การศึกษาผลกระทบของการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

A STUDY OF SOLAR ROOFTOP IMPACTS

โดย

นาย ชาญชาย เชาว์ชาญ

นาย ดุษฎี เพ็ชรประดับฟ้า

นาย ธนภัทร เจียรพิสิฐพงศ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2555

การศึกษาผลกระทบของการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

A STUDY OF SOLAR ROOFTOP IMPACTS

โดย

นาย ชาญชาย เชาว์ชาญ

นาย ดุษฎี เพ็ชรประดับฟ้า

นาย ธนภัทร เจียรพิสิฐพงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. สุรินทร์ คำฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF SOLAR ROOFTOP IMPACTS

MR. CHAYCHARN CHAOCHAY
MR. DUSSADEE PETPRADABFA
MR. THANAPAT CHIARAPHISITPHONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2555

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาผลกระทบของการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

ผู้จัดทำ

1. นาย ชาญชาย เชาว์ชาญ
2. นาย ดุษฎี เพ็ชรประดับฟ้า
3. นาย ธนภัทร เจียรพิสิฐพงศ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ คำฝอย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาผลกระทบของการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

นาย ชาญชาย เชาว์ชาญ
นาย ดุษฎี เพ็ชรประดับฟ้า
นาย ธนภัทร เจียรพิสิฐพงศ์
ผศ.ดร.สุรินทร์ คำฝอย อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอผลกระทบของการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านจำนวนมากในระบบจำหน่าย โดยการออกแบบหมู่บ้าน 50 หลังที่มีการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ทุกหลัง เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสายไฟและหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบจำหน่าย ที่เดิมไม่มีการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้โปรแกรม PSIM 9.0.3 จำลองแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านจำนวนห้าสิบหลังที่ติดตั้งในระบบจำหน่ายไฟฟ้า เทียบกับค่ามาตรฐานของสายไฟและหม้อแปลงไฟฟ้า จากผลการจำลองพบว่า ค่ากระแสในฝั่งแรงดันต่ำของหม้อแปลงคิดเป็น 81.49 % ของค่าพิกัดกระแสฝั่งแรงดันต่ำของหม้อแปลง พบว่าควรเปลี่ยนหม้อแปลงไฟฟ้าให้มีพิกัดที่สูงขึ้น และค่ากระแสในสายไฟคิดเป็น 56 % ของค่ามาตรฐานสายไฟ ปริญญานิพนธ์นี้สามารถเป็นแนวทางการสร้างมาตรฐานให้กับการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ในอนาคตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF SOLAR ROOFTOP IMPACTS

Chaycharn Chaochay
Dussadee Pethpradabfa
Thanapat Chiaraphisitphong
Asst.Prof.Dr.Surin Khomfoi Advisor

Year 2012

ABSTRACT

This thesis is to study of solar rooftop impacts in Thailand. The 50 houses are used to be a case study about solar rooftop impacts to the utility grid. PSIM is used for software simulation. The existing electrical devices in the distributed grid such as a transformer, power lines are also focused in rated power and current. The simulation results indicate that the rated power transformer is about 82%: this means that a transformer in distributed grid should be replaced with higher power rating if solar rooftop is installed. Also, the current in power lines increase about 56 %. This study can be used as a guide for solar rooftop installation in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องผลกระทบของการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์สามารถประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดีนั้น เกิดจากการทำงานด้วยความวิริยะอุตสาหะ และได้รับการสนับสนุนจากบุคคล และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหลายๆฝ่าย ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ดังกล่าว ดังมีรายนามดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ผศ.ดร. สุรินทร์ คำฝอย ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการนี้ที่ได้คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ ดูแลเอาใจใส่ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆในการทำโครงงานนี้

ขอขอบคุณ คุณนครศักดิ์ แสงศรี ที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกในการให้ยืมอุปกรณ์บางส่วนที่ใช้ในการทำงานโครงงาน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุก ๆ ฝ่ายที่เกี่ยวข้องในการทำโครงงานนี้ ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทน (Renewable Energy Application Laboratory : REAL) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำโครงงาน ตลอดจนพี่ๆ และเพื่อนๆ ในห้องปฏิบัติการวิจัยทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และให้คำปรึกษา ไม่ว่าจะเป็น พี่นัท พี่เพชร พี่ต้า พี่บอส พี่น๊อต หมู บอย เบ้นซ์ ตอง แนน นัท ที่คอยทำงานด้วยกันจนดึกดื่น นอนพื้นห้องแลปกันเป็นว่าเล่น

ท้ายที่สุดนี้ทางคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้อุปการะเลี้ยงดูอบรมสั่งสอนตลอดจนส่งเสริมทางด้านการศึกษา จนสามารถประสบความสำเร็จในวันนี้ได้

นาย ชาญชาย เชาว์ชาญ
นาย ดุษฎี เพ็ชรประดับฟ้า
นาย ธนภัทร เจียรพิสิฐพงศ์
คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I
ABSTRACT II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญรูปภาพ VIII
สารบัญตาราง X
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปริญญานิพนธ์ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ 2
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน 2
1.4 แผนการดำเนินงาน 3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 บทนำ 4
2.2 ระบบการทำงานของแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านเมื่อเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย 4
2.3 ความหมายของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 5
2.4 หลักการทำงานทั่วไปของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 5
2.5 ลักษณะเด่นของพลังงานแสงอาทิตย์ 5
2.6 ชนิดของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 6
2.7 การออกแบบขนาดของระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับติดตั้งบนหลังคาบ้าน 9
2.7.1 การกำหนดกำลังไฟฟ้าและจำนวนของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง 9
2.7.2 การออกแบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมกับระบบจำหน่าย 9
2.7.2.1 การต่อแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบอนุกรม 9
2.7.2.2 การต่อแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบขนาน 10
2.8 อินเวอร์เตอร์ 11
2.8.1 การสวิตชิ่งแรงดันไฟฟ้าแบบพีดับเบิลยูเอ็ม 11
2.8.2 อินเวอร์เตอร์เฟสเดียว 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.8.3 การสวิตช์แรงดันไฟฟ้าแบบไบโพลาร์ 15
2.8.4 การสวิตช์แรงดันแรงดันไฟฟ้าแบบยูนิโพลาร์ 17
2.9 อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ากระแสสลับ 19
2.10 คุณภาพกำลังไฟฟ้า 20
2.11 แรงดันไฟฟ้าเกิน 21
2.11.1 การจำแนกแรงดันไฟฟ้าเกินภายในระบบ 22
2.11.2 แรงดันเกินความถี่ ไฟฟ้ากำลัง 22
2.11.3 แรงดันเกินสภาวะคงตัว 22
2.11.4 แรงดันเกินชั่วคราว 23
2.11.5 แรงดันเกินที่มีสาเหตุโดยความผิดพร่องเนื่องจากเฟสลงดิน 23
2.12 การเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการลงทุนระหว่างแผงพลังงานแสงอาทิตย์กับโซลาร์ฟาร์ม 24
2.13 เปรียบเทียบราคาติดตั้งต่อกิโลวัตต์ระหว่างแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคากับโซลาร์ฟาร์ม 24
2.14 บทสรุป 27
บทที่ 3 การเตรียมการก่อนการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 28
3.1 บทนำ 28
3.2 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 28
3.3 การวางแผนการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 31
3.3.1 การวางแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 31
3.3.2 การคำนวณหาจำนวนแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมในการติดตั้ง 32
3.4 ตัวอย่างการคำนวณเมื่อมีการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 3.7 kW 35
3.5 การติดตั้งอินเวอร์เตอร์ 35
3.5.1 การเลือกสถานที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ 35
3.5.2 การตัดการทำงานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อไฟฟ้าดับ 36
3.6 การดูแลรักษาแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 39
3.7 สรุป 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การเก็บข้อมูลและการจำลองบ้านหนึ่งหลังด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 40

4.1 บทนำ 40

4.2 ระบบที่ใช้ในการเก็บข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย 40

4.3 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล 41

4.4 ผลการเก็บข้อมูลของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย 42

4.4.1 ข้อมูลทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ 43

4.5 การออกแบบและจำลองความต้านทานของบ้าน 1 หลัง 51

4.5.1 ข้อมูลของบ้านก่อนการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 1 หลัง 51

4.5.2 การคำนวณเพื่อเลือกอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านชั้นเดียว 52

4.6 การจำลองบ้านหนึ่งหลังที่ใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์จ่ายเข้าสู่ระบบจำหน่าย 55

4.6.1 วัตถุประสงค์ของการจำลอง 56

4.6.2 ขั้นตอนการจำลอง 58

4.6.3 ผลการจำลอง 58

4.7 สรุป 61

บทที่ 5 การจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 62

5.1 บทนำ 62

5.2 การจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 62

5.3 รูปแบบการจำลองเพื่อศึกษาผลกระทบ 64

5.3.1 ระเบียบวิธีการวิเคราะห์ผลกระทบของอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ 64

5.3.2 ระเบียบวิธีการวิเคราะห์ผลกระทบในเรื่องของแรงดันเกินมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ 65

5.4 ผลกระทบต่ออุปกรณ์ในระบบจำหน่าย เมื่อใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 50 หลัง 68

5.5 ผลกระทบจากแรงดันเกินในระบบสายส่ง เมื่อใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 50 หลัง 69

5.6 บทสรุป 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ **71**

6.1 สรุป 71

6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการพัฒนาต่อยอดงานวิจัย 72

บรรณานุกรม **73**

ภาคผนวก **75**

ภาคผนวก ก ข้อมูลอุปกรณ์สำหรับจำลองโปรแกรม PSIMของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเชื่อมต่อระบบจำหน่าย **76**

ภาคผนวก ข ขั้นตอนการดำเนินงานในการทำโครงงานนี้ **83**

ภาคผนวก ค บทความวิชาการ **87**

ประวัติผู้เขียน **92**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ **หน้า**

1.1 แรงดันเกินเมื่อมีการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน....2

2.1 การทำงานของแผงพลังพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านเชื่อมต่อกับกริดของการไฟฟ้า....4

2.2 แผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสซิลิคอน....7

2.3 แผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบเป็นรูปผลึกซิลิคอน....7

2.4 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโมโนซิลิคอนผลึกเดี่ยว....8

2.5 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวม....8

2.6 การต่อแผงพลังงงานแสงอาทิตย์แบบอนุกรม....10

2.7 การต่อแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบขนาน....10

2.8 การสร้างสัญญาณสวิตชิ่งแบบ PWM....12

2.9 อินเวอร์เตอร์เฟสเดียวแบบฮาล์ฟบริดจ์และฟูลบริดจ์....14

2.10 การสร้างสัญญาณสวิตชิ่งแบบไบโพลาร์....16

2.11 การสร้างสัญญาณสวิตชิ่งแบบยูนิโพลาร์....18

2.12 ลักษณะแรงดันเกินในระบบไฟฟ้ากำลัง....23

2.13 กราฟเปรียบเทียบรายได้ที่ได้จากการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ กับ โซลาฟาร์ม....25

3.1 ขั้นตอนการขอติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน....30

3.2 ขนาดหลังคาบ้าน (บ้านครอบครัวไทยแสนสุข)....31

3.3 การติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์....32

3.4 เซอร์กิตเบรกเกอร์ EZD100F 50A (เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีอยู่เดิม)....33

3.5 เซอร์กิตเบรกเกอร์ EZD100H 80A (เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่นำมาติดตั้งใหม่)....34

3.6 ข้อควรระวังในการติดตั้งอินเวอร์เตอร์แบบ outdoor....37

3.7 ข้อควรระวังในการติดตั้งอินเวอร์เตอร์แบบ outdoor (ต่อ)....38

4.1 เครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า ยี่ห้อ Chauvin Arnoux รุ่น C.A 8332B....40

4.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลของแผงพลังงานแสงอาทิตย์....42

4.3 พิกัดกำลังไฟฟ้าของแต่ละเฟสของตึกพลังงาน....43

4.4 ค่ากระแสไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อระบบ ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556....45

4.5 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อระบบ ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556....45

4.6 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่จุดเชื่อมต่อระบบ ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556....46

4.7 ค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนที่จุดเชื่อมต่อระบบ ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556....47

4.8 ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏที่จุดเชื่อมต่อระบบ ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556....47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.9 ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่จุดเชื่อมต่อระบบ ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556 48
4.10 ค่ากำลังไฟฟ้า-ชั่วโมงปรากฏที่จุดเชื่อมต่อระบบต่อชั่วโมง ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556 48
4.11 ค่าความถี่ที่จุดเชื่อมต่อระบบ ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556 49
4.12 ค่าเปอร์เซ็นต์ความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวมของกระแส ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556 50
4.13 ค่าเปอร์เซ็นต์ความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวมของแรงดัน ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556 50
4.14 แบบแปลนทางไฟฟ้าของบ้านชั้นเดียว (บ้านครอบครัวไทยแสนสุข) 51
4.15 วงจรอินเวอร์เตอร์เฟสเดียวสำหรับแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ที่จำลองด้วยด้วยโปรแกรม PSIM 9.0.3 56
4.16 จำนวนแผงพลังงานแสงอาทิตย์และค่าที่กำหนดในการจำลอง PSIM 9.0.3 57
4.17 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น Sharp ND-240QCJ 57
4.18 แสดงค่าแรงดันที่ผลิตได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 8 แผงที่นำมาต่ออนุกรม 58
4.19 แสดงค่ากระแสที่ผลิตได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 8 แผงที่นำมาต่ออนุกรม 59
4.20 ค่าแรงดันที่ออกมาจากอินเวอร์เตอร์ 60
4.21 ค่าแรงดันที่ผ่านวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านได้ 60
4.22 ค่ากระแสที่ผ่าน Low-pass filter ออกมา 61
5.1 วงจรที่ใช้จำลองระบบจำหน่ายสามเฟสต่อกับผู้ใช้ไฟฟ้าทางบ้านที่ติดตั้งระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน จำนวน 50 หลัง 63
5.2 วงจรที่ใช้จำลองระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 63
5.3 วงจรที่ใช้จำลองระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านขณะเกิดแรงดันเกิน 64
5.4 ผังงานการตรวจสอบผลกระทบของอุปกรณ์ในระบบจำหน่าย จากการใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์จำนวนมากในหมู่บ้านหนึ่ง 66
5.5 ผังงานการตรวจสอบผลกระทบด้านแรงดันเกิน จากการใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์จำนวนมากในหมู่บ้านหนึ่ง 67
5.6 ค่ากระแสที่เกิดขึ้นในฝั่งแรงดันต่ำของหม้อแปลง 68
5.7 ค่าแรงดันที่เกิดขึ้นในฝั่งแรงดันต่ำของหม้อแปลง 68
5.8 ค่าแรงดันที่ช่วงเวลา 0-0.4 วินาที 69
5.9 ค่ากระแสเพิ่มขึ้นที่ 0.15 วินาที 70
5.10 ค่าแรงดันที่เกิดขึ้นในฝั่งแรงดันต่ำของหม้อแปลง หลังจากทำการลดโหลดลงครึ่งหนึ่ง 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 การเปรียบเทียบระหว่างแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคากับโซลาร์ฟาร์ม..... 24
2.2 โครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านเพื่อขายไฟฟ้าขนาด 3.2 กิโลวัตต์ค่าติดตั้งทั้งหมด 540,000 บาท (ในปีที่11แสดงถึงการคืนทุนของแผงพลังงานแสงอาทิตย์) 26
2.3 แสดงการคืนทุนของโครงการติดตั้งโซลาร์ฟาร์มขนาด 630 กิโลวัตต์ในพื้นที่ 8 ไร่ มูลค่าก่อสร้างรวมประมาณ 80 ล้านบาท (ในปีที่ 8 แสดงถึงการคืนทุนของแผงพลังงานแสงอาทิตย์)..... 27
3.1 สรุปรายชื่อหน่วยงานต่างๆ ที่ผู้ลงทุนติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ต้องยื่นขออนุญาติ.....29
3.2 ดัชนีแสดงความสามารถในการป้องกันสิ่งแปลกปลอม.....36
4.1 โหลดที่ต้องใช้ทั้งหมดของบ้าน 1 หลัง.....55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

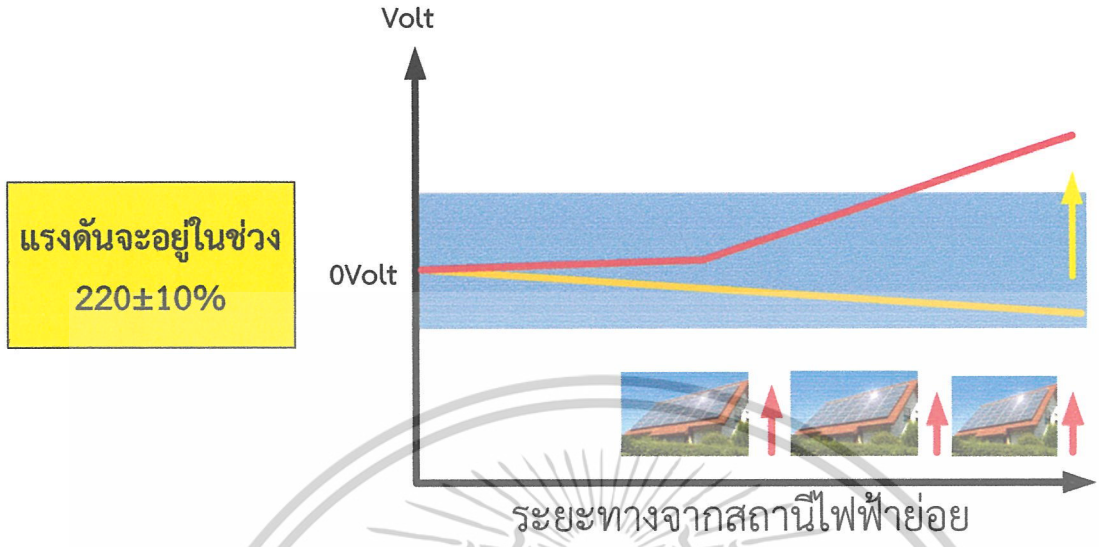
1.1 ความสำคัญและที่มาของปริญญานิพนธ์

จากการสำรวจความต้องการไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พบว่าความต้องการใช้ไฟฟ้ามีการเติบโตขึ้นทุกปี ทำให้ประเทศไทยสูญเสียงบประมาณส่วนนี้ไปกับการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการของประชากรในประเทศ พลังงานที่ใช้ผลิตไฟฟ้านั้นมาจาก ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และยังมีบางส่วนต้องซื้อพลังงานไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปและไม่มีความมั่นคงทางพลังงานเป็นของตัวเอง ถ้าใช้พลังงานเหล่านี้ในปริมาณมากจะส่งผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมและปัญหาภาวะเรือนกระจก ซึ่งเป็นปัญหาที่ทั่วโลกให้ความสำคัญและต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วน

แนวทางหนึ่งที่ช่วยลดภาระโลกร้อนและมีพลังงานใช้อย่างเพียงพอ [1] คือพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานสะอาด ไม่มีวันหมด และเหมาะกับประเทศไทยที่มีความเข้มแสงในเกณฑ์สูง แต่ทว่าพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล เป็นพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่น เป็นไปได้ยากในการหาพื้นที่สร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งต้องใช้พื้นที่เยอะ และการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยที่ระยะทางของสายส่งไกลจากความต้องการไฟฟ้านั้น อาจประสบปัญหาในเรื่องของแรงดันตกได้ ประกอบกับแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี [2] ของกระทรวงพลังงานที่ว่าด้วยการพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างจริงจัง จึงเป็นที่มาของปริญญานิพนธ์นี้

โดยปริญญานิพนธ์นี้จะนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาด้วยการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล เพื่อจะช่วยทดแทนการเติบโตของความต้องการไฟฟ้าขึ้น แต่ทว่า การติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์จำนวนมาก จะมีผลกระทบในเรื่องของอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายจะสามารถทนได้หรือไม่ และในเวลากลางวันซึ่งเป็นช่วงที่แผงพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เยอะที่สุดของวัน ประกอบกับประชาชนในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑลไปทำงานนอกบ้าน ทำให้มีความต้องการไฟฟ้าน้อยในช่วงเวลานี้ จะส่งผลกระทบในเรื่องของคุณภาพไฟฟ้าหรือไม่ ซึ่งเป็นเรื่องที่ต้องศึกษาอย่างเร่งด่วนก่อนที่การไฟฟ้าจะอนุมัติโครงการรับซื้อไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 แรงดันเกินเมื่อมีการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1.เพื่อศึกษาลักษณะการทำงานของแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

2.เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาจำนวนมากเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

3.เพื่อเป็นการรองรับเทคโนโลยีใหม่ๆ ตลอดจนการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ ที่มีความต้องการไฟฟ้าในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น รวมถึงคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่ดียิ่งขึ้น

4.เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้ไปเป็นแนวทางในการปกป้องการเสียหายของอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

5.เพื่อรวบรวมข้อมูลสิ่งที่ต้องทำก่อนการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน

เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้า เมื่อติดตั้งระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านจำนวนมากที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย และวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นระบบดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	เดือนที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. ศึกษาข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวกับแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน									
2. ศึกษาข้อมูลผลกระทบในระบบไฟฟ้า ของประเทศที่มีการใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน									
3. จำลองการทำงานของแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านโดยใช้โปรแกรม PSIM 9.0.3									
4. การเก็บข้อมูลการผลิตไฟฟ้าบนอาคารวิศวกรรมพลังงาน									
5. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลและจำลอง									
6. บันทึกผลการทดลองและสรุปผลงานวิจัย									
7. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์

1.โครงการวิจัยนี้ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

2.โครงการวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงความสามารถอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิตไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์

3.ได้เรียนรู้การใช้งานโปรแกรม PSIM 9.0.3 ที่ใช้วิเคราะห์ระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในโครงงานวิจัยนี้

4.สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้มาเป็นแนวทางนำสร้างมาตรฐานให้กับระบบกำลังไฟฟ้าของประเทศ เพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในอนาคต

5.เกิดความน่าเชื่อถือทางด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายเป็นพลังงานทดแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

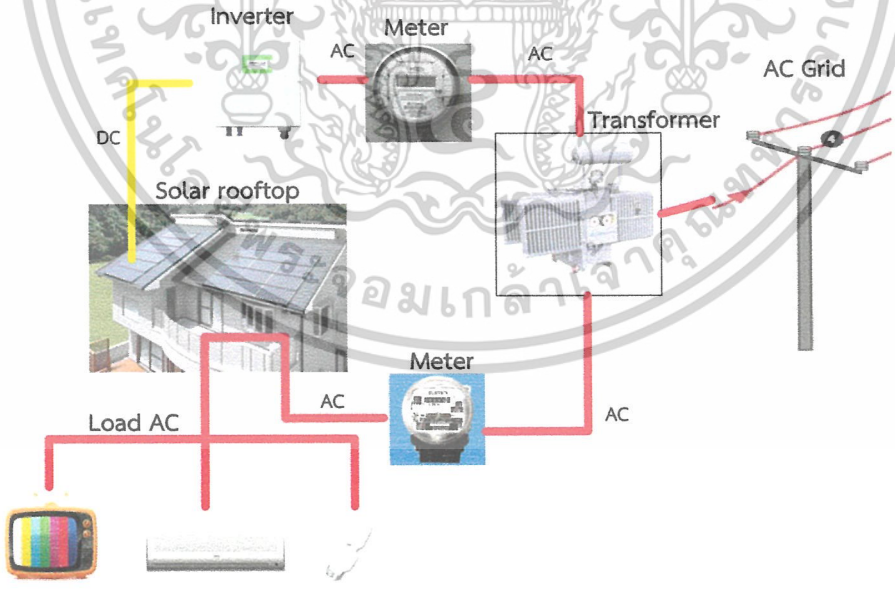
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงระบบการทำงานของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแผงพลังงานแสงอาทิตย์ ตั้งแต่ความหมายของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ หลักการทำงาน ลักษณะเด่น การออกแบบขนาดในการติดตั้ง การคำนวณหาจำนวนแผงที่จะติดตั้ง ทฤษฎีเกี่ยวกับอินเวอร์เตอร์ อุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจร คุณภาพกำลังไฟฟ้าและปัญหาที่มีผลต่อคุณภาพกำลังไฟฟ้า รวมถึงงานวิจัยเกี่ยวกับความคุ้มค่าในการลงทุนเกี่ยวกับแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายเพื่อขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้า

2.2 ระบบการทำงานของแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านเมื่อเชื่อมต่อกับกริดการไฟฟ้า

จากรูปที่ 2.1 มีหลักการทำงานของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาทำหน้าที่รับความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์นำมาผลิตไฟฟ้ากระแสตรงเข้าอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับและขายไฟฟ้าเข้าสู่ กริดของการไฟฟ้าโดยผ่านหม้อแปลงจำหน่าย และส่วนของผู้พักอาศัยใช้ไฟฟ้าในบ้านปกติโดยการใช้ไฟฟ้าจะสามารถตรวจสอบได้จากมิเตอร์ที่การไฟฟ้านำมาติดตั้งว่ามีอัตราการใช้ไฟฟ้าเท่าไหร่



รูปที่ 2.1 การทำงานของแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านเชื่อมต่อกับกริดของการไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ความหมายของแผงพลังงานแสงอาทิตย์

แผงพลังงานแสงอาทิตย์หรือ PV [3] มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น แผงพลังงานแสงอาทิตย์ แผงพลังงานสุริยะ หรือ photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1839 แต่แผงพลังงานแสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมา จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์แผงพลังงานแสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อปี ค.ศ. 1959 ดังนั้น สรุปได้ว่าแผงพลังงานแสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้

2.4 หลักการทำงานทั่วไปของแผงพลังงานแสงอาทิตย์

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบแผงพลังงานแสงอาทิตย์จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและ โฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในแผงพลังงาน เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้นตัวอย่างแผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว จะให้กระแสไฟฟ้าประมาณ 2-3 แอมแปร์ และให้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดประมาณ 0.6 โวลต์ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ไม่มากนัก ดังนั้นเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้ามากเพียงพอสำหรับใช้งาน จึงมีการนำแผงพลังงานแสงอาทิตย์หลายๆ แผงพลังงานมาต่อกันเรียกว่า แผงพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Modules) ลักษณะการต่อแผงพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นอยู่ว่าต้องการกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า

2.5 ลักษณะเด่นของพลังงานแสงอาทิตย์

ใช้พลังงานจากธรรมชาติ คือ แสงอาทิตย์ ซึ่งสะอาดและบริสุทธิ์ ไม่ก่อปฏิกิริยาที่จะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษเป็นการนำพลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่าและไม่มีวันหมดไปจากโลกนี้ สามารถนำไปใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทุกพื้นที่บนโลก และได้พลังงานไฟฟ้าใช้โดยตรงไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์ รวมถึงไม่มีการเผาไหม้ จึงไม่ก่อให้เกิดมลภาวะด้านอากาศและน้ำไม่เกิดของเสียขณะใช้งาน จึงไม่มีการปล่อยมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อม ไม่เกิดเสียงและไม่มีการเคลื่อนไหวขณะใช้งาน จึงไม่เกิดมลภาวะด้านเสียง เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ และไม่มีชิ้นส่วนใดที่มีการเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

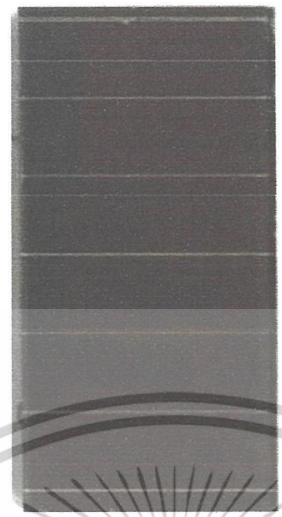
ขณะทำงาน จึงไม่เกิดการสึกหรอต้องการการบำรุงรักษาน้อยมาก อายุการใช้งานยืนยาวและประสิทธิภาพคงที่มีน้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย เคลื่อนย้ายสะดวกและรวดเร็ว เนื่องจากมีลักษณะเป็นโมดูล จึงสามารถประกอบได้ตามขนาดที่ต้องการ ช่วยลดปัญหาการสะสมของก๊าซต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ไฮโดรคาร์บอน และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ฯลฯ ซึ่งเป็นผลจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจำพวกน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก ทำให้โลกร้อนขึ้น เกิดฝนกรด และอากาศเป็นพิษ ฯลฯ

2.6 ชนิดของแผงพลังงานแสงอาทิตย์

แผงพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งออกตามชนิดของวัสดุที่ใช้ผลิตได้ 2 ชนิด คือกลุ่มที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน (Silicon) และ กลุ่มที่ทำจากสารประกอบ ที่ไม่ใช่ซิลิคอน ซึ่งประเภทหลังนี้จะเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25% ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมาก ส่วนมากใช้งานสำหรับดาวเทียม แต่ปัจจุบันการพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่ ทำให้แผงโซล่าพลังงานที่ทำจากสารประกอบมีราคาถูกลง และมีแนวโน้มการมาใช้มากขึ้นในอนาคต

แผงพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน (Silicon) สามารถแบ่งย่อยตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น ได้ 2 ชนิด คือ แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก หรือแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ในรูปที่ 2.2 และแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบเป็นรูปผลึกซิลิคอน (Crystal Silicon Solar Cell) ในรูปที่ 2.3 แผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส โดยจะเห็นทั่วไปในเครื่องคิดเลขพลังแสงอาทิตย์ ณ ปัจจุบันมีการนำมาทำเป็นชนิด thin flim แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพต่ำ ประมาณ 6-10%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

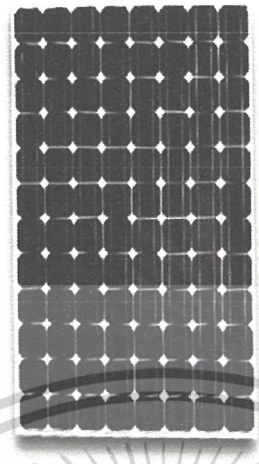


รูปที่ 2.2 แผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสซิลิคอน

รูปที่ 2.3 แผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบเป็นรูปผลึกซิลิคอน

แผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่เป็นรูปผลึกสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือแผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโมโนซิลิคอน (Mono Crystalline Silicon Solar Cell) รูปที่ 2.4 และแผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโพลีซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) รูปที่ 2.5 แผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบโมโนซิลิคอนจะเป็นชนิดผลึกเดี่ยว จะมีความบริสุทธิ์ของซิลิกอนสูงกว่าแบบโพลีซิลิคอนทำให้แผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบโมโนนั้นมีราคามันแพงกว่าโพลีซิลิคอน และมีประสิทธิภาพสูงถึงประมาณ 18%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโมโนซิลิคอนผลึกเดี่ยว

รูปที่ 2.5 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวม

ปัจจุบันการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านนิยมใช้แบบโพลีซิลิคอน เนื่องจากความเหมาะสมในการจัดพื้นที่ที่มีการติดตั้งจำกัดและราคาในการลงทุนคุ้มค่ากว่าแผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การออกแบบขนาดของระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับติดตั้งบนหลังคาบ้าน

การออกแบบเพื่อหาขนาดกำลังผลิตของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่นำมาซึ่งความเหมาสมในการติดตั้งเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละพื้นที่ สามารถแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อคือ

2.7.1 การกำหนดกำลังไฟฟ้าและจำนวนของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง

การติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาควรพิจารณาแผงพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการและไม่ติดตั้งมากเกินความจำเป็น ซึ่งสามารถหากำลังไฟฟ้าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควรติดตั้งจากสมการ

$$P_{cell} = \frac{P_L}{Q \cdot A \cdot B \cdot C / D} \qquad (2.1)$$

P_{cell} = จำนวนแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ติดตั้ง

P_L = ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน

Q = พลังงานแสงอาทิตย์ในหนึ่งวันสำหรับประเทศไทยเท่ากับ 4,000 วัตต์/ชั่วโมง-ตารางเมตร

A = ค่าชดเชยการสูญเสียของพลังงาน โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.8

B = ค่าชดเชยความสูญเสียเชิงความร้อน โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.85

C = ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.85 –0.9

D = ความเข้มแสงปกติ =1,000 วัตต์ตารางเมตร/ชั่วโมง

และเมื่อเรารู้กำลังไฟฟ้าของระบบจะสามารถหาจำนวนแผงที่ต้องการติดตั้งของบ้านแต่ละหลังซึ่งหาได้จากสมการ

$$\text{จำนวนแผงพลังงานแสงอาทิตย์} = \frac{P_{\text{ของระบบ}}}{P_{max}\text{ของแผงพลังงานแสงอาทิตย์}} \qquad (2.2)$$

2.7.2 การออกแบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมกับระบบจำหน่าย

การต่อแผงพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าที่ต้องการแบ่งออกเป็น 2 แบบ

2.7.2.1 การต่อแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบอนุกรม

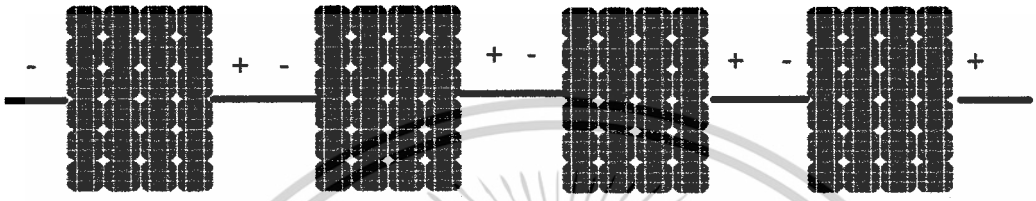
การต่อแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบอนุกรมดังรูปที่ 2.6 ทำให้แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามจำนวนแผงที่ต่อกัน ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_T = N \cdot V \cdot I \quad (2.3)$$

N = จำนวนแผงต่ออนุกรม

V_T = แรงดันของแผงแต่ละแผง



รูปที่ 2.6 การต่อแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบอนุกรม

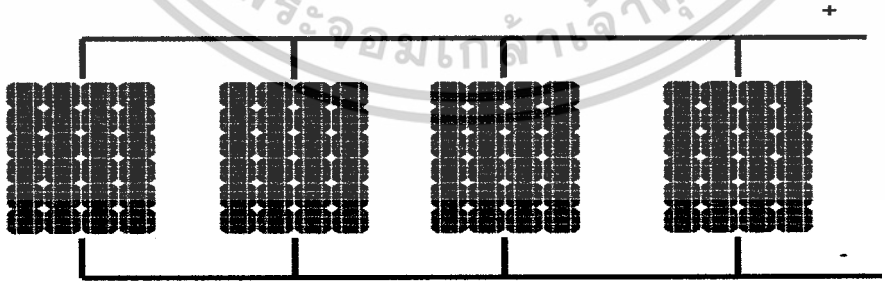
2.7.2.2 การต่อแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบขนาน

การต่อแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบขนานดังรูปที่ 2.7 ทำให้ได้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามจำนวนแผงที่ต่อกัน ดังสมการ

$$I_T = M \cdot I_s \quad (2.4)$$

M = จำนวนแผงต่อขนาน

I_S = กระแสของแผงแต่ละแผง



รูปที่ 2.7 การต่อแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมจะติดตั้งได้เพื่อให้ได้แรงดันและกระแสตามที่การไฟฟ้ากำหนดไว้และการติดตั้งในแต่ละพื้นที่ต้องดูตามความเหมาะสมของพื้นที่นั้น ซึ่งเป็นดังสมการนี้

$$P_T = M \cdot N \cdot V_S \cdot I_S \tag{2.5}$$

P_T = กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด

M = จำนวนแผงที่ต่อขนาน

N = จำนวนแผงที่ต่ออนุกรม

V_I = แรงดันรวมของแผงที่นำมาต่ออนุกรม

I_S = กระแสรวมของแผงที่นำมาต่อแบบขนาน

2.8 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) คือ อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์หรือแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงอื่นๆ ไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ซึ่งมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้งานต่อได้

2.8.1 การสวิตชิ่งแรงดันไฟฟ้าแบบพีดับเบิลยูเอ็ม

ในวงจรอินเวอร์เตอร์ ต้องการจะสร้างแรงดันไฟฟ้าด้านออกเป็นรูปไซน์ที่สามารถปรับขนาดและความถี่ตามต้องการได้ โดยจะใช้สัญญาณควบคุมรูปไซน์ (sinusoidal control signal) ตามความถี่ที่ต้องการนำมาเปรียบเทียบกับรูปคลื่นสามเหลี่ยม (triangular waveform) ดังรูปที่ 2.8 ความถี่ของการสวิตชิ่ง (f_s) จะเท่ากับความถี่ของรูปคลื่นสามเหลี่ยม

$$m_a = \frac{V_{control}}{V_{tri}} \tag{2.6}$$

$$m_f = \frac{f_s}{f_1} \tag{2.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$V_{control}$ = ค่ายอดของสัญญาณควบคุมรูปไซน์

V_{tri} = ค่ายอดของสัญญาณรูปสามเหลี่ยม

f_1 = ความถี่หลักมูลทางด้านออกของอินเวอร์เตอร์

m_a = อัตราการมอดูเลตด้านแอมพลิจูด

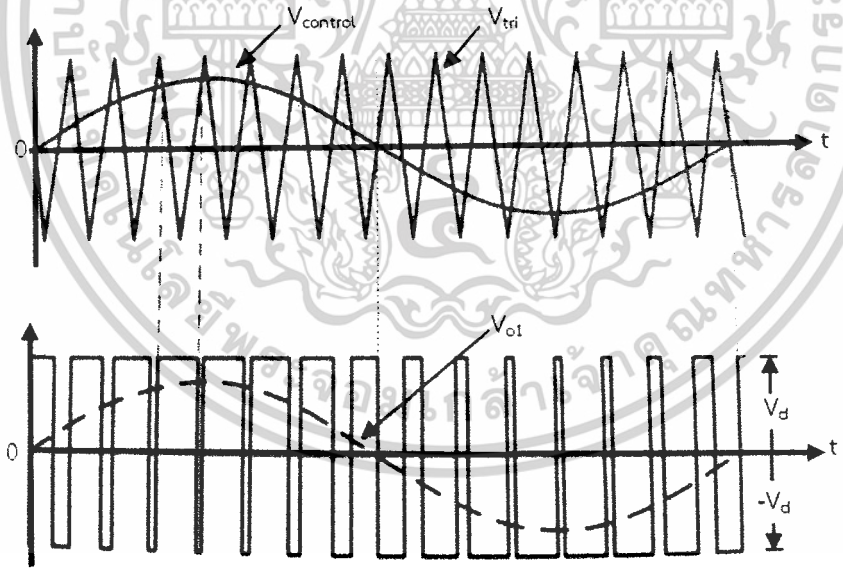
m_f = อัตราการมอดูเลตด้านความถี่

ถ้าค่า $0 \le m_a \le 1$ จะเป็นช่วงการมอดูเลตเชิงเส้น ซึ่งหมายถึงองค์ประกอบหลักมูลของแรงดันไฟฟ้าด้านออก (Fundamental-frequency component of the output voltage) โดยจะแปลงผันเชิงเส้นกับค่า m_a

ในกรณี $m_a > 1$ จะเป็นช่วงการควบคุมแบบโอเวอร์มอดูเลต ซึ่งผลของแรงดันฟ้าด้านออกจะมีองค์ประกอบฮาร์มอนิกส์สูงกว่าช่วงการมอดูเลตเชิงเส้น สำหรับเงื่อนไขของการสร้างสัญญาณสวิตชิ่งแบบพีดับเบิลยูเอ็มคือ

เมื่อ $V_{control} > V_{tri}$: สวิตช์ S_{1+} จะนำกระแส $V_{aN} = 1/2V_i$

เมื่อ $V_{control} < V_{tri}$: สวิตช์ S_{1-} จะนำกระแส $V_{aN} = -1/2V_i$ V'v



รูปที่ 2.8 การสร้างสัญญาณสวิตชิ่งแบบ PWM

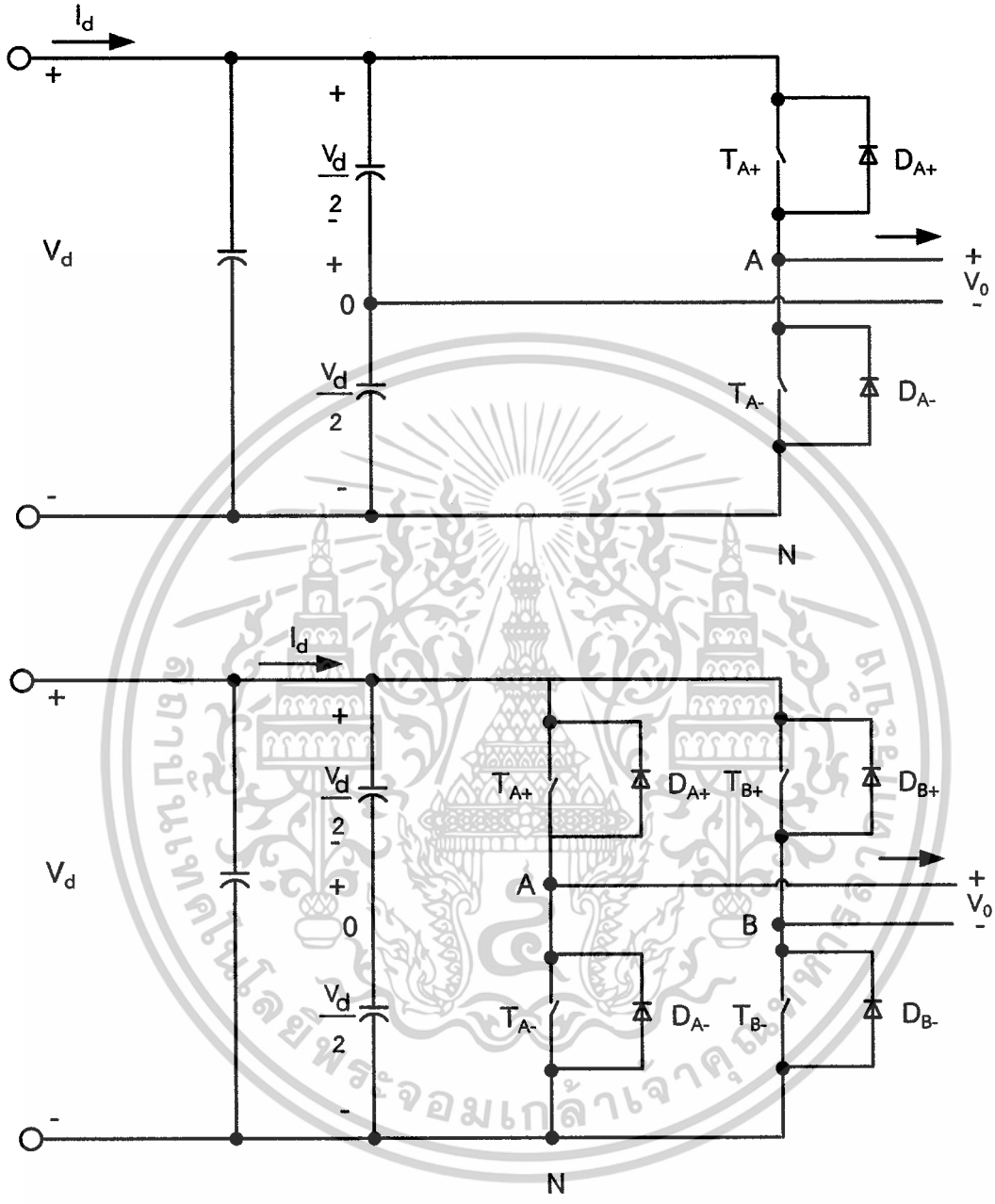
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 อินเวอร์เตอร์เฟสเดียว

อินเวอร์เตอร์เฟสเดียวจะมีการแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ แบบฮาล์ฟบริดจ์ (Half-Bridge) และแบบฟูล-บริดจ์ (Full-Bridge) ในแบบฮาล์ฟบริดจ์ จะมีตัวเก็บประจุสองตัวต่อลำดับกันอยู่ระหว่างแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงและหากกำหนดให้ตัวเก็บประจุทั้งสองมีค่าเท่ากัน จะทำให้แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุทั้งสอง เป็น $V_i/2$ จุดกึ่งกลางแรงดันไฟฟ้า (จุดศูนย์ในรูปที่ 2.9) เมื่อเปรียบเทียบกับบัสจะมีค่าคงที่ตรงจุด N ดังรูป 2.4 ส่วนอินเวอร์เตอร์แบบฟลูบริดจ์เฟสเดียวจะประกอบไปด้วย 2 กิ่ง A และ B ในรูปที่ 2.4 โดยแบบฟลูบริดจ์จะมีกำลังไฟฟ้าสูงกว่าแบบฮาล์ฟบริดจ์สองเท่า จึงเหมาะที่จะเลือกใช้เมื่อต้องการจ่ายกำลังไฟฟ้าโหลดสูงขึ้น

เงื่อนไขสำคัญที่อินเวอร์เตอร์เฟสเดียวแบบฮาล์ฟบริดจ์และฟลูบริดจ์ คือการทำงานของสวิตช์ S_{A+} และ S_{A-} ต้องไม่ทำงานพร้อมกันในทุกเวลา มิฉะนั้นจะเกิดการลัดวงจรระหว่างบัสบวกกับบัสลบ ในปกติเวลาสวิตชิ่งของ S_{A+} และ S_{A-} จะตรงข้ามกัน แต่ในทางปฏิบัติจะต้องการช่วงเวลาที่สวิตช์ทั้งคู่ไม่นำกระแส ซึ่งจะเรียกว่า เดดไทม์ (Dead Time) โดยเดดไทม์จะอยู่ในช่วงเว้าก่อนที่สวิตช์จะเปลี่ยนสถานะการสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 อินเวอร์เตอร์เฟสเดียวแบบฮาล์ฟบริดจ์และฟูลบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 การสวิตช์แรงดันไฟฟ้าแบบไบโพลาร์

การสวิตช์แรงดันไฟฟ้าแบบไบโพลาร์ (bipolar voltage switching) จะเป็นการควบคุมให้สวิตช์แบบบริดจ์ทำงานพร้อมกันเป็นคู่ คือ การทำงานของสวิตช์ S_{1+} และ S_{2-} จะถูกควบคุมให้ทำงานพร้อมกันในแต่ละช่วงเวลา อีกคู่หนึ่งคือการทำงานของสวิตช์ S_{1-} และ S_{2+} ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าด้านออกของกิ่ง a เท่ากับ

$v_{aN} = 1/2v_i$ เมื่อ $v_{control} > v_{tri}$ สวิตช์ S_{1+} และ S_{2-} จะนำกระแส

$v_{aN} = -1/2v_i$ เมื่อ $v_{control} < v_{tri}$ สวิตช์ S_{1-} และ S_{2+} จะนำกระแส

เมื่อคิดจากหนึ่งกิ่งของคอนเวอร์เตอร์แบบบริดจ์ แรงดันไฟฟ้าเอาท์พุตของกิ่ง b จะเท่ากับค่าลบของแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุตของกิ่ง a คือ $v_{bN} = -v_{bN}$ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์หรือแรงดันไฟฟ้าระหว่างกิ่ง a กับ b คือ $v_N = v_{aN}-v_{bN} = 2v_{aN}$

$$v_{01} = v_{ab1} = v_{ix}m_a \text{ เมื่อ } m_a \le 1.0 \quad (2.8)$$

$$v_i < v_{01} = v_{ab1} < 4\pi/v_i \text{ เมื่อ } m_a < 1.0 \quad (2.9)$$

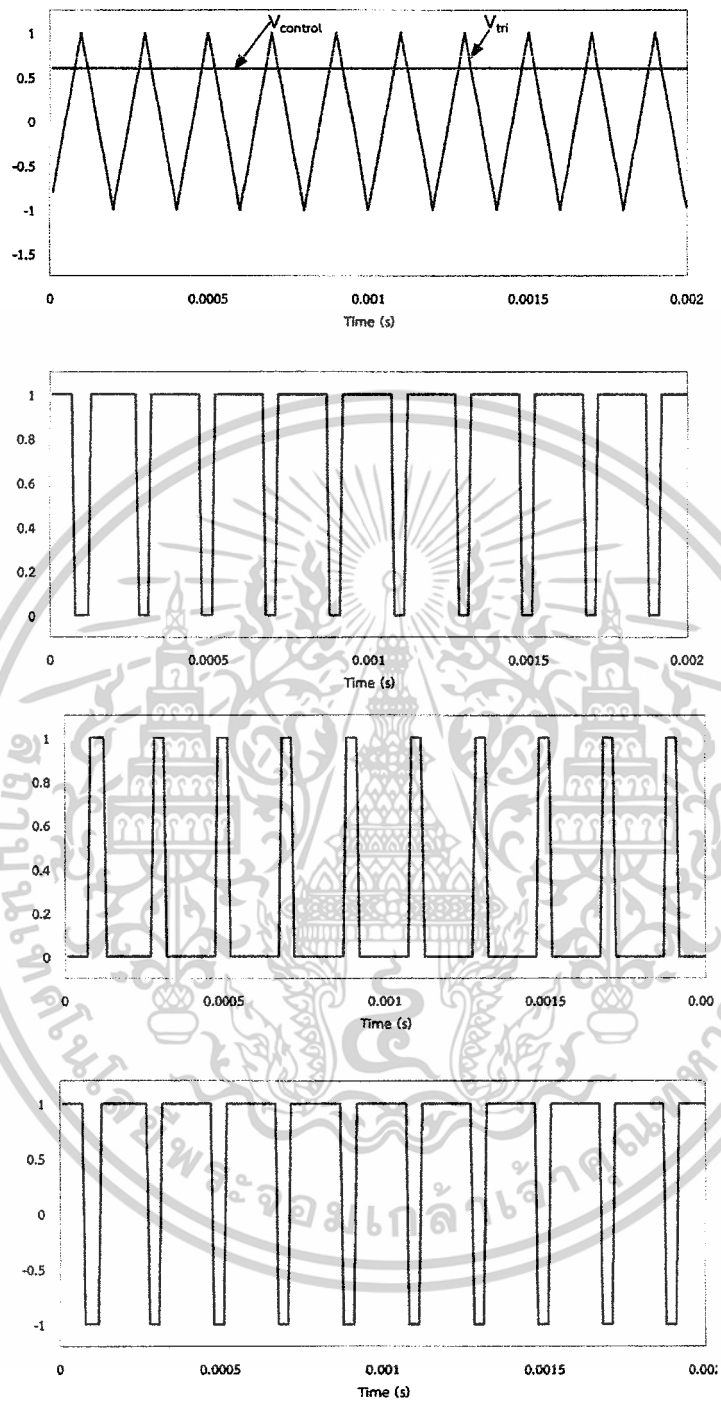
หรืออาจสรุปได้ว่าแรงดันไฟฟ้ายอดเอาท์พุตจะเท่ากับสมการที่ 2.8 เมื่อ m_a อยู่ย่านเชิงเส้นและแรงดันไฟฟ้ายอดเอาท์พุตจะเท่ากับสมการที่ 2.9 อยู่ในช่วงมือดดูเลชั่นเกินโดยแรงดันท์พุทจะสวิตช์อยู่ระหว่าง $+v_i$ กับ $-v_i$ ส่วนฮาร์มอนิกแถบข้าง (sideband harmonic) จะเกิดขึ้นรอบๆ m, 2m, 3m เช่น หากความถี่สวิตช์เท่ากับ 20 kHz ฮาร์มอนิกแถบข้างก็จะเกิดขึ้นที่ 2kHz, 40kHz, 60kHz เป็นต้น

สิ่งที่ระบุว่าเป็นการสวิตช์ชิงแบบไบโพลาร์

1. มีการสวิตช์ของแรงดันระหว่างสาย (v_o หรือ v_{ab}) ระหว่างขั้วหรือบัสบวกกับลบ

2. ความถี่ของพัลส์ที่โหลดจะเท่ากับความถี่ของ v_{tri} และจะเกิดความถี่จากสเปคตราคือเริ่มต้นที่รอบๆ f_s และจำนวนเท่าของ f_s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การสร้างสัญญาณสวิตชิ่งแบบไบโพลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4 การสวิตช์แรงดันแรงดันไฟฟ้าแบบยูนิโพลาร์

ข้อแตกต่างระหว่างการสวิตช์แรงดันไฟฟ้าแบบไบโพลาร์กับยูนิโพลาร์ (unipolar voltage switching) คือแบบยูนิโพลาร์ควบคุมสวิตช์ในกิ่ง a กับกิ่ง b จะแยกสัญญาณควบคุมออกจากกัน คือสวิตช์ในกิ่ง a จะถูกควบคุมจากสัญญาณ $v_{control}$เทียบกับสัญญาณสามเหลี่ยม (v_{tri}) ขณะที่สวิตช์ในกิ่ง b จะถูกควบคุมจากสัญญาณ $-v_{control}$เทียบกับสัญญาณสามเหลี่ยม (v_{tri}) การสวิตชิ่งจะมีเงื่อนไขดังนี้

เมื่อ $v_{control}>v_{tri}$: สวิตช์ s1+ จะนำกระแส $v_{aN} = V_i$

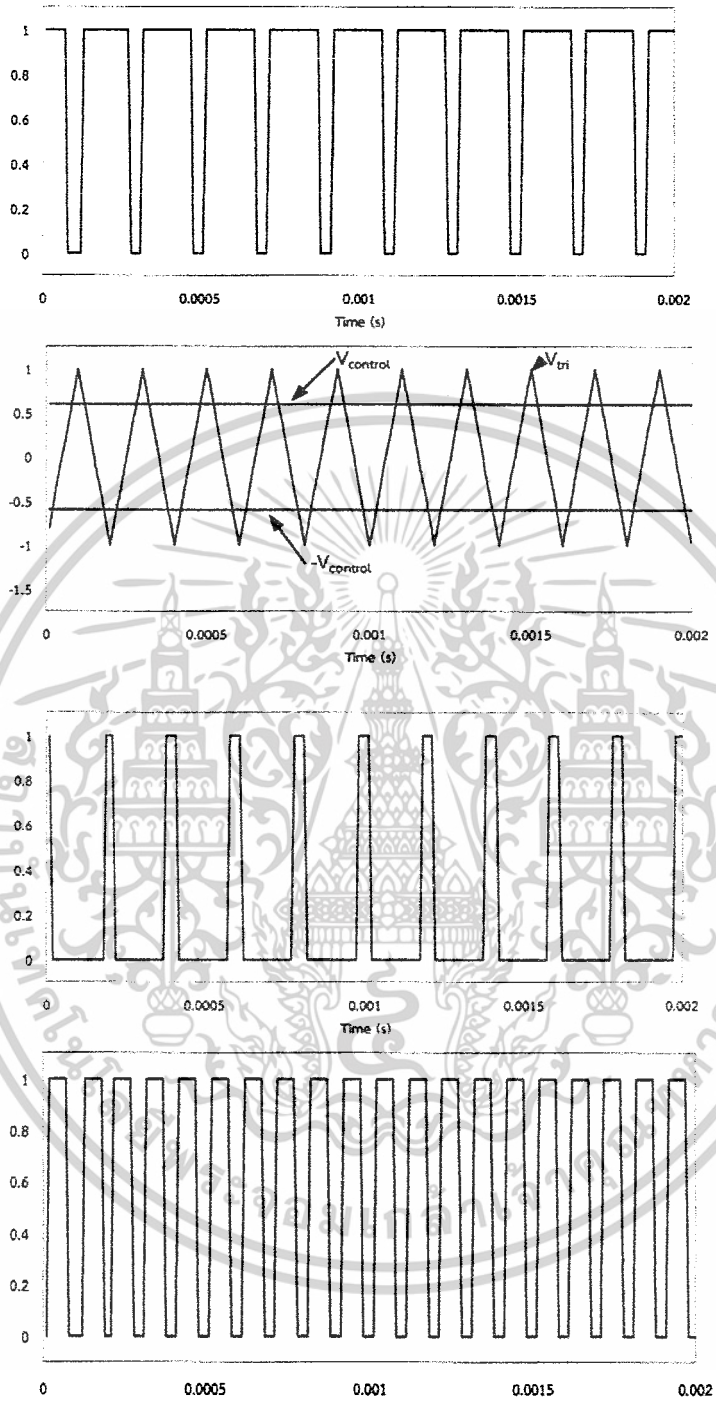
เมื่อ $v_{control}<v_{tri}$: สวิตช์ s1- จะนำกระแส $v_{aN} = 0$

เมื่อ $-v_{control}>v_{tri}$: สวิตช์ s2+ จะนำกระแส $v_{bN} = V_i$

เมื่อ $-v_{control}<v_{tri}$: สวิตช์ s2- จะนำกระแส $v_{bN} = 0$

จุดเด่นของการสวิตช์แรงดันไฟฟ้าแบบยูนิโพลาร์ คือ ความถี่ของสัญญาณเอาท์พุตจะมีความถี่เป็นสองเท่าของความถี่ของสวิตช์แต่ละเฟส เช่นความถี่ของอุปกรณ์ 10 kHz หากเป็นการทำงานแบบยูนิโพลาร์ ค่าแรงดันอาจจะประกอบไปด้วยสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มที่มีความถี่หลักมูลและความถี่ฮาร์มอนิกที่ 2 เท่าของแบบไบโพลาร์ที่ 20 kHz เกิดความถี่ขึ้นรอบข้าง ผลของความถี่ที่โหลดเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าทำให้การออกแบบวงจรกรองความถี่ เล็ก ง่าย ประหยัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การสร้างสัญญาณสวิตชิ่งแบบยูนิโพลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ากระแสสลับ

เซอร์กิตเบรกเกอร์ (circuit breaker) หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับปลดวงจรและป้องกันการลัดวงจรโดยการตัดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ขึ้นอยู่กับแรงดัน กระแสโหลด และกระแสขณะตัดวงจรซึ่งมีทั้งชนิดทำงานด้วยความร้อนและชนิดหน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้า หน้าที่หลักในการทำงานคือการตัดกระแสไฟฟ้าออกจากวงจรถ้ากระแสมากเกินขีดจำกัดหรือเกิดความร้อนที่มากเกินไป เมื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจรแล้วสามารถ ทำให้วงจรทำงานกลับมาทำงานใหม่โดยการรีเซ็ตหรือกดเบรกเกอร์ให้ลงมาอยู่ตำแหน่ง OFF และกด ON ใหม่เพื่อให้วงจรทำงานได้ตามปกติ การเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ควรที่จะต้องเลือกตามค่าพิกัดที่มาตรฐานกำหนดไว้โดยค่าที่กำหนดมีค่า Ampere Trip (AT) Ampere Frame (AF) และ Interrupting Capacity (IC)

Ampere Trip (AT) เป็นพิกัดกระแส handle rating ซึ่งบอกให้รู้ว่าสามารถทนกระแสใช้งานในภาวะปกติได้สูงสุดเท่าใด มักแสดงค่าไว้ที่ name plate หรือด้ามโยกของเบรคเกอร์ ซึ่งมาตรฐานของ NEC 1990 paragraph240-6 กำหนดดังนี้ 15 , 60 , 70 , 80 , 90 , 100 , 110 , 125 , 150 , 175 , 200 , 225 , 250 , 300 , 350 , 400 , 450 , 600 , 700 , 800 , 1000 , 1200 , 1600 , 2000 , 2500 , 3000 , 4000 , 5000 , 6000 AT

Ampere Frame (AF) เป็นพิกัดกระแสโครง ซึ่งหมายถึงพิกัดการทนกระแสสูงสุดของเบรคเกอร์ในรุ่นนั้นๆ Ampere Frame มีประโยชน์คือ สามารถเปลี่ยนพิกัด Ampere Trip ได้โดยที่ขนาด (มิติ) ของเบรคเกอร์ยังคงเท่าเดิม ค่า AF ตามมาตรฐาน NEMA มีดังนี้ 50 , 100 , 225 , 250 , 400 , 600 , 800 , 1000 , 1200 , 1600 , 2000 , 2500 , 4000 , 5000 AF

Interrupting Capacity (IC) เป็นพิกัดการทนกระแสลัดวงจรสูงสุดในขณะเริ่มเกิดอาร์กที่ตัวอุปกรณ์ป้องกันของเบรคเกอร์นั้นๆ โดยปกติกำหนดค่าการทนกระแสเป็น KA ค่า IC จะบอกให้รู้ว่าเบรคเกอร์ที่ใช้นั้นมีความปลอดภัยมากน้อยเพียงใด การเลือกค่ากระแส IC จะต้องรู้ค่ากระแสลัดวงจร ณ จุดนั้นๆ เสียก่อน ตามมาตรฐาน IEC60947-2 ที่ได้กำหนดค่า Icu และ Ics โดยที่

Icu คือ Breaking Capacity หรือ Ultimate Breaking Capacity หมายถึงการทนได้ต่อค่ากระแสลัดวงจรสูงสุด ในกรณี 3 เฟส โดยตัดวงจรได้สำเร็จ 2 ครั้งติดต่อกัน โดยไม่มีการเสียหายกับระบบ แต่เซอร์กิตเบรกเกอร์อาจจะเสียหายและใช้งานไม่ได้อีกต่อไป

Ics คือ Service Breaking Capacity หมายถึงการที่สามารถทำการตัดวงจรจากกระแสลัดวงจร ในกรณี 3 เฟส โดยตัดวงจรได้สำเร็จ 3 ครั้งติดต่อกัน โดยไม่มีการเสียหายกับระบบ และเซอร์กิตเบรกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 คุณภาพกำลังไฟฟ้า

คุณภาพกำลังไฟฟ้า หมายถึง ลักษณะของกระแส แรงดันและความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าในสภาวะปกติที่ไม่ทำให้อุปกรณ์ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้ามีการทำงานผิดพลาดหรือเสียหาย ในปัจจุบันเรื่องคุณภาพกำลังไฟฟ้าเป็นเรื่องที่น่าสนใจและนำมาพิจารณากันมาก เนื่องจากกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรมมีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีเทคโนโลยีสูงที่เป็นอุปกรณ์ประเภทอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีความไวในการตอบสนองต่อคุณภาพกำลังไฟฟ้ามากกว่าในอดีต โดยเฉพาะที่สามารถปรับหรือเพิ่มประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า ในปัจจุบันระบบไฟฟ้ามีการต่อเชื่อมโยงถึงกันหากส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบมีปัญหาหรือจ่ายฮาร์มอนิกเข้าสู่ระบบจะทำให้อุปกรณ์หรือระบบไฟฟ้าข้างเคียงได้รับผลกระทบด้วย ผู้ใช้ไฟฟ้าได้ทราบถึงเรื่องของคุณภาพไฟฟ้ากันมากขึ้นเพราะมีผลกระทบต่อการทำงานที่เป็นอยู่ คุณภาพของไฟฟ้าที่เสียไปจะทำให้ลักษณะของรูปคลื่นกระแส แรงดันตลอดจนความถี่ของระบบไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป สาเหตุที่คุณภาพไฟฟ้าเสียไปเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น ฟ้าผ่า การเกิดสภาวะความผิดพร่องทางไฟฟ้าในระบบส่งไฟฟ้าและระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า การกระทำการสับหรือปลดอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า การใช้งานอุปกรณ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นในระบบอุตสาหกรรมเป็นต้น ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่พบมีดังนี้ [4]

ไฟฟ้าดับ (Interruptions) เป็นสภาวะที่แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหยุดจ่ายกำลังงานทำให้ไม่มีแรงดันจ่ายให้กับผู้ไฟฟ้า โดยอาจจะมีสาเหตุเกิดมาจากแหล่งจ่ายกำลังงานได้รับความเสียหายหรือมีการผิดพร่องในระบบส่งไฟฟ้าทำให้อุปกรณ์ป้องกันมีการตัดวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าออกถาวร

แรงดันเกินทรานเซียนต์ (Transient Overvoltage) สภาวะไฟฟ้ากระชากเป็นสภาวะที่แรงดันสูงขึ้นทันที มักจะมีสาเหตุมาจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น ฟ้าผ่า การสับหรือปลดอุปกรณ์ตัวเก็บประจุ หรือรีแอ็กเตอร์ในระบบไฟฟ้า

แรงดันตกชั่วขณะ (Voltage Dips or Sags) เป็นปรากฏการณ์ที่แรงดันตกลงไปอยู่ที่ประมาณ 10-90% ของแรงดันปกติในช่วงเวลาสั้นๆไม่เกิน 1 นาที ซึ่งอาจจะเกิดจากการใช้งานมอเตอร์ขนาดใหญ่ หรือเกิดความผิดพร่องในระบบไฟฟ้า

แรงดันเกินชั่วขณะ (Voltage swell) เป็นปรากฏการณ์ที่แรงดันไฟฟ้าสูงเกินไปประมาณ 110-120% ของแรงดันปกติในช่วงเวลาสั้นๆ ไม่เกิน 1 นาที มีสาเหตุส่วนใหญ่เกิดขึ้นกับเฟสที่ไม่ได้เกิดความผิดพร่องทางไฟฟ้าโดยตรง หรืออาจเกิดจากการปลดโหลดขนาดใหญ่ออกจากระบบ หรือมีการต่อตัวเก็บประจุขนาดใหญ่เข้าระบบ มีผลทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหาย หรือทำให้อุปกรณ์ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของแหล่งจ่ายไฟฟ้ามีการทำงานผิดพลาดหรือหยุดการทำงาน

แรงดันกระเพื่อม (Voltage Fluctuation) เป็นการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันอย่างต่อเนื่อง มีขนาดไม่เกินช่วงแรงดัน 0.95-1.05 p.u. เป็นผลเกิดจากการใช้อุปกรณ์ประเภทเตาหลอมแบบอาร์ค ทำให้เกิดการกระพริบยนแปลงที่หลอดไฟ อาจจะเกิดผลกระทบต่ออุปกรณ์ในระบบถ้ามีการเปลี่แรงดันมากๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงความถี่ (Frequency Variation) คือ ปรากฏการณ์ที่ความถี่ของระบบไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าความถี่ปกติ 50 Hz เป็นผลเกิดจากการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ หรือมีการหลุดออกจากระบบ ทำให้มีการกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการทำงานสัมพันธ์กับความถี่ระบบไฟฟ้า เช่น เครื่องกลไฟฟ้า

แรงดันตก (Voltage Drop) เป็นปัญหาโดยตรงที่ส่งผลให้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ตามต้องการ เนื่องจากการผลิตของแผงพลังงานแสงอาทิตย์นั้นผลิตไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้ค่าแรงดันที่ได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์มีผลโดยตรงกับสภาพภูมิอากาศที่มีความเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล อีกทั้งขนาดของสายไฟและความยาวของสายไฟที่ใช้ซึ่งการคำนวณค่าแรงดันตกจะเป็นไปตามสมการ

ระบบไฟฟ้า 1 เฟส 2 สาย

$$\text{Voltage Drop} = 2 \cdot I \cdot (R+jX_L) \times L = 2 \cdot I \cdot (R\cos\theta + X\sin\theta) \cdot L \qquad (2.10)$$

ระบบ 3 เฟส 4 สาย

$$\text{Voltage Drop} = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R+jX_L) \times L = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R\cos\theta + X\sin\theta) \cdot L \qquad (2.11)$$

D = แรงดันตก (V)
I = กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (A)
R = ความต้านทานเส้นเดียวของสายไฟฟ้า (Ω/m)
X_L = รีแอคแทนซ์เส้นเดียวของสายไฟฟ้า (Ω/m)
L = ความยาวของสายไฟฟ้า (m)
$\cos\theta$ = พาวเวอร์แฟคเตอร์ของโหลด

2.11 แรงดันไฟฟ้าเกิน (over voltage)

แรงดันไฟฟ้าเกินสามารถจำแนกระดับแรงดันออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้ [5]

1. แรงดันไฟฟ้าเกินภายนอกระบบ (external over voltage) เป็นแรงดันไฟฟ้าเกิน ที่เกิดจากปรากฏการณ์ฟ้าผ่าซึ่งอาจเกิดจากฟ้าผ่าโดยตรงหรือจากการเหนี่ยวนำเข้ามามีขนาดแรงดันไฟฟ้าเกินมากกว่า 6 เท่าของแรงดันไฟฟ้าปกติ

2. แรงดันไฟฟ้าเกินภายในระบบ (internal over voltage) เป็นแรงดันไฟฟ้าเกินที่มีสาเหตุจากการลัดวงจรลงสู่ดินหรือการปลดออกของภาระของตัวเหนี่ยวนำการนำเข้าของตัวเก็บประจุ ผลของเฟอร์โรเรโซแนนซ์ระยะการเกิดจะยาวนานกว่าแรงดันไฟฟ้าเกินภายนอกระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.1 การจำแนกแรงดันไฟฟ้าเกินภายในระบบ

นอกจากแรงดันไฟฟ้าเกินภายนอกระบบและแรงดันไฟฟ้าภายในระบบ แล้วยังมีแรงดันไฟฟ้าเกิน ชนิดต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นและมีผลกระทบกับฉนวนของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับระบบซึ่งจำแนกได้ดังนี้

1. แรงดันไฟฟ้าเกินความถี่ไฟฟ้ากำลัง (power frequency over voltage)
2. แรงดันไฟฟ้าเกินชั่วคราว (temporary over voltage)
3. แรงดันไฟฟ้าเกินสวิตชิ่ง (switching over voltage)

2.11.2 แรงดันเกินความถี่ ไฟฟ้ากำลัง (power frequency over voltage)

ขนาดของแรงดันเกินความถี่ไฟฟ้ากำลังถึงแม้ว่ามีค่าไม่สูงมาก แต่ถ้าเกิดแรงดันเกินเกิดขึ้นเป็นเวลานาน 20-30 วินาที จะเรียกว่า แรงดันเกินชั่วคราว (temporary over voltage) จะมีผลกับพวกเครื่องล่อฟ้า (surge arrester) และฉนวนของสายที่เป็นมลพิษ (polluted line insulator) เป็นต้น สาเหตุของการเกิดมักจะมาจากเกิดการผิดพร่องเฟสลงดินหรือการปลดโหลด ขณะที่เกิดการผิดพร่องเฟสลงดิน (single line to ground fault) หรือการผิดพร่องสองเฟสลงดิน (double line to ground fault) ทำให้เกิดแรงดันเกินในเฟสที่เหลือ ซึ่งค่าแรงดันเกินลงดินในเฟสที่เหลือเมื่ออยู่ในระบบชนิดนิวทรัลไม่ต่อลงดิน (isolated neutral) อาจเกิดแรงดันขึ้นสูงถึงแรงดันระหว่างสาย ในระบบไฟฟ้าที่เป็นชนิดระบบต่อลงดินอย่างมีประสิทธิผล (effectively ground system) จะต้องมีแรงดันเกินที่จุดผิดพร่อง (fault) น้อยกว่า 1.5 เท่า ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าอิมพีแดนซ์ลำดับศูนย์ของระบบ ว่ามีค่าเท่าใด ช่วงเวลาที่เกิดแรงดันเกินขึ้นอยู่กับเวลาในการแก้ไขความผิดพร่อง (fault clearing time) ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยแต่ละระดับแรงดันก็จะแตกต่างกันไป การปลดโหลด (load rejection) ขณะที่โหลดใหญ่ๆ ถูกปลดออกจากระบบจะทำให้ เกิดแรงดันไฟฟ้าเกินขึ้นที่จุดต่อของโหลดต่ออยู่ หรือที่จุดต่อของเครื่องกำเนิด ซึ่งจะสูงขึ้นโดยฉับพลันในช่วงแรกและจะค่อยๆเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนไปถึงจุดสถานะอยู่ตัวหลังเปิดวงจร (steady-state open circuit) กรณีนี้จะมี automatic voltage regulator (AVR) เป็นตัวปรับสภาพแรงดันไฟฟ้า ขณะเดียวกันความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ก็จะเพิ่มขึ้นด้วยและมีผลกับความถี่ของระบบซึ่งจะมีตัวบังคับ (governor) เป็นตัวปรับและควบคุม

2.11.3 แรงดันเกินสภาวะคงตัว (steady state over voltage)

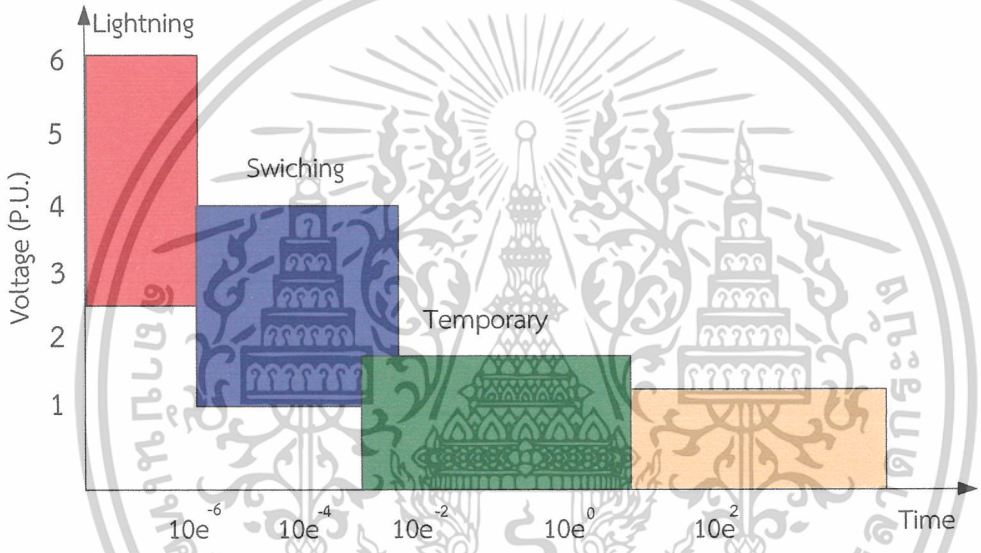
อุปกรณ์ในระบบส่งไฟฟ้ากำลังสามารถทนแรงดันสูงเกินปกติได้ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ช่วงเวลาระยะหนึ่งหรือตามมาตรฐาน american national standards institute (ANSI) standard C84. 1-1995 ได้กำหนดแรงดันระบบสูงสุดไว้ 2 ช่วงคือ แรงดันที่ 115 กิโลโวลต์ ถึง 121 กิโลโวลต์ และที่แรงดัน 362 กิโลโวลต์ มาตรฐานแรงดันระบบสูงสุดอาจเกิดในสภาวะการทำงานปกติและแรงดันไฟฟ้าระบบสูงสุดสำหรับอุปกรณ์และส่วนประกอบอื่นๆ ถูกออกแบบให้รองรับกับการทำงานที่ต้องทำงานอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเนื่อง มีการกำหนดแรงดันของระบบสูงสุดและแรงดันเกินชั่วคราวซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดสภาวะผิดปกติในระบบ

2.11.4 แรงดันเกินชั่วคราว

ตามมาตรฐาน IEEE Standard 1313.1-1996 ได้กำหนดแรงดันเกินชั่วคราวเกิดจากแรงดันเกินจากเฟสลงดินหรือระหว่างเฟสกับเฟส โดยอาจจะเกิดขึ้นเป็นวินาทีหรืออาจเกิดขึ้นเป็นเวลาหลายนาที การเกิดแรงดันเกินชั่วคราวโดยทั่วไปอาจเกิดจากการสวิตชิ่งอุปกรณ์ หรือการแก้ไขความผิดพร่อง การปลดโหลด การผิดพร่องเฟสลงดิน การผิดพร่องจากความต้านทานดินสูงหรือในระบบที่ไม่มีกราวน์



รูปที่ 2.12 ลักษณะแรงดันเกินในระบบไฟฟ้ากำลัง

2.11.5 แรงดันเกินที่มีสาเหตุโดยความผิดพร่องเนื่องจากเฟสลงดิน

ในสายส่งแรงดันสูงความผิดพร่องหนึ่งเฟสลงดินจะเกิดได้ง่ายที่สุดเมื่อเทียบกับการเกิดความผิดพร่องแบบอื่นๆโดยเป็นที่ทราบกันดีว่าการเกิดขึ้นของความผิดพร่องนั้นจะเพิ่มแรงดันของเฟสไม่เกิดความผิดพร่องให้มากยิ่งขึ้นซึ่งจะเหมือนกับการเกิดขึ้นในกรณีของสองเฟสลงดินเมื่อพิจารณาแรงดันเกินชั่วครู่ของเฟสที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าอยู่ในระดับน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.3 เปอร์ยูนิต (per unit) ขึ้นอยู่กับระบบด้วยถึงแม้ว่าในระบบแรงดันที่ต่ำจะไม่มีสัญญาณบอกเหตุที่อันตรายมากแต่แรงดันเกินจะมีความสำคัญมากในระบบไฟฟ้ากำลังที่มีขนาด 1,000 โวลต์หรือมากกว่า เพื่อป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินให้มีระดับต่ำกว่าระบบโดยแรงดันเกินนี้จะมีสาเหตุจากการแบ่งไหลของแรงดันเนื่องจากความผิดพร่องและเกิดผลกระทบขึ้นในระบบไฟฟ้ากำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 การเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการลงทุนระหว่างแผงพลังงานแสงอาทิตย์กับโซลาร์ฟาร์ม

จากการศึกษาบทความเชิงวิชาการของต่างประเทศ พลังงานที่ได้จากการลงทุน (Energy Return On Investment) [6] อยู่ในระดับที่ไม่น่าพึงพอใจเท่าที่ควรเนื่องจากภูมิประเทศและภูมิอากาศไม่เอื้ออำนวยเท่าประเทศไทยซึ่งมีสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศเหมาะสมกว่าจึงเป็นเหตุให้มีการศึกษาถึงความคุ้มทุนในด้านพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยมากขึ้น

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบระหว่างแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคากับโซลาร์ฟาร์ม

	แผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา	โซลาร์ฟาร์ม
ราคาพื้นที่ในการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์	ไม่มี	ราคาขึ้นอยู่กับพื้นที่ติดตั้ง
การใช้พื้นที่ในการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์	ไม่จำเป็นต้องต้องใช้พื้นที่มาก	ใช้พื้นที่มาก
จำนวนในการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์	มาก	น้อย
การคืนทุนที่ได้จากพลังงาน (EROI)	ได้พลังงานน้อยกว่า	ได้พลังงานมากกว่า
จำนวนเวลาในการคืนทุน	9-11ปี	7-9 ปี

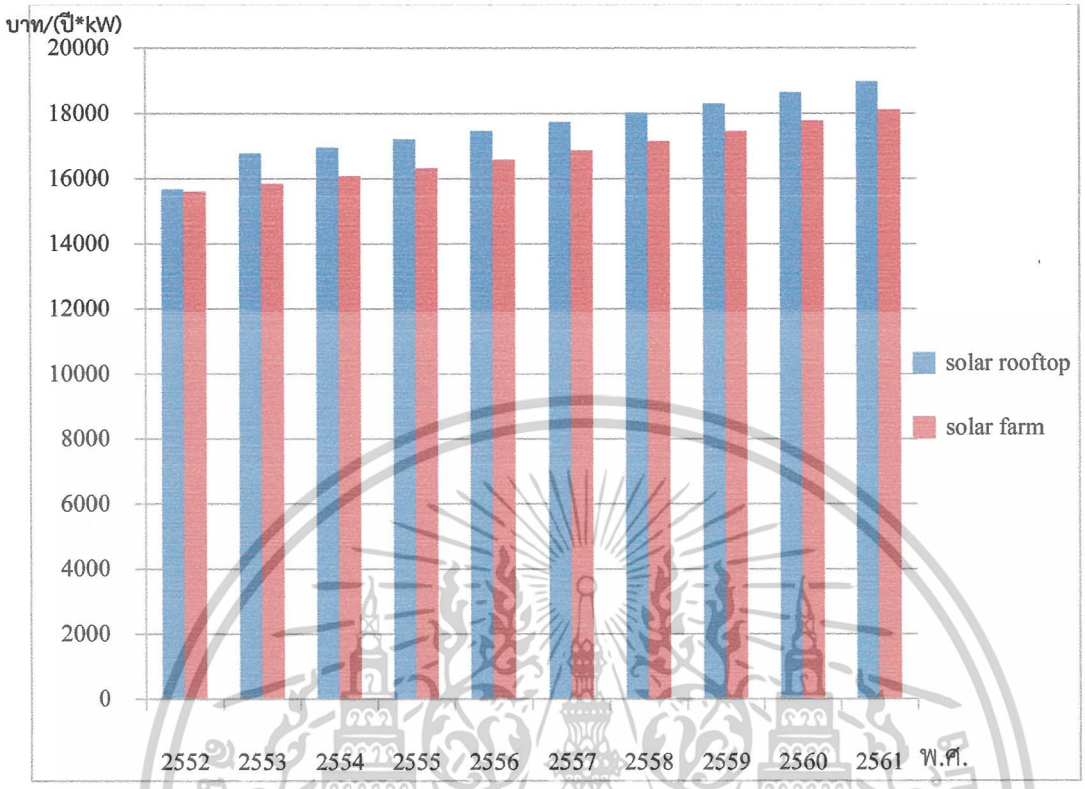
2.13 เปรียบเทียบราคาติดตั้งต่อกิโลวัตต์ระหว่างแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคากับโซลาร์ฟาร์ม

จากการสำรวจข้อมูลบริษัทที่รับติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคากับโซลาร์ฟาร์มในประเทศไทยจะสามารถเปรียบเทียบราคาติดตั้งต่อกิโลวัตต์ (โดยไม่นับค่าพื้นที่ติดตั้ง ซึ่งมีหลากหลายปัจจัยที่ส่งผลให้ราคาเปลี่ยนแปลง เช่น พื้นที่คนละจังหวัด ราคาไม่เท่ากัน)

ราคาติดตั้งโซลาร์ฟาร์มอยู่ที่ 120 – 140 ล้านบาทต่อเมกะวัตต์ คิดเป็น 130 ล้านบาทต่อเมกะวัตต์ จะได้ว่า ราคาติดตั้งต่อกิโลวัตต์ของโซลาฟาร์ม จะอยู่ที่ 130,000 บาทต่อเมกะวัตต์

ราคาติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอยู่ที่ 380,000 บาท ที่ 2 กิโลวัตต์จะได้ว่าราคาติดตั้งต่อกิโลวัตต์ของแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา จะอยู่ที่ 190,000 บาทต่อกิโลวัตต์จะพบว่าโซลาร์ฟาร์มมีราคาติดตั้งต่อกิโลวัตต์น้อยกว่าแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 กราฟเปรียบเทียบรายได้ที่ได้จากการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ กับ โซลาฟาร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 โครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านเพื่อขายไฟฟ้าขนาด 3.2 กิโลวัตต์ค่าติดตั้งทั้งหมด 540,000 บาท (ในปีที่11แสดงถึงการคืนทุนของแผงพลังงานแสงอาทิตย์)

ปีที่	พ.ศ.	อัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้า	อัตราค่า Adder	รวมค่าไฟฟ้าต่อหน่วย	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี	ผลประโยชน์รวมต่อปี	สะสม
		บาท/kWh	บาท/kWh	บาท/kWh	kWh/ปี	บาท/ปี	บาท
1	2552	3.30	8	11.30	4,438	50,154	50,154
2	2553	3.47	8	11.47	4,434	50,835	100,989
3	2554	3.64	8	11.64	4,430	51,552	152,541
4	2555	3.82	8	11.82	4,425	52,305	204,847
5	2556	4.01	8	12.01	4,421	53,097	257,944
6	2557	4.21	8	12.21	4,416	53,930	311,874
7	2558	4.42	8	12.42	4,412	54,805	366,679
8	2559	4.64	8	12.64	4,407	55,725	422,404
9	2560	4.88	8	12.88	4,403	56,691	479,096
10	2561	5.12	8	13.12	4,399	57,707	536,803
11	2562	5.38	-	5.38	4,394	23,620	560,423

จากตารางที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าการติดตั้งระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านขนาด 3.2 กิโลวัตต์ ใช้เงินลงทุนทั้งหมด 540,000 บาท ซึ่งจะได้กำไรในปีที่ 11 เป็นต้นไป (ในการคำนวณไม่คิดค่าดูแลรักษา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงการคืนทุนของโครงการติดตั้งโซลาร์ฟาร์มขนาด 630 กิโลวัตต์ในพื้นที่ 8 ไร่ มูลค่าก่อสร้างรวมประมาณ 80 ล้านบาท (ในปีที่ 8 แสดงถึงการคืนทุนของแผงพลังงานแสงอาทิตย์)

ปีที่	พ.ศ.	อัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้า	อัตราค่า Adder	รวมค่าไฟฟ้าต่อหน่วย	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี	ผลประโยชน์รวมต่อปี	สะสม
		บาท/kWh	บาท/kWh	บาท/kWh	kWh/ปี	บาท/ปี	บาท
1	2552	3.47	8	11.47	870,000	9,978,900	9,978,900
2	2553	3.64	8	11.64	870,000	10,126,800	20,105,700
3	2554	3.82	8	11.82	870,000	10,283,400	30,389,100
4	2555	4.01	8	12.01	870,000	10,448,700	40,837,800
5	2556	4.21	8	12.21	870,000	10,662,700	51,460,500
6	2557	4.42	8	12.42	870,000	10,805,400	62,265,900
7	2558	4.64	8	12.64	870,000	10,996,800	73,262,700
8	2559	4.88	8	12.88	870,000	11,205,600	84,468,300
9	2560	5.12	8	13.12	870,000	11,414,400	95,882,700

จากตารางที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าการติดตั้งระบบโซลาร์ฟาร์มขนาด 630 kW ใช้เงินลงทุนทั้งหมด 80 ล้านบาท ซึ่งจะได้กำไรในปีที่ 8 เป็นต้นไป (ในการคำนวณไม่คิดค่าดูแลรักษา)

2.14 บทสรุป

จากการศึกษาชนิดของแผงพลังงานแต่ละชนิดทำให้รู้ถึงประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการเลือกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะนำมาติดตั้งตามที่อยู่อาศัยและการคำนวณหาจำนวนแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่นำมาติดตั้งบนหลังคาบ้าน ศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าและการหาค่าแรงดันตกในสายส่ง รู้หลักการทำงานสร้างพีดับเบิ้ลยูเอ็ม หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส การเปรียบเทียบราคาติดตั้งของแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านต่อกิโลวัตต์ และการเปรียบเทียบราคาติดตั้งโซลาร์ฟาร์มต่อกิโลวัตต์ ซึ่งข้อมูลทั้งหมดจะนำไปใช้เพื่อวิเคราะเคราะห์ปัญหาและจำลองแผงพลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การเตรียมการก่อนการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์

3.1 บทนำ

เนื่องจากการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ ต้องมีการทำเรื่องขออนุญาติหน่วยงานที่เกี่ยวข้องก่อน จึงจะสามารถทำการขายไฟฟ้าให้กับหน่วยงานดังกล่าวได้ งานวิจัยนี้จึงได้รวบรวมสิ่งที่ต้องทำต่างๆ ก่อนทำการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์โดยละเอียด และการวางแผนการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน รวมถึงบทความเกี่ยวกับการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ ติดตั้งข้างในหรือข้างนอก ควรดูแลรักษาอย่างไร และจะกล่าวถึงการดูแลรักษาแผงพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพคงที่

3.2 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์

ขั้นตอนการยื่นเอกสารเพื่อขอจำหน่ายไฟฟ้าต่อ กฟภ. หรือ กฟน. มีดังต่อไปนี้ [7]

3.2.1 ให้บริษัทที่รับเหมาติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ สำรวจสถานที่ติดตั้ง ว่าสามารถตั้งได้หรือไม่

3.2.2 ทำการตกลงเซ็นต์สัญญากันระหว่างเจ้าของบ้านกับบริษัทรับเหมา

3.2.3 เจ้าของบ้านต้องลงนามในแบบฟอร์ม “แบบคำขอจำหน่ายไฟฟ้าและการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า ” และอาจต้องลงนามในหนังสือมอบอำนาจในการยื่นแบบฟอร์มให้กับเจ้าหน้าที่ของบริษัทฯ

3.2.4 การไฟฟ้าฯ จะพิจารณาแบบคำขอจำหน่ายไฟฟ้าฯ และแจ้งให้เจ้าของบ้านทราบผลภายใน 45 วัน

3.2.5 ชำระค่าใช้จ่ายและทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับการไฟฟ้าฯ ภายใน 60 วัน

3.2.6 ทำการติดตั้งระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์และนัดการไฟฟ้าให้มาตรวจสอบและเชื่อมโยงระบบ

3.2.7 เจ้าของบ้านจะได้รับเงินจากการขายไฟฟ้าเป็นรายเดือน

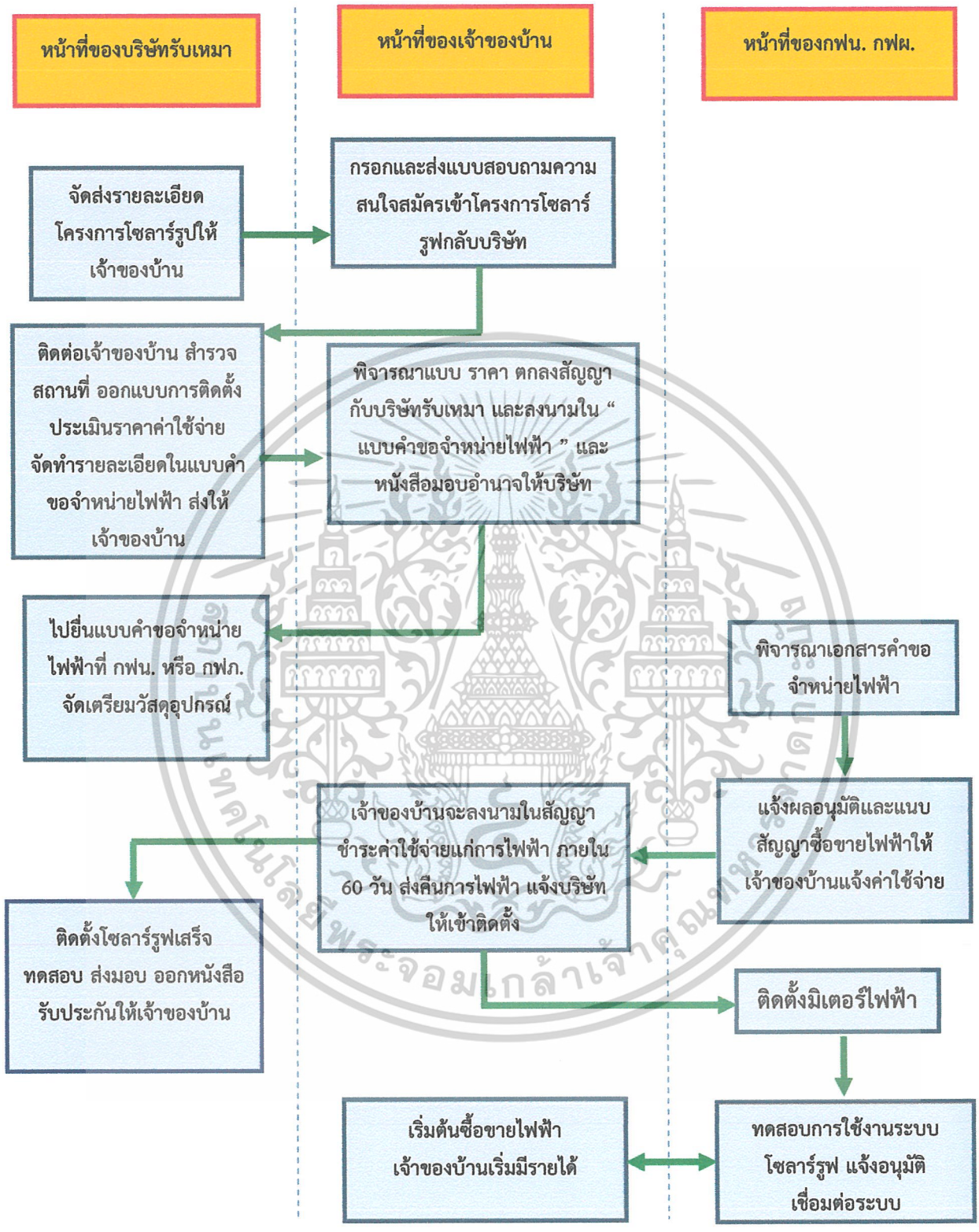
หมายเหตุ เจ้าของบ้านจะต้องชำระค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า และค่ามิเตอร์ไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฯ หลังได้รับหนังสืออนุญาตรับซื้อไฟฟ้า กรณีขายไฟฟ้าด้วยแรงดันต่ำ (220 V) ได้แก่ ค่าติดตั้ง เปลี่ยน ทดสอบและตรวจสอบมิเตอร์ พร้อมอุปกรณ์ประกอบ (ค่ามาตรวัดไฟฟ้า) ประมาณ 18,000-20,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 สรุปรายชื่อหน่วยงานต่างๆ ที่ผู้ลงทุนติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ต้องยื่นขออนุญาต

ขนาดของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (kW)	การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) หรือ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)	คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน	กรมโรงงานอุตสาหกรรม (แบบ รง. 4)	องค์การบริหารส่วนตำบล หรือหน่วยงานอื่นที่มีลักษณะเทียบเท่า	รายงานผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อกรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI)
<3.7 (กรณีบ้านที่อยู่อาศัย ทั่วไป)	ขออนุญาตจำหน่ายไฟฟ้าและขอ Adder	ไม่ต้องขออนุญาต	ไม่ต้องขออนุญาต โดยแจ้งให้ทราบเท่านั้น	ไม่ต้องขออนุญาต	ไม่ต้องขออนุญาต	ไม่ต้องทำรายงาน	ไม่ได้
3.7≤ขนาด ≤1,000	ขออนุญาตจำหน่ายไฟฟ้าและขอ Adder	ไม่ต้องขออนุญาต	ไม่ต้องขออนุญาต โดยแจ้งให้ทราบเท่านั้น	ต้องขออนุญาต	ขออนุญาต	ไม่ต้องทำรายงาน	ถ้าขอจะได้รับการยกเว้นภาษีและสิทธิพิเศษต่างๆ
1,000<ขนาด <6,000	ขออนุญาตจำหน่ายไฟฟ้าและขอ Adder การไฟฟ้าจะหักออก 2%	ไม่ต้องขออนุญาต	ต้องขออนุญาต	ต้องขออนุญาต	ขออนุญาต	ไม่ต้องทำรายงาน	ถ้าขอจะได้รับการยกเว้นภาษีและสิทธิพิเศษต่างๆ
6,000≤ขนาด <10,000	ขออนุญาตจำหน่ายไฟฟ้าและขอ Adder	ต้องขออนุญาตและกฟผ. จะหัก 2%	ต้องขออนุญาต	ต้องขออนุญาต	ขออนุญาต	ไม่ต้องทำรายงาน	ถ้าขอจะได้รับการยกเว้นภาษีและสิทธิพิเศษต่างๆ
≥10,000	ขออนุญาตจำหน่ายไฟฟ้าและขอ Adder	ต้องขออนุญาตและกฟผ. จะหัก 2%	ต้องขออนุญาต	ต้องขออนุญาต	ขออนุญาต	ต้องทำรายงาน	ถ้าขอจะได้รับการยกเว้นภาษีและสิทธิพิเศษต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการขอติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

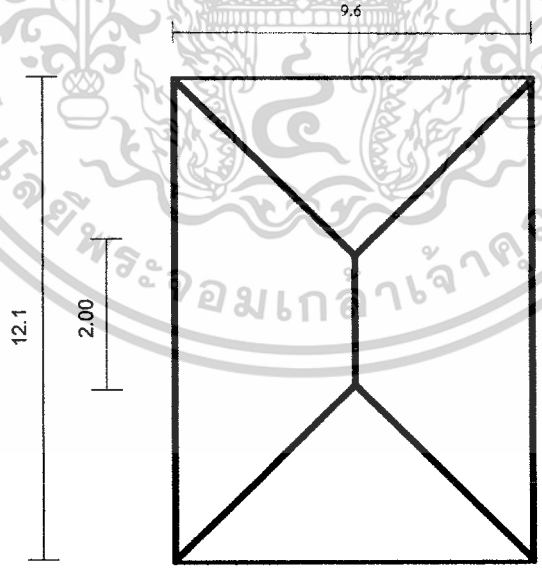
3.3 การวางแผนการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

บทความนี้กล่าวถึงสิ่งต่างๆที่จะต้องพิจารณา ไม่ว่าจะการออกแบบการวางแผงพลังงานแสงอาทิตย์ การคำนวณหาพลังงานที่เหมาะสมในการติดตั้ง เนื่องจากการจะใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ให้ได้ประสิทธิภาพ ต้องคิดถึงเรื่องมุมและทิศของการติดตั้งด้วย จึงจะสามารถใช้งานแผงพลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างคุ้มค่า

3.3.1 การวางแผงพลังงานแสงอาทิตย์

การเลือกสถานที่ที่จะนำมาติดตั้งแผงโซล่าพลังงานโดยการนำแบบแปลนบ้านจากโครงการบ้านครอบครัวไทยแสนสุขและดูโครงสร้างทั้งส่วนภายในตัวบ้านและตัวหลังคาบ้านดูทิศในการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์และคำนวณจำนวนแผงพลังงานแสงอาทิตย์ว่าควรติดตั้งจำนวนกี่แผงเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อโครงสร้างของบ้านและระบบจำหน่าย

จากบ้านที่สมมุติขึ้นนั้นเราควรที่จะเลือกพื้นที่ของหลังคาที่มีขนาดโดยรวมมากที่สุดซึ่งมีขนาดเท่ากับ 0.5 • 4.8 • (12.1+2.00) = 33.84 ตารางเมตร การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยที่ได้มาตรฐานโดยทั่วไป จะติดตั้งให้ด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันไปทางทิศใต้ และแผงเซลล์เอียงเป็นมุมประมาณ 10-15 องศากับพื้นโลก และแผงพลังงานแสงอาทิตย์แต่ละอันจะมีน้ำหนักประมาณ 11 กิโลกรัม ต่อหนึ่งตารางเมตร ซึ่งบ้านที่นำมาทดสอบสามารถรองรับและติดตั้งบนหลังคาบ้านได้โดยไม่มีปัญหาเกี่ยวกับโครงสร้างของบ้านตามมา

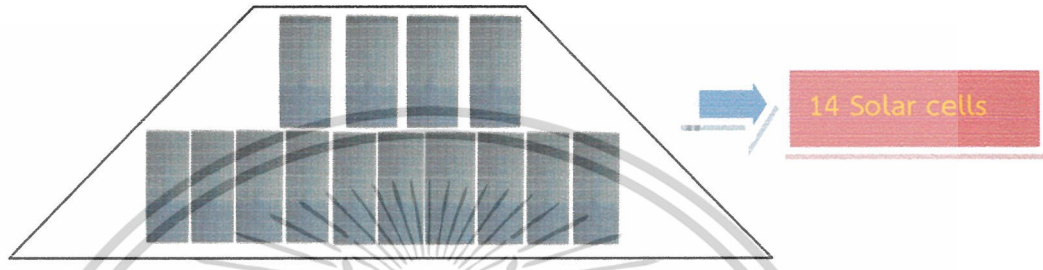


รูปที่ 3.2 ขนาดหลังคาบ้าน (บ้านครอบครัวไทยแสนสุข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การคำนวณหาจำนวนแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมในการติดตั้ง

จากการออกแบบบ้านสมมุติขั้นต้นจะทำให้สามารถรู้ขนาดโดยรวมพื้นที่ของหลังคาบ้านมากที่สุดมีขนาดเท่ากับ 33.84 ตารางเมตร และขนาดของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่นำมาติดตั้งมีขนาด 790×1600×50 (LxWxH mm) เพราะฉะนั้นจะได้จำนวนแผงในการติดตั้งทั้งหมด 14 แผง [8] ซึ่งทั้งนี้ยังไม่ได้คิดในกรณีที่มีต้นไม้บังที่จะทำบริเวณนั้นสามารถติดตั้งได้แต่ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน



รูปที่ 3.3 การติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์

3.3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันเพิ่มเติมเมื่อมีการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์

เนื่องจากการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์จะทำให้มีค่ากระแสในระบบเพิ่มขึ้น เมื่อเกิดการลัดวงจรในระบบ จะทำให้กระแสลัดวงจรหรือที่เรียกกันว่ากระแสฟอลต์มีค่ามากขึ้น ซึ่งการใช้อุปกรณ์ป้องกันเดิมนั้น อาจทำให้ตัวอุปกรณ์เสียหายได้ เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันใหม่ที่ได้รับการคำนวณเพื่อรองรับกระแสลัดวงจรใหม่ด้วย ในที่นี้จะคำนวณค่ากระแสฟอลต์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ตึกสาขาวิศวกรรมพลังงาน ทั้งเบรกเกอร์ตัวเก่าและและเบรกเกอร์ตัวใหม่ จากสูตรกระแสฟอลต์ [9-10]

$$I''_{KQ} = \frac{c \cdot kV}{\sqrt{3} \cdot Zq} \tag{3.1}$$

$$Zq = \frac{c \cdot kV^2}{MVA_{sc}} \tag{3.2}$$

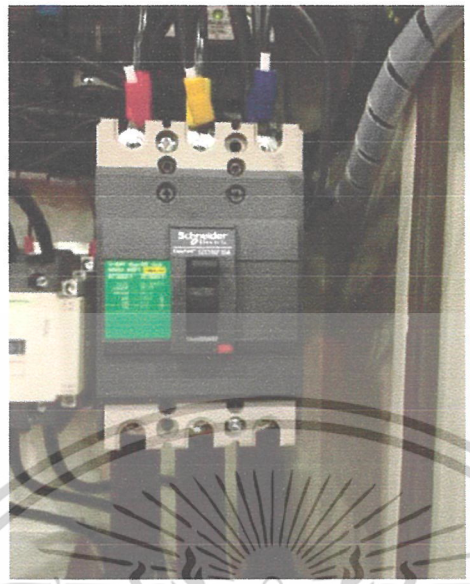
kVq = แรงดัน line – line ของระบบที่จุด Q (kV)

Zq = อิมพีแดนซ์ของระบบไฟฟ้า (ohm)

MVA_{sc} = กำลังลัดวงจรสมมาตร (MVA)

C = ตัวประกอบแรงดัน เป็นค่าคงที่มีค่าตั้งแต่ 0.95 ถึง 1.1 ในที่นี้ใช้ 0.95 เพื่อหา minimal fault

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 เซอร์กิตเบรกเกอร์ EZD100F 50A (เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีอยู่เดิม)

จากรูปที่ 3.4 จะเห็นได้ว่าค่ากระแส I_{cs} = 5 kA และจากการวัดค่ากระแสตามบ้านมีค่าประมาณ 1.5 A นำค่าที่ได้แทนลงในสมการเพื่อหาค่าความต้านทานของระบบไฟฟ้า

$$Zq = \frac{0.95 \cdot 0.38^{2}}{220 \cdot 1.5}$$

$$Zq = 4.15 \cdot 10^{-4} \text{ ohm}$$

เมื่อได้อิมพิแดนซ์จึงนำค่าที่ได้ไปแทนในสมการเพื่อหาค่ากระแสฟอลต์ในระบบ

$$I''_{KQ} = \frac{0.95 \cdot 0.38}{\sqrt{3} Z_{q}}$$

$$I''_{KQ} = \frac{0.95 \cdot 0.38}{\sqrt{3} \cdot 4.15 \cdot 10^{-4}}$$

$$I''_{KQ} = 502.2399 \text{ A}$$

จากการศึกษาข้อมูลแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้อยู่หน้าภาควิศวกรรมพลังงาน กระแสมีค่าประมาณ 1.5 A แผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ยี่ห้อ Sharp รุ่น ND-240QJC ชนิด Poly crystalline จำนวน 42 แผง ซึ่งแต่ละแผงสามารถผลิตกำลังไฟฟ้า 240 วัตต์ต่อแผง มีค่าแรงดันสูงสุดเท่ากับ 30โวลต์ และมีค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 8 แอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Zq = \frac{0.95 \cdot 0.38^2}{[(220 \cdot 1.5) + (42 \cdot 30 \cdot 8)]}$$

$$Zq = 1.3177 \cdot 10^{-5} \text{ ohm}$$

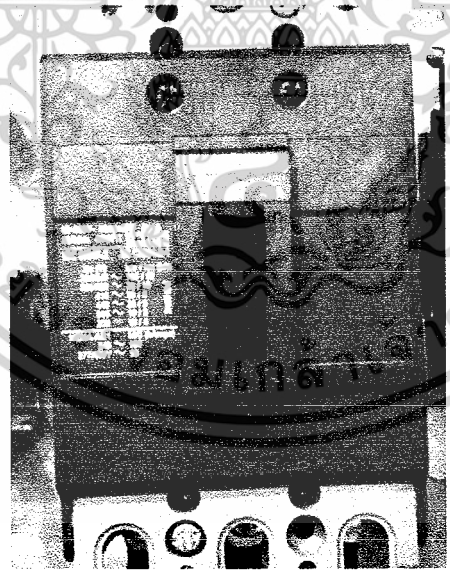
เมื่อได้อิมพิแดนซ์จึงนำค่าที่ได้ไปแทนในสมการเพื่อหาค่ากระแสฟอลต์ในระบบ

$$I''_{KQ} = \frac{0.95 \cdot 0.38}{\sqrt{3} Z_q}$$

$$I''_{KQ} = \frac{0.95 \cdot 0.38}{\sqrt{3} \cdot 1.3177 \cdot 10^{-5}}$$

$$I''_{KQ} = 15826.0866 \text{ A}$$

การเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีค่า Ics = 5 kA ที่หาซื้อได้ง่ายและมีราคาถูก เมื่อมีการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย จะทำให้เกิดค่ากระแสเพิ่มขึ้นในระบบ และเมื่อเกิดการลัดวงจรในระบบ ค่ากระแสลัดวงจรจะสูงขึ้นเซอร์เบรกเกอร์ดังกล่าวไม่สามารถทนกระแสที่เพิ่มสูงขึ้นได้ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันให้เพียงพอเมื่อเกิดกระแสลัดวงจรในระบบ จึงเป็นเหตุให้ต้องเปลี่ยนเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ Ics = 15 kA ดังรูปที่ 3.5 แทนเพื่อรองรับกระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายได้



รูปที่ 3.5 เซอร์กิตเบรกเกอร์ EZD100H 80A (เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่นำมาติดตั้งใหม่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ตัวอย่างการคำนวณเมื่อมีการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 3.7 kW

จากการศึกษาข้อมูลแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้บนหลังคาภาควิศวกรรมพลังงาน กระแสมีค่าประมาณ 1.5 A แผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ยี่ห้อ Sharp รุ่น ND-240QJC [11] ชนิด Poly crystalline จำนวน $\frac{3700}{240}$ = 15.41 = 16 แผง ซึ่งแต่ละแผงสามารถผลิตกำลังไฟฟ้า 240 วัตต์ต่อแผง มีค่าแรงดันสูงสุดเท่ากับ 30 โวลต์ และมีค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 8 แอมป์ กระแสฟอลต์ที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายมีค่า

$$Zq = \frac{0.95 \cdot 0.38^2}{[(220 \cdot 1.5) + (16 \cdot 30 \cdot 8)]}$$

$$Zq = 3.289 \cdot 10^{-5} \text{ ohm}$$

เมื่อได้อิมพิแดนซ์จึงนำค่าที่ได้ไปแทนในสมการเพื่อหาค่ากระแสฟอลต์ในระบบ

$$I''_{KQ} = \frac{0.95 \cdot 0.38}{\sqrt{3} Z_q}$$

$$I''_{KQ} = \frac{0.95 \cdot 0.38}{\sqrt{3} \cdot 3.289 \cdot 10^{-5}}$$

$$I''_{KQ} = 6336.985 \text{ A}$$

เพราะฉะนั้นควรใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มี Ics ตั้งแต่ 6 kA ขึ้นไป เพื่อที่จะรองรับกระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายได้

3.5 การติดตั้งอินเวอร์เตอร์

ในบทนี้จะกล่าวถึงบทความเกี่ยวกับอินเวอร์เตอร์ ข้อควรระวังในการติดตั้ง การติดตั้งข้างในหรือข้างนอกควรระวังอะไรบ้าง ควรดูแลรักษาอย่างไร

3.5.1 การเลือกสถานที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์

ประเด็นที่นำมาพิจารณาก่อนที่จะติดตั้งดังต่อไปนี้ [12]

- ไม่ติดอินเวอร์เตอร์บนวัสดุก่อสร้างที่ติดไฟ
- ควรติดตั้งบนพื้นผิวของแข็ง
- แม้ว่าหน่วยติดตั้งส่วนประกอบทนแสงแดดได้แต่ไม่ควรที่สัมผัสแสงแดดโดยตรง เพราะอาจทำให้ได้พลังงานน้อยลงเนื่องจากความร้อนที่มากเกินไป
- อินเวอร์เตอร์ระหว่างทำงานทำให้เกิดเสียงดังก่อให้เกิดความรำคาญได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ในระดับสายตานี้เพื่อให้สามารถอ่านหน้าจอ LCD ได้
- การติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควรติดตั้งให้บริเวณนั้นไม่มีสิ่งกีดขวางโดยด้านข้างประมาณ 20 ซ.ม. ด้านบนและด้านล่างประมาณ 50 ซ.ม. เพื่อให้อากาศได้มีการถ่ายเท
- ฝุ่นเป็นเหตุทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของอินเวอร์เตอร์น้อยลง
- อุณหภูมิพอเหมาะในการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควรอยู่ระหว่าง -25 ° C และ 60 ° C
- ตำแหน่งการติดตั้งควรยึดแนวตั้งเป็นหลัก
- การเชื่อมต่อที่ไม่ได้ใช้ซีและอินเตอร์เฟซต้องปิดผนึกกับปลั๊กปิดผนึกเพื่อให้แน่ใจว่าระดับป้องกัน IP55 สำหรับทั้งระบบ inverter (และสายเคเบิล)
- อินเวอร์เตอร์ต้องถูกออกแบบมาด้วย IP 55 เพื่อสำหรับการใช้งานกลางแจ้งและที่มีความชื้นสูงดังรูปที่ 3.6 และ 3.7

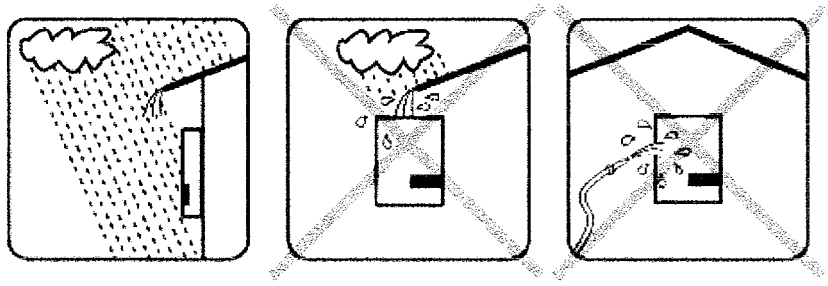
3.5.2 การตัดการทำงานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อไฟฟ้าดับ

ในกรณีที่ไม่มีไฟฟ้าไหลจากเสาไฟฟ้าเข้ามาในบ้าน (กรณีไฟฟ้าดับ) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะตัดการทำงานของตัวเอง ดังนั้น เมื่อไฟฟ้าของการไฟฟ้าดับ จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลออกจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นไปสู่เสาไฟฟ้า ดังนั้น เจ้าของบ้านจะไม่สามารถขายไฟฟ้าได้ในขณะที่ไฟฟ้าดับ และจะไม่สามารถนำไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์กลับมาใช้เองได้ในขณะที่ไฟฟ้ากำลังดับอยู่ ทั้งหมดนี้ ถือว่าเป็นวิธีการทำงานแบบมาตรฐานที่ใช้กับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า

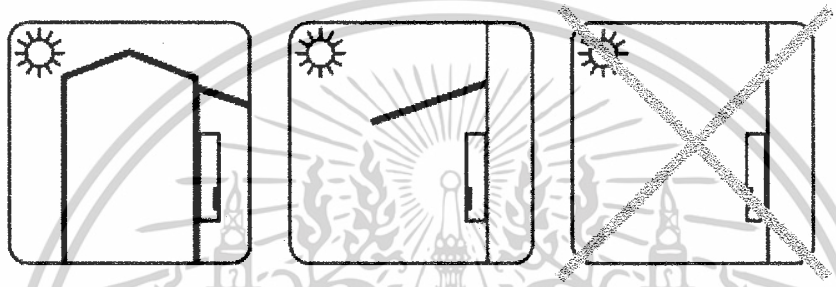
ตาราง 3.2 ดัชนีแสดงความสามารถในการป้องกันสิ่งแปลกปลอม

รหัส	รหัสตัวแรกแสดงความสามารถในการป้องกันวัตถุ (ของแข็ง) เล็ดลอดเข้าภายใน	รหัสตัวที่สองแสดงความสามารถในการป้องกันของเหลวเข้าไปทำความเสียหาย
0	ไม่มีการป้องกัน	ไม่มีการป้องกัน
1	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 50 มม ที่มากระทบไม่ให้ผ่านลอดเข้าไปข้างในได้	สามารถป้องกันน้ำที่ตกลงมาในแนวดิ่งได้
2	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่าศูย์กลางมากกว่า 12 มม. ที่มากระทบไม่ให้ผ่านลอดเข้าไปข้างในได้	สามารถป้องกันน้ำที่ตกลงมาในแนวดิ่งและในแนวที่ทำมุม 15 องศากับแนวดิ่งได้
3	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่าศูย์กลางมากกว่า 2.5 มม. ที่มากระทบไม่ให้ผ่านลอดเข้าไปข้างในได้	สามารถป้องกันน้ำฝนที่ตกลงมาในแนวทำมุม 60 องศากับแนวดิ่งได้
4	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่าศูย์กลางมากกว่า 1 มม. ที่มากระทบไม่ให้ผ่านลอดเข้าไปข้างในได้	สามารถป้องกันหยดน้ำหรือน้ำที่สาดมาจากทุกทิศทางได้
5	สามารถป้องกันฝุ่นได้	สามารถป้องกันน้ำที่ถูกฉีดมาตกกระทบในทุกทิศทางได้
6	สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์	สามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วมได้
7		สามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วมอย่างถาวร

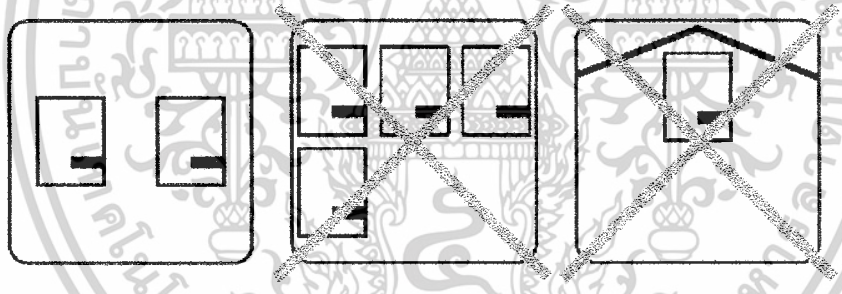
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งบริเวณที่มีน้ำและละอองฝน



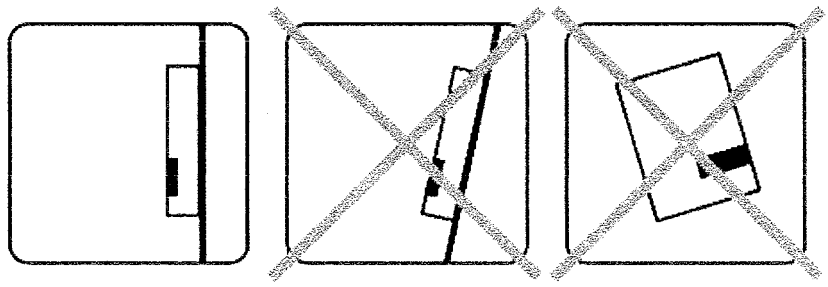
(ข) ควรหลีกเลี่ยงจากการโดนแสงอาทิตย์ส่องโดยตรง



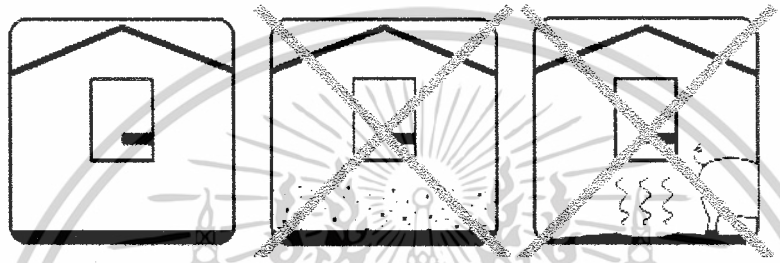
(ค) ควรให้มีอากาศไหลผ่าน

รูปที่ 3.6 ข้อควรระวังในการติดตั้งอินเวอร์เตอร์แบบ outdoor

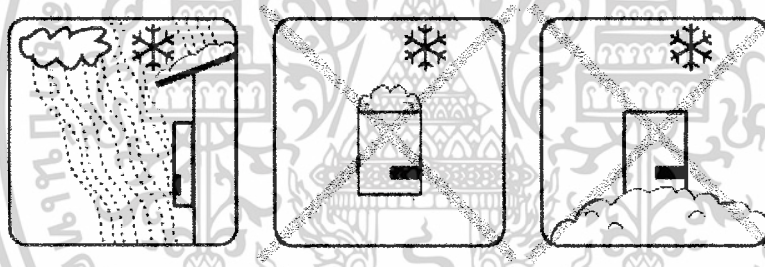
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



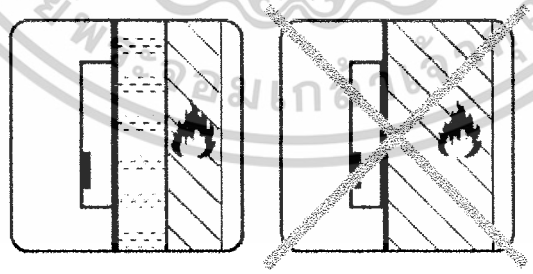
(ง) ควรติดตั้งในพื้นที่ที่ตั้งฉากกับพื้นโลก



(จ) ควรปราศจากฝุ่นและก๊าซแอมโมเนีย



(ฉ) ควรมีอากาศถ่ายเทให้เพียงพอกับความต้องการ



(ช) ควรมีฉนวนป้องกันไฟ

รูปที่ 3.7 ข้อควรระวังในการติดตั้งอินเวอร์เตอร์แบบ outdoor (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การดูแลรักษาแผงพลังงานแสงอาทิตย์

การดูแลรักษาแผงพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถทำได้ง่ายมากโดยการใช้น้ำสะอาดล้างแผงพลังงานแสงอาทิตย์ เพราะเมื่อนำไปติดตั้งจะทำให้มีฝุ่นละอองมาติดตามแผง ไม่ควรใช้ของมีคมมาขัดผิวแผงพลังงานแสงอาทิตย์เพราะจะทำให้กระจกที่อยู่ชั้นบนของแผงมีรอย และอาจเกิดความเสียหายต่อแผงพลังงานแสงอาทิตย์ได้

3.7 สรุป

การเตรียมการก่อนการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ หลังจากที่พิจารณาเรื่องราคาแล้วและตัดสินใจว่าจะติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ อย่างแรกที่ควรทำคือ ควรจะศึกษาเรื่องของกฎหมายเป็นอันดับแรก เนื่องจากการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ ต้องมีการทำเรื่องขออนุญาติหน่วยงานที่เกี่ยวข้องก่อน จึงจะสามารถทำการขายไฟฟ้าให้กับหน่วยงานดังกล่าวได้ ซึ่งในการวิจัยนี้จะรวบรวมไว้ในบทที่ 3.2 ซึ่งกล่าวถึงการรวบรวมสิ่งที่ต้องทำต่างๆ ก่อนทำการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์โดยละเอียด หลังจากศึกษาเรื่องของกฎหมายแล้ว เราจะมาคำนวณเรื่องของอุปกรณ์ป้องกัน ว่าต้องใช้ขนาดเพิ่มเป็นเท่าไหร่ ต่อมาเราจะมาดูเรื่องของตำแหน่งในการติดตั้งให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในบทที่ 3.3 ต่อมาจะเป็นเรื่องของอินเวอร์เตอร์ เนื่องจากหลายๆท่านที่สำรวจมายังคิดว่าอินเวอร์เตอร์ต้องติดตั้งภายในอาคาร และไม่สามารถโดนฝุ่นหรือน้ำได้ งานวิจัยนี้จะมาทำการวิเคราะห์การติดตั้ง ใช้งาน อินเวอร์เตอร์ อย่างถูกวิธี และสุดท้ายก็จะเป็นเรื่องของการดูแลรักษาแผงพลังงานแสงอาทิตย์ ให้มีประสิทธิภาพคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การเก็บข้อมูลและการจำลองบ้านหนึ่งหลังด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4.1 บทนำ

การดำเนินงานของบทนี้ จะทำการด้วย 2 ส่วน โดยที่ส่วนแรกคือการเก็บข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้า ด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายที่สภาวะการทำงานจริง หลังจากนั้นจะนำค่าของข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับการจำลองบ้านที่ใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม PSIM 9.0.3 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ Sharp ND-240QCJ ที่ติดตั้งในเฟส C ในการจำลองคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้ในการประกอบการวิเคราะห์ว่าผลการจำลองมีความสอดคล้องกับการเก็บข้อมูล และวิเคราะห์หลักการทำงานของวงจรในทฤษฎีว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลข้างต้นและสามารถนำมาวิเคราะห์ได้จริง

4.2 ระบบที่ใช้ในการเก็บข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย

ในการเก็บข้อมูลเพื่อพิจารณาค่าต่างๆที่เกิดขึ้นของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการใช้เครื่องมือวัดและระบบจัดเก็บข้อมูลที่มีความแม่นยำและประสิทธิภาพ เพราะในการจำลองการทำงานนั้น [13] ต้องการนำข้อมูลจริงของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง การเก็บข้อมูลในสภาวะการทำงานจริงจะใช้ เครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า ในการเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Chauvin Arnoux รุ่น C.A 8332B ดังรูปที่ 4.1 และใช้โปรแกรม DataView ในการจัดเก็บข้อมูล ดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.1 เครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า ยี่ห้อ Chauvin Arnoux รุ่น C.A 8332B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ในการเก็บข้อมูลจะแสดงค่าที่วัดได้ของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ ภายใต้สภาวะการใช้งานจริง โดยเก็บค่าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่หน้าตึกสาขาวิศวกรรมพลังงาน โดยที่ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายซึ่งไม่สามารถควบคุมสภาวะต่างๆให้คงที่ ดังนั้นจะต้องติดตั้งอุปกรณ์วัดให้แน่น และตั้งเวลาของเครื่องมือวัดให้ครอบคลุมที่สุด เพื่อให้ได้ค่าที่เป็นการวัดที่สภาวะเดียวกัน ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ติดตั้งชุดวงจรวัดแรงดันและชุดวงจรตรวจจับกระแส โดยทำการวัดทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ

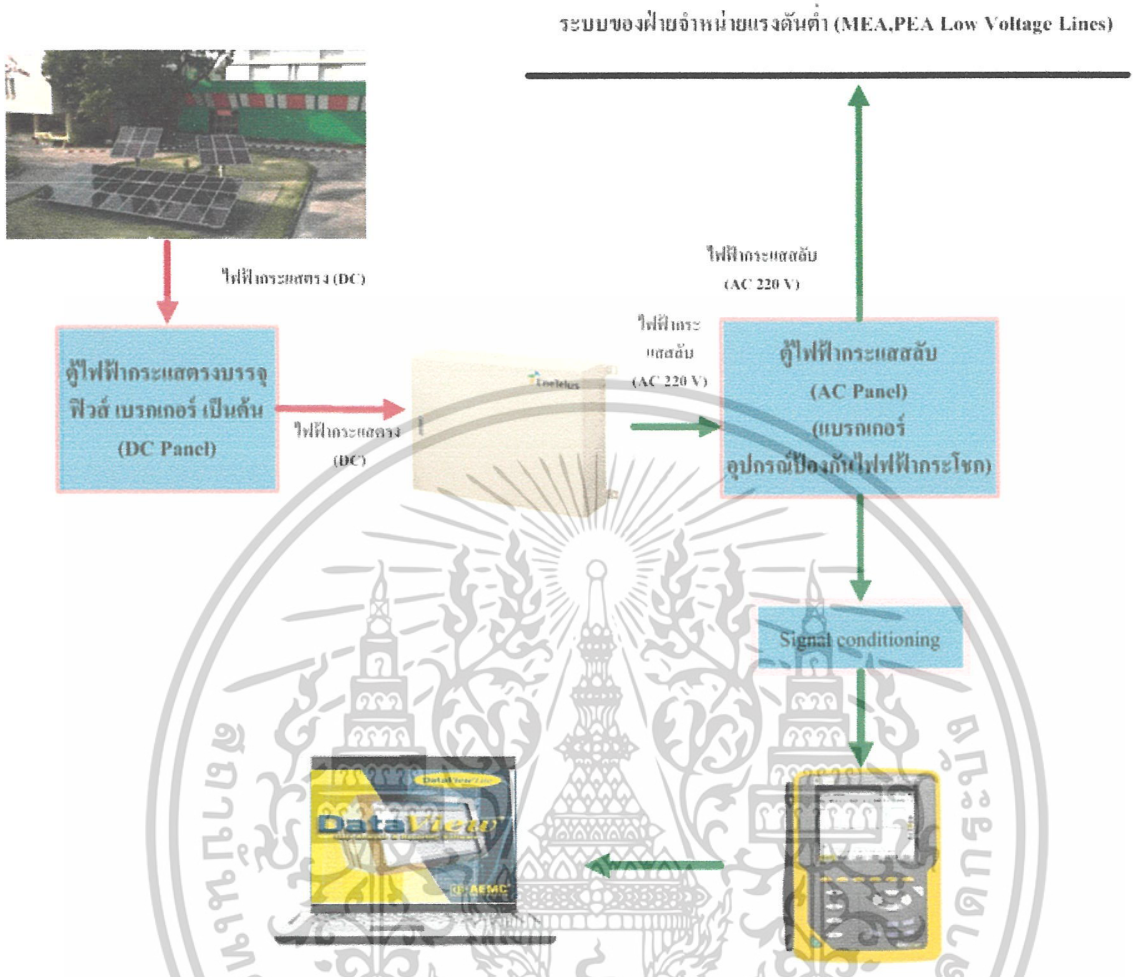
2. ติดตั้งชุด Signal Conditioning เพื่อที่จะรับสัญญาณจากชุดวงจรวัดแรงดันและชุดวงจรตรวจจับกระแส

3. ติดตั้ง Chauvin C.A 8332B ซึ่งตั้งเวลาในการเก็บบันทึกข้อมูลทุกๆ 5 วินาที ผ่านคอมพิวเตอร์โดยเชื่อมต่อผ่านโปรแกรม DataView และข้อมูลที่จัดเก็บด้านไฟฟ้ากระแสสลับหลังอินเวอร์เตอร์ มีดังนี้

- แรงดันไฟฟ้า (V)
- กระแสไฟฟ้า (A)
- ความถี่ (Hz)
- กำลังไฟฟ้าจริง (W)
- กำลังไฟฟ้าจริง-ชั่วโมง (Whr)
- กำลังไฟฟ้าเสมือน(VAR)
- พาวเวอร์แฟคเตอร์(PF)
- เปอร์เซ็นต์ความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวมของกระแส (%THD_i)
- เปอร์เซ็นต์ความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวมของแรงดัน (%THD_v)

ขั้นตอนการเก็บข้อมูลของแผงพลังงานแสงอาทิตย์จะเริ่มจากการติดตั้งเครื่องมือวัดที่ตู้ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Panel) เชื่อมต่อกับเครื่อง Chauvin C.A 8332B และทำการตั้งเวลาเพื่อเก็บค่าอัตโนมัติ จากนั้นหลังจากเก็บค่าเรียบร้อยจะทำการบันทึกไฟล์ลงคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม DataView ดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลของแผงพลังงานแสงอาทิตย์

4.4 ผลการเก็บข้อมูลของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย

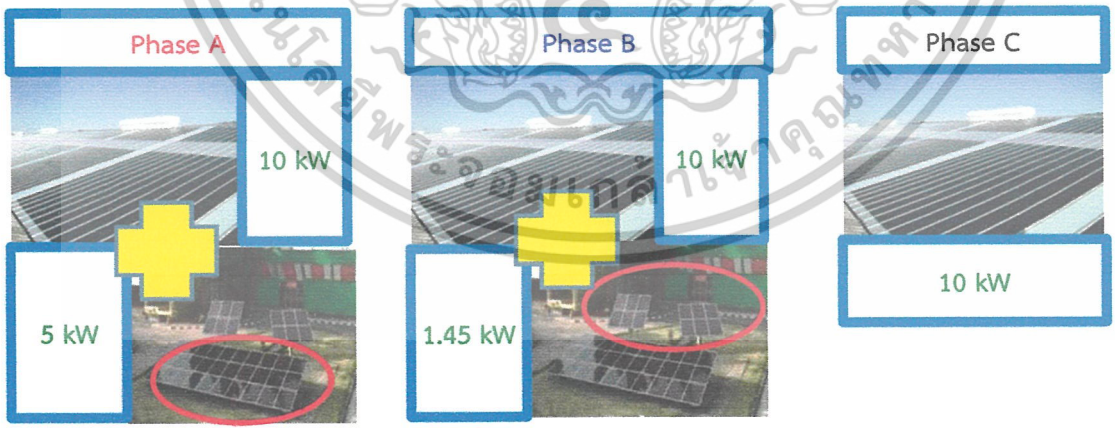
การเก็บข้อมูลของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย ในสภาวะการทำงานจริง ณ ตึกสาขาวิศวกรรมพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทำในช่วงระหว่างปลายเดือนสิงหาคม 2555 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2556 ซึ่งผลของข้อมูลในแต่ละวันให้ลักษณะกราฟกำลังไฟฟ้าจริงที่ได้คล้ายกัน ผู้วิจัยได้เลือกแสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556 เพราะเป็นวันที่อากาศปลอดโปร่ง โดยแสดงตั้งแต่ช่วงเวลาที่ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ทำงาน คือ 06:00-20:00 น. โดยจะแสดงข้อมูลในด้านไฟฟ้ากระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 ข้อมูลทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ

ข้อมูลทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับเป็นข้อมูลที่นำไปใช้เป็นค่าพารามิเตอร์ในการจำลองการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย โดยค่าที่จะทำการเก็บบันทึกคือข้อมูลแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power) กำลังไฟฟ้าเสมือน (Reactive Power) กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power) ความถี่ พาวเวอร์แฟคเตอร์ เปอร์เซ็นต์ความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวมของกระแส ($\%THD_I$) และเปอร์เซ็นต์ความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวมของแรงดัน ($\%THD_V$) ดังรูปที่ 4.3 ถึง 4.12 [14]

ในการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์แต่ละเฟสมีค่าไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับจำนวนแผงและชนิดของแผงที่ติดตั้งในแต่ละเฟส โดยที่เฟส A จะมีแผงพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้ง ณ หน้าตึกวิศวกรรมพลังงานชนิด thin film ขนาด 121 W ต่อแผง จำนวน 30 แผง มีกำลังไฟฟ้าในการผลิตไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 5 kW กับ แผงพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคาของตึกวิศวกรรมพลังงานติดตั้งชนิดโพลีซิลิกอน ขนาด 240 W ต่อแผง จำนวน 46 แผงมีกำลังไฟฟ้าในการผลิตไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 10 kW ซึ่งรวมกันมีกำลังไฟฟ้ารวมเท่ากับ 15 kW เฟส B จะเป็นแผงพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคาของตึกวิศวกรรมพลังงานมีกำลังไฟฟ้าในการผลิตไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 10 kW กับแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถติดตามแสงอาทิตย์ได้ 2 เสาเป็นแผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิด thin film ขนาด 121 Wต่อแผง จำนวน 12 แผง มีกำลังไฟฟ้าในการผลิตไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 1.45 kW มีกำลังไฟฟ้ารวม 11.45 kW เฟส C จะเป็นแผงพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคาของตึกวิศวกรรมพลังงานอย่างเดียว มีกำลังการผลิตไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 10 kW

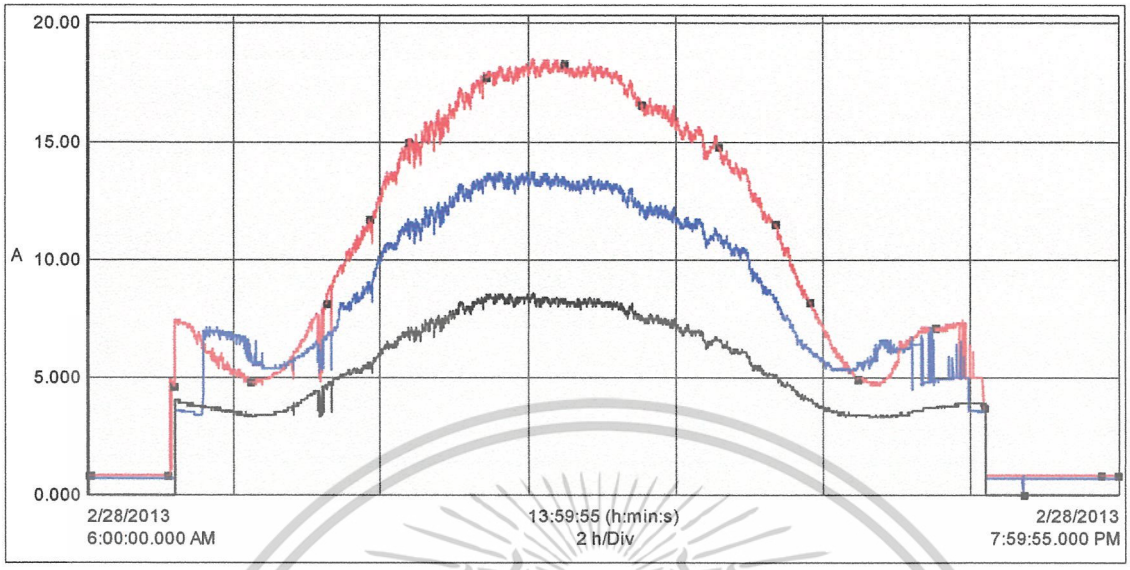


รูปที่ 4.3 พิกัดกำลังไฟฟ้าของแต่ละเฟสของตึกพลังงาน

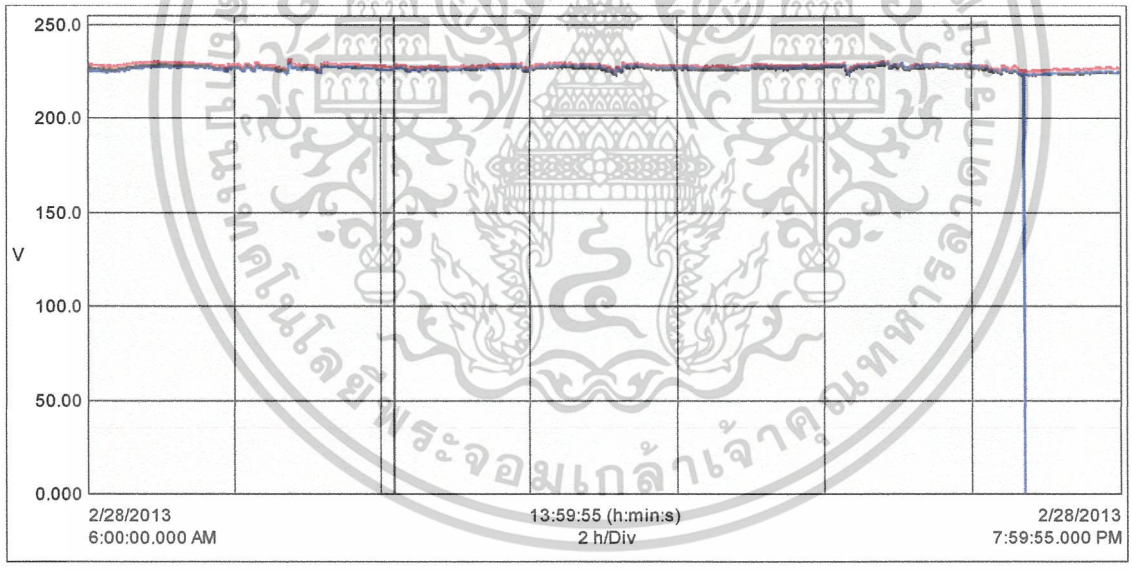
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้กราฟสีแดงเป็นค่าที่แสดงในเฟส A กราฟสีน้ำเงินเป็นค่าที่แสดงชองเฟส B และกราฟสีดำเป็นค่าที่แสดงชองเฟส C แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับแต่ละเฟสจะมีค่าดังรูปที่ 4.4 และ รูปที่ 4.5 โดย ค่าแรงดันและกระแสเฉลี่ยในเฟส A จะมีค่า 226.217 V และ 9.146 A ค่าแรงดันและกระแสเฉลี่ยในเฟส B จะมีค่า 227.872 V และ 7.191 A ค่าแรงดันและกระแสเฉลี่ยในเฟส C จะมีค่า 226.475 V และ 4.412 A โดยค่าที่สนใจคือค่าในเฟส C เท่านั้นเพราะเฟส C มีการติดตั้งบนหลังคาซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ในโครงการ ในเฟส C จะมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาดังนี้ ในช่วงเวลาตั้งแต่ 06:00 น. ถึง 07:00 น. และในช่วงเวลา 18.20 น. ถึง 20.00 น. แผงพลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ ต่อมาในช่วงเวลา 7.00 น. ถึง 8.00 น. และในช่วงเวลา 16.30 น. ถึง 18.20 น. แผงพลังงานแสงอาทิตย์สามารถที่จะผลิตกำลังไฟฟ้าได้แต่ความเข้มแสงที่แผงพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับนั้นไม่เพียงพอกับความต้องการของแผงพลังงานแสงอาทิตย์จริงโดยสังเกตุจากกระแสมีค่าสูงขึ้นและค่อยๆลดลงในช่วงเวลาที่ทำการสังเกตุทำให้แผงพลังงานแสงอาทิตย์เปลี่ยนสภาวะจากแหล่งผลิตไฟฟ้าเป็นภาระทางไฟฟ้าแทนมีผลทำให้เวลาดังกล่าวมีค่ากำลังไฟฟ้าติดลบเฟส C มีค่ากำลังไฟฟ้าต่ำสุดเท่ากับ -0.44 kW และค่าพาวเวอร์เฟคเตอร์ก็ติดลบตามเช่นกัน ดังรูป 4.9 โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.238 ในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 11.30 น. แผงพลังงานแสงอาทิตย์มีความเข้มแสงเพียงพอในการผลิตกำลังไฟฟ้าและค่าพาวเวอร์เฟคเตอร์ที่ได้จะแปรผันตามความเข้มแสงและเพิ่มขึ้นตามลำดับและเวลาในช่วงประมาณ 12.00 น. จะเป็นช่วงเวลาที่แผงพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด มีค่าเท่ากับ 1.925 kW เมื่อสังเกตุค่าของกำลังไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีความเข้มสูงสุดจะพบว่า ในบางวันที่ทำการเก็บผลการทดสอบกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีค่าที่ไม่เสถียรมีค่าสูงๆต่ำๆส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากอินเวอร์เตอร์และแรงดันที่การไฟฟ้าส่งไฟฟ้าในแต่ละเฟสไม่เท่ากัน ดังรูปที่ 4.5 และหลังจากเวลา 12.00 น. ค่ากำลังไฟฟ้าและค่าของพาวเวอร์แฟคเตอร์จะลดลงเรื่อยๆตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



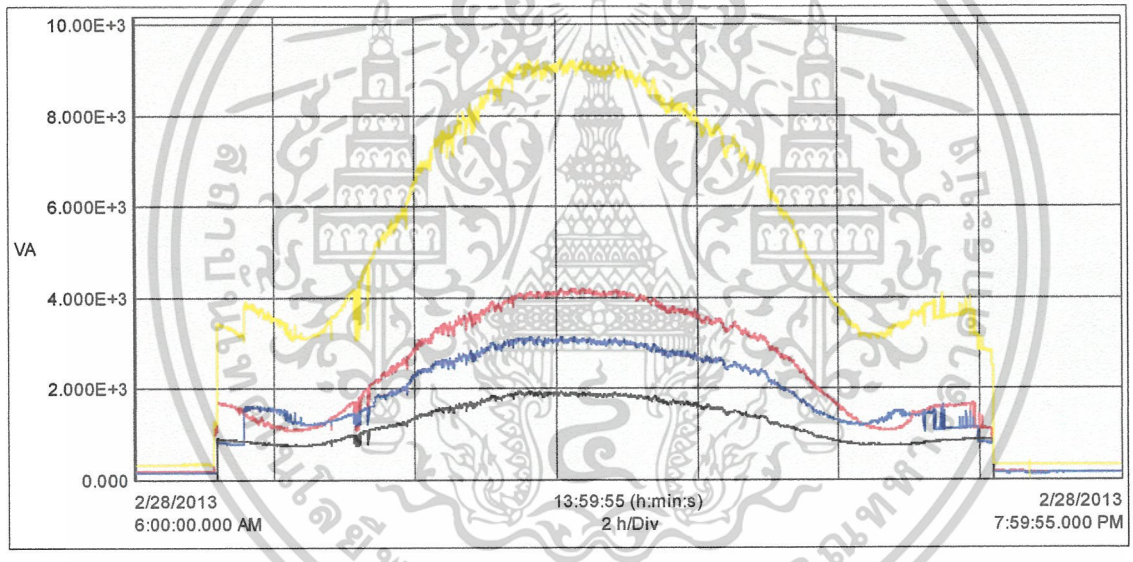
รูปที่ 4.4 ค่ากระแสไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อระบบ ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556



รูปที่ 4.5 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อระบบ ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556

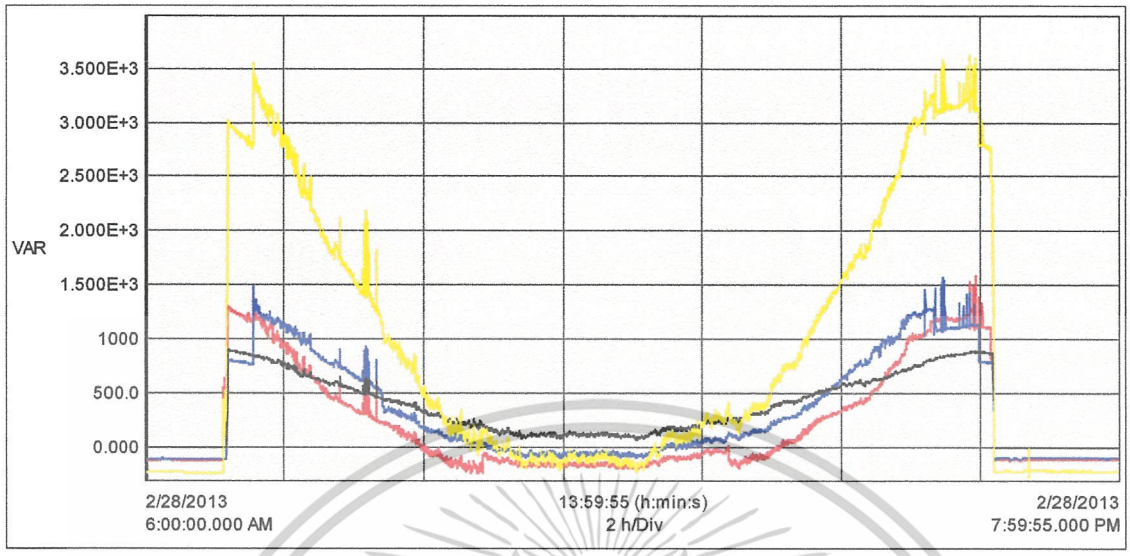
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการสังเกตุความสัมพันธ์ของค่ากำลังไฟฟ้าจริง ค่าของกำลังไฟฟ้ากำลังไฟฟ้าปรากฏ และกำลังไฟฟ้าเสมือนดังรูปที่ 4.6 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ พบว่าในช่วงแรกขณะที่ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ยังไม่ทำงานเมื่อพิจารณาค่าของกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือน จะสังเกตุว่ามีค่ากำลังไฟฟ้าใกล้เคียงกันแต่เมื่อระบบเซลล์แสงอาทิตย์เริ่มทำงานค่ากำลังไฟฟ้าจริงจะมีค่าใกล้เคียง 0 และค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนจะมีค่าสูงสุด เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นค่ากำลังไฟฟ้าจริงจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามในขณะที่ค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนจะมีค่าลดลงเช่นกัน ซึ่งเป็นผลให้ค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีค่าใกล้เคียง 1 ดังรูปที่ 9 แสดงว่าในช่วงเวลาที่แผงพลังงานแสงอาทิตย์ทำงานเต็มประสิทธิภาพ จะทำให้มีค่ากำลังไฟฟ้าจริงเท่านั้น จากการเก็บค่าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าในหนึ่งวัน ดังรูปที่ 4.10 ในเฟส C มีค่า 11.301 kW-hour โดยจะนำค่าที่ได้จากการวิเคราห์ค่าที่ได้จากการเก็บค่าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ไปจำลองและออกแบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย

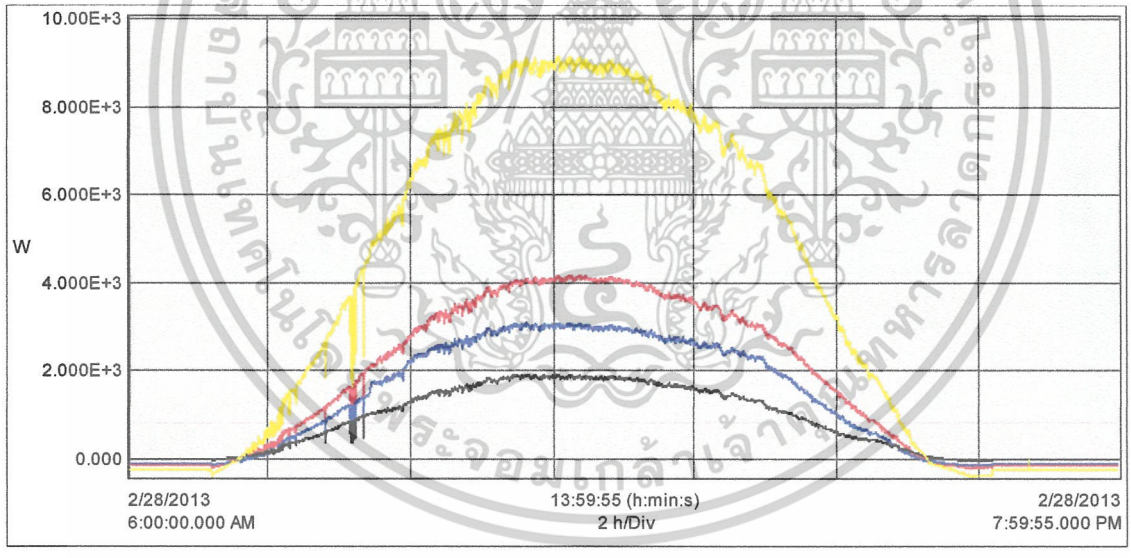


รูปที่ 4.6 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่จุดเชื่อมต่อระบบ ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

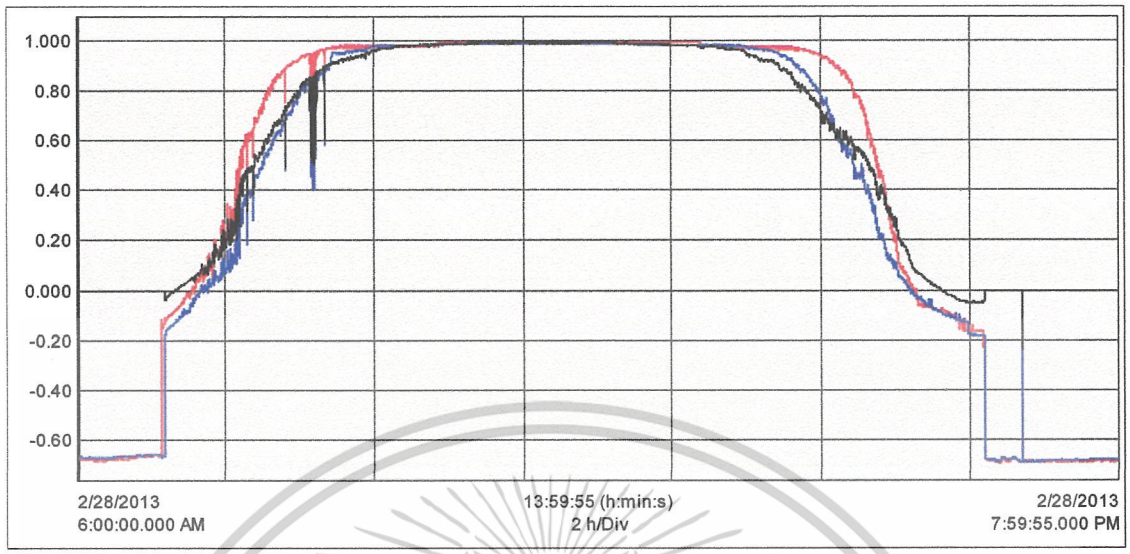


รูปที่ 4.7 ค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนที่จุดเชื่อมต่อระบบ ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556

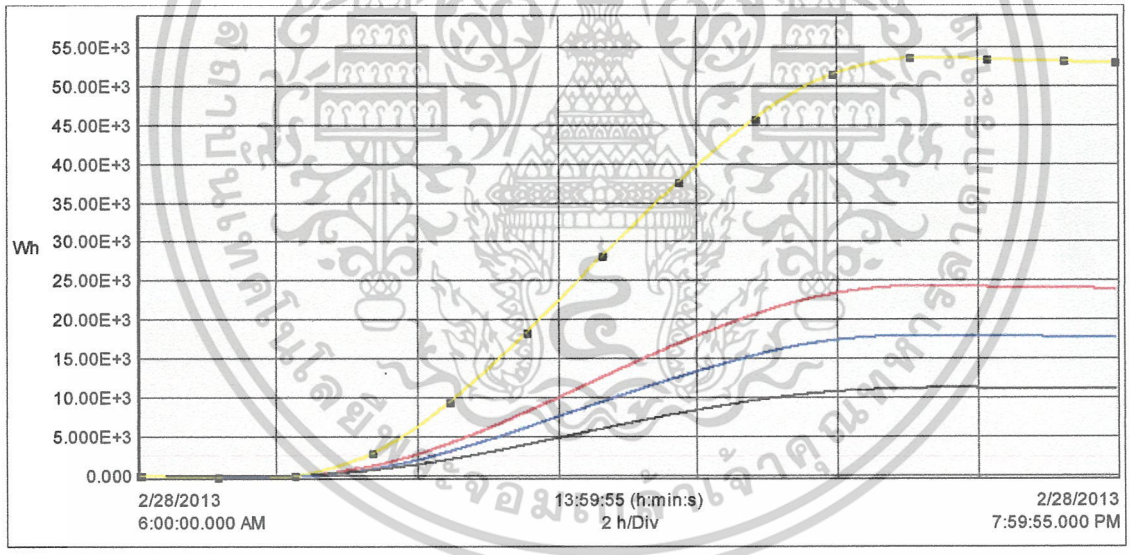


รูปที่ 4.8 ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏที่จุดเชื่อมต่อระบบ ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



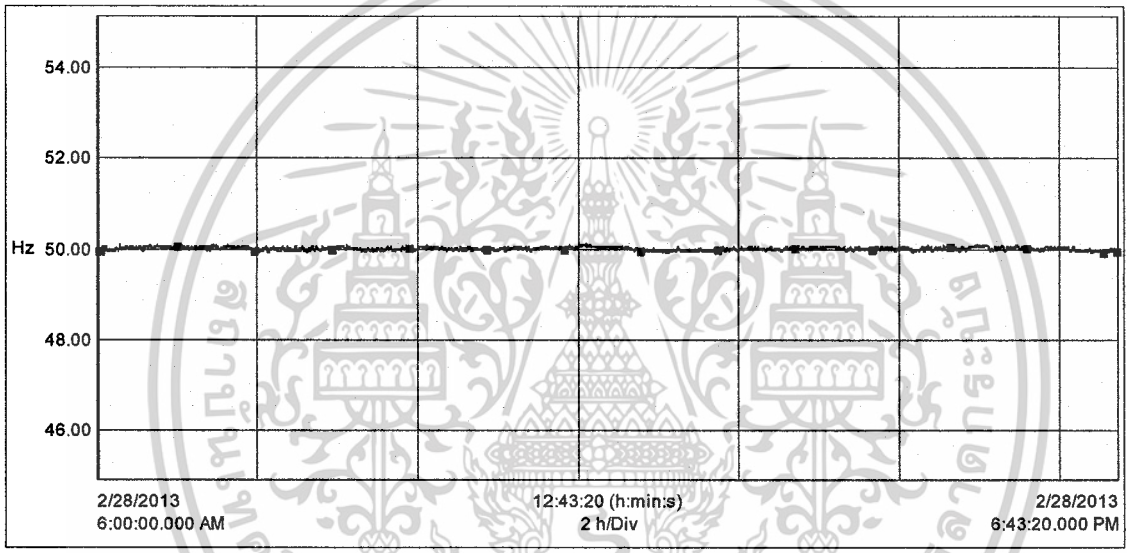
รูปที่ 4.9 ค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ที่จุดเชื่อมต่อระบบ ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556



รูปที่ 4.10 ค่ากำลังไฟฟ้า-ชั่วโมงปรากฏที่จุดเชื่อมต่อระบบต่อชั่วโมง ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556

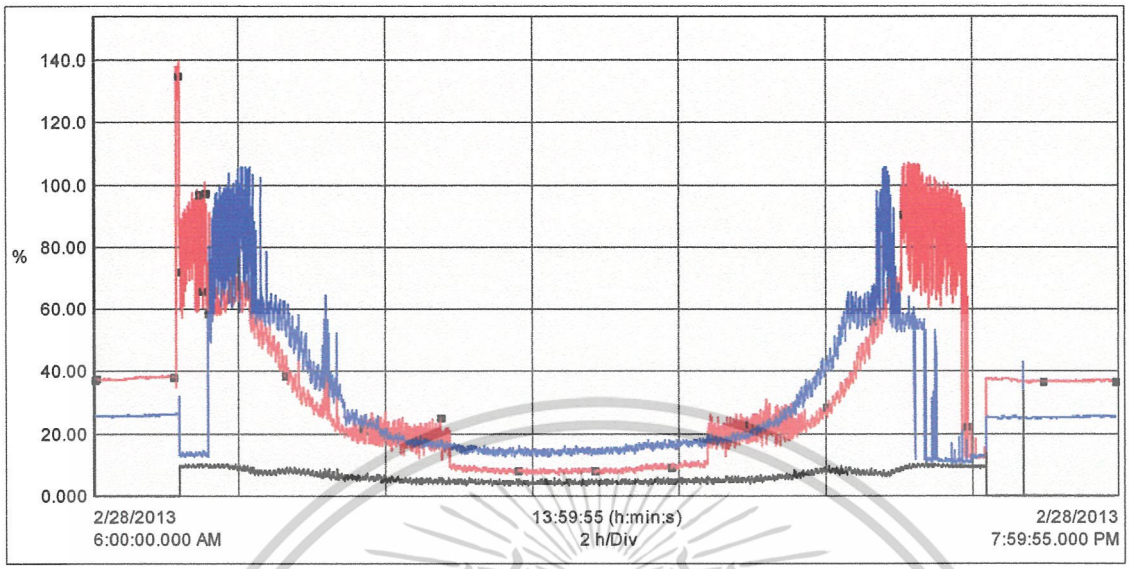
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.11 ค่าของความถี่ที่วัดได้จะมีค่าอยู่ ระหว่าง 49.910 – 50.110 Hz ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดให้ค่าของความถี่อยู่ในระดับ 50±0.42 Hz และยังอยู่ในเกณฑ์ของอินเวอร์เตอร์ที่กำหนดไว้ คือมีค่าระหว่าง 49.8 Hz – 50.2 Hz และเมื่อทำการพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวมของกระแส (%THD_i) และ ค่าเปอร์เซ็นต์ความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวมของแรงดัน(%THD_v) ดังรูปที่ 4.12 และรูปที่ 4.13 พบว่าค่า ทั้งสองมีค่าอยู่ในมาตรฐานที่กำหนดไว้และเมื่อทำการพิจารณาค่าเปอร์เซ็นความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวมของกระแส (%THD_i) มีค่าสูงสุด 34.000 และ ค่าเปอร์เซ็นต์ความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวมของแรงดัน(%THD_v) มีค่าสูงสุด ณ สภาวะทำงานปกติ 1.900

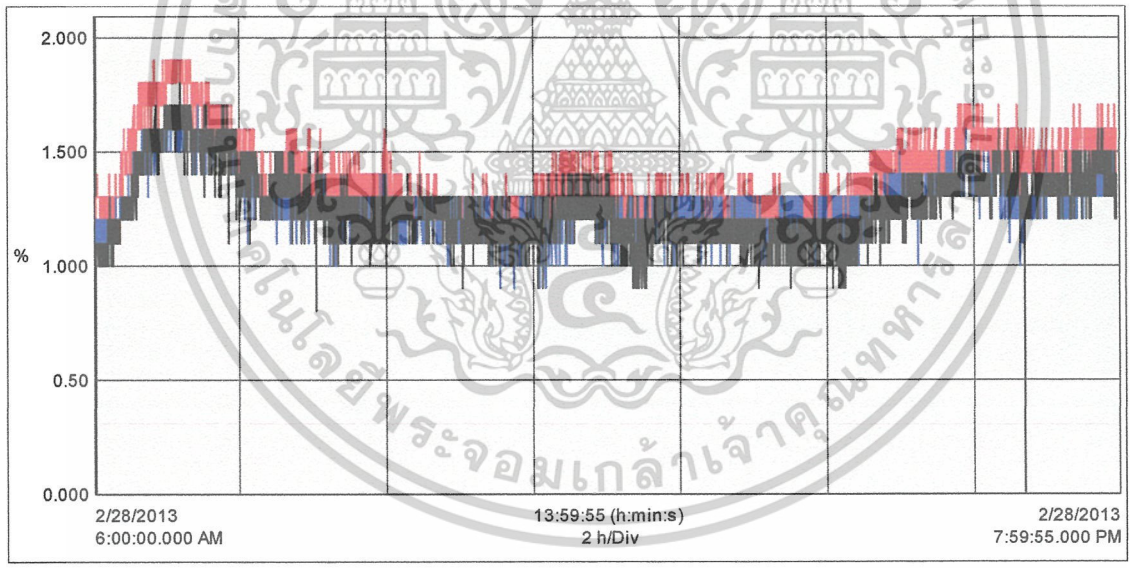


รูปที่ 4.11 ค่าความถี่ที่จุดเชื่อมต่อระบบ ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ค่าเปอร์เซ็นต์ความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวมของกระแส ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556



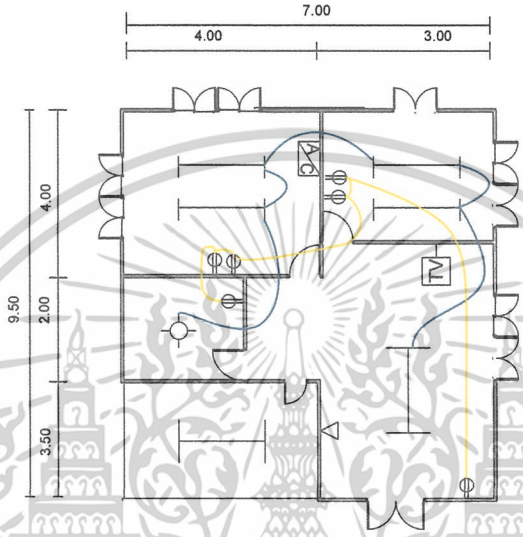
รูปที่ 4.13 ค่าเปอร์เซ็นต์ความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวมของแรงดัน ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การออกแบบและจำลองความต้านทานของบ้าน 1 หลัง

การออกแบบบ้าน 1 หลังเอาการออกแบบมาจากโครงการบ้านครอบครัวไทยแสนสุข โดยเป็นการจำลองจากบ้านในโครงการครอบครัวไทยเป็นสุขบ้านชั้นเดียว มีห้องนอนจำนวน 2 ห้องนอน มีพื้นที่ทั้งหมด 77.00 ตารางเมตรและมีอุปกรณ์ทางไฟฟ้าดังต่อไปนี้

4.5.1 ข้อมูลของบ้านก่อนการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 1 หลัง



รูปที่ 4.14 แบบแปลนทางไฟฟ้าของบ้านชั้นเดียว (บ้านครอบครัวไทยแสนสุข)

1. สายเมนภายนอก ใช้สายทองแดงหุ้มฉนวน P.V.C ชนิดสายเดี่ยวต่อห่างจากชายคาถึงมิเตอร์ ให้ระยะความยาวสายไฟฟ้าไม่เกิน 20.00 เมตร
2. สายไฟฟ้าภายใน ใช้สายทองแดงหุ้มฉนวน P.V.C ชนิดสายเดี่ยว เดินสายร้อยท่อ P.V.C ฝังในผนังและเดินบนฝ้า
3. แผงควบคุมไฟฟ้า ใช้เบรกเกอร์ขนาด 15(45) แอมป์
4. สวิตช์แสงสว่าง ชนิดฝังเรียบกำหนดให้ห้องละ 1 จุดเฉพาะห้องนอนใหญ่ 2 จุด
5. สวิตช์แอร์
6. ปลั๊กไฟฟ้าชนิดฝังเรียบกำหนดให้ห้องละ 2 จุด (ยกเว้นห้องเก็บของ/ห้องน้ำ/โถงชั้นล่าง-ชั้นบน)
7. แอร์ Mitsubishi รุ่น MS-SGH09VC ขนาดทำความเย็น 9,573.73 บีทียู จำนวน 1 เครื่อง
8. โทรทัศน์สี 21 นิ้ว รุ่น NR21Z45 1 เครื่อง 100 Watts
9. หลอดฟลูออเรสเซนต์ 40 W จำนวน 5 หลอด หลอดไส้ 60 W จำนวน 1 หลอด
10. ใช้สายไฟแบบ THW ขนาดสาย 6.0 มม. เพื่อเชื่อมต่อกับสายส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 การคำนวณเพื่อเลือกอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านชั้นเดียว

คิดคำนวณโหลดในห้องแต่ละตัว

- โหลดเครื่องปรับอากาศ (พื้นที่ห้อง 4x4 = 16 m^2)

ค่า BTU/hr = 800 Btu/hr/m^2x16m^2 = 12,800 Btu/hr

จากตารางข้างต้นจึงเลือกใช้เครื่องปรับอากาศ 13,000 Btu/hr ซึ่งกินกระแส 6.8 A

จากสมการ $S = I \cdot V$

$S = 220 \cdot 6.8$

$S = 1496$ VA

กระแส 6.8 A จำเป็นต้องคิดเผื่ออีก 1.25 เท่า = $1.25 \cdot 6.8 = 8.5$ A

เพื่อนำค่าที่ได้ไปเลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ซึ่งจะได้ เท่ากับ 16 AT/100 AF

การเลือกสาย THW ขนาด 4 mm^2 จำนวน 2 เส้น

การเลือกสายดิน 2.5 mm^2 จำนวน 1 เส้น

ท่อร้อยสายไฟควรเลือก EMT 0.5 inch , 15 mm

- โหลดโทรทัศน์

จากสมการ $S = I \cdot V$

$$I = \frac{1080}{220} = 4.909 \text{ A}$$

ต้องคิดเผื่ออีก 1.25 เท่า = $1.25 \cdot 4.909 = 6.136$ A

เพื่อนำค่าที่ได้ไปเลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ซึ่งจะได้ เท่ากับ 16 AT/100 AF

การเลือกสาย THW ขนาด 2.5 mm^2 จำนวน 2 เส้น

การเลือกสายดิน 1.5 mm^2 จำนวน 1 เส้น

ท่อร้อยสายไฟควรเลือก EMT 0.5 inch , 15 mm

- โหลดเต้ารับ (เต้ารับ 1 ตัว เท่ากับ 180 VA)

เต้ารับ 5 จุด = $6 \cdot 180 = 1080$ VA

จากสมการ $S = \frac{P}{\cos\phi}$

$$S = \frac{100}{0.8} = 120 \text{ VA}$$

จากสมการ $S = I \cdot V$

$$I = \frac{120}{220} = 0.545 \text{ A}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเป็นต้องคิดเผื่ออีก 1.25 เท่า = 1.25 • 0.545 = 0.68125 A

เพื่อนำค่าที่ได้ไปเลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ซึ่งจะได้ เท่ากับ 16 AT/100 AF

การเลือกสาย THW ขนาด 2.5 mm^2 จำนวน 2 เส้น

การเลือกสายดิน 1.5 mm^2 จำนวน 1 เส้น

ท่อร้อยสายไฟควรเลือก EMT 0.5 inch , 15 mm

- โหลดแสงสว่าง

หลอดฟลูออเรสเซนต์

$$\text{จากสมการ } S = \frac{P}{\cos\phi}$$

$$S = \frac{40}{0.8} = 50 \text{ VA}$$

ในหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีการสูญเสียใน Ballast 10 VA

ค่า S เท่ากับ 50 VA+10VA = 60 VA

มีหลอดฟลูออเรสเซนต์ 5 หลอด มีค่า 6•60 = 360 VA

หลอดเผาไส้

$$\text{จากสมการ } S = \frac{P}{\cos\phi}$$

$$S = \frac{60}{1} = 60 \text{ VA}$$

เพราะฉะนั้น โหลดแสงสว่างรวม = โหลดหลอดฟลูออเรสเซนต์ + โหลดหลอดไส้

โหลดแสงสว่างรวม = 360 VA + 60 VA

= 420 VA

$$\text{จากสมการ } S = I \cdot V$$

$$I = \frac{420}{220} = 1.909 \text{ A}$$

คิดค่าเผื่อ 1.25 เท่า = 1.25 • 1.636 = 2.045 A

เพื่อนำค่าที่ได้ไปเลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ซึ่งจะได้ เท่ากับ 16 AT/100 AF

การเลือกสาย THW ขนาด 2.5 mm^2 จำนวน 2 เส้น

ท่อร้อยสายไฟควรเลือก EMT 0.5 inch , 15 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาขนาดของสายป้อนเข้าบ้าน

- โหลดเข้าห้อง = [1.25 • โหลดต่อเนื่อง] + [โหลดไม่ต่อเนื่อง]

= [1.25 • (1496 + 360)] + [100]

= 2420 VA

จากสมการ $S = I \cdot V$

กระแสเข้าห้อง $= I = \frac{2420}{220} = 11$ A

คิดค่าเผื่อ 1.25 เท่า = 1.25 • 11 = 13.75 A

เพื่อนำค่าที่ได้ไปเลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ซึ่งจะได้ เท่ากับ 16 AT/100 AF

การเลือกสาย THW ขนาด 2.5 mm^2 จำนวน 2 เส้น

การเลือกสายดิน 1.5 mm^2 จำนวน 1 เส้น

ท่อร้อยสายไฟควรเลือก EMT 0.5 inch , 15 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 โหลดที่ต้องใช้ทั้งหมดของบ้าน 1 หลัง

Circuit No.	Description	Load (VA)	CB			สาย Conductor			ท่อร้อยสาย	
			Pole	AT	AF	ชนิด	ขนาดสาย (mm^2)	สายดิน (mm^2)	ชนิด	ขนาด Inch
1	เครื่องปรับอากาศ	1496	1	16	100	THW	2x4	1x2.5	EMT	0.5
2	โทรทัศน์	100	1	16	100	THW	2x2.5	1x1.5	EMT	0.5
3	แสงสว่าง	120	1	16	100	THW	2x2.5	-	EMT	0.5
4	เต้ารับ	360	1	16	100	THW	2x2.5	1x1.5	EMT	0.5
	รวม	2076	1	16	100	THW	2x2.5	1x1.5	EMT	0.5

จากตารางที่ 4.1 โหลดรวมทั้งหมด 2076 VA ทำให้สามารถรู้ความต้านทานทั้งหมดที่อยู่ในบ้าน โดยหาได้จากสมการ

$$P = I \cdot V \cdot \cos\theta \text{ (ค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์เท่ากับ1)}$$

$$I = \frac{2076}{220}$$

$$I = 9.43 \text{ A}$$

และจากสมการ $V = I \cdot R$

$$R = \frac{220}{9.43}$$

$$R = 23.32\ \Omega$$

โดยเมื่อเรารู้ค่าความต้านทานของบ้าน 1 หลัง จากนั้นจะนำค่าที่ได้ไปเป็นพารามิเตอร์เพื่อนำไปจำลองบ้านหนึ่งหลังในโปรแกรม P-SIM 9.0.3

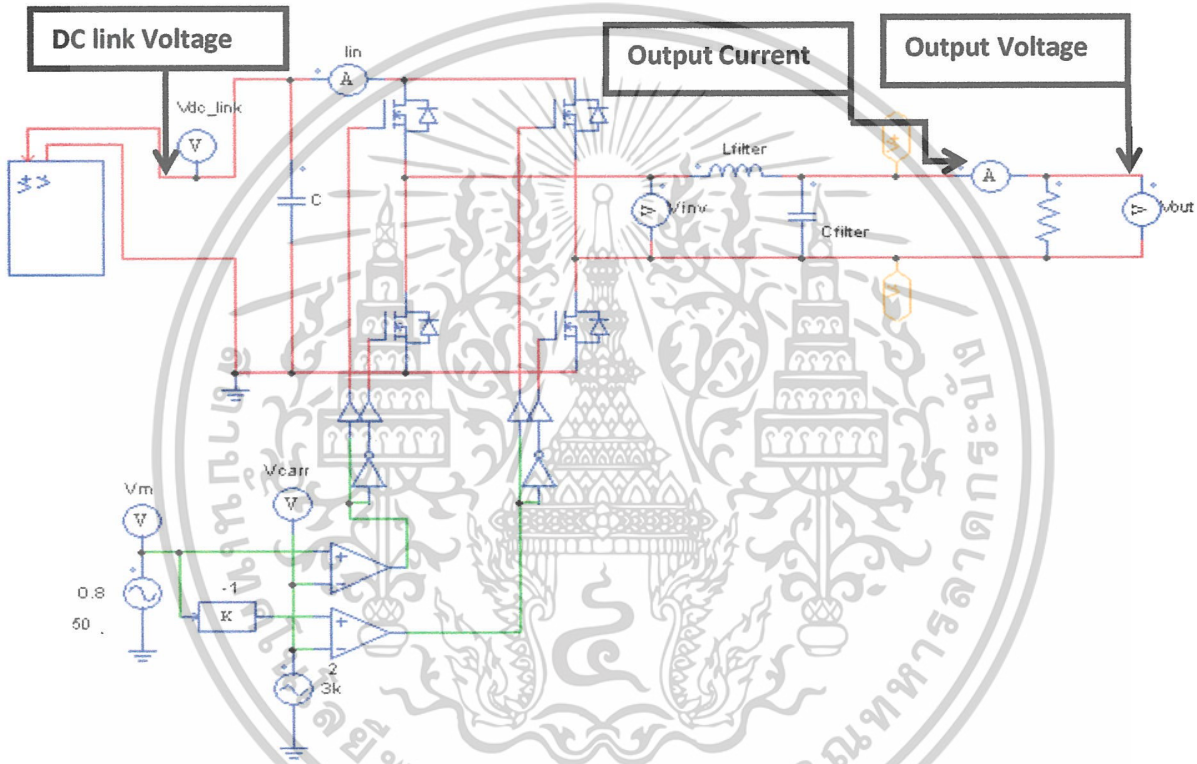
4.6 การจำลองบ้านหนึ่งหลังที่ใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์จ่ายเข้าสู่ระบบจำหน่าย

ในบทนี้จะใช้โปรแกรม PSIM 9.0.3 ในการจำลองบ้านหนึ่งหลังที่ใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์จ่ายเข้าสู่ระบบจำหน่าย โดยใช้การจำลองแผงพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น Sharp ND-240QCJ ด้วยการใส่ค่าพารามิเตอร์ตามค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ดังกล่าว เพื่อนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับการเก็บข้อมูลจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

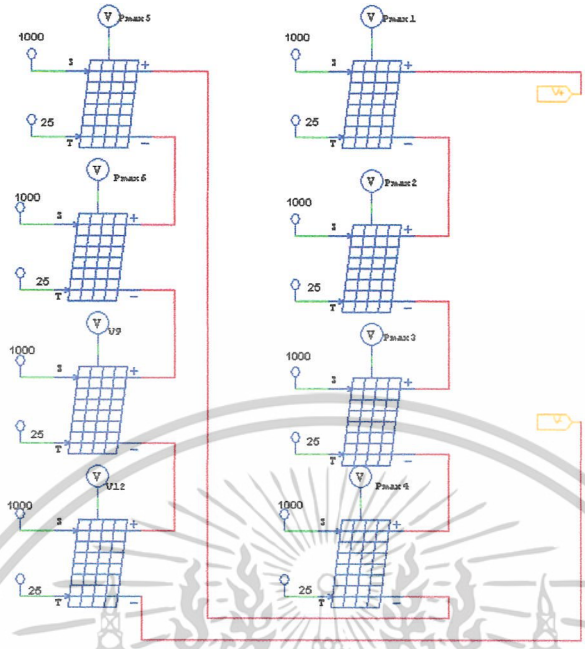
4.6.1 วัตถุประสงค์ของการจำลอง

เป็นการจำลองการผลิตไฟฟ้าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนชั้นดาดฟ้า ด้วยโปรแกรม PSIM9.0.3 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ค่าแรงดันและกระแสที่ผลิตได้จากบ้านหนึ่งหลัง ซึ่งในเบื้องต้นจะเป็นการจำลองแผงพลังงานแสงอาทิตย์ วงจรอินเวอร์เตอร์เฟสเดียว ประกอบไปด้วยวงจรกำลังของอินเวอร์เตอร์เฟสเดียวและวงจรควบคุม วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.15 จำนวนแผงที่ใช้ในการจำลองจะอยู่ในรูปที่ 4.16 และค่ามาตรฐานของแผงพลังงานแสงอาทิตย์จะอยู่ในรูปที่ 4.17 ซึ่งเป็นค่าของคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น Sharp ND-240QCJ

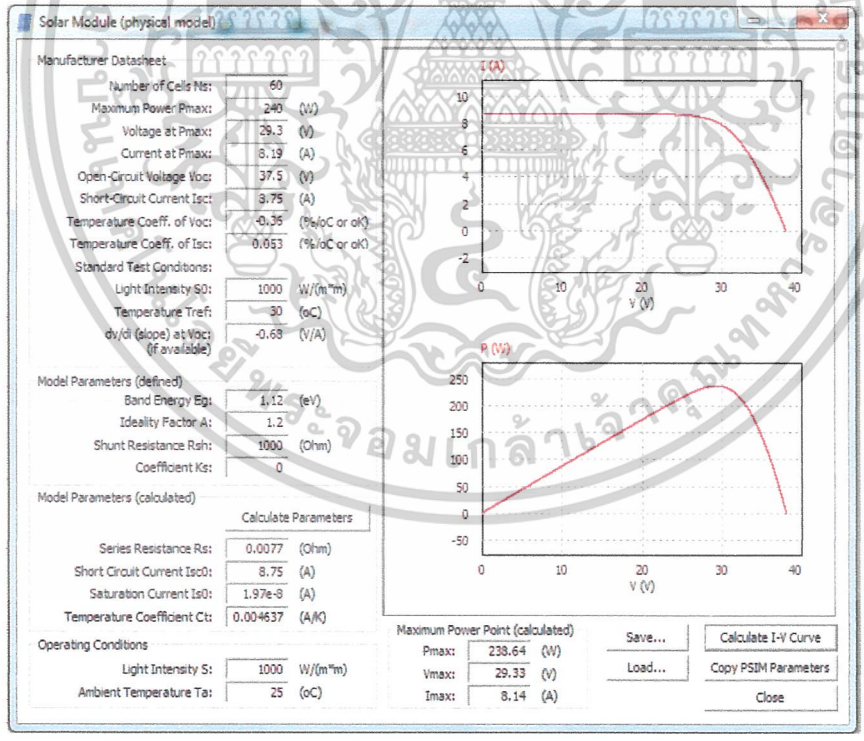


รูปที่ 4.15 วงจรอินเวอร์เตอร์เฟสเดียวสำหรับแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ที่จำลองด้วยด้วยโปรแกรม PSIM 9.0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 จำนวนแผงพลังงานแสงอาทิตย์และค่าที่กำหนดในการจำลอง PSIM 9.0.3



รูปที่ 4.17 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น Sharp ND-240QCJ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 ขั้นตอนการจำลอง

ในการจำลองการทำงานของอินเวอร์เตอร์เฟสเดียว อินเวอร์เตอร์จะรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 8 แผงที่ต่ออนุกรม และแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อต่อเข้ากับระบบกริด

ต่อจากนั้นจะเป็นขั้นตอนในการสร้างวงจรขับเกตเพื่อที่จะสร้างสัญญาณขับเกต โดยการสร้างสัญญาณจะประกอบด้วยสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มาจากการตรวจจับแรงดันหนึ่งสัญญาณนำมาม็อดดูเลทกับสัญญาณพาหะที่ความถี่ 3 kHz และนำพารามิเตอร์ไปติดตั้งในส่วนที่เราต้องการที่จะตรวจสอบ ซึ่งสิ่งที่เราต้องการตรวจสอบประกอบด้วยแรงดันที่ได้รับจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ แรงดันและกระแสขาออกของบ้านที่จำลองไว้

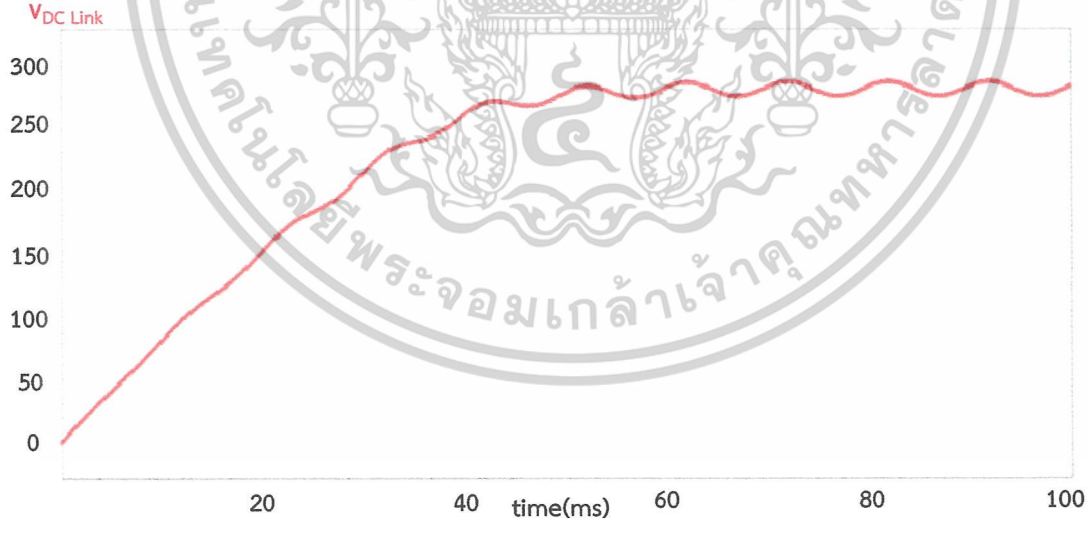
4.6.3 ผลการจำลอง

4.6.3.1 การจำลองแรงดันไฟฟ้าอินพุทของแผงพลังงานติดตั้งบนหลังคา

จากการจำลองโดยการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 8 แผงนำมาต่ออนุกรมกัน ผลรวมแรงดันจะเพิ่มจากแรงดัน 0 V เพิ่มขึ้นจนคงที่ ซึ่งแรงดันสูงสุดมีค่า 289.045 V ดังรูปที่ 4.18

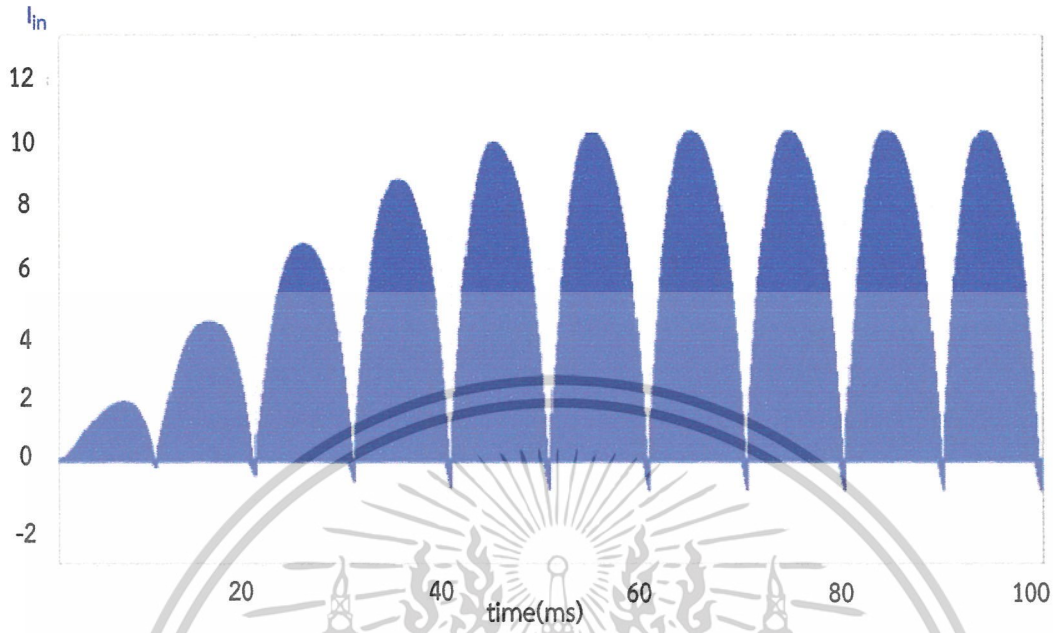
4.6.3.2 การจำลองกระแสไฟฟ้าอินพุทของแผงพลังงานติดตั้งบนหลังคา

จากการจำลองโดยการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 8 แผงนำมาต่ออนุกรมกัน ผลรวมกระแสจะเพิ่ม จาก 0 A เพิ่มขึ้นจนคงที่ ซึ่งกระแสไฟฟ้าสูงสุดมีค่า 10.37 A ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.18 แสดงค่าแรงดันที่ผลิตได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 8 แผงที่นำมาต่ออนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 แสดงค่ากระแสที่ผลิตได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 8 แผงที่นำมาต่ออนุกรม

4.6.3.3 การจำลองแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านอินเวอร์เตอร์เฟสเดียว

นำไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์มาแปลงเป็นกระแสสลับโดยผ่านอินเวอร์เตอร์ ซึ่งแรงดังสูงสุดมีค่า 289.023 V ดังรูปที่ 4.20

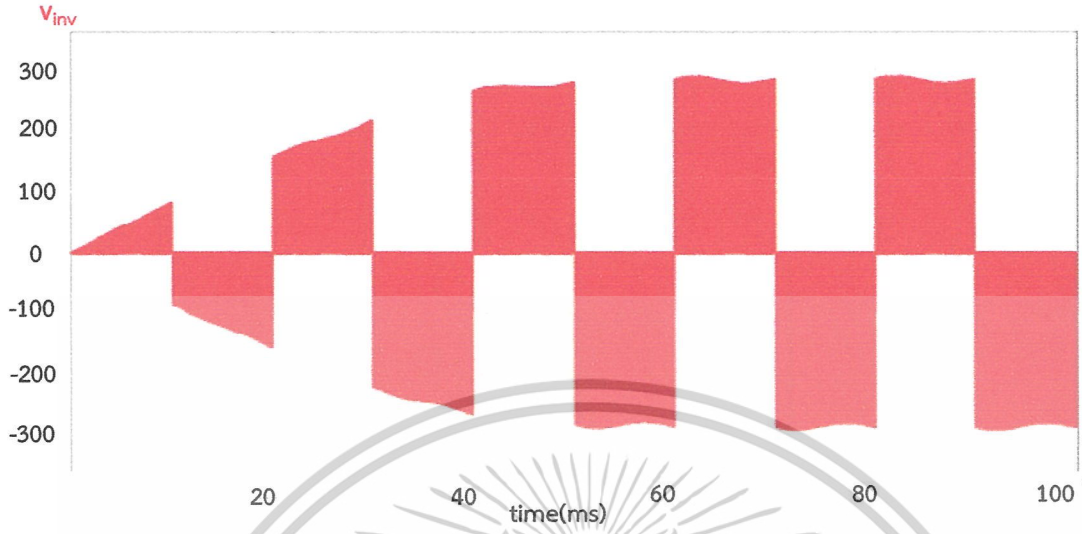
4.6.3.4 การจำลองแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านได้

นำแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ผ่านอินเวอร์เตอร์แล้วมากรองสัญญาณให้เรียบขึ้นโดยผ่านวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านได้ ซึ่งแรงดังสูงสุดมีค่า 227.89 V ดังรูปที่ 4.21

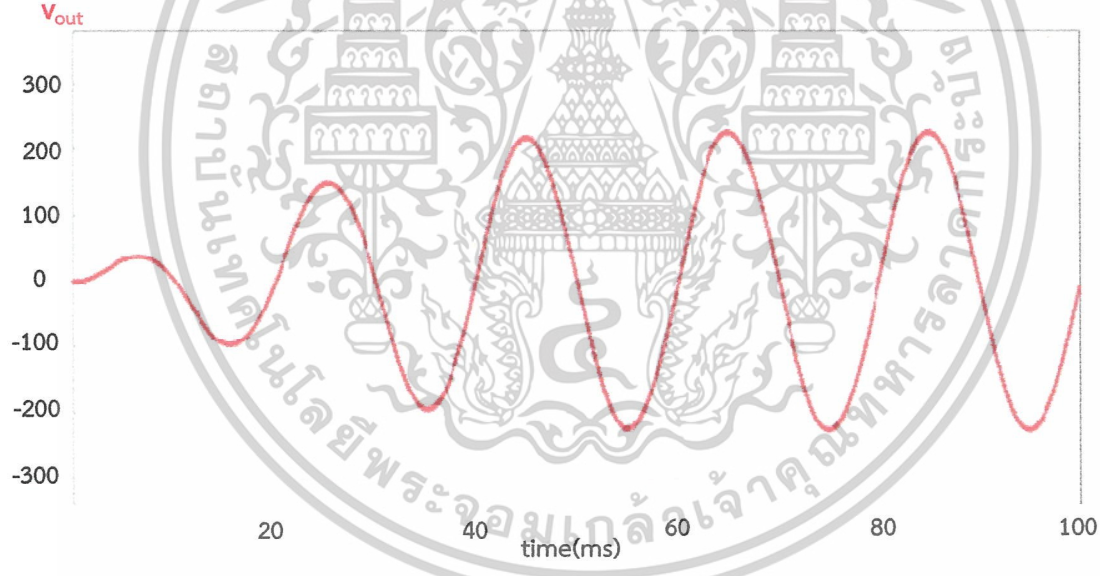
4.6.3.5 การจำลองกระแสไฟฟ้าที่ผ่านวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านได้

นำกระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่ผ่านอินเวอร์เตอร์แล้วมากรองสัญญาณให้เรียบขึ้นโดยผ่านวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านได้ ซึ่งกระแสสูงสุดมีค่า 9.00 V ดังรูปที่ 4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

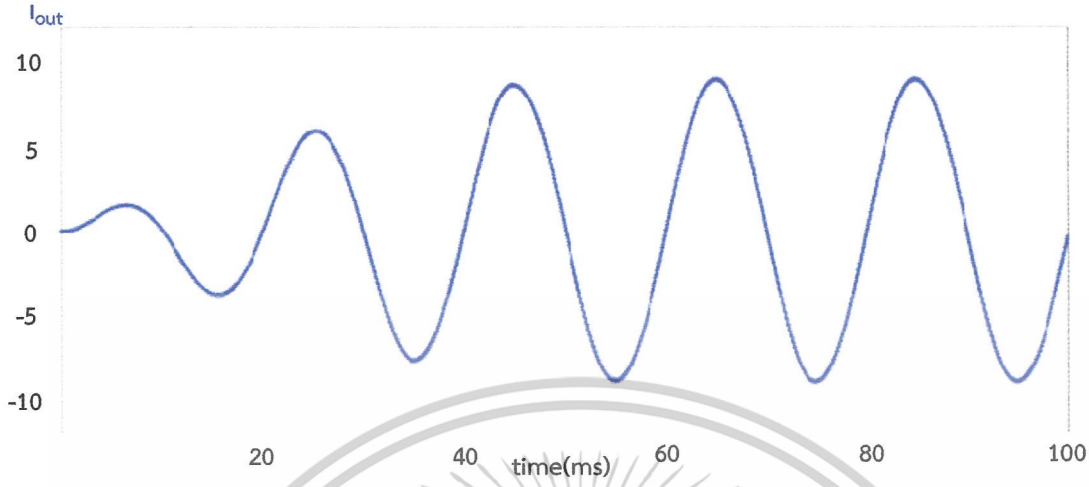


รูปที่ 4.20 ค่าแรงดันที่ออกมาจากอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 4.21 ค่าแรงดันที่ผ่านวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 ค่ากระแสที่ผ่าน Low-pass filter ออกมา

4.7 สรุป

จากการเก็บผลของแผงพลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย ณ ตึกภาควิศวกรรมพลังงาน เพื่อนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลการจำลองในโปรแกรม PSIM 9.0.3 จะเห็นได้ว่าการจำลองการผลิตไฟฟ้าในโปรแกรม PSIM 9.0.3 ได้ค่ากระแสสูงสุด 9 A / 2 kW = 4.5 A/kW ส่วนการเก็บค่าจะได้ค่ากระแสสูงสุด 8.6 A / 3.6 kW = 2.39 A/kW โดยที่ค่ากระแสออกมาน้อยกว่า เนื่องจากมีต้นไม้บังแสงอาทิตย์ ทำให้ผลิตกระแสได้น้อยกว่าค่าจำลองมาก อย่างไรก็ตาม ถ้ามีการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านจำนวนมากในหมู่บ้าน จะเกิดผลกระทบอะไรบ้างกับระบบจำหน่ายเป็นเรื่องที่จะต้องนำไปวิเคราะห์ในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

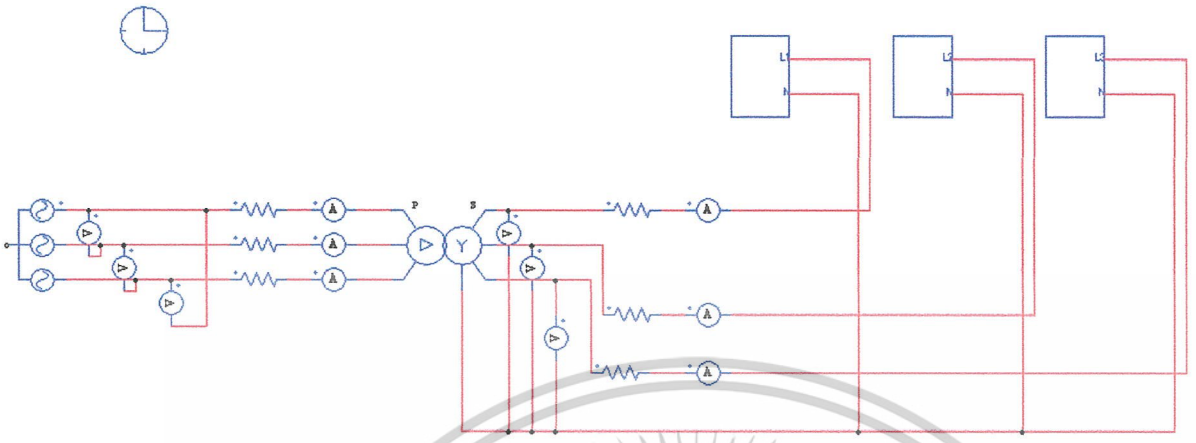
5.1 บทนำ

ในบทนี้จะนำเสนอในส่วนของผลการจำลองในคอมพิวเตอร์ของหมู่บ้านที่ติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย 50 หลัง ส่วนของการจำลองทางคอมพิวเตอร์นั้นจำลองเพื่อตรวจสอบผลกระทบที่เกิดขึ้นในเรื่องของอุปกรณ์ในระบบจำหน่าย และจำลองในส่วนของกรณีที่อาจจะเกิดแรงดันเกิน เพื่อเป็นกรณีศึกษาก่อนที่การไฟฟ้าฯจะมีโครงการรับซื้อไฟฟ้าจากบ้านเรือนอย่างแพร่หลาย

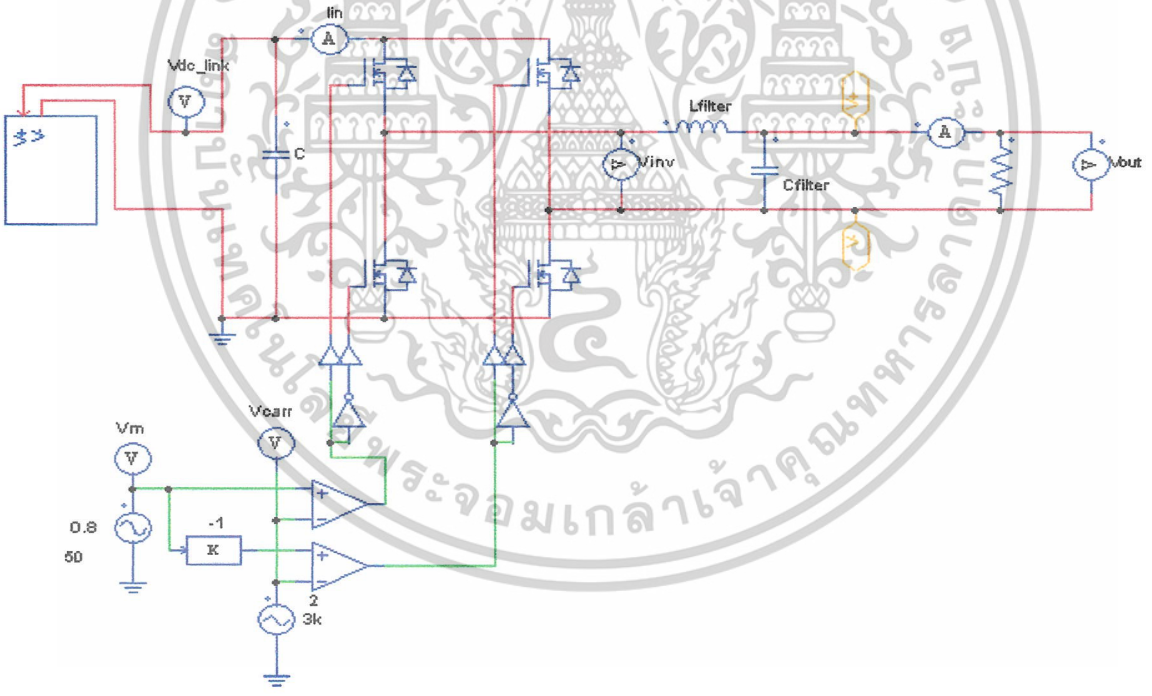
5.2 การจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในส่วนของการจำลองโดยคอมพิวเตอร์นั้นจะใช้โปรแกรม PSIM 9.0.3 จำลองในส่วนของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ระบบจำหน่ายไฟฟ้าสามเฟสสี่สาย ซึ่งประกอบด้วย หม้อแปลงจำหน่ายแบบเดลต้า-วาย สายไฟ และบ้านแต่ละหลังที่ติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านจำนวน 50 หลัง โดยทำการสมดุลเฟสเป็น เฟสที่หนึ่ง 17 หลัง เฟสที่สอง 17 หลัง และ เฟสที่สาม 16 หลัง ดังรูปที่ 5.1 วงจรบ้านหนึ่งหลังที่ใช้จำลองผลกระทบในเรื่องอุปกรณ์ในระบบจำหน่าย ตามรูปที่ 5.2 แต่วงจรบ้านหนึ่งหลังที่ใช้จำลองแรงดันเกินจะมีแหล่งจ่ายไฟสแควร์เวฟตั้งเวลาที่ 0.15 วินาทีก่อนสับสวิตท์ให้ความต้านทานที่เท่ากันขนานกัน เพื่อลดความต้านทานลงครึ่งหนึ่ง ณ วินาทีที่ 0.15 ตามรูปที่ 5.3 โดยที่หม้อแปลงจำหน่ายในระบบมีค่าพิกัดที่ 100 kVA สามารถทนกระแสโหลดเต็มด้านแรงต่ำได้ 144.3 A และต่ออยู่กับสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพีวีซี ขนาด 95 ตารางมิลลิเมตร อุณหภูมิตัวนำ 70 องศาเซลเซียส อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียสจากค่ามาตรฐานสามารถทนค่ากระแสได้ 210 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

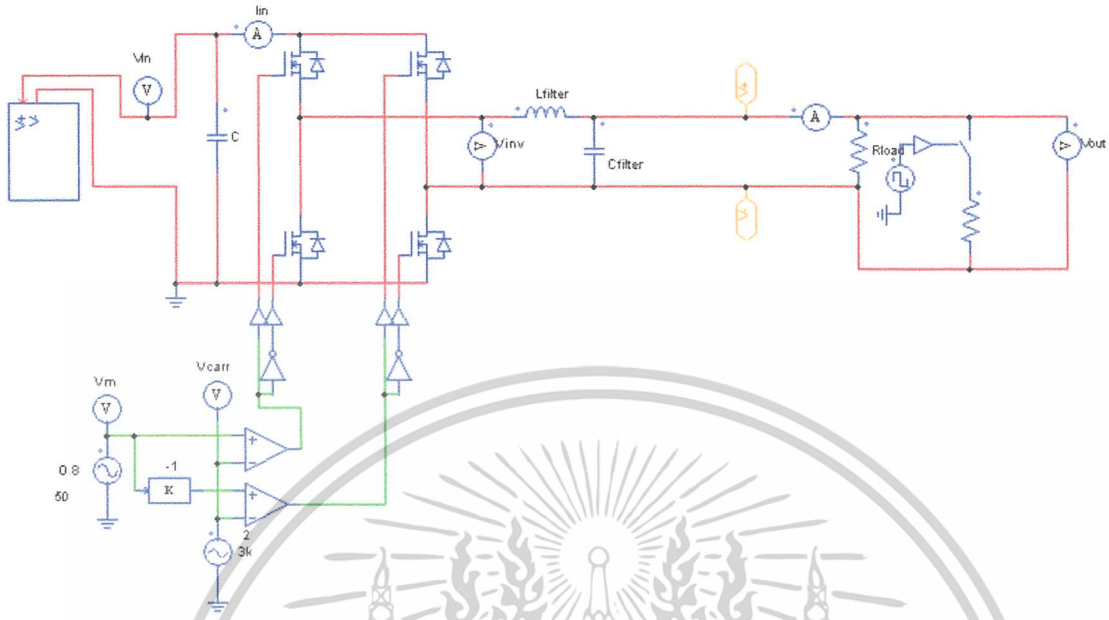


รูปที่ 5.1 วงจรที่ใช้จำลองระบบจำหน่ายสามเฟสต่อกับผู้ใช้ไฟฟ้าทางบ้านที่ติดตั้งระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน จำนวน 50 หลัง



รูปที่ 5.2 วงจรที่ใช้จำลองระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 วงจรที่ใช้จำลองระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านขณะเกิดแรงดันเกิน

5.3 รูปแบบการจำลองเพื่อศึกษาผลกระทบ

รูปแบบในการจำลองระบบจำหน่ายมีด้วยกัน 2 แบบคือ อุปกรณ์ในสายส่งไม่สามารถทนกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการติดตั้งระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์จำนวนมากในหมู่บ้านหนึ่ง อุปกรณ์ในสายส่งที่จะพิจารณาเป็นหลักคือ สายไฟที่ต่อกับหม้อแปลงจำหน่าย และหม้อแปลงจำหน่าย โดยการนำค่าที่วัดได้จากการจำลอง มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของอุปกรณ์ ว่าอยู่ในระดับที่ปลอดภัยหรือไม่ ดังแสดงในรูปที่ 5.4 ส่วนอีกแบบคือ แรงดันเกินในระบบ เนื่องจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์จะผลิตพลังงานได้มากที่สุดในช่วงกลางวัน และประกอบกับในกรุงเทพฯ ช่วงกลางวันคนส่วนมากยังคงทำงานอยู่ จึงทำให้โหลดความต้านทานของบ้านแต่ละหลังมีค่าน้อย จึงอาจเกิดปรากฏการณ์แรงดันเกิน จะทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ในระบบจำหน่ายได้ ดังแสดงในรูปที่ 5.5 ระเบียบวิธีการวิเคราะห์ผลกระทบของทั้ง 2 แบบ จะแยกกันคิดโดยที่

5.3.1 ระเบียบวิธีการวิเคราะห์ผลกระทบของอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. จำลองระบบจำหน่ายที่เชื่อมต่อกับระบบที่ติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านจำนวน 50 หลัง

2. บันทึกค่ากระแสที่สายไฟและหม้อแปลงจำหน่ายในระบบจำลองที่ติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านจำนวน 50 หลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำค่าที่บันทึกได้มาเปรียบเทียบกับ ค่ามาตรฐาน ของ สายไฟและหม้อแปลงจำหน่าย เพื่อพิจารณาผลกระทบต่ออุปกรณ์ในระบบจำหน่าย

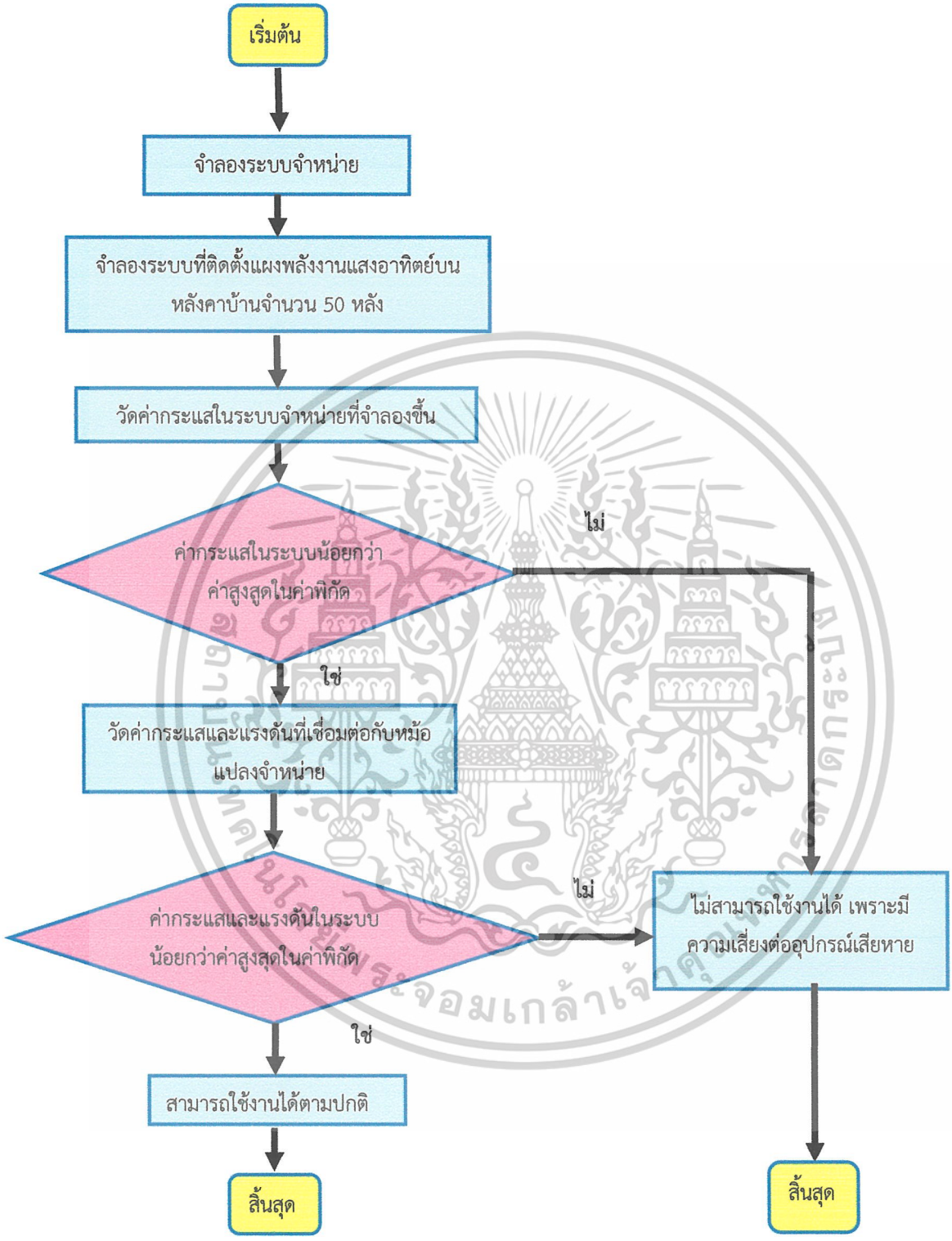
5.3.2 ระเบียบวิธีการวิเคราะห์ผลกระทบในเรื่องของแรงดันเกินมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. จำลองระบบจำหน่ายที่ทำการเชื่อมต่อกับระบบที่ติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านจำนวน 50 หลัง

2. ทำการลดโหลดความต้านทานของบ้าน 50 หลังลงครึ่งหนึ่งอย่างฉับพลัน

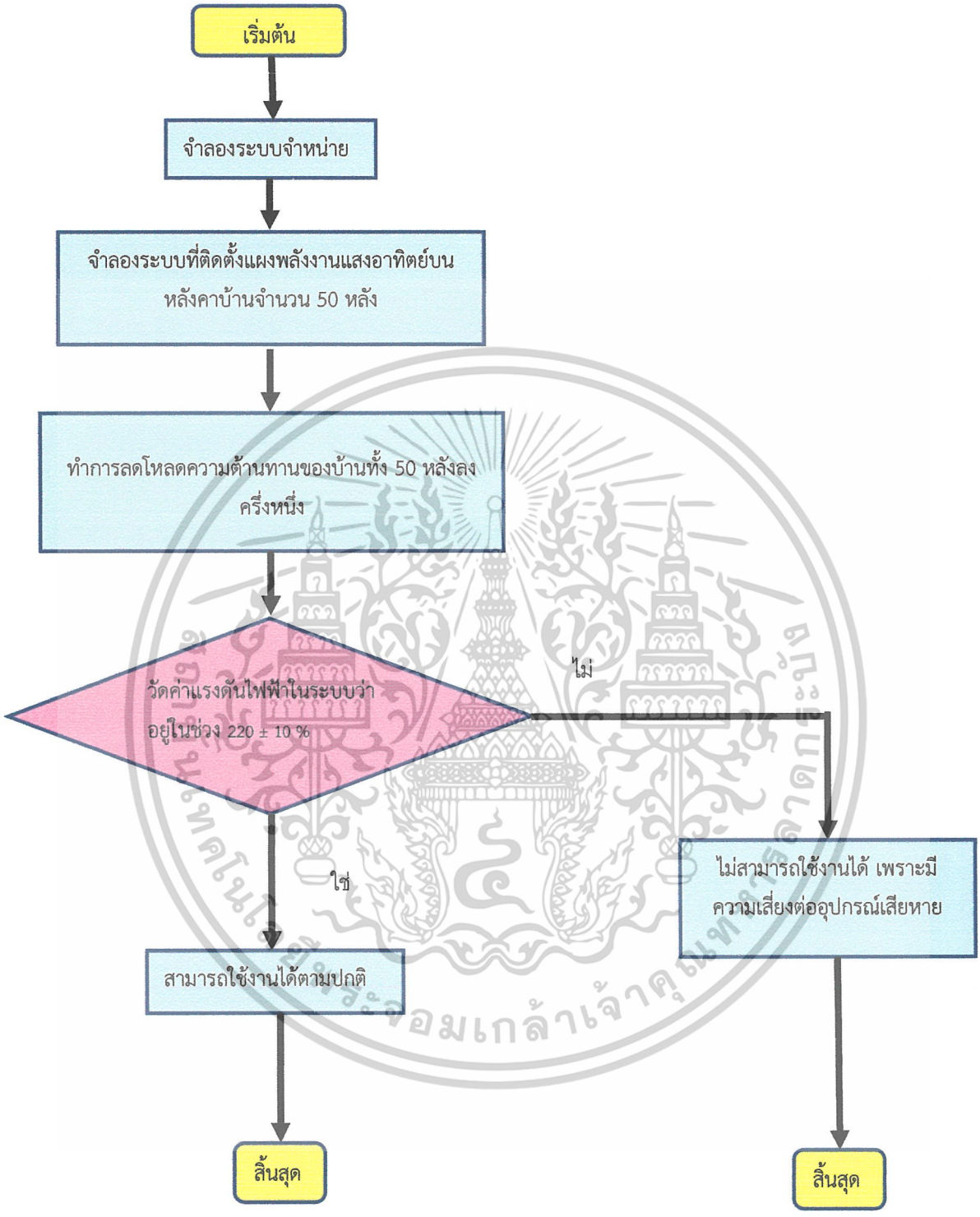
3. ตรวจสอบว่าจะเกิดแรงดันเกินในระบบไฟฟ้าหรือไม่ และบันทึกค่าที่ได้จากการจำลองดังกล่าว เพื่อพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 ผังงานการตรวจสอบผลกระทบของอุปกรณ์ในระบบจำหน่าย จากการใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์จำนวนมากในหมู่บ้านหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

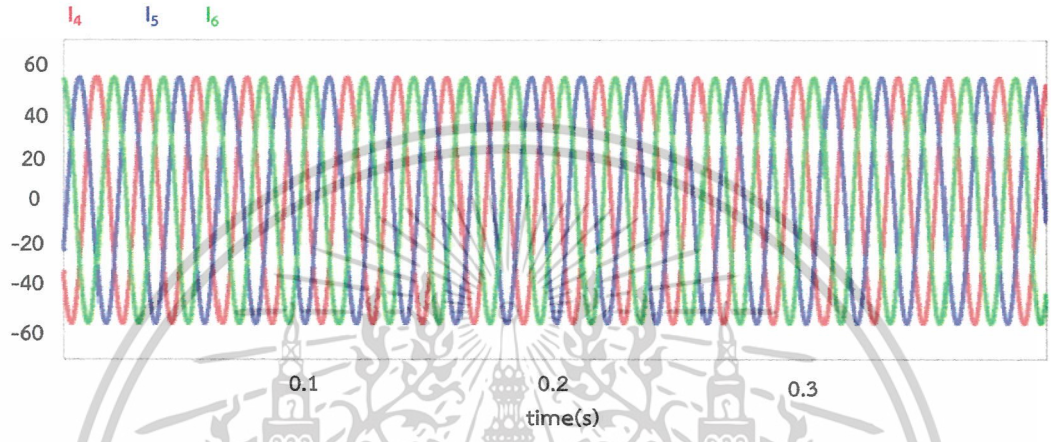


รูปที่ 5.5 ผังงานการตรวจสอบผลกระทบด้านแรงดันเกิน จากการใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์จำนวนมาก ในหมู่บ้านหนึ่ง

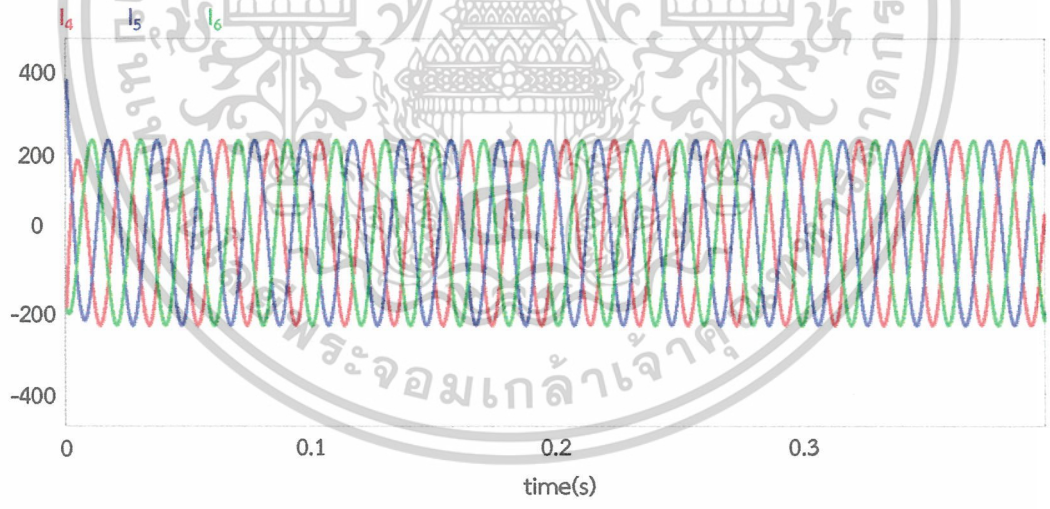
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ผลกระทบต่ออุปกรณ์ในระบบจำหน่าย เมื่อใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 50 หลัง

เมื่อทำการจำลอง จะพบว่าค่าแรงดันที่เกิดขึ้นในฝั่งแรงดันต่ำของหม้อแปลง มีค่า 228.75 โวลต์ ค่ากระแสที่เกิดขึ้นในฝั่งแรงดันต่ำของหม้อแปลง มีค่า 39.2 แอมป์ต่อเฟส ซึ่งค่ากระแสนี้จะนำไปใช้ในการคำนวณอุปกรณ์ในสายส่งต่อไป



รูปที่ 5.6 ค่ากระแสที่เกิดขึ้นในฝั่งแรงดันต่ำของหม้อแปลง



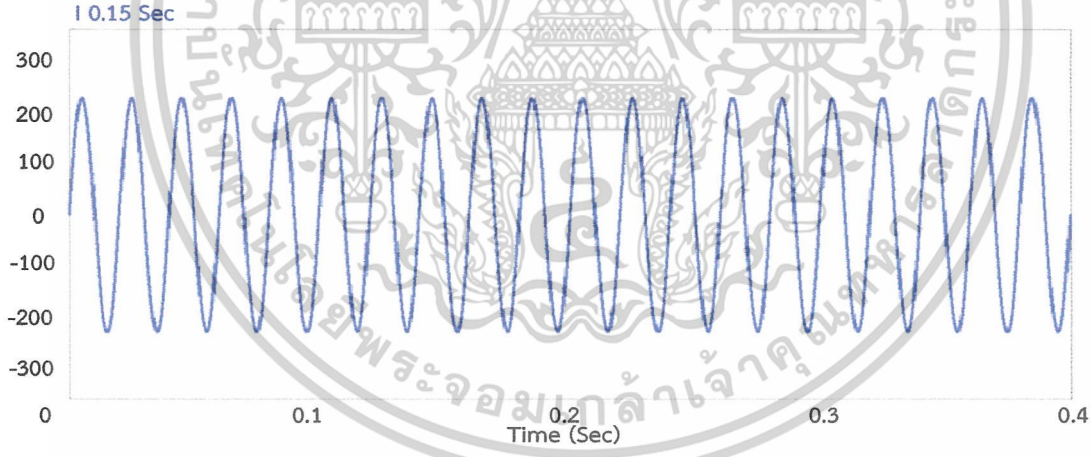
รูปที่ 5.7 ค่าแรงดันที่เกิดขึ้นในฝั่งแรงดันต่ำของหม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หม้อแปลงจำหน่ายมีค่าพิกัดที่ 100 kVA สามารถทนกระแสโหลดเต็มด้านแรงต่ำได้ 144.3 A และต่ออยู่กับสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพีวีซี ขนาด 95 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งจากค่ามาตรฐาน พบว่าสามารถทนค่ากระแสได้ 210 A ในเรื่องของสายส่ง ค่ากระแสที่เกิดขึ้นในฝั่งแรงดันต่ำมีค่า 117.6 A ต่อแบบ 3 phase คิดเป็น 56 % จึงอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย แต่ทว่าหม้อแปลงจำหน่ายสามารถทนกระแสโหลดเต็มด้านแรงต่ำได้ 144.3 A ซึ่งค่ากระแสที่เกิดขึ้นในฝั่งแรงดันต่ำคิดเป็น 81.49 % (หม้อแปลงไม่ควรใช้งานเกิน 80% ของค่าพิกัด) เป็นจุดที่การไฟฟ้าฯต้องพิจารณาว่าต้องเปลี่ยนอุปกรณ์หรือไม่

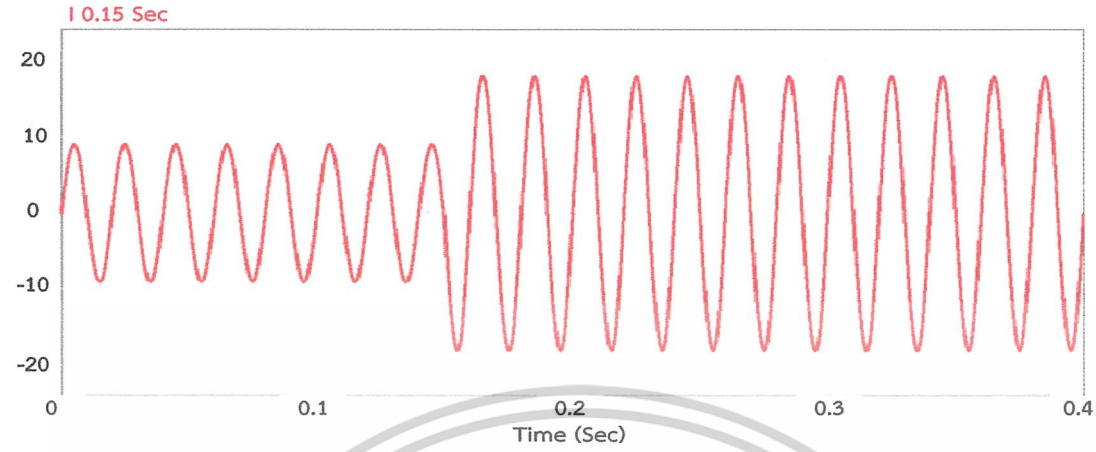
5.5 ผลกระทบจากแรงดันเกินในระบบสายส่ง เมื่อใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 50 หลัง

เมื่อทำการจำลองลดความต้านทานของบ้านลงครึ่งหนึ่งที่ 0.15 วินาที จะพบว่าค่าแรงดันที่จุด PCC มีค่าเท่าเดิมที่ 228.75 V แต่กระแสมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 9 A เป็น 17.9 A เนื่องจากโปรแกรม PSIM 9.0.3 เป็นโปรแกรมที่มีค่าแรงดันคงที่ จึงไม่สามารถเห็นภาพแรงดันที่ควรจะเพิ่มขึ้น แต่เราจะเห็นได้ว่าค่ากระแสเพิ่มขึ้น โดยที่แรงดันเท่าเดิม หมายความว่ามีกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในระบบ ทำให้สรุปได้ว่าในความเป็นจริงอาจมีแรงดันเกินขึ้นในระบบจำหน่ายได้

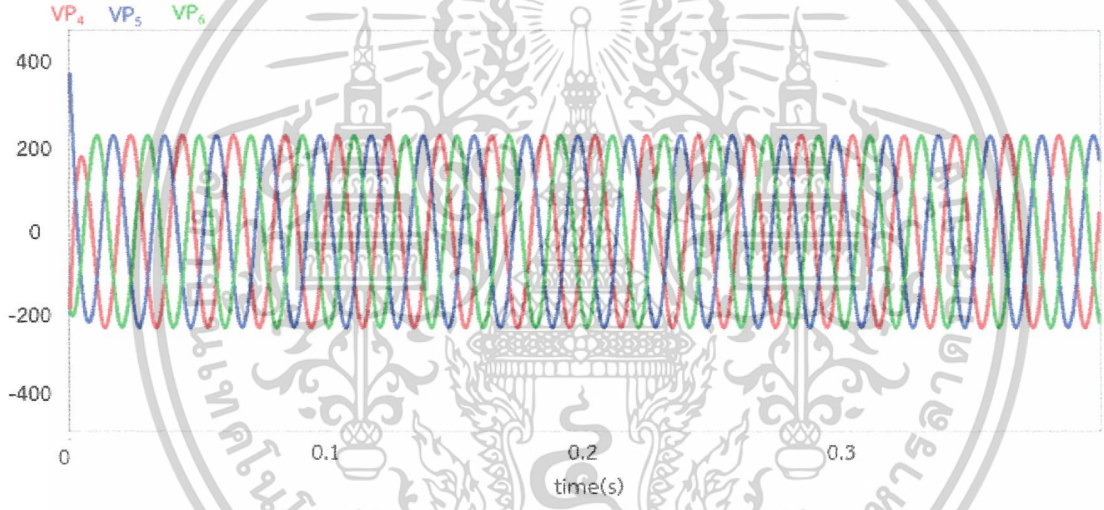


รูปที่ 5.8 ค่าแรงดันที่ช่วงเวลา 0-0.4 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 ค่ากระแสเพิ่มขึ้นที่ 0.15 วินาที



รูปที่ 5.10 ค่าแรงดันที่เกิดขึ้นในฝั่งแรงดันต่ำของหม้อแปลง หลังจากทำการลดโหลดลงครึ่งหนึ่ง

5.6 บทสรุป

จากการจำลองระบบจำหน่ายเชื่อมต่อกับหมู่บ้านที่ใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน พบว่าสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนสายไฟฟ้าในระบบจำหน่าย แต่ทว่าหม้อแปลงจำหน่ายควรเปลี่ยน เพราะถ้ามีการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นเกินกว่าการจำลองนี้ อาจทำให้ค่ากระแสในฝั่งแรงดันต่ำมีค่าเกินพิกัดกระแสของหม้อแปลงได้ ส่งผลให้อายุการใช้งานสั้นลง และจากการคาดการว่าการจำลองแรงดันเกินจะเห็นค่าแรงดันเพิ่มขึ้น พบว่าแรงดันในระบบมีค่าคงที่ แต่ทว่ากระแสของบ้านแต่ละหลังมีค่าเพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากโปรแกรม PSIM 9.0.3 เป็นโปรแกรมที่มีค่าแรงดันคงที่ แต่จากกระแสของบ้านแต่ละหลังเพิ่มขึ้น หมายความว่ากำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ทำให้สันนิษฐานได้ว่า ในความเป็นจริงจะมีค่าแรงดันเพิ่มขึ้นในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อที่จะศึกษาผลกระทบของระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านต่อระบบจำหน่ายในเรื่องของอุปกรณ์ในระบบจำหน่าย เมื่อมีการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์จำนวนมาก เพื่อรองรับมาตรการรับซื้อไฟฟ้าจากเอกชนของการไฟฟ้าฯที่จะมีขึ้นในอนาคต

ในการจำลองระบบจำหน่ายของหมู่บ้านที่ใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านจำนวนมากต่อกับระบบจำหน่าย ด้วยโปรแกรม PSIM 9.0.3 และทำการวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าในระบบ เพื่อนำมาเทียบกับค่ามาตรฐานของอุปกรณ์ในระบบจำหน่าย พบว่า สายไฟฟ้า หม้อแปลงจำหน่ายสามารถทนรับกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นมาได้ โดยที่กระแสไฟฟ้าในสายไฟต้องมีค่าไม่เกิน 210 A และกระแสไฟฟ้าในหม้อแปลงจำหน่ายขนาด 100 kVA ต้องมีค่าไม่เกิน 144.3 A ในฝั่งแรงดันต่ำ ซึ่งจากการจำลองระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านต่อกับระบบจำหน่าย พบว่า ค่ากระแสไฟฟ้าในสายไฟมีค่า 117.6 A คิดเป็น 56 % ของพิกัดสายไฟ และคิดเป็น 81.49 % ของหม้อแปลงจำหน่าย ซึ่งมีค่าไม่เกินค่าพิกัดของสายไฟและหม้อแปลงจำหน่าย ทำให้สามารถใช้ได้ตามปกติ แต่หม้อแปลงจำหน่ายไม่ควรใช้ค่าเกิน 80% เป็นจุดที่การไฟฟ้าฯต้องพิจารณาว่าควรเปลี่ยนหม้อแปลงหรือไม่ และจากการจำลองลดค่าโหลดของแต่ละบ้านลง เมื่อทำการจำลองลดความต้านทานของบ้านลงครึ่งหนึ่งที่ 0.15 วินาที จะพบว่าค่าแรงดันที่จุด PCC มีค่าเท่าเดิมที่ 228.75 V แต่กระแสที่ผลิตได้มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 9 A เป็น 17.9 A เนื่องจากโปรแกรม PSIM 9.0.3 เป็นโปรแกรมที่มีค่าแรงดันคงที่ จึงไม่สามารถเห็นภาพแรงดันที่ควรจะเพิ่มขึ้น แต่เราจะเห็นได้ว่าค่ากระแสเพิ่มขึ้น โดยที่แรงดันเท่าเดิม หมายความว่ามีกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในระบบ ทำให้สรุปได้ว่าในความเป็นจริงอาจมีแรงดันเกินขึ้นในระบบจำหน่ายได้

รวมทั้งทำการศึกษาขั้นตอนการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน ในด้านกฎหมาย การขออนุญาตหน่วยงานรัฐต่างๆ การวางแผนในการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ ข้อควรระวังในการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ การทำมุมและทิศทางการติดตั้งเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูง ทำเลที่ควรติดตั้งเพื่อง่ายต่อการทำความสะอาดและประสิทธิภาพสูงสุด คำแนะนำในการติดตั้งอินเวอร์เตอร์เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด และเพื่อป้องกันการเสื่อมอายุการใช้งานอันเนื่องมาจากการติดตั้งผิดวิธี ซึ่งงานวิจัยเล่มนี้ได้รวบรวมทุกสิ่งที่จำเป็นต้องรู้ในการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านไว้ เพื่อป้องกันการติดตั้งที่ไม่เหมาะสมอันเป็นเหตุให้ประสิทธิภาพลดลงและอายุการใช้งานลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการพัฒนาต่อยอดงานวิจัย

โครงงานนี้สามารถพัฒนาเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ พิกัด และความหลากหลายในการใช้งานได้ ดังต่อไปนี้

1. การวางแผนในการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์นั้นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งการคำนวณหาอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสมก่อนการลงมือติดตั้ง เนื่องจากความปลอดภัยเป็นเรื่องสำคัญอันดับแรกในการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิด แม้การติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านอาจมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากเมื่อเกิดเหตุการณ์กระแสลัดวงจร แต่ทว่าถ้ามีขนาดการติดตั้งที่มีความมากขึ้น กระแสลัดวงจรก็จะมีขนาดมากเกินกว่าที่อุปกรณ์ป้องกันตัวเดิมได้ง่าย จะส่งผลให้เกิดความเสียหายในระบบอย่างมาก

2. จากการที่ได้ศึกษางานวิจัยของต่างประเทศ พบว่าที่ประเทศสหรัฐอเมริกามีโปรแกรมหนึ่งที่น่าสนใจชื่อว่า PVWatts ซึ่งโปรแกรมนี้จะคำนวณพลังงานที่จะได้ต่อปี จากจุดที่จะติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ โดยคำนวณจากความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้นๆใน 1 ปี ซึ่งวัดได้โดยระบบดาวเทียมและนำมาคำนวณประกอบกับปัจจัยต่างๆที่จะทำให้กำลังผลิตลดลง ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวจะทำให้เห็นถึงความคุ้มทุนในการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ในจุดต่างๆ อย่างชัดเจน ทำให้ง่ายต่อการตัดสินใจติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้น

3. การไฟฟ้าควรมีการพิจารณาการตั้งค่าของรีเลย์อีกครั้ง เมื่อมีการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากว่ากระแสในระบบมีค่ามากขึ้น ซึ่งจะทำให้ค่าที่ตั้งไว้มีความผิดเพี้ยนขึ้น เมื่อเกิดการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์จำนวนมาก โดยเฉพาะรีโคลสเซอร์รีเลย์ เพราะว่าการเชื่อมต่อระบบที่มีระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์กำลังจ่ายไฟฟ้าอยู่นั้น อาจทำให้เกิดปัญหา out of phase ของระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์ กับ ระบบไฟฟ้าหลัก อาจทำให้ เกิดแรงดันเกินขึ้น 3 เท่า กระแส inrush สูงมากไหลเข้าหม้อแปลงหรือมอเตอร์ แรงบิดเปลี่ยนแปลงฉับพลันที่มอเตอร์ของผู้ใช้ไฟฟ้า

4. ในส่วนของแรงดันเกินจากการที่โหลดลดลง น่าจะมีงานวิจัยเกี่ยวกับการปรับลดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ในขณะที่เกิดแรงดันเกินในระบบ ซึ่งจะทำให้ระบบมีความเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือมากขึ้น เป็นการที่จะสร้างมาตรฐานของคุณภาพไฟฟ้าให้น่าเชื่อถือมากขึ้น ซึ่งจะช่วยยกระดับคุณภาพไฟฟ้าและความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าของประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Ali S. Masoum, Student Member , Paul S. Moses, Student Member, Mohammad A. S Masoum, Senior Member, and Ahmed Abu-Siada Member , " Impact of Rooftop PV Generation on Distribution TransformerVoltage Profile of Residential and Commercial Networks " , **IEEE Transcations on Innovative Smart Grid Technologies (ISGT),** 2012 IEEE PES Date of Conference: 16-20 Jan. 2012

[2] แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2564) http://www.dede.go.th/dede/images/stories/aedp25.pdf

[3] ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php

[4] คุณภาพกำลังไฟฟ้า, [online] Available http://www.9engineer.com/ee_main/Article/PQ.htm

[5] แรงดันเกินในระบบไฟฟ้า, [online] Available http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2552/enel1052sp_ch2.pdf

[6] Joshi, Kalpesh A. Department of Electrical Engineering, Indian Institute of Technology Gandhinagar, Ahmedabad - 382424, Gujarat, INDIA, "Impact investigation of rooftop Solar PV system: A case study in India " , **IEEE Transcations on Innovative Smart Grid Technologies (ISGT Europe),** 2012 3rd IEEE PES International Conference and Exhibition on Date of Conference: 14-17 Oct. 2012

[7] รับสมัครเข้าโครงการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านที่อยู่อาศัยเพื่อขายไฟฟ้า (โซลาร์รูฟ 100,000 ระบบ), [online] Available http://ekarat-solar.com/RoofDetails.php

[8] Residential Solar PV Design 101, [online] Available http://blog.heatspring.com/wpcontent/themes/twentyten/resources/SolarPVDesign101.pdf

[9] Ravindra, Harsha Center for Adv. Power Syst., Florida State Univ., Tallahassee,FL,USA Faruque, M. Omar; McLaren, Peter G SM; Schoder, Karl; Steurer , Mischa; Meeker, Richard H. , "Impact of PV on distribution protection system " **, IEEE Transcations onNorth American Power Symposium (NAPS),**2012 Date of Conference: 9-11 Sept. 2012

[10] การคำนวณกระแสลัดวงจรและแรงดันตก, [online] Available http://www.aida-engineering.co.th/download/egat/egat_cal.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] USER MANUAL 1.5 kW/ 2 kW Inverter , [online] Available http://ebookbrowse.com/enersolarii-1-5k-2k-manual-pdf-d371875027

[12] Sharp ND-240QCJ Specification , [online] Available http://www.wholesalesolar.com/products.folder/module-folder/sharp/ND-240QCJ.html

[13] นางสาวศุภิสรา ศรีแสน "ผลกระทบด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้าบนระบบจำหน่ายของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์" ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโนยีพระจอมเกล้าธนบุรี , 2549

[14] KoohiKamali, Sam Electr. Eng. Dept., Univ. of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia Yusof , Sallehhudin; Selvaraj, Jeyraj; Esa, M.N.B. , "Impacts of grid-connected PV system on the steady-state operation of a Malaysian grid " , **IEEE Transcations Power and Energy (PECon),** 2010 IEEE International Conference on Date of Conference: Nov. 29 2010-Dec. 1 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

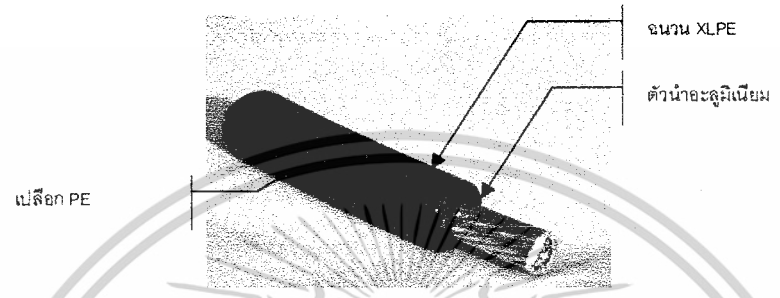
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลอุปกรณ์สำหรับจำลองโปรแกรม PSIM

ของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเชื่อมต่อระบบจำหน่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของเคเบิลอากาศ

ขนาดสายไฟฟ้าให้พิจารณาจากขนาดกระแสของโหลด โดยขนาดของสายไฟให้พิจารณาจากตารางที่ 3.1 สำหรับเคเบิลอากาศ

ตารางที่ 3.1 ตารางพิกัดกระแสใช้งานของเคเบิลอากาศ (SAC)

พิกัดแรงดัน (kV) VOLTAGE RATING (kV)	กระแสใช้งาน (แอมแปร์) CURRENT RATING (Amperes)						
	พื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ (ต.มม.) NOMINAL CROSS-SECTION AREA OF CONDUCTOR (mm^2)						
	50	70	95	120	150	185	240
22	180	220	270	315	360	410	490
33	180	220	270	315	360	410	490

จากตารางที่ 3.1 สายไฟฟ้าขนาด 50,120 และ 185 ตร.มม. เป็นสายไฟฟ้ามาตรฐานที่ กฟภ. ซื้อมาใช้งานในระบบจำหน่าย สายไฟฟ้าขนาด 50,120 และ 185 ตร.มม. รับโหลดสูงสุดเท่ากับ 5487, 9602 และ 12498 kVA สำหรับระบบ 22 kV ตามลำดับ และ รับโหลดสูงสุดเท่ากับ 8230, 14403 และ 18747 kVA สำหรับระบบ 33 kV ตามลำดับ ซึ่งโหลดสูงสุดดังกล่าวคิดที่ 80% ของกระแสใช้งาน

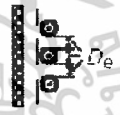
ในการออกแบบขนาดสายไฟฟ้าให้พิจารณาแรงดันตกในสายด้วย ซึ่งมาตรฐานแรงดันตกของสายไฟฟ้าในสภาวะปกติกำหนดไว้ไม่เกิน 5% และ สภาพฉุกเฉินกำหนดไว้ไม่เกิน 10% ผู้ออกแบบสามารถคำนวณแรงดันตกได้จากสมการที่ 3.1 และ สมการที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดสายไฟฟ้าให้พิจารณาจากขนาดกระแสของโหลด โดยขนาดของสายไฟให้พิจารณาจากตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2 สำหรับสายอะลูมิเนียมหุ้มฉนวนพีวีซี. และ สายอะลูมิเนียมหุ้มฉนวนกรอสส์ลิ้งโพลิเอทิลีน (CV) ตามลำดับ

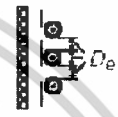
ผู้ออกแบบสามารถพิจารณาเลือกขนาดสายไฟฟ้าจากหม้อแปลงแต่ละขนาดตามตารางที่ 4.3 และ 4.4 สำหรับสายอะลูมิเนียมหุ้มฉนวนพีวีซี. และ สายอะลูมิเนียมหุ้มฉนวนกรอสส์ลิ้งโพลิเอทิลีน(CV) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ตารางขนาดกระแสของสายอะลูมิเนียมหุ้มฉนวน พีวีซี. อุณหภูมิตัวนำ 70 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 750 โวลต์ อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียส

ขนาดพื้นที่หน้าตัดของสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส(แอมป์) วิธีการติดตั้ง	
	วิธี ก.	 วิธี ข.
25	73	86
35	91	108
50	111	132
70	144	171
95	177	210
120	206	245
185	274	327

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางพิกัดกระแสใช้งานของสายอะลูมิเนียมหุ้มฉนวนเรอสส์ลิ้งโพลิเอทิลีน(CV) อุณหภูมิตัวนำ 90 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 600/1,000 โวลต์ อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียส

ขนาดพื้นที่หน้าตัดของสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส(แอมป์) วิธีการติดตั้ง	
	วิธี ก.	 วิธี ข.
25	94	111
35	117	139
50	150	171
70	187	222
95	230	273
120	269	319
185	359	428

หมายเหตุ ตารางที่ 4.1 และ 4.2

1. ค่ากระแสของตารางทั้งสองนี้อ้างอิงจากมาตรฐาน IEC 60364-5-52
2. วิธี ก. หมายถึง การเดินสายหุ้มฉนวนแรงต่ำตีกลียว
3. วิธี ข. หมายถึง การเดินสายหุ้มฉนวนแรงต่ำบนฉนวนแรงต่ำ
4. De หมายถึง เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตารางการเลือกใช้งานสายอะลูมิเนียมหุ้มฉนวน พีวีซี.

ขนาดหม้อแปลง (kVA)	กระแสโหลดเต็มด้านแรงต่ำ (แอมป์)	ขนาดสายไฟฟ้าหุ้มฉนวน พีวีซี. (ตร.มม)			
50	72.2	50	-	-	-
100	144.3	95	2x50	-	-
160	230.9	120	2x50	-	-
250	360.8	-	2x95	-	-
315	454.7	-	2x120	3x95	-
500	721.7	-	-	3x120	4x95

หมายเหตุ

1. ขนาดสายจากตารางนี้คิดจากขนาดกระแสของตารางที่ 4.1 วิธี ข.
2. ในกรณีที่ระบบจำหน่ายแรงต่ำมีระยะทางยาว ให้พิจารณาแรงดันตกด้วย

ตารางที่ 4.4 ตารางการเลือกใช้งานสายอะลูมิเนียมหุ้มฉนวนครอสลิ้งโพลิเอทิลีน(CV)

ขนาดหม้อแปลง (kVA)	กระแสโหลดเต็มด้านแรงต่ำ (แอมป์)	ขนาดสายไฟฟ้าหุ้มฉนวน ครอสลิ้งโพลิเอทิลีน (ตร.มม)			
50	72.2	35	-	-	-
100	144.3	50	2x35	-	-
160	230.9	95	2x50	-	-
250	360.8	120	2x95	-	-
315	454.7	-	2x95	3x95	-
500	721.7	-	2x185	3x120	4x95

หมายเหตุ

1. ขนาดสายจากตารางนี้คิดจากขนาดกระแสของตารางที่ 4.2 วิธี ข.
2. ในกรณีที่ระบบจำหน่ายแรงต่ำมีระยะทางยาว ให้พิจารณาแรงดันตกด้วย

ในการออกแบบขนาดสายไฟฟ้าให้พิจารณาแรงดันตกในสายด้วย ซึ่งมาตรฐานแรงดันตกของสายไฟฟ้าในสภาวะปกติกำหนดไว้ไม่เกิน 10%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ-1

คุณสมบัติทางเทคนิคของสายเคเบิลอากาศ (Spaced Aerial Cable)

Description		Unit	Required data							
System voltage		kV	22				33			
Conductor	Type of conductor	-	Aluminum							
	Nominal cross-sectional area	mm^2	50	95	120	185	50	95	120	185
	Stranding	-	Compact stranded							
	Outside diameter ±1%	mm	8.33	11.45	12.95	15.98	8.33	11.45	12.95	15.98
	Calculated breaking strength Min.	N	7,890	14,380	19,110	29,600	7,890	14,380	19,110	29,600
	Volume resistivity of Al wire at 20°C Max.	Ω-mm^2/m	0.028264							
	DC resistance at 20°C Max.	Ω/km	0.592	0.313	0.245	0.161	0.592	0.313	0.245	0.161
Conductor shield	Thickness, not less than Min.	mm	0.0635							
	Average	mm	0.3							
	DC volume resistivity at 90°C Max.	Ω-cm	50,000							
Insulation	Thickness	mm	3.175				4.445			
Jacket	Thickness	mm	3.175				3.175			
Cable	Overall outside diameter, approx.	mm	22.0	25.2	26.7	29.7	24.6	27.7	29.2	32.2
Electrical test voltage	AC test voltage for 5 minutes	kV	38				49			
	DC test voltage for 5 minutes	kV	100				125			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ-10

คุณสมบัติทางเทคนิคของหม้อแปลง

Description	Unit	Required data	
System voltage	kV	22	33
Primary voltage	kV	22	33
Secondary voltage	V	400/230	
Winding connection	-	Dyn11	
Basic impulse insulation level (BIL), full wave	kV,peak	125	170
Power frequency withstand voltage	kV,rms	50	70
Tapping	-	+/- 2 x 2.5%	

Losses and short-circuit impedance

Transformer Rating (kVA)	Losses (Watts)			Short-circuit Impedance (% at 75°C)
	No-load losses		Load loss at 75°C	
	22 kV	33 kV		
100	250	260	1,550	4
160	360	370	2,100	4
250	500	520	2,950	4
315	600	630	3,500	4
400	720	750	4,150	4
500	860	900	4,950	4
630	1,010	1,050	5,850	4
800	1,200	1,270	9,900	6
1,000	1,270	1,300	12,150	6
1,250	1,500	1,530	14,750	6
1,500	1,820	1,850	17,850	6
2,000	2,110	2,140	21,600	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการดำเนินงานในการทำโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงานในส่วนของการรวมรวมเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับโปรเจค

ค่าใช้จ่ายแต่ละขั้นตอน	ระยะเวลา	ขั้นตอนการทำงาน	ผู้รับผิดชอบ
40 บาท	20 นาที	ประชุมและวางแผนการทำงาน	ธนภัทร เจียรพิสิฐพงศ์
75 บาท	7 วัน	ศึกษาหาข้อมูล	ธนภัทร เจียรพิสิฐพงศ์ ชาญชาย เชาว์ชาญ
300 บาท	7 วัน	รวบรวมข้อมูล	ชาญชาย เชาว์ชาญ ดุษฎี เพ็ชรประดับฟ้า ธนภัทร เจียรพิสิฐพงศ์
500 บาท	10 วัน	วิเคราะห์ข้อมูล	ชาญชาย เชาว์ชาญ ดุษฎี เพ็ชรประดับฟ้า ธนภัทร เจียรพิสิฐพงศ์
250 บาท	5 วัน	สรุปข้อมูลทั้งหมด	ธนภัทร เจียรพิสิฐพงศ์
1165 บาท	29 วัน 20 นาที	รวมทั้งหมด	

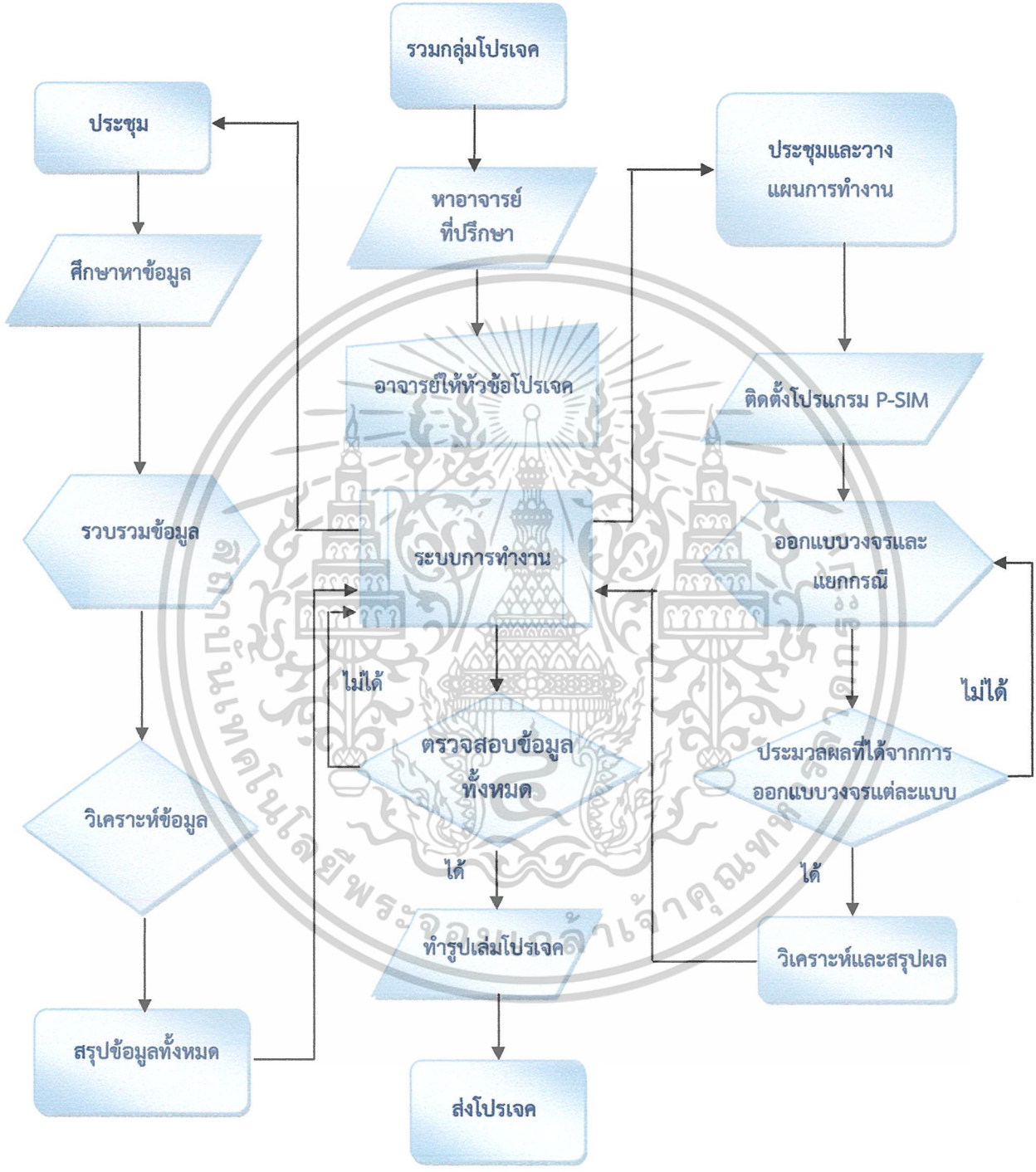
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงานในส่วนของโปรแกรม P-SIM

ค่าใช้จ่ายแต่ละขั้นตอน	ระยะเวลา	ขั้นตอนการทำงาน	ผู้รับผิดชอบ
40 บาท	20 นาที	ประชุมและวางแผนการทำงาน	ดุษฎี เพ็ชรประดับฟ้า
75 บาท	35 นาที	ติดตั้งโปรแกรม P-SIM	ดุษฎี เพ็ชรประดับฟ้า
300 บาท	7 วัน	ออกแบบวงจรและแยกกรณี	ดุษฎี เพ็ชรประดับฟ้า
500 บาท	14 วัน	ประมวลผลที่ได้จากการออกแบบวงจรแต่ละแบบ (ไม่ได้)	ดุษฎี เพ็ชรประดับฟ้า ธนภัทร เจียรพิสิฐพงศ์
500 บาท	14 วัน	ได้ → วิเคราะห์และสรุปผล	ดุษฎี เพ็ชรประดับฟ้า
1415 บาท	35 วัน 55 นาที	รวมทั้งหมด	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของโครงงานนี้



ใช้เวลาทั้งหมด 65 วัน 15 นาที

ใช้งบประมาณ 2,580 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

บทความวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาผลกระทบของการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

A STUDY OF SOLAR ROOFTOP IMPACTS

ชาญชาย เชาว์ชาญ ดุษฎี เพ็ชรประดับฟ้า และ ธนภัทร เจียรพิสิฐพงศ์

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ซอยฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอผลกระทบของการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านจำนวนมากในระบบจำหน่าย โดยการออกแบบหมู่บ้าน 50 หลังที่มีการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ทุกหลัง เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสายไฟและหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบจำหน่าย ที่เดิมไม่มีการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้โปรแกรม PSIM 9.0.3 จำลองแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านจำนวนห้าสิบหลังที่ติดตั้งในระบบจำหน่ายไฟฟ้า เทียบกับค่ามาตรฐานของสายไฟและหม้อแปลงไฟฟ้า จากผลการจำลองพบว่า ค่ากระแสในฝั่งแรงดันต่ำของหม้อแปลงคิดเป็น 81.49 % ของค่าพิกัดกระแสฝั่งแรงดันต่ำของหม้อแปลง พบว่าควรเปลี่ยนหม้อแปลงไฟฟ้าให้มีพิกัดที่สูงขึ้น และค่ากระแสในสายไฟคิดเป็น 56 % ของค่ามาตรฐานสายไฟ ปริญญานิพนธ์นี้สามารถเป็นแนวทางการสร้างมาตรฐานให้กับการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ในอนาคตต่อไป

ABSTRACT

This thesis is to study of solar rooftop impacts in Thailand. The 50 houses are used to be a case study about solar rooftop impacts to the utility grid. PSIM is used for software simulation. The existing electrical devices in the distributed grid such as a transformer, power lines are also focused in rated power and current. The simulation results indicate that the rated power transformer is about 82%: this means that a transformer in distributed grid should be replaced with higher power rating if solar rooftop is installed. Also, the current in power lines increase about 56 %. This study can be used as a guide for solar rooftop installation in the future.

1. บทนำ

จากการสำรวจความต้องการไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พบว่าความต้องการใช้ไฟฟ้ามีการเติบโตขึ้นทุกปี ทำให้ประเทศไทยสูญเสียงบประมาณส่วนนี้ไปกับการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการของประชากรในประเทศ พลังงานที่ใช้ผลิตไฟฟ้านั้นมาจากถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และยังมีบางส่วนต้องซื้อพลังงานไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป และไม่มีความมั่นคงทางพลังงานเป็นของตัวเอง ถ้าใช้พลังงานเหล่านี้ในปริมาณมากจะส่งผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมและปัญหาภาวะเรือนกระจก ซึ่งเป็นปัญหาที่ทั่วโลกให้ความสำคัญและต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วน

แนวทางหนึ่งที่ช่วยลดภาระโลกร้อนและมีพลังงานใช้อย่างเพียงพอ คือพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์ แต่ทว่าพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล เป็นพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่น เป็นไปได้ยากในการหาพื้นที่สร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งต้องใช้พื้นที่เยอะ ประกอบกับแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปีของกระทรวงพลังงานที่ว่าด้วยการพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างจริงจัง จึงเป็นที่มาของปริญญานิพนธ์นี้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงระบบการทำงานของแผงพลังงานแสงอาทิตย์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแผงพลังงานแสงอาทิตย์ ตั้งแต่ความหมายของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ หลักการทำงาน ลักษณะเด่น การออกแบบขนาดในการติดตั้ง การคำนวณหาจำนวนแผงที่จะติดตั้ง ทฤษฎีเกี่ยวกับอินเวอร์เตอร์ อุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจร คุณภาพกำลังไฟฟ้าและปัญหาที่มีผลต่อคุณภาพกำลังไฟฟ้า รวมถึงงานวิจัยเกี่ยวกับความคุ้มค่าในการลงทุนเกี่ยวกับแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายเพื่อขายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 การกำหนดจำนวนของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งการติดตั้ง

การติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาควรพิจารณาแผงพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการและไม่ติดตั้งมากเกินความจำเป็น ซึ่งสามารถหากำลังไฟฟ้าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควรติดตั้งจากสมการ

$$P_{cell} = \frac{P_L}{Q \times A \times B \times C/D} \quad (1)$$

P_L = ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน

Q = พลังงานแสงอาทิตย์ในหนึ่งวันเท่ากับ 4,000วัตต์/ชั่วโมง-ตารางเมตร

A = ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์ โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.8

B = ค่าชดเชยความสูญเสียเชิงความร้อน ทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.85

C = ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ ทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.85 –0.9

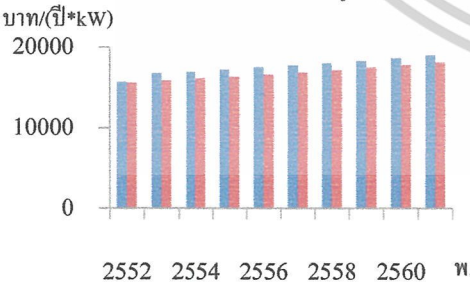
2.2 เปรียบเทียบราคาติดตั้งต่อกิโลวัตต์ระหว่างแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคากับโซลาร์ฟาร์ม

จากการสำรวจบริษัทที่รับติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคากับโซลาร์ฟาร์ม ในประเทศไทยจะสามารถเปรียบเทียบราคาติดตั้งต่อกิโลวัตต์ (โดยไม่นับค่าพื้นที่ติดตั้งมีปัจจัยที่ส่งผลให้ราคาเปลี่ยนแปลง)

ราคาติดตั้งโซลาร์ฟาร์มอยู่ที่ 120 – 140 ล้านบาท / MW คิดเป็น 130 ล้านบาท / MW จะได้ว่าราคาติดตั้งอยู่ที่ 130,000 บาท / kW

ราคาติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอยู่ที่ 380,000 บาท ที่ 2 kWจะได้ราคาติดตั้งอยู่ที่ 190,000 บาท / kW

พบว่า โซลาร์ฟาร์มมีราคาติดตั้งต่อกิโลวัตต์น้อยกว่าแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา แต่จากการคำนวณกลับพบว่าโซลาร์ฟาร์มมีราคาติดตั้งมากกว่าส่วนหนึ่งเป็นเพราะยังไม่ได้คิดอุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบทั้งหมด อีกทั้งยังไม่ได้รวมราคาแบบเหมาซึ่งจะถูกกว่า



ตารางที่ 1 กราฟเปรียบเทียบรายได้ที่ได้จากการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน(กราฟสีน้ำเงินa) กับ โซลาฟาร์ม (กราฟสีแดง)

3. การเตรียมการก่อนการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์

เนื่องจากการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ ต้องมีการทำเรื่องขออนุญาติหน่วยงานที่เกี่ยวข้องก่อน จึงจะสามารถทำการขายไฟฟ้าให้กับหน่วยงานดังกล่าวได้ งานวิจัยนี้จึงได้รวบรวมสิ่งที่ต้องทำต่างๆ ก่อนทำการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์โดยละเอียด และการวางแผนการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน การคำนวณกระแสความผิดพร่อง (ฟอลต์) รวมถึงบทความเกี่ยวกับการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ ติดตั้งข้างในหรือข้างนอก ควรดูแลรักษาอย่างไร และจะกล่าวถึงการดูแลรักษาแผงพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพคงที่

3.1 ตัวอย่างการคำนวณเมื่อมีการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 3.7 kW

จากการศึกษาข้อมูลแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้บนหลังคาภาควิศวกรรมพลังงาน กระแสมีค่าประมาณ 1.5 A แผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ยี่ห้อ Sharp รุ่น ND-240QJC ชนิด Poly crystalline จำนวน 16 แผง โดยคำนวณจาก 3700 หารด้วย 240 ได้ 15.416 แผง ซึ่งแต่ละแผงสามารถผลิตกำลังไฟฟ้า 240 วัตต์ต่อแผง มีค่าแรงดันสูงสุดเท่ากับ 30 โวลต์ และมีค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 8 แอมป์ กระแสฟอลต์ที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายมีค่า

$$Zq = \frac{0.95 \times 0.38^2}{[(220 \times 1.5) + (16 \times 30 \times 8)]}$$

$$Zq = 3.289 \times 10^{-5} \text{ ohm}$$

เมื่อได้อิมพิแดนซ์จึงนำค่าที่ได้ไปแทนในสมการเพื่อหาค่ากระแสฟอลต์ในระบบ

$$I''_{KQ} = \frac{0.95 \times 0.38}{\sqrt{3} z_q}$$

$$I''_{KQ} = \frac{0.95 \times 0.38}{\sqrt{3} \times 3.289 \times 10^{-5}}$$

$$I''_{KQ} = 6336.985 \text{ A}$$

เพราะฉะนั้นควรใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มี Ics ตั้งแต่ 6 kA ขึ้นไป เพื่อที่อุปกรณ์จะสามารถรองรับกระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การเก็บข้อมูลและการจำลองบ้านหนึ่งหลังด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

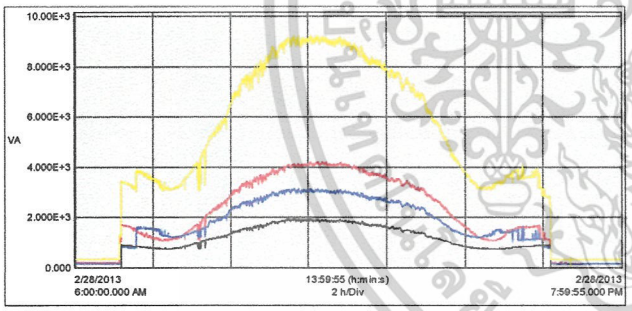
4.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ในการเก็บข้อมูลนี้จะแสดงค่าที่วัดได้ของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ ภายใต้สภาวะจริงในธรรมชาติ โดยเก็บค่าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่หน้าตึกภาควิศวกรรมพลังงาน โดยที่ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายซึ่งไม่สามารถควบคุมสภาวะต่างๆให้คงที่ ดังนั้นจะต้องวัดและบันทึกค่าอย่างระมัดระวัง และตั้งเวลาของเครื่องมือวัดให้ครอบคลุมที่สุด เพื่อให้ได้ค่าที่เป็นการวัดที่สภาวะเดียวกัน ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ติดตั้งชุดวงจรวัดแรงดันและชุดวงจรตรวจจับกระแส โดยทำการวัดทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ

2. ติดตั้งชุด Signal Conditioning เพื่อรับสัญญาณจากชุดวงจรวัดแรงดันและชุดวงจรตรวจจับกระแส

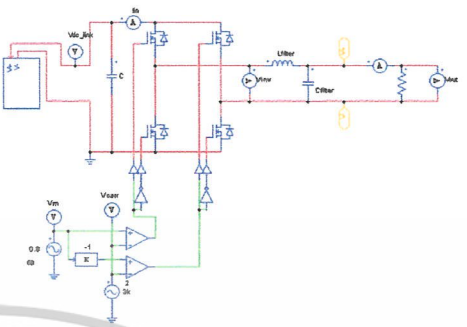
3. ติดตั้ง Chauvin C.A 8332B ซึ่งตั้งเวลาในการเก็บบันทึกข้อมูลทุกๆ 5 วินาที ผ่านคอมพิวเตอร์โดยเชื่อมต่อผ่านโปรแกรม Dataview



รูปที่ 1 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่จุดเชื่อมต่อระบบ

4.2 การจำลองบ้านที่ใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์จ่ายเข้าสู่กริด

เป็นการจำลองการผลิตไฟฟ้าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนชั้นดาดฟ้า ด้วยโปรแกรม PSIM9.0.3 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของบ้านดังกล่าวว่าเมื่อมีการติดตั้งแล้วจะทำให้ระบบเกิดแรงดันเกินมากน้อยเพียงใดกับระบบไฟฟ้าทั้งหมดอีกทั้งตรวจสอบกระแสว่าเมื่อมีการติดตั้งแล้วจะสามารถทนกระแสที่เกิดขึ้นได้หรือไม่ ซึ่งในเบื้องต้นจะเป็นการจำลองวงจรอินเวอร์เตอร์เฟสเดียว ผ่านวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านได้ ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรกำลังของอินเวอร์เตอร์เฟสเดียวและวงจรควบคุม วงจรกรองสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรอินเวอร์เตอร์เฟสเดียวสำหรับแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ที่จำลองด้วยด้วยโปรแกรม PSIM

5. การจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จำลองผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในระบบจำหน่ายโดยมีขั้นตอนดังนี้

1.จำลองระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน จำนวน 50 หลัง

2.วัดค่าต่างๆที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์ของระบบสายส่ง ด้วยมิเตอร์ที่ใส่อยู่ในโปรแกรม PSIM

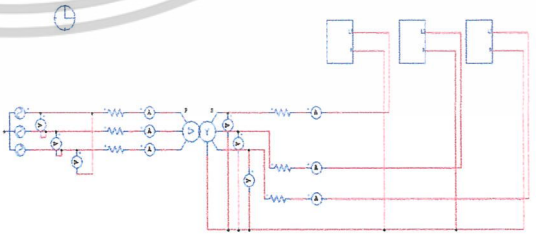
3.นำค่าที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับ Data Sheet ของอุปกรณ์ในระบบสายส่ง แล้วดูว่าอุปกรณ์เหล่านี้สามารถทนได้หรือไม่

4.ปรับค่าโหลดความต้านทานของทางบ้านให้มีค่าลดลงครึ่งหนึ่ง และจำลองระบบเพื่อวัดค่ากระแสและแรงดันที่เกิดขึ้น

5.ตรวจสอบว่ามีแรงดันเกินหรือไม่ อย่างไร

6.จำลองระบบสายส่งที่จ่ายให้กับหมู่บ้านที่มีบ้านจำนวน 50 หลัง

7.วัดค่าต่างๆที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์ของระบบสายส่ง แล้วนำไปเปรียบเทียบกับระบบที่มีการจำลองระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน จำนวน 50 หลัง

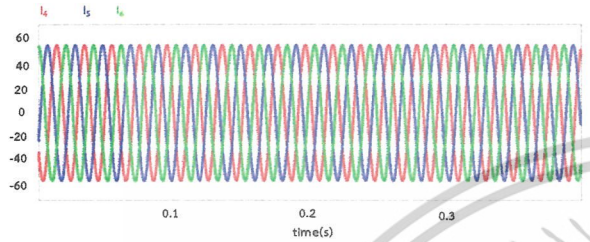


รูปที่ 3 วงจรที่ใช้จำลองหม้อแปลงจำหน่ายสามเฟสต่อกับผู้ใช้ไฟฟ้าทางบ้านที่ติดตั้งระบบแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านจำนวน 50 หลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 ผลกระทบต่อระบบจำหน่าย เมื่อใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 50 หลัง

เมื่อทำการจำลอง จะพบว่าค่ากระแสที่เกิดขึ้นในฝั่งแรงดันต่ำของหม้อแปลงมีค่า 39.2 A



รูปที่ 4 ค่ากระแสที่เกิดขึ้นในฝั่งแรงดันต่ำของหม้อแปลง

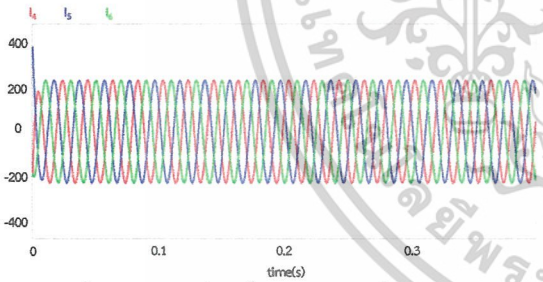
5.2 ผลกระทบต่อระบบจำหน่าย เมื่อเกิดแรงดันเกินในช่วงโหลดต่ำ

1.จำลองระบบจำหน่ายที่เชื่อมต่อกับระบบที่ติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านจำนวน 50 หลัง

2.ทำการลดโหลดความต้านทานของบ้าน 50 หลังลงครึ่งหนึ่ง

3.ตรวจสอบว่าเกิดปรากฏการณ์แรงดันเกินหรือไม่ และบันทึกค่าที่ได้จากการจำลองดังกล่าว

เมื่อทำการจำลอง จะพบว่าค่าแรงดันที่เกิดขึ้นในฝั่งแรงดันต่ำมีค่า 228.75 V



รูปที่ 5 ค่าแรงดันที่เกิดขึ้นในฝั่งแรงดันต่ำของหม้อแปลง

6. สรุป

ในการจำลองระบบจำหน่ายของหมู่บ้านที่ใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านจำนวนมากต่อกับระบบจำหน่าย ด้วยโปรแกรม PSIM 9.0.3 และทำการวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าในระบบ เพื่อนำมาเทียบกับค่ามาตรฐานของอุปกรณ์ในระบบจำหน่าย พบว่า สายไฟฟ้า หม้อแปลงจำหน่าย สามารถทนรับกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นมาได้ โดยที่กระแสไฟฟ้าในสายไฟต้องมีค่าไม่เกิน 210 A และกระแสไฟฟ้าในหม้อแปลงจำหน่ายขนาด 100 kVA ต้องมีค่าไม่เกิน 144.3 A ในฝั่งแรงดันต่ำ จากการจำลองพบว่า ค่ากระแสไฟฟ้าในสายไฟมีค่า 117.6 A คิดเป็น 56 % ของพิกัดสายไฟ และคิดเป็น 81.49 % ของหม้อแปลงจำหน่าย ซึ่งมีค่าไม่เกินค่าพิกัดของสายไฟและหม้อแปลงจำหน่าย ทำให้สามารถใช้ได้ตามปกติ แต่หม้อแปลงจำหน่ายไม่ควรใช้ค่าเกิน 80% และจากการจำลองลดค่าโหลดของแต่ละบ้านลง เมื่อทำการจำลองลดความต้านทานของบ้านลงครึ่งหนึ่งที่ 0.15 วินาที จะพบว่าค่าแรงดันที่จุด PCC มีค่าเท่าเดิมที่ 228.75 V แต่กระแสที่ผลิตได้มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 9 A เป็น 17.9 A เนื่องจากโปรแกรม PSIM 9.0.3 เป็นโปรแกรมที่มีค่าแรงดันคงที่ จึงไม่สามารถเห็นภาพแรงดันที่ควรจะเพิ่มขึ้น แต่จะเห็นได้ว่าค่ากระแสเพิ่มขึ้น โดยที่แรงดันเท่าเดิม หมายความว่ามีกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในระบบ ทำให้สรุปได้ว่าในมเป็นจริงอาจมีแรงดันเกินขึ้นในระบบจำหน่ายได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณผศ.ดร.สุรินทร์ คำฝอยเป็นอย่างสูงที่คอยแนะนำและให้ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบ อีกทั้งห้องปฏิบัติการวิจัยการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทน ที่เอื้อเฟื้อการทำโครงงาน ตลอดจนพี่ๆ และเพื่อนๆ ในห้องปฏิบัติการวิจัยทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และให้คำปรึกษา

เอกสารอ้างอิง

[1] Ali S. Masoum, Student Member, Paul S. Moses, Student Member, Mohammad A. S. Masoum, Senior Member,and Ahmed Abu-Siada Member, " Impact of Rooftop PV Generation on Distribution Transformer Voltage Profile of Residential and Commercial Networks ", IEEE

[2] Residential Solar PV Design 101, [online] Available http://blog.heatspring.com/wpcontent/themes/twentyten/resources/SolarPVDesign101.pdf

[3] Joshi, Kalpesh A. Department of Electrical Engineering, Indian Institute of Technology Gandhinagar, Ahmedabad - 382424, Gujarat, INDIA, "Impact investigation of rooftop Solar PV system: A case study in India " , IEEE Transcations on Innovative Smart Grid Technologies (ISGT Europe), 2012 3rd IEEE PES International Conference and Exhibition on Date of Conference: 14-17 Oct. 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายชาญชาย เชาว์ชาญ

วันเดือนปีเกิด 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2533 ที่ร้อยเอ็ด

ที่อยู่ 92 หมู่ 13 ตำบล โพธิ์ทอง อำเภอ เสลภูมิ ร้อยเอ็ด 45120

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2551 จบมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเสลภูมิพิทยาคม ร้อยเอ็ด

พ.ศ. 2552-ปัจจุบัน เป็นนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ชื่อ-นามสกุล นายดุษฎี เพ็ชรประดับฟ้า

วันเดือนปีเกิด 23 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2534 ที่กรุงเทพมหานคร

ที่อยู่ 88/4 ม.19 ถ.บางระมาด แขวงศาลาธรรมสพน์ เขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10170

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2551 จบมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2552-ปัจจุบัน เป็นนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ชื่อ-นามสกุล นาย ธนภัทร เจียรพิสิฐพงศ์

วันเดือนปีเกิด 17 กรกฎาคม พ.ศ. 2533 ที่กรุงเทพมหานคร

ที่อยู่ 762/8 ซอยศรีย่าน 1 ถนนนครไชยศรี แขวงถนนนครไชยศรี เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2551 จบมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2552-ปัจจุบัน เป็นนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้