโครงการ การออกแบบและติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงรับ
พลังงานแสงอาทิตย์
Design and Installation of a Direct Current Electrical
Control Cabinet from Solar Panel

ผู้จัดทำ นายทิวากร สอหมาน

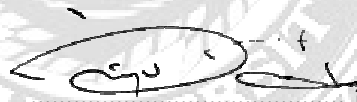
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า


อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์จักรกฤษณ์ จันทร์เขียว


อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาภาควิชา
วิศวกรรมไฟฟ้า ประจำปีภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2562




คณะกรรมการการสอบโครงการ


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์จักรกฤษณ์ จันทร์เขียว)


..... พนักงานที่ปรึกษา
(นายอนุศิษฐ์ ปั่นมีรส)


..... กรรมการกลาง
(ผศ.ดร.ทัศน์ย์ พลอยสุวรรณ)


..... ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิมปะวัฒน์นะ)

จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 30 พฤษภาคม พ.ศ.2563

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา
เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์จักรกฤษณ์ จันทร์เขียว

ตามที่คุณจัดทำ นายทิวากร สอหมาน นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษาระหว่างวันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2563 ในตำแหน่ง Service Engineering ณ บริษัท ไอเดีย ฟิลด์ จำกัด และได้รับมอบหมายจากพนักงานที่ปรึกษาให้ศึกษาและทำรายงานเรื่อง

“การออกแบบ และติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์”

บัดนี้ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดแล้ว ผู้จัดทำจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้ จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นายทิวากร สอหมาน

นักศึกษาสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ชื่อโครงการ	: การออกแบบและติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์
ชื่อนักศึกษา	: นายทิวากร สอหมาน 6023200004
อาจารย์ที่ปรึกษา	: อาจารย์จักรกฤษณ์ จันทร์เขียว
ระดับการศึกษา	: ปริญญาตรี (วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต)
ภาควิชา	: วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ	: วิศวกรรมศาสตร์
ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา	: 2/2562

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษาเล่มนี้ได้นำเสนอประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับการออกแบบและติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ ณ บริษัทไอเดีย พิวด์ จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทที่ดำเนินกิจการด้านออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ การเรียนรู้ระหว่างการศึกษาปฏิบัติงานสหกิจศึกษาโดยได้รับมอบหมายงานด้านการออกแบบและติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งประกอบไปด้วย การออกแบบและคัดเลือกอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการติดตั้ง การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการคำนวณพิกัดการทำงาน และวิธีการเดินสายไฟภายในตู้ควบคุม โดยมีรายละเอียดการปฏิบัติงานต่างๆ ได้ถูกนำเสนอไว้ในรายงานสหกิจศึกษาเล่มนี้

คำสำคัญ: ระบบไฟฟ้ากระแสตรง/ พลังงานแสงอาทิตย์/ ตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง

Project Title : Design and Installation of a Direct Current Electrical Control Cabinet from Solar Panel

By : Mr. Tiwakorn Sorman 602320004

Advisor : Mr. Jrukkrit Chankiew

Degree : Bachelor of Engineering

Major : Electrical Engineering

Faculty : Engineering

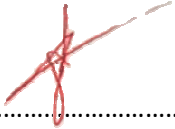
Semester/Academic year : 2/2019

Abstract

This cooperative education project presents useful experiences in design and setup DC Combiner box for Solar cell system at Ideafield Ltd. The company operates about solar cell system and design with set up. This is a learning experience during cooperative education and responsible duty is about design with set up DC combiner box that include with design with computer software and electric system. Principles of the design and setup DC Combiner box have been thoroughly presented in this cooperative education project.

Keywords: Electric Direct Current System/ Solar Cell/ Electric DC Control Cabinet

Approved by



.....

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การที่ผู้จัดทำได้มาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท ไอเดีย ฟิลด์ จำกัด ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2563 รวมทั้งสิ้น 15 สัปดาห์ ส่งผลให้ผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ ที่มีค่ามากมาย สำหรับรายงานสหกิจศึกษาระดับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

1. บริษัท ไอเดีย ฟิลด์ จำกัด
2. นายอนุศิษฐ์ ปันมีรส พนักงานที่ปรึกษา
3. อาจารย์จักรกฤษณ์ จันทร์เชียว อาจารย์ที่ปรึกษา

และบุคคลท่านอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจกับชีวิตของการทำงานจริง ซึ่งผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

นายทิวากร สอหมาน

สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การทบทวนเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 แผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell Panel)	3
2.1.1 ชนิดของโซล่าเซลล์	3
2.1.2 ประเภทแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์	4
2.2 กระแสไฟฟ้า (Electric Current)	4
2.2.1 ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current: AC)	5
2.2.2 ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current: DC)	6
2.3 ตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง (DC Combiner Box)	7
2.3.1 สวิตช์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง (DC Switch)	8
2.3.2 อุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าสูงชั่วขณะ (Surge Protection)	9
2.3.3 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)	10
2.3.4 ฟิวส์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง (DC Fuse)	11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน	12
3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	12
3.2 ลักษณะการประกอบการผลิตภัณฑ์การให้บริการหลักขององค์กร	13
3.3 บทบาทและหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย	13
3.4 ชื่อและตำแหน่งพนักงานที่ปรึกษา	13
3.5 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	13
3.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	14
บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ	15
4.1 การจัดทำเอกสารรายการอุปกรณ์ และใบเบิกอุปกรณ์ประกอบตู้ควบคุม	15
4.2 การส่งเอกสารใบเบิกอุปกรณ์	16
4.3 ขั้นตอนการผลิตตู้ควบคุม DC Combiner Box	16
4.3.1 การออกแบบ	17
4.3.2 การตัดป้ายหน้ากล่องควบคุม	19
4.3.3 การติดตั้งรูลอดสายไฟ (Cable Gland)	20
4.3.4 ทำการเจาะตัดขนาดและเจาะแผ่นรองรับอุปกรณ์ภายในตู้	20
4.3.5 การนำแผ่นรองรับอุปกรณ์ติดตั้งในตู้ควบคุม	20
4.3.6 การตรวจสอบการติดตั้งอุปกรณ์ก่อนส่งมอบงาน	22
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	23
5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน	23
5.2 ประโยชน์ด้านสังคม	23
5.3 ประโยชน์ด้านการทำงาน	24
5.4 ปัญหาในการปฏิบัติงาน	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.5 การแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน	24
5.6 ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงาน	24
5.7 ความปลอดภัยในงานช่าง	25
บรรณานุกรม	26
ประวัติผู้จัดทำ	27



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์	3
รูปที่ 2.2 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบต่าง ๆ	4
รูปที่ 2.3 รูปคลื่นของไฟฟ้ากระแสสลับ	6
รูปที่ 2.4 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	6
รูปที่ 2.5 ตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง (DC Combiner Box)	7
รูปที่ 2.6 สวิตช์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง (DC Switch)	8
รูปที่ 2.7 อุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าสูงชั่วขณะ (Surge Protection)	9
รูปที่ 2.8 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)	10
รูปที่ 2.9 ฟิวส์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง (DC Fuse)	11
รูปที่ 3.1 บริษัท ไอเดีย พิลด์ จำกัด	12
รูปที่ 4.1 การจัดทำเอกสารรายการเบิกอุปกรณ์ (1)	15
รูปที่ 4.2 การจัดทำเอกสารรายการเบิกอุปกรณ์ (2)	16
รูปที่ 4.3 การจัดทำเอกสารรายการเบิกอุปกรณ์ (3)	16
รูปที่ 4.4 การส่งเอกสารใบเบิกอุปกรณ์เพื่อลงนามอนุมัติ	17
รูปที่ 4.5 การออกแบบเจาะตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงด้วยเครื่องจักรกลแบบอัตโนมัติ	18
รูปที่ 4.6 การนำตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปเจาะในเครื่องจักรกลแบบอัตโนมัติ	18
รูปที่ 4.7 การติดตั้งเคเบิลตามรูที่เจาะ	19
รูปที่ 4.8 การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันสายไฟ (Cable Gland) ที่ตู้	19
รูปที่ 4.9 การเจาะแผ่นหน้าตู้ควบคุมเพื่อติดตั้งอุปกรณ์	20
รูปที่ 4.10 การติดตั้งอุปกรณ์บนแผ่นหน้าตู้ควบคุม	20
รูปที่ 4.11 การนำแผ่นหน้าตู้ควบคุมมาติดตั้งในตู้ควบคุม	21
รูปที่ 4.12 การเดินสายไฟสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์	21
รูปที่ 4.13 การบรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งมอบให้กับลูกค้า	22

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 แสดงระยะเวลาในการดำเนินงานของโครงการ

หน้า

14



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งานทางด้านบริการทางวิศวกรรม (Service Engineer) ในบริษัทไอเดียฟิลด์ จำกัด มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้มีความเข้าใจในการจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับประกอบตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง (DC Combiner Box) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญสำหรับการใช้ติดตั้งอุปกรณ์โซลาร์เซลล์ นอกจากนี้ ผู้จัดทำจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจถึงรายละเอียดของมาตรฐานต่าง ๆ ทั้งในการจัดทำเอกสารใบเบิกสินค้าเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการโดยลดการเกิดของเหลือใช้ (Waste) รวมทั้งในขั้นตอนการตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ

ในการเข้าร่วมฝึกงานของโครงการสหกิจศึกษานั้น เป็นการสร้างโอกาสในการเพิ่มพูนความรู้ของนักศึกษาโดยไม่สามารถหาได้เพียงพอจากในห้องเรียน นอกจากนี้การนำความรู้ในห้องเรียนมาผสมผสานกับการทำงานจริง จึงได้เกิดแนวคิดอีกมากมายโดยสามารถนำไปประยุกต์ในการทำงานจริงในอนาคต ด้วยกฎระเบียบข้อบังคับ การวางแผน การวิเคราะห์ และการปฏิบัติงานร่วมกับผู้อื่นทำให้รู้จักการปรับตัวและมีความยืดหยุ่น โดยเมื่อเผชิญกับปัญหาเฉพาะหน้าสามารถลำดับการและหาแนวทางแก้ไขได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งในการทำงานจริงนั้นเมื่อเกิดปัญหาจะทำให้เกิดการศึกษาค้นคว้าความรู้เพิ่มเติมและนำไปพัฒนาในภายภาคหน้าต่อไป

ด้วยเหตุนี้ข้าพเจ้าจึงจัดทำรายงานโครงการสหกิจศึกษาเล่มนี้ขึ้น เพื่อใช้สำหรับเป็นแนวทางในการออกแบบและติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจะนำเสนอเนื้อหาของการศึกษาและวิธีการประกอบ DC Combiner Box โดยการลดการเกิดของเหลือใช้หรือ Waste ตามหลักการทำงานของระบบเบิกจ่ายสินค้ารวมถึงการคำนวณของเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าและ การตรวจสอบ การแก้ไขข้อบกพร่องของการทำงานของตู้ DC Combiner Box

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการออกแบบตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง (DC Combiner Box) สำหรับแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์
- 1.2.2 เพื่อศึกษาการซ่อมแซมตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง (DC Combiner Box) ในกรณีมีความเสียหายเกิดขึ้น
- 1.2.3 เพื่อให้มีความเข้าใจในการเลือกใช้อุปกรณ์สำหรับการสร้างตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง (DC Combiner Box)
- 1.2.4 เพื่อให้เกิดการเรียนรู้การทำงานเป็นหมู่คณะ

- 1.2.5 เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานรู้จักการทำงานอย่างเป็นแบบแผนขั้นตอนและถูกต้อง
- 1.2.6 เพื่อให้ทราบถึงหลักการติดตั้งอุปกรณ์และการซ่อมแซมอย่างถูกต้อง
- 1.2.7 เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ในการทำงาน

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 สามารถออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์สำหรับการสร้างตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง (DC Combiner Box) ได้
- 1.3.2 สามารถสร้างตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง (DC Combiner Box) สำหรับแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์
- 1.3.3 สามารถซ่อมแซมตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง (DC Combiner Box) ในกรณีมีความเสียหายเกิดขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 มีความรับผิดชอบและเข้าใจในการทำงานให้มากขึ้น
- 1.4.2 เข้าใจหลักการทางวิชาการมากขึ้นจากการปฏิบัติงานจริง
- 1.4.3 รู้จักการวางแผน การแก้ไขปัญหา โดยสามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ตรงจุด
- 1.4.4 สามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้



บทที่ 2

การทบทวนเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ หรือแผงโซลาร์เซลล์เป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยมีสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอนซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่ใช้ทำชิพคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไม่เป็นพิษ มีราคาถูก และคงทน จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ และอยู่ในรูปแบบที่จะนำไปทำเซลล์แสงอาทิตย์ได้ เมื่อแสงอาทิตย์มากระทบกับเซลล์พลังงานแสงซึ่งมีอนุภาคของโปรตอน ซึ่งประจุบวก (+) ไปกระทบกับสารกึ่งตัวนำบนเซลล์ที่มีอนุภาคเป็นอิเล็กตรอนซึ่งเป็นประจุลบ (-) เกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างกัน ทำให้อนุภาคอิเล็กตรอนหลุดออกจากนิวเคลียสของอะตอมและเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจร จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าง่ายๆไปใช้งานได้



รูปที่ 2.1 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

2.1.1 ชนิดของโซลาร์เซลล์

ยุคปัจจุบันการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ อาจแยกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ และการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยความร้อนจากแสงอาทิตย์ ซึ่งการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับประเทศไทย คือ การใช้เซลล์อาทิตย์ (Solar cell) ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ ซึ่งดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้าทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ จะเกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ สามารถต่อกระแสไฟฟ้าง่ายๆไปใช้

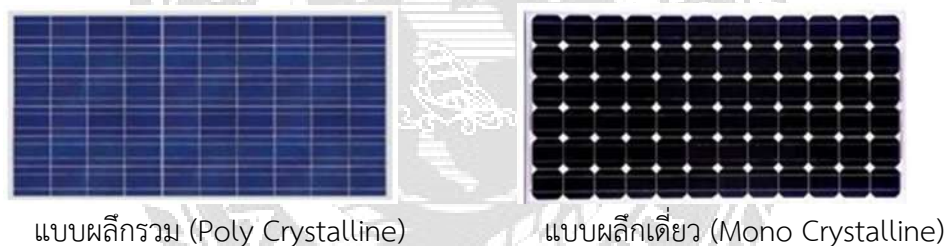
งานได้ จากหลักการทำงานดังกล่าว ชนิดของสารหลักที่ใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้กันอยู่ 2 ประเภทคือ ประเภทแรกเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอนจะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น แบบที่เป็นรูปผลึก (Crystalline) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous)

2.1.2 ประเภทแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

ประเภทแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ จะแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. แบบผลึกเดี่ยว (Mono Crystalline) เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดแรก ๆ ที่ได้รับการผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ มีลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนมีความหนาประมาณ 300 ไมครอน หรือที่เรียกว่า เวเฟอร์

2. แบบผลึกรวม (Poly Crystalline) เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้น เพื่อลดต้นทุนของโซลาร์เซลล์แบบผลึกเดี่ยว โดยยังคงคุณสมบัติและประสิทธิภาพการใช้งานใกล้เคียงกับแบบผลึกเดี่ยวมากที่สุด ซึ่งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่ในประเทศไทยจะนิยมใช้เซลล์แสงอาทิตย์ประเภทนี้



รูปที่ 2.2 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบต่าง ๆ

2.2 กระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า (Electric Current) คือ การไหลของประจุไฟฟ้าผ่านวงจร โดยวงจรนี้อาจจะเล็กเพียงแค่นาฬิกาข้อมือ หรืออาจจะเป็นโครงข่ายของสายไฟฟ้าที่ครอบคลุมทั้งเมือง สัญลักษณ์ของกระแสไฟฟ้า คือ I ซึ่งมีที่มาจากคำในภาษาฝรั่งเศสคือ *Intensité De Courant* หรือ *Intensity of Current* หมายถึง ความเข้มของกระแส กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นจากการไหลของอิเล็กตรอนผ่านจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งผ่านวัสดุตัวนำ นั่นคือการถ่ายโอนประจุไฟฟ้าซึ่งก็คืออิเล็กตรอน โดยกระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่หรือไหลจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า หน่วยของกระแสไฟฟ้า (I) เรียกว่า แอมแปร์ (A) โดยสามารถคำนวณได้จากผลรวมของประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ผ่านหน้าตัดจุดหนึ่ง ๆ ของตัวนำในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งผลรวมของประจุไฟฟ้าใช้สัญลักษณ์แทนว่า Q และมีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C) ส่วนเวลา ใช้สัญลักษณ์ t มีหน่วยเป็นวินาที (S) จากตรงนี้สามารถเขียนเป็นสูตรการ

คำนวณปริมาณกระแสไฟฟ้าได้ ดังนี้ $I (A) = Q (C) / t (s)$ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าเกิดจากการไหลของอิเล็กตรอนในสายไฟ ซึ่งการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนนี้ต้องมีแรงมากระทำต่ออิเล็กตรอน จึงทำให้มันหลุดจากอะตอมหนึ่งเคลื่อนตัวผ่านไปยังอะตอมถัดไปได้ แรงที่ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่นี้เรียกว่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) หรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (Volt) ซึ่งหมายถึงแรงดันที่ทำให้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ (Ampere, A) เคลื่อนที่ผ่านความต้านทาน 1 โอห์ม (Ohm, Ω) ได้ โดยความต้านทานไฟฟ้า (Resistance) คือคุณสมบัติเฉพาะของวัตถุแต่ละชนิด ที่จะต้านทานการไหลของไฟฟ้าไม่ให้ผ่านไปได้อย่างง่าย มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)

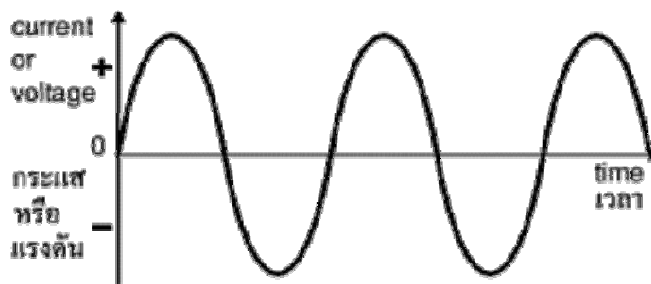
วัตถุที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำหรือยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้อย่างง่ายเรียกว่า ตัวนำไฟฟ้า (Conductor) ซึ่งมักเป็นโลหะ และเรานำมันมาใช้ประโยชน์ในการเป็นตัวนำไฟฟ้าในสายไฟ เป็นต้น ส่วนวัตถุที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ยากมากหรืออาจผ่านไม่ได้เลย เช่น ยาง แก้ว หรือพลาสติก เรียกว่า เป็นฉนวนไฟฟ้า (Insulator) แน่นอนว่ามีวัตถุบางส่วนที่อยู่ระหว่างกลางระหว่างตัวนำและฉนวนไฟฟ้า ทำให้เราสามารถควบคุมการไหลผ่านได้ จึงเรียกว่า สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor)

สำหรับกระแสไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีสองรูปแบบ คือ

- 1). ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current, DC) ไฟฟ้ากระแสตรงมีทิศทางการไหลของประจุไฟฟ้าคงที่ ส่วนใหญ่ไม่มีอันตรายเพราะกระแสต่ำ มักพบได้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่ใช้คู่กับแบตเตอรี่ หรือกระแสไฟฟ้าซึ่งเกิดจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น
- 2). ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current, AC) ไฟฟ้ากระแสสลับคือ ไฟฟ้าที่เราใช้ตามบ้าน โดยถูกส่งตรงมาจากโรงงานไฟฟ้า กระแสไฟฟ้ามีทิศทางการไหลกลับไปกลับมาอย่างรวดเร็ว มีรูปร่างคลื่นเหมือน Sine Wave หรืออาจจะเป็นสามเหลี่ยม บ้างก็สี่เหลี่ยม มีกระแสสูงและอันตรายมาก ปัจจุบันมีอุปกรณ์แปลงไฟฟ้าที่ใช้เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าไปมาจาก DC เป็น AC ได้

2.2.1 ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ไหลทางเดียวแต่สลับทิศอย่างต่อเนื่อง แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องระหว่างบวก (+) และลบ (-) อัตราการเปลี่ยนทิศทางเรียกว่าความถี่ของไฟกระแสสลับ มีหน่วยวัดเป็นเฮิรตซ์ (Hz) ซึ่งก็คือจำนวนรอบคลื่นต่อหนึ่งวินาที ไฟฟ้าหลักในประเทศไทยใช้ความถี่ 50Hz คุณสมบัติของสัญญาณแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับเหมาะสำหรับจ่ายกำลังให้อุปกรณ์บางอย่าง เช่น หลอดไฟและเครื่องกำเนิดความร้อน แต่วงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ต้องการเลี้ยงด้วยไฟกระแสตรงคงที่



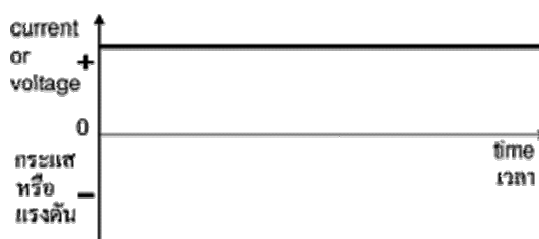
รูปที่ 2.3 รูปคลื่นของไฟฟ้ากระแสสลับ

คุณสมบัติของไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) คือสามารถส่งไปในที่ไกล ๆ ได้ดี กำลังไม่ตก และสามารถแปลงแรงดันให้สูงขึ้นหรือต่ำลงได้ตามต้องการโดยการใช้หม้อแปลง (Transformer)

ประโยชน์ของไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ได้แก่ ใช้กับระบบแสงสว่างได้ดี ประหยัดค่าใช้จ่าย ผลิตได้ง่าย ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการกำลังมาก ๆ ใช้กับเครื่องเชื่อม และใช้กับเครื่องอำนวยความสะดวกและอุปกรณ์ไฟฟ้าได้เกือบทุกชนิด

2.2.2 ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Current)

เป็นกระแสไฟฟ้าไหลไปทิศทางเดียว แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นบวกหรือเป็นลบก็ได้ แต่อาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง วงจรอิเล็กทรอนิกส์ปกติต้องเลี้ยงด้วยไฟฟ้ากระแสตรงสม่ำเสมอและคงที่ ที่ค่าหนึ่งหรือไฟฟ้ากระแสตรงที่เรียกมีค่าเปลี่ยนแปลง ที่เรียกว่ารีเลย์เพียงเล็กน้อย เซลล์ แบตเตอรี่ ให้ไฟฟ้ากระแสตรงแบบสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นดีซีในอุดมคติสำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์แหล่งจ่ายกำลัง ประกอบด้วย หม้อแปลง ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟกระแสสลับหลักให้ได้แรงดันกระแสสลับที่เหมาะสม จากนั้นก็แปลงไฟกระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรงด้วยตัวเรียงกระแสแบบบริดจ์ แต่ไฟที่ได้ยังไม่เรียบและไม่เหมาะที่จะใช้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์แหล่งจ่ายกำลังบางแบบจะมีตัวเก็บประจุเพื่อกรองไฟให้เรียบ ซึ่งเหมาะสำหรับใช้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวในการทำงานที่สูง



รูปที่ 2.4 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

คุณสมบัติของไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ได้แก่ กระแสไฟฟ้าไหลไปทิศทางเดียวกันตลอด มีค่าแรงดันหรือแรงเคลื่อนเป็นบวกอยู่เสมอ สามารถเก็บประจุไว้ในเซลล์ หรือแบตเตอรี่ได้

ประโยชน์ของไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ได้แก่ ใช้ในการชุบโลหะต่าง ๆ ใช้ในการทดลองทางเคมี ใช้เชื่อมโลหะและตัดแผ่นเหล็ก ทำให้เหล็กมีอำนาจแม่เหล็ก ใช้ในการประจุกระแสไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ ใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.3 ตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง (DC Combiner Box)

คือ เป็นตัวรวมกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อส่งกระแสไฟฟ้าที่รวมได้ไปแปลงกระแสไฟฟ้าที่ Inverter ซึ่ง Combiner Box นี้ยังมี ฟิวส์ และ เซอร์กิตเบรกเกอร์เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน และบางครั้งอาจจะมี Surge Protection อยู่ภายในด้วย



รูปที่ 2.5 ตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง (DC Combiner Box)

ซึ่ง Surge Protection นี้มีหน้าที่ป้องกันแรงดันไฟฟ้ามีร่าสูงเกินไปเช่น เกิดฟ้าผ่า เป็นต้น ซึ่ง DC Combiner Box นั้นเป็นกล่องรวมสาย เป็นจุดรวมสายไฟฟ้า DC ที่มาจากแผงโซลาร์เซลล์จากหลาย ๆ แผง และจะมีอุปกรณ์ DC Switch และ Surge Protection รวมอยู่ในนี้ด้วย และมีอุปกรณ์อื่น ๆ ที่สำคัญประกอบอยู่ใน Combiner Box ดังนี้

2.3.1 สวิตช์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง (DC Switch)

เป็นสวิตช์ตัดวงจรกระแสไฟฟ้าตรงที่ออกแบบมาให้ใช้กับแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉพาะ สอดคล้องกับมาตรฐาน IEC 60364-7-712 ที่ได้กำหนดไว้ว่า การติดตั้งระบบไฟฟ้าจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องสามารถตัดกระแสไฟของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ออกจากระบบอื่น ๆ ได้อย่างสมบูรณ์แบบ ทำให้สวิตช์ตัดวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ที่ได้นำมาใช้จะต้องมีค่าประสิทธิภาพที่สูงกว่าสวิตช์ตัดตอนวงจรไฟฟ้ากระแสสลับโดยทั่ว ๆ ไป เพราะการตัดวงจรไฟฟ้ากระแสตรงทำได้ยากกว่าวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ประกอบกับเหตุที่ว่า ในแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์สามารถให้กำเนิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นไปได้สูงถึง 1,000 โวลต์ การเปลี่ยนแปลงของค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นอยู่กับการจัดเรียงตัวกันของเซลล์ในแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์เป็นหลัก สวิตช์ตัดวงจรไฟฟ้ากระแสตรงถูกออกแบบมาให้ครอบคลุมการติดตั้งแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบตามหลักการที่ได้รับความนิยมทั้งหมดเท่าที่จำเป็น เพื่อลดความซับซ้อนในตัวเลือกต่าง ๆ เพื่อช่วยให้การตัดสินใจของผู้ใช้งานที่จะนำไปติดตั้งและได้ประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ ยังมีสวิตช์ตัดวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ครอบคลุมการทำงานทุกรูปแบบที่จะใช้ติดตั้งระบบไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ตามมาตรฐาน IEC 60364-7-712

สวิตช์ตัดต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงต้องผ่านมาตรฐานตามข้อกำหนดของ IEC 60947 และต้องมีรูปแบบที่เป็นการทำงานด้วยมือแบบกึ่งเป็นอิสระ หรือ การทำงานด้วยมือที่เป็นอิสระอย่างสมบูรณ์ สวิตช์ตัดต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและอุปกรณ์ตัดวงจรไฟฟ้าขณะที่มีภาระทางไฟฟ้าต่ออยู่ (On-Load) ที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ของการป้องกันหรือตัดวงจรไฟฟ้า ต้องมีการทำงาน ดังนี้

ก.) ต้องไม่เป็นแบบป้องกันการกลับขั้ว (Polarity Sensitive)

ข.) เมื่อมีอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินร่วมด้วย และมีการระบุพิกัดประกอบ

ค.) ต้องตัดวงจรไฟฟ้าในตัวนำกระแสไฟฟ้ากระแสที่สูงพร้อมกัน

ง.) ต้องมีการป้องกันไม่ให้เกิดการเปิดโดยผู้ที่ไม่เกี่ยวข้อง ในกรณีสำหรับสถานที่ที่ไม่ใช่บ้านพักอาศัย สวิตช์ตัดต่อวงจรไฟฟ้าของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (PV Array) ต้องตัดวงจรไฟฟ้าของตัวนำทั้งหมด โดยตัวนำสายดินที่นำมาต่อลงดินเพื่อความปลอดภัยด้านกระแสไฟฟ้ารั่วไหลต้องไม่ถูกตัดวงจรไฟฟ้าออกจากระบบ



รูปที่ 2.6 สวิตช์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง (DC Switch)

2.3.2 อุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าสูงชั่วขณะ (Surge Protection)

แรงดันไฟฟ้ากระชาก (Surge Voltage) คือ สภาวะการเกิดแรงดันไฟฟ้าสูงเกินแบบเฉียบพลันที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า จะส่งผลให้อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ (Loads) ที่ถูกต่อใช้งานอยู่ในระบบไฟฟ้านั้นได้รับความเสียหายได้ อาจเกิดขึ้นโดยทันทีหรือทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงก็ตาม ตามระดับแรงดันไฟฟ้าที่สูงเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น การเกิดฟ้าผ่าโดยตรงต่อระบบสายส่งกำลังไฟฟ้าหรือการเกิดฟ้าผ่าในบริเวณที่อยู่ใกล้เคียง การลัดวงจรไฟฟ้าของระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า การปิด-เปิดของเครื่องใช้ไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ การตัด-ต่อของอุปกรณ์แก้ค่าเพาเวอร์แฟลคเตอร์ (Capacitor Bank) ในโรงงานอุตสาหกรรม หรือของสถานีไฟฟ้าอยู่ข้างเคียง และจากสาเหตุอื่น ๆ เป็นต้น

ส่วนใหญ่แล้ว จะเกิดจากปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ หรืออุบัติเหตุในระบบไฟฟ้า ซึ่งไม่สามารถควบคุมหรือหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม สภาวะในการเกิดแรงดันไฟฟ้ากระชากในระบบไฟฟ้าจริง ๆ แล้วไม่ใช่เรื่องใหม่แต่อย่างใด แต่ได้เกิดขึ้นมานานแล้วพร้อม ๆ กับการเกิดของระบบไฟฟ้าในตามปกตินั่นเอง แต่ที่ไม่เห็นผลกระทบจากแรงดันไฟฟ้ากระชากที่มีต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์มากนัก ก็เนื่องจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ในสมัยก่อนยังมีขนาดใหญ่และประสิทธิภาพที่สูง รวมถึงมีความซับซ้อนของวงจรป้องกันที่ดี จึงทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านี้สามารถที่จะทนต่อผลกระทบจากสภาวะการเกิดแรงดันไฟฟ้ากระชากได้ ซึ่งแตกต่างจากในปัจจุบันที่เป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็ก ในขณะที่มีประสิทธิภาพและความซับซ้อนของวงจรมากขึ้น โดยจะยังมีขนาดเล็กลงเรื่อย ๆ เพื่อให้มีประสิทธิภาพการทำงานในหน้าที่ที่สูงขึ้น ซึ่งทำให้ระบบป้องกันมีขนาดพิกัดที่ต่ำลง จึงทำให้มีโอกาสมีความเสียหายของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ที่สูงขึ้นที่เกิดจากแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 2.7 อุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าสูงชั่วขณะ (Surge Protection)

2.3.3 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

เซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นอุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ในการตัดกระแสไฟฟ้าแบบอัตโนมัติเมื่อเกิดความผิดปกติในระบบเกิดขึ้น เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับสายตัวนำไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า (Load) เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า หลอดไฟ เครื่องปรับอากาศ หรือเครื่องจักรกลทางไฟฟ้า

เซอร์กิตเบรกเกอร์ สามารถแบ่งออกตามขนาดได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. MCB: Miniature Circuit Breaker เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดพิกัดต่ำ มีค่ากระแสไฟฟ้าไม่สูงนัก (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100A) ส่วนใหญ่นิยมใช้ภายในบ้านพักอาศัย หรือติดตั้งภายในตู้ควบคุมไฟฟ้าขนาดเล็ก (Consumer) หรือตู้ควบคุมไฟฟ้าขนาดกลาง (Load Center)

2. MCCB: Moulded Case Circuit Breaker เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดกลาง มีค่ากระแสไฟฟ้าที่สูงไม่เกิน 1,600A นิยมใช้ภายในตู้ควบคุมไฟฟ้าขนาดกลาง (Load Center)

3. ACB: Air Circuit Breaker เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีขนาดกระแสไฟฟ้าที่สูง ปกติมีค่ากระแสไฟฟ้าไม่เกิน 6,300A นิยมใช้ในตู้ควบคุมไฟฟ้าขนาดใหญ่ (MDB: Main Distribution Board)

เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในการป้องกันกระแสไฟฟ้าสูงเกินในระบบไฟฟ้ากระแสตรงภายในตู้ DC Combiner Box ต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ต้องผ่านมาตรฐาน IEC 60947-2
2. ต้องไม่เป็นแบบป้องกันการกลับขั้ว (Polarity Sensitive)
3. พิกัดทางไฟฟ้าของเซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องมีขนาดพิกัดในการตัดกระแสไฟฟ้าโหลดเต็มที่ และกระแสไฟฟ้าผิดปกติของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (PV Array) และแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดอื่น ๆ ที่ถูกต่อขนานระบบเข้าด้วยกัน (หรือพร้อมที่จะขนาน) เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือจากสายส่งไฟฟ้าจากการไฟฟ้า
4. พิกัดกำลังสำหรับการป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินต้องไม่สูงเกินกว่าระบบที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้



รูปที่ 2.8 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

2.3.4 ฟิวส์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง (DC Fuse)

ฟิวส์ เป็นอุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้าประเภทหนึ่ง ที่ทำหน้าที่เสมือนตัวนำไฟฟ้าตัวหนึ่งในวงจรไฟฟ้านั้น เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าไหลเกินพิกัด (Overload Current) หรือกระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Short Circuit Current) ซึ่งมีค่ามากกว่ากระแสไฟฟ้าที่ตัวฟิวส์สามารถทนได้ (Fuse Current Rating) จะทำให้ฟิวส์นั้นขาด (Blown Fuse) ส่งผลให้วงจรไฟฟ้าไม่ครบวงจรและกระแสไฟฟ้าหยุดไหล เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและผู้ใช้อุปกรณ์

ปกติแล้วกระแสไฟฟ้าที่ไหลเกินพิกัด (Overload Current) จะเกิดขึ้นจากการดึงกระแสไฟฟ้าที่มากเกินไปจากอุปกรณ์ไฟฟ้าปลายทาง ส่วนกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการลัดวงจร (Short Circuit Current) จะเกิดจากการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านทางที่สั้นกว่าที่ควรจะเป็น เช่น อาจเกิดจากการสัมผัสกันของสายไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้าที่เสื่อมสภาพ หรือชำรุด ส่งผลให้เกิดการลัดวงจรไฟฟ้าเกิดขึ้น ซึ่งสามารถมีค่ากระแสไฟฟ้าที่สูงเป็นพันเท่าของกระแสไฟฟ้าต่อเนื่องที่พิกัดขอฟิวส์จะทนได้

โดยปกติ ฟิวส์ จะเป็นอุปกรณ์ที่อ่อนแอที่สุดในวงจรไฟฟ้า โดยจะหลอมละลายขาดออกและตัดวงจรไฟฟ้าก่อนที่อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น มอเตอร์ สวิตช์ สายไฟ จะเกิดความเสียหายได้

ข้อกำหนดโดยทั่วไปของฟิวส์ที่ใช้ในระบบ DC Combiner Box จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

1. มีพิกัดการทำงานที่ออกแบบสำหรับใช้ในงานไฟฟ้ากระแสตรง
2. มีพิกัดแรงดันไฟฟ้าเท่ากับหรือมากกว่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (PV Array)
3. มีพิกัดกระแสไฟฟ้าที่จะสามารถตัดกระแสที่ผิดปกติจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (PV Array) หรือแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าอื่น ๆ ได้
4. เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินและกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่ออกแบบสำหรับระบบไฟฟ้ากระแสตรงตามมาตรฐาน IEC 60269-6



รูปที่ 2.9 ฟิวส์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง (DC Fuse)

บทที่ 3

รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

ชื่อสถานประกอบการ: บริษัท ไอเดีย फिल्ด จำกัด

ที่อยู่: 42 ซ.อ่อนนุช 64 แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250

โทรศัพท์: 02-7210956-8

เวลาทำการ: วันจันทร์-ศุกร์ เวลา 08:30-17:30 น.



รูปที่ 3.1 บริษัท ไอเดีย फिल्ด จำกัด

3.2 ลักษณะการประกอบการ ผลิตรายการให้บริการหลักขององค์กร

บริษัท ไอเดีย พิลด์ จำกัด เป็นบริษัทที่มีความเป็นมืออาชีพที่เกี่ยวกับการจัดจำหน่ายและการบริการของอุปกรณ์พลังงานไฟฟ้า บริษัทมีอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายอย่างเช่น Digital Power Meter, Energy Management Software, Automatic and Manual Transfer Switch (ATS และ MTS), Load Break Switch (LBS) และ Capacitor Bank สำหรับภาคอุตสาหกรรมและพาณิชย์ บริษัทยังให้บริการที่ครบวงจรไม่ว่าจะเป็นการออกแบบการจัดการติดตั้ง การว่าจ้าง และการบริการหลังการขายด้วยกลุ่มช่างพลายเออร์ที่เชื่อถือได้และมีทีมงานที่มีทักษะด้านวิศวกรรมขั้นสูง มากกว่า 10 ปี ทำให้ลูกค้าได้รับความพึงพอใจด้วยผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดและบริการที่มีคุณภาพดีที่สุดเสมอ

3.3 ตำแหน่งและลักษณะงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย

3.3.1 ตำแหน่งที่ได้รับมอบหมาย

นายทิวากร สอหมาน 6023200004 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ตำแหน่งวิศวกรบริการทางเทคนิค (Service Engineering)

3.3.2 ลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

- ตรวจสอบรายการสินค้าจาก Purchase Order ที่ได้รับ
- ออกแบบเพื่อเบิกจ่ายวัสดุอุปกรณ์
- ประกอบ DC Combiner Box และบรรจุนำส่งลูกค้า

3.4 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา

ชื่อพนักงานที่ปรึกษา นายอนุศิษฐ์ ปันมีรส
ตำแหน่งผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม (Engineering Manager)

3.5 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2563 ถึงวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2563

3.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

- 3.6.1 ได้รับใบสั่งซื้อ (Purchase Order: PO) หรือใบเสนอราคาหรือใบประมาณราคา (Cost Estimate) จากพนักงานขายเครื่องควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง (DC Combiner Box) แล้ว
- 3.6.2 จัดทำเอกสารรายการตรวจสอบ (Check List) และเอกสารใบเบิกอุปกรณ์ประกอบตู้
- 3.6.3 นำส่งเอกสารใบเบิกอุปกรณ์ให้หัวหน้างานเซ็นอนุมัติเพื่อทำการเบิกอุปกรณ์
- 3.6.4 ทำการประกอบติดตั้ง DC Combiner Box ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้
- 3.6.5 ทำการทดสอบระบบ ตรวจสอบการทำงานก่อนนำส่งให้ลูกค้า
- 3.6.6 บรรจุภัณฑ์เครื่องควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อให้ฝ่ายติดตั้งนำไปส่งมอบให้ลูกค้า

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินการโครงการ

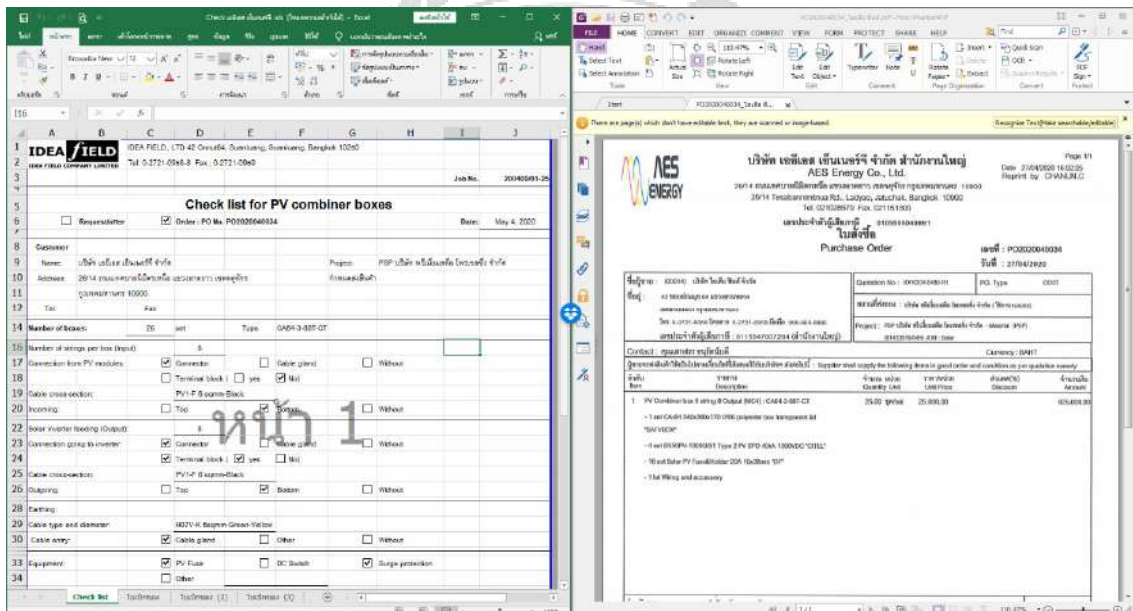
ขั้นตอนการดำเนินงาน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
1. กำหนดหัวข้อของโครงการ	↔			
2. ศึกษาข้อมูลของโครงการ	↔			
3. จัดทำโครงการ		↔		
4. ตรวจสอบโครงการ		↔		
5. โครงการเสร็จเรียบร้อย			↔	

บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ

การปฏิบัติงานตามโครงการที่ได้รับมอบหมาย มีดังนี้

4.1 การจัดทำเอกสารรายการอุปกรณ์ และใบเบิกอุปกรณ์ประกอบตู้ควบคุม

เมื่อได้รับใบคำสั่งว่าจ้างสั่งผลิตแล้ว (Purchase Order) และใบเสนอราคาจากพนักงานขาย สิ่งที่จะต้องเตรียมคือการตรวจสอบข้อมูลต่าง ๆ เพื่อทำใบรายการสินค้าและเตรียมอุปกรณ์ การทำเอกสารรายการอุปกรณ์ ใบเบิกอุปกรณ์นั้นจะต้องอ้างอิงจากแบบที่ลูกค้าต้องการ เพื่อใช้สำหรับการสั่งเบิกอุปกรณ์ในการประกอบ DC Combiner Box และเพื่อใช้ในการประกอบและติดตั้ง

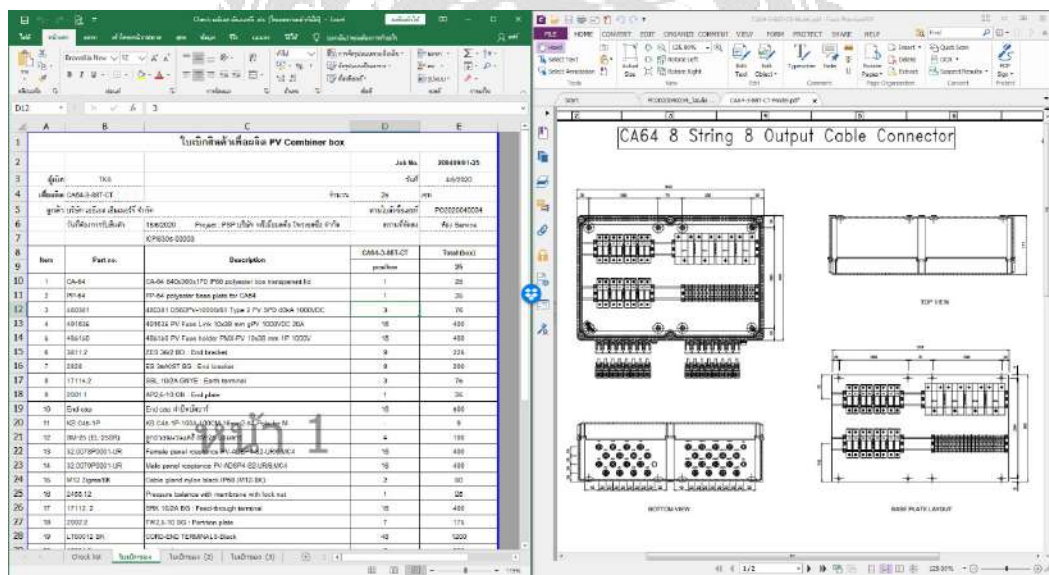


รูปที่ 4.1 การจัดทำเอกสารรายการเบิกอุปกรณ์ (1)

การทำเอกสาร Check List ใบเบิกอุปกรณ์ จะต้องอ้างอิงจาก Purchase Order ของทีมงานฝ่ายขายเนื่องจากทีมงานฝ่ายขายเป็นผู้ติดต่อและประสานงานโดยตรงกับลูกค้า โดยฝ่าย Service Engineer จะคำนวณจำนวน DC Combiner Box ที่มีการสั่งเข้ามาโดยดูจากโครงการที่ลูกค้าจะนำไปติดตั้งหรือใช้งานจริง รวมถึงการคำนวณวันที่คาดว่าจะแล้วเสร็จและส่งของให้กับลูกค้า เพื่อที่ลูกค้าจะได้นำไปติดตั้งต่อไป

The image shows two Excel spreadsheets side-by-side. The left spreadsheet is a Bill of Materials (BOM) for a PV Combiner box. It includes columns for Item No., Part No., Description, and Total Price. The right spreadsheet is a Stock list with columns for Item No., Part No., Description, and Stock quantities.

รูปที่ 4.2 การจัดทำเอกสารรายการเบิกอุปกรณ์ (2)

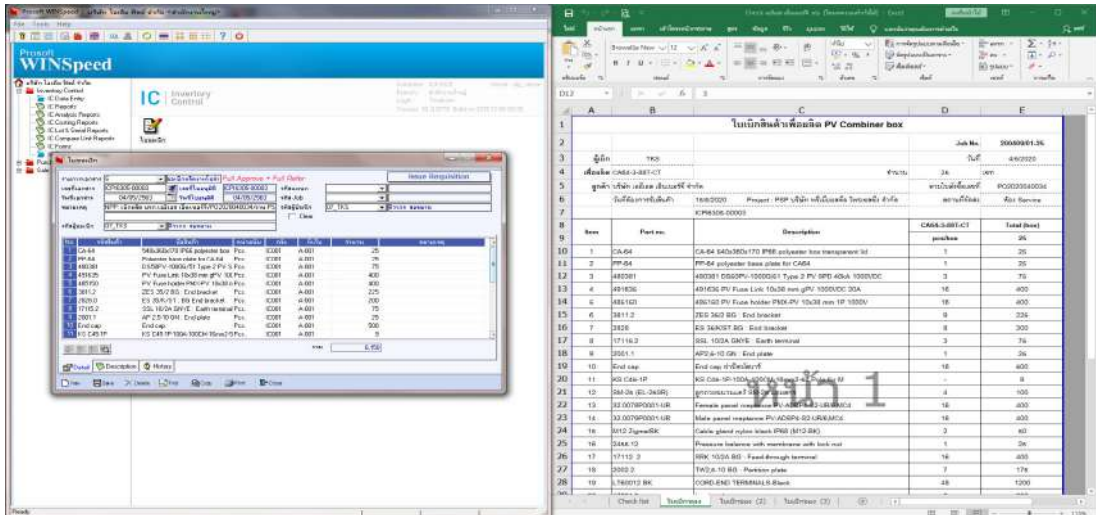


รูปที่ 4.3 การจัดทำเอกสารรายการเบิกอุปกรณ์ (3)

4.2 การส่งเอกสารใบเบิกอุปกรณ์

หลังจากตรวจสอบรายการดังกล่าวข้างต้นเรียบร้อยแล้ว ระบบจะตรวจสอบการอุปกรณ์ที่คงคลังว่ามีเพียงพอต่อการนำไปใช้หรือไม่ หากเพียงพอแล้วจะทำการป้อนเอกสารดังกล่าวเพื่อให้หัวหน้าผู้มีอำนาจ

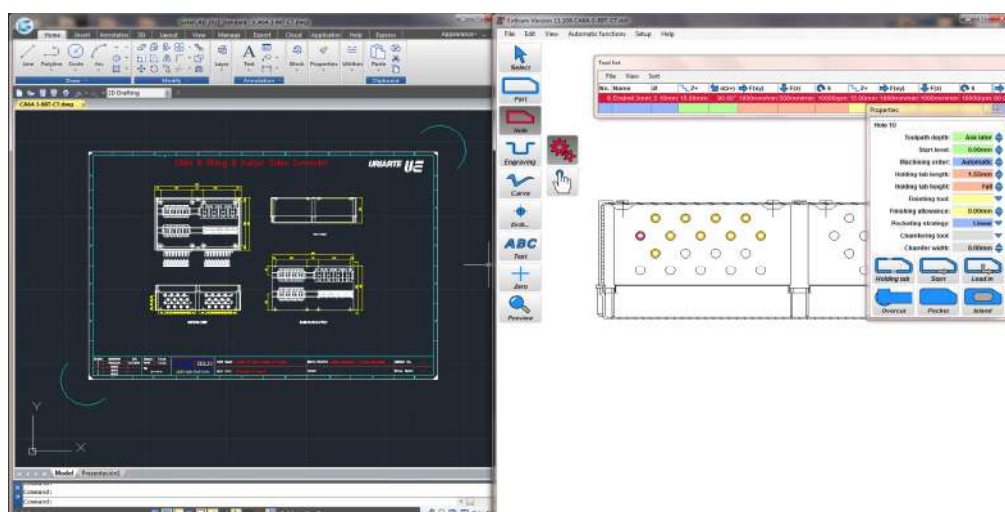
ลงนามในการเบิกสินค้านำมาผลิตนั้นตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่จะลงรายมือชื่ออนุมัติการเบิกสินค้า และอุปกรณ์ดังกล่าว โดยหากเมื่อพบความผิดพลาดหัวหน้าสามารถตรวจสอบผ่านระบบออนไลน์ของบริษัทตั้งแต่การนำส่ง Purchase Order รวมถึงการตรวจสอบสินค้าคงคลังและโครงการของลูกค้าได้ทันที



รูปที่ 4.4 การส่งเอกสารใบเบิกอุปกรณ์เพื่อลงนามอนุมัติ

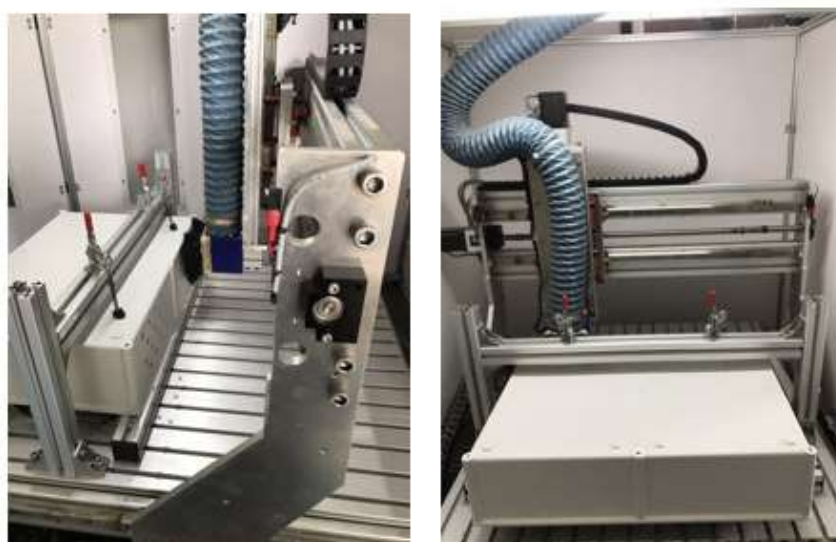
4.3 ขั้นตอนการผลิตตู้ควบคุม DC Combiner Box

4.3.1 การออกแบบ เริ่มจากการออกแบบเจาะ box ด้วย CNC และนำ DC Combiner box เข้าไปเจาะในเครื่อง CNC



รูปที่ 4.5 การออกแบบเจาะตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงด้วยเครื่องจักรกลแบบอัตโนมัติ

การออกแบบเจาะแผ่นโลหะด้วยเครื่องเจาะ CNC โดยการใช้ Program Gstar Cad ในการแก้ไขแบบเพื่อกำหนดขนาดของ Dimension ที่ต้องการจะเจาะ เมื่อได้ขนาดเรียบร้อย จะทำการ Save File โดยใช้นามสกุล .dxf เมื่อเสร็จแล้วก็ทำการเปิดไฟล์ขึ้นมาใน Program Estlcam เพื่อหาจุดที่ต้องการจะเจาะ เมื่อเสร็จแล้วให้ทำการ Save File โดยใช้นามสกุล .tap



รูปที่ 4.6 การนำตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปเจาะในเครื่องจักรกลแบบอัตโนมัติ

4.3.2 การติดป้ายหน้ากล่องควบคุม นำ DC Combiner Box มาติดสติ๊กเกอร์ตามแบบที่ได้ ออกแบบไว้ตามรูปที่จะต้องนำมาเจาะและเจาะรูตามที่กำหนดไว้ การนำ box เข้าไปเจาะ ในเครื่อง CNC โดยการนำ Box เข้าไปวางในช่องที่วาง Box และทำการจับยึดให้แน่น จึงจะทำการเจาะได้



รูปที่ 4.7 การติดสติ๊กเกอร์ตามรูปที่เจาะ

หลังจากทำการเจาะเสร็จเรียบร้อยแล้วให้นำออกมามาติดสติ๊กเกอร์ตามรูปที่เจาะ โดยการใช้ Label ที่เรา พิมพ์ออกมาตามแบบที่ลูกค้าต้องการ



รูปที่ 4.8 การติดอุปกรณ์ป้องกันสายไฟ (Cable Gland) ที่ตู้

4.3.3 การติดตั้งรูสอดสายไฟ (Cable Gland) ใส่ Cable Gland หรือ MC4 Connector เข้าไปใน DC Combiner Box โดยหลังจากทำการติดสติกเกอร์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นำ Box มาใส่ Cable Gland หรือ MC4 Connector ตามรูที่เจาะดังรูปที่ 4.8

4.3.4 การเจาะตัดขนาดและเจาะแผ่นรองรับอุปกรณ์ภายในตู้ ทำการเจาะแผ่นเพลทเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์บนแผ่นเพลท การเจาะแผ่นเพลทเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ภายใน Box โดยการเจาะตามแบบที่ลูกค้าต้องการ เพื่อยึดลูกถ้วยและราง Din



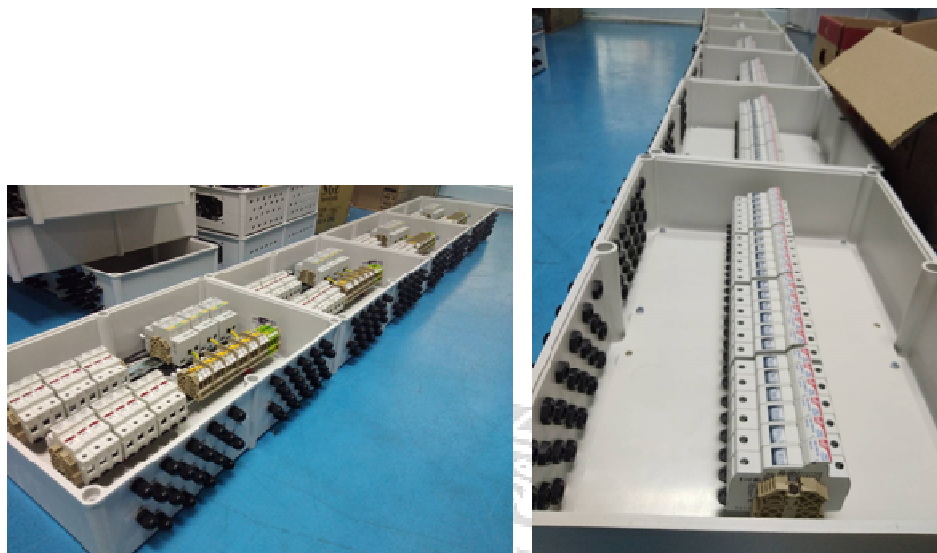
รูปที่ 4.9 การเจาะแผ่นหน้าตู้ควบคุมเพื่อติดตั้งอุปกรณ์

4.3.5 การนำแผ่นรองรับอุปกรณ์ติดตั้งในตู้ควบคุม นำแผ่นเพลทมาติดตั้งใน DC Combiner Box ตรวจสอบตามแบบให้เรียบร้อยแล้วจึงทำการเดินสายไฟฟ้า (Wiring) โดยการใช้สายไฟสำหรับงานโซลาร์เซลล์โดยเฉพาะ



รูปที่ 4.10 การติดตั้งอุปกรณ์บนแผ่นหน้าตู้ควบคุม

เมื่อยึดลูกถ้วยและราง Din เสร็จ ให้นำอุปกรณ์มาติดตั้งบนราง Din ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.11 การนำแผ่นหน้าตู้ควบคุมมาติดตั้งในตู้ควบคุม

หลังจากทำการติดตั้งอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อย ให้นำแผ่นเพลทมาติดตั้งใน Box เพื่อทำการเดินสายไฟฟ้า ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 การเดินสายไฟสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การ Wiring สายในตู้ DC Combiner box จะใช้สายโซลาร์เบอร์ 6 ในการ Wiring โดยจะ Wiring ตามแบบที่ลูกค้าต้องการดังรูปที่ 4.12

4.3.6 การตรวจสอบการติดตั้งอุปกรณ์ก่อนส่งมอบงาน ตรวจสอบการติดตั้งอุปกรณ์ให้ละเอียดโดยการตรวจสอบดูว่าการเจาะรูนั้นตรงตำแหน่งหรือไม่และการ Wiring สายทำได้เรียบร้อยหรือไม่ แล้วจึงบรรจุ DC Combiner Box เพื่อส่งให้ลูกค้า จึงเสร็จการผลิต



รูปที่ 4.13 การบรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งมอบให้กับลูกค้า

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน

ในการปฏิบัติงานประกอบ DC Combiner Box นั้น ต้องใช้ทั้งความรู้ความเข้าใจในรายละเอียดต่าง ๆ เนื่องจากอุปกรณ์บางชนิดนั้นต้องมีความรู้เฉพาะด้านเพื่อที่จะสามารถใช้งานได้ อุปกรณ์ที่นำมาประกอบนั้นต้องได้รับมาตรฐานและมีการรับรองจากผู้ผลิต เนื่องจากการนำ DC Combiner Box ส่งให้ลูกค้าไปติดตั้งนั้นหมายถึงการเป็นหัวใจสำคัญในการควบคุมการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ ดังนั้นการนำอุปกรณ์และวัตถุดิบที่ใช้ทั้งหมดนั้นจะต้องได้รับการรับรองมาตรฐาน ในการประกอบส่วนต่าง ๆ นั้นจะต้องใช้ความระมัดระวังโดยไม่สามารถทำได้ทันทีเมื่อคำสั่งซื้อมาถึง เนื่องจากต้องมีการวางแผนการเบิกอุปกรณ์และต้องออกแบบรายละเอียดต่าง ๆ ให้ตรงตามแบบที่ลูกค้าต้องการโดยไม่ได้คำนึงถึงความชำนาญของผู้ทำเป็นหลัก แต่ต้องคำนึงถึงประโยชน์ของความคุ้มค่าที่ลูกค้าจะได้รับ โดยการทำให้แต่ละขั้นตอนนั้นจะต้องใช้ความรอบคอบมากที่สุดเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อผู้ที่นำไปติดตั้งและใช้งาน ซึ่งหากมีความผิดพลาดหรือประมาทเกิดขึ้นเมื่อลูกค้านำอุปกรณ์ DC Combiner Box ประกอบกับแผงวงจรแล้วอาจทำให้เกิดการเสียหายของอุปกรณ์นั้นได้

งานที่ได้รับนั้นเน้นถึงรายละเอียดต่าง ๆ และลูกค้าเป็นสำคัญ เนื่องจากการทำ DC Combiner Box นั้นไม่ได้เพียงแค่ว่า แต่ต้องรู้ถึงวัสดุที่ใช้และใช้ได้คุ้มค่าที่สุดด้วยความไม่ประมาท มีการวางแผนที่ดีเพื่อให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย ดังนั้นความเข้าใจรายละเอียดต่าง ๆ จึงเป็นสิ่งที่ถูกสอนและปฏิบัติมา

5.2 ประโยชน์ด้านสังคม

ในการทำงาน Service Engineer นั้นเป็นแผนกที่ไม่สามารถทำเพียงคนเดียวได้ โดยในการทำงานนั้นต้องรู้จักการทำงานเป็นทีม เพราะการทำงานจะต้องติดต่อสื่อสารกับบุคคลจากแผนกอื่น ๆ รวมถึงบุคคลในแผนกเดียวกัน ซึ่งก่อให้เกิดมนุษยสัมพันธ์ที่ดีและมีการพัฒนาความสามารถในการพูดการอธิบายเพื่อให้คนอื่นเข้าใจในสิ่งที่ต้องการ นอกจากนั้นในการทำงานจริงย่อมพบปัญหาที่เกิดขึ้นโดยปัญหาไม่เพียงแต่เกิดจากการผลิต DC Combiner Box แต่ยักรวมถึงปัญหาจากความไม่เข้าใจระหว่างสินค้าและลูกค้าโดยในการทำงานนั้นทำให้รู้จักการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ซึ่งสิ่งที่ได้รับสูงสุดคือการวางแผนก่อนการทำงานใด ๆ และมีการปรับตัวทำให้ตรงต่อเวลารวมถึงการคิดวิเคราะห์ต่องานที่นำไปพัฒนางานในครั้งถัดไปให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด

5.3 ประโยชน์ด้านการทำงาน

การได้เรียนรู้ถึงวัฒนธรรมองค์กร และได้รู้ถึงการใช้งานของเครื่องจักร โปรแกรม รวมถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการใช้และเกิดความปลอดภัยสูงสุดในระหว่างการทำงานจึงทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในชีวิตประจำวันและนอกจากนั้น การวางแผน การกำหนดเป้าหมายของการทำงานก็เป็นสิ่งสำคัญที่ได้รับ

5.4 ปัญหาในการปฏิบัติงาน

ในช่วงแรกของการทำงานนั้นไม่สามารถทำงานตามที่ได้รับมอบหมายได้อย่างเต็มที่เนื่องจากการไม่เข้าใจถึงระบบงานและระบบเครื่องมือต่าง ๆ ซึ่งทำให้เกิดการเรียนรู้ในอุปกรณ์ต่าง ๆ เพิ่มขึ้น การมีพื้นที่และเวลาอันจำกัดในการทำงานเนื่องจากลูกค้ามีการเร่งการใช้งาน นอกจากนั้นการไม่เข้าใจในการทำงานร่วมกันกับทีมการตลาดต่อประสานงานยังทำให้เกิดปัญหาทำให้งานที่ทำออกมาล่าช้าและไม่ตรงตามแบบที่ลูกค้าต้องการจึงทำให้เกิดผลกระทบต่อบริษัทฯ

5.5 การแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน

มีการศึกษาค้นคว้าและหาข้อมูลเพิ่มเติมจากอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ รวมถึงมีการสอบถามพนักงานที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาขอบเขตของงานนั้น ๆ โดยในการทำงานแต่ละขั้นตอนนั้นจะต้องอยู่ภายใต้การควบคุมของพนักงานที่เกี่ยวข้องรวมถึงหัวหน้าแผนก มีการทดลองการทำอุปกรณ์ต่าง ๆ การทดลองใช้งานก่อนเริ่มปฏิบัติงานจริงโดยฟังคำแนะนำจากผู้รู้ และมีการจัดอบรมพนักงานโดยมีการเข้าร่วมการอบรมดังกล่าว นอกจากนั้นยังมีการสัมมนานอกสถานที่เพื่อละลายพฤติกรรมพนักงานทุกคนเพื่อให้เข้ากันได้และเข้าใจในการร่วมงานต่อกัน

5.6 ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงาน

ในการทำงานเกี่ยวกับการผลิต DC Combiner Box นั้นต้องมีความเข้าใจถึงอุปกรณ์ โปรแกรม และวัสดุที่จะนำมาทำ รวมถึงต้องรู้ถึงผลกระทบหรือค่าใช้จ่ายหากมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ในการทำงานนั้นต้องมีการวางแผนการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นอย่างดี เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและลดเวลาในการผลิต ซึ่งในการจัดทำงานอย่างมีขั้นตอนนั้นจะทำให้มีการแบ่งงานและขอบเขตความรับผิดชอบอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม การจัดบันทึกรวมถึงตรวจประวัติการทำงานเสมอ ๆ ทำให้เกิดการวิเคราะห์และสังเคราะห์วิธีต่าง ๆ เพื่อการพัฒนางานต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนั้นผู้ควบคุมงานจะต้องมีความซื่อตรง ซื่อสัตย์และจรรยาบรรณในวิชาชีพเพื่อลดการเกิดความอันตรายของงานนั้น ๆ

5.7 ความปลอดภัยในงานช่าง

การทำงานด้านงานช่างทุกชนิด หรือการใช้เครื่องมืองานช่างและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงคือความปลอดภัยของตนเองเป็นอันดับแรก โดยต้องตรวจสอบเครื่องมือทุกชนิดให้อยู่สภาพพร้อมใช้งานและที่สำคัญต้องใช้เครื่องมือให้ถูกกับงาน ซึ่งสถานที่ในการทำงานนั้นต้องมีพื้นที่ แสงสว่างเพียงพอระบบไหลเวียนของอากาศต้องถ่ายเทได้ดี นอกจากนี้ในการทำอุปกรณ์แต่ละอย่างจะต้องตรวจสอบระบบไฟ หากการทำงานนั้นไม่ใช่กระแสไฟฟ้าจะต้องตัดกระแสไฟฟ้าเสียก่อนเพื่อป้องกันการรั่วไหลของไฟฟ้า

ไม่ควรพกของที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อตนเองเช่น ของมีคมต่าง ๆ และนอกจากนั้นในขณะที่ปฏิบัติงานไม่ควรหยอกล้อกันและควรประเมินความสามารถของตนโดยไม่ทำอะไรที่เกินความสามารถของตนโดยในการทำอะไรก็ตามควรอ่านคู่มือในการปฏิบัติก่อนเริ่มลงมือทำทุกครั้ง



บรรณานุกรม

การเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์. (2562). เข้าถึงได้จาก <https://www.pmk.co.th/shop/circuit-breaker>

การเลือกใช้แผงโซลาร์เซลล์. (2562). เข้าถึงได้จาก

<https://www.klcbright.com/solarcellpanel-mono-poly-thinilm.php>

ความรู้เบื้องต้นของฟิวส์. (2560). เข้าถึงได้จาก <http://fusebasicknowledge.blogspot.com/2017/05>

นพ มหิษานนท์. (2557). วิธีติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์. กรุงเทพฯ: คอร์ฟิงก์ชั่น.

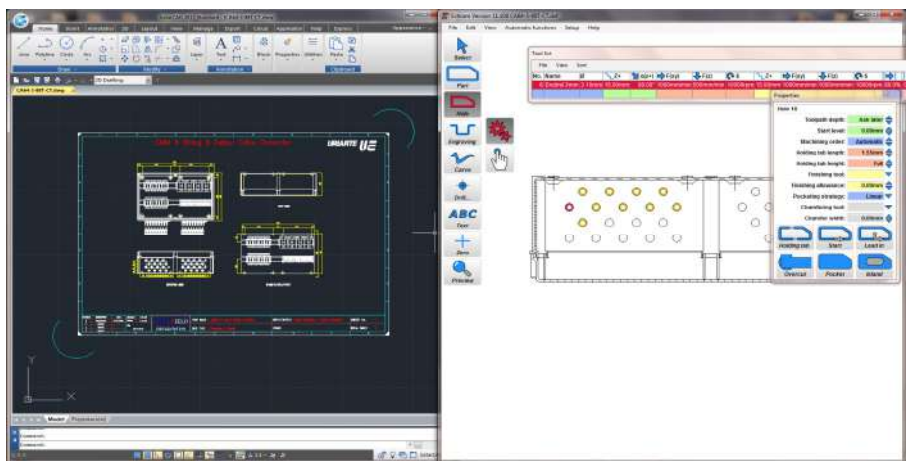
โซลาร์เซลล์คืออะไร. (2562). เข้าถึงได้จาก <https://board.postjung.com/938948>

DC Combiner Box. (2562). เข้าถึงได้จาก <https://www.solarhub.co.th/solar-information/>



ภาคผนวก ก





การออกแบบเจาะตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงด้วยเครื่องจักรกลแบบอัตโนมัติ



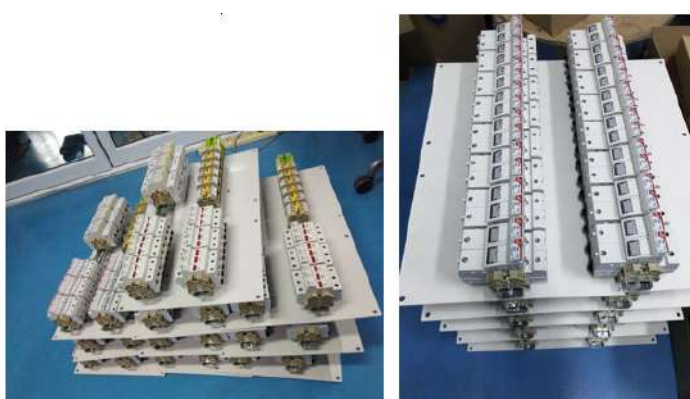
การติดตั้งเกอ์ตามรูที่เจาะ



การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันสายไฟ (Cable Gland) ที่ตู้



การเจาะแผ่นหน้าตู้ควบคุมเพื่อติดตั้งอุปกรณ์



การติดตั้งอุปกรณ์บนแผ่นหน้าตู้ควบคุม



การนำแผ่นหน้าตู้ควบคุมมาติดตั้งในตู้ควบคุม



การเดินสายไฟสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์



การบรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งมอบให้กับลูกค้า

ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ-นามสกุล : นายทิวากร สอหมาน
รหัสนักศึกษา : 6002320004
คณะ : วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า
ที่อยู่ : 25/1 ซอยนางนอง 2 ถนนวุฒากาศ แขวงบางค้อ เขตจอมทอง กรุงเทพฯ
เบอร์ติดต่อ : 082-257-4314
Email : tiwakorn4254@gmail.com
ประวัติการศึกษา
ปวส. : วิทยาลัยเทคโนโลยีกรุงเทพ
ปริญญาตรี : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยสยาม