การศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ในงานระบบประปาของอาคารขนาดใหญ่: กรณีศึกษาอาคารขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม

โดย

นายมนตรี เปรมเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ในงานระบบประปาของอาคารขนาดใหญ่: กรณีศึกษาอาคารขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม

โดย

นายมนตรี เปรมเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

TECHNICAL FEASIBILITY STUDY OF SOLAR CELL TECHNOLOGY APPLICATION FOR WATER SUPPLY OF LARGE BUILDING : CASE STUDY OF A LARGE BUILDING IN NAKHON PATHOM PROVINCE

By

Mr. Montree Pramcharoen

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

Master of Engineering Program in Engineering Management

Department of Industrial Engineering and Management

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2016

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “การศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ในงานระบบประปาของอาคารขนาดใหญ่: กรณีศึกษาอาคารขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม” เสนอโดย นายมนตรี เปรมเจริญ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลิ่ม)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์)

...../...../.....

56405313: สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรม
คำสำคัญ: พลังงานแสงอาทิตย์ / อาคารขนาดใหญ่ / การจำลองสถานการณ์

มนตรี เปรมเจริญ: การศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ในงานระบบประปาของอาคารขนาดใหญ่: กรณีศึกษาอาคารขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผศ. ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์. 121 หน้า

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความเป็นไปได้ในทางเทคนิคของการใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ ในระบบประปาของอาคารขนาดใหญ่ ที่มีความซับซ้อนทางเทคนิคและมีความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้อง การวิจัยเริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้น้ำใช้ไฟฟ้าของอาคารขนาดใหญ่ที่เป็นกรณีศึกษา ข้อมูลปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์บริเวณที่ตั้งของอาคาร รวมถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับระบบประปาของอาคารตัวอย่าง จากนั้นผู้วิจัยได้นำเสนอระบบประปาแบบจ่ายน้ำลงอาศัยแหล่งพลังงานผสม เป็น 2 รูปแบบ โดยแบบที่หนึ่งเป็นแบบใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง และแบบที่สองเปลี่ยนกระแสตรงให้เป็นกระแสสลับ เนื่องจากข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและน้ำ รวมถึงแสงอาทิตย์มีความไม่แน่นอน ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้การจำลองสถานการณ์มาวิเคราะห์หาความเป็นไปได้และรูปแบบทางวิศวกรรมที่เหมาะสม โดยการเลือกใช้โปรแกรมอารีน่าในการศึกษาครั้งนี้ และวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ผลการศึกษาพบว่าแบบที่หนึ่งให้ผลตอบแทนด้านความคุ้มค่าการลงทุนมากกว่าและระยะคืนทุนเร็วกว่า โดยมีระยะเวลาคืนทุนที่ 4 ปี 8 เดือน ในขณะที่ระบบที่สองมีระยะเวลาคืนทุนที่ 9 ปี 6 เดือน รูปแบบที่หนึ่งเป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับการนำไปใช้กับอาคารที่ทำการศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ลายชื่อนักศึกษา..... ปีการศึกษา 2559

ลายชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....

56405313: MAJOR: ENGINEERING MANAGEMENT
KEY WORD: SOLAR CELL / LARGE BUILDING / COMPETITIVENESS / SIMULATION

MONTREE PREMCHAROEN: TECHNICAL FEASIBILITY STUDY OF SOLAR CELL TECHNOLOGY APPLICATION FOR WATER SYSTEM OF LARGE BUILDING: CASE STUDT OF A LARGE BUILDING IN NAKHON PATHOM PROVINCE. THESIS ADVISOR: Asst. Prof. Dr. CHOOSAK PORNSING. 121 pp.

The objective of this study is to study the technical feasibility of solar cell technology application in water supply system of a large building which concern to technical complexity and uncertainty. The research started with data collection included water usage, electricity usage, and amount of solar radiation on the sample building area. Then, the researcher proposed 2 models of feed down water supply system with blend energy sources. The first model used direct current from solar panel; and, the second model changed direct current electricity into alternating current. Owing to the uncertainty of electricity usage, water usage, and amount of solar radiation, the author deployed a simulation technique to analyze the feasibility and the suitable of the model. The software package, ARENA®, and engineering economy were exploited in this study. The result shows that the first model is better than the second one in points of economy and payback period. Whilst the first model yields 4 years and 8 months of payback period, the second model yields 9 years and 6 months of payback period. The first model is the right model to use in the building.

Department of Industrial Engineering and Management Graduate School, Silpakorn University
Student's Signature..... Academic Year 2016
Thesis Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ให้คำแนะนำและแนวทางในการทำวิจัย นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเจ้าของและผู้ดูแลอาคารขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐมที่เปิดโอกาสในการเข้าไปเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณคณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลิ่ม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบและแนะนำแนวทางที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณะอาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและชี้นำแนวทางการศึกษาด้วยดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนเรื่องทุนการศึกษาและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ และเป็นกำลังใจช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูป..... ญ

บทที่ **หน้า**

1. บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย..... 4

1.3 สมมติฐานการวิจัย..... 4

1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 5

1.5 คำจำกัดความสำหรับการวิจัย..... 5

1.6 กรอบแนวคิดของการวิจัย..... 5

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 5

2. แนวคิด ทฤษฎีและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 6

2.1 ประเภทของอาคาร..... 7

2.2 ระบบการจ่ายน้ำในอาคาร..... 8

2.3 มอเตอร์ไฟฟ้า..... 9

2.4 เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell)..... 24

2.5 การจำลองสถาณการณ์ (Simulation)..... 28

3. วิธีดำเนินการวิจัย..... 31

3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้..... 31

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 32

3.3 ขั้นตอนการศึกษาความเป็นมาและความสำคัญ..... 37

4. ผลและการวิเคราะห์แบบจำลอง..... 38

4.1 การสร้างแบบจำลองระบบ..... 38

4.2 กำหนดเงื่อนไขการสร้างแบบจำลองของระบบไฟฟ้ากระแสตรง..... 39

4.3 กำหนดเงื่อนไขการสร้างแบบจำลองของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ..... 62

บทที่ **หน้า**

4.4 การวิเคราะห์โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการปั๊มน้ำ..... 85

5. สรุปผลการวิจัย..... 89

5.1 สรุปผลการดำเนินการวิจัย.....

5.2 อุปสรรคในการทำวิจัย..... 90

5.3 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป..... 90

รายการอ้างอิง..... 91

ภาคผนวก..... 93

ภาคผนวก ก ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ในบริเวณจังหวัดนครปฐม..... 94

ภาคผนวก ข การพัฒนาตนเอง..... 117

ประวัติผู้วิจัย..... 121

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ได้รับรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี..... 4
1.2 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีรวมของประเทศไทยกับประเทศอื่นๆ..... 4
3.1 ปริมาณพลังงานแสงในเขตจังหวัดนครปฐม..... 32
3.2 ปริมาณการใช้น้ำในอาคารที่ทำการศึกษา..... 32
4.1 อัตราปริมาณแสงอาทิตย์ในหนึ่งปีและพลังงานไฟฟ้า..... 38
4.2 ผลการคำนวณพารามิเตอร์ที่จะนำไปใช้กับแบบจำลอง..... 39
4.3 ผลการณ์จำลองสถานการณ์ในระบบแบบจำลองการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง..... 61
4.4 ผลการจำลองสถานการณ์ในระบบเปลี่ยนแสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้ากระสลับ..... 83
4.5 งบประมาณในการลงทุนโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสตรง..... 85
4.6 มูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนภายในสำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสตรง..... 86
4.7 งบประมาณในการลงทุนโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสสลับ..... 87
4.8 มูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนภายในสำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสสลับ..... 87

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 ค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปกับค่าไฟฟ้าในระหว่างปี 2553 ถึง 2557..... 2

1.2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระหว่างปี 2553 ถึง 2557..... 2

1.3 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของเดือนต่างๆ ของประเทศไทย..... 3

2.1 แผนผังแสดงชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า..... 8

2.2 แสดงลักษณะสปลิทเฟสมอเตอร์..... 9

2.3 ลักษณะโดยทั่วไปของเช็ดเด็ดโพลมอเตอร์..... 10

2.4 ลักษณะรีพัลชั่นมอเตอร์..... 10

2.5 ลักษณะของของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์..... 11

2.6 ลักษณะคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์..... 12

2.7 ลักษณะของคาปาซิเตอร์ ที่ใช้กับคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์..... 12

2.8 ลักษณะคาปาซิเตอร์สตาร์และรันมอเตอร์..... 13

2.9 การเกิดแรงบิดที่ตัวนำของโรเตอร์..... 14

2.10 การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบโรเตอร์พันขดลวด..... 14

2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบของมอเตอร์..... 15

2.12 การต่อมอเตอร์ใช้งานแบบสตาร์และเดลต้า..... 16

2.13 การกลับทางหมุนมอเตอร์ 3 เฟส..... 17

2.14 แบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง..... 19

2.15 ลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก..... 20

2.16 ลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม..... 21

2.17 ลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน..... 22

2.18 ลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม..... 23

2.19 ลักษณะการต่อขดลวดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิด Short Shunt 24

2.20 แสดงลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิด Long Shunt..... 24

2.21 หลักการทำงานของโซล่าเซลล์..... 26

2.22 แผงโซล่าเซลล์มาตรฐาน..... 27

3.1 มิเตอร์ไฟฟ้าแบบดิจิตอล..... 31

3.2 มาตรวัดน้ำ..... 31

รูปที่ **หน้า**

3.3 การต่อแผง Solar cell รูปแบบที่ 1 ได้แรงดันไฟฟ้า 0-288 VDC และ
กระแสไฟฟ้า 8 Amp 33
3.4 จำลองระบบประปาในอาคารที่ใช้ระบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC)..... 34
3.5 การต่อแผง Solar cell รูปแบบที่ 1 ได้แรงดันไฟฟ้า 0-36 VDC และกระแสไฟฟ้า
40 Amp..... 35
3.6 จำลองระบบประปาในอาคารที่ใช้ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)..... 35
3.7 ระบบที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง (DC)..... 36
3.8 ระบบที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)..... 36
3.9 การจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมอารีน่า..... 37
3.10 แผนแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 37
4.1 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน มกราคม..... 40
4.2 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน มกราคม..... 40
4.3 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน มกราคม..... 41
4.4 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน กุมภาพันธ์..... 41
4.5 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน กุมภาพันธ์..... 42
4.6 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน กุมภาพันธ์..... 42
4.7 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน มีนาคม..... 43
4.8 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน มีนาคม..... 43
4.9 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน มีนาคม..... 44
4.10 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน เมษายน..... 44
4.11 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน เมษายน..... 45
4.12 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน เมษายน..... 45
4.13 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน พฤษภาคม..... 46
4.14 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน พฤษภาคม..... 46
4.15 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน พฤษภาคม..... 47
4.16 แสดงหน้าต่างของ *Create Module* ในเดือน มิถุนายน..... 47
4.17 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน มิถุนายน..... 48
4.18 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน มิถุนายน..... 48
4.19 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน กรกฎาคม..... 49

รูปที่ **หน้า**

4.20 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน กรกฎาคม..... 49
4.21 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน กรกฎาคม..... 50
4.22 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน สิงหาคม..... 50
4.23 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน สิงหาคม..... 51
4.24 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน สิงหาคม..... 52
4.25 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน กันยายน..... 52
4.26 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน กันยายน..... 53
4.27 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน กันยายน..... 53
4.28 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน ตุลาคม..... 54
4.29 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน ตุลาคม..... 54
4.30 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน ตุลาคม..... 55
4.31 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน พฤศจิกายน..... 55
4.32 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน พฤศจิกายน..... 56
4.33 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน พฤศจิกายน..... 56
4.34 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน ธันวาคม..... 57
4.35 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน ธันวาคม..... 58
4.36 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน ธันวาคม..... 58
4.37 แสดงหน้าต่างของ Record Module ของกำลังไฟฟ้ารวม 12 เดือน..... 59
4.38 แสดงหน้าต่างของ Dispose Module จบการทำงาน..... 59
4.39 แสดง Module แบบจำลองของระบบการใช้ไฟฟ้ากระแสตรง..... 60
4.40 แสดงหน้าต่างของการตั้งค่า Run Setup..... 60
4.41 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน มกราคม..... 62
4.42 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน มกราคม..... 62
4.43 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน มกราคม..... 63
4.44 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน กุมภาพันธ์..... 63
4.45 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน กุมภาพันธุ์..... 64
4.46 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน กุมภาพันธุ์..... 64
4.47 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน มีนาคม..... 65
4.48 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน มีนาคม..... 65

รูปที่ **หน้า**

4.49 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน มีนาคม..... 66

4.50 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน เมษายน..... 66

4.51 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน เมษายน..... 67

4.52 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน เมษายน..... 68

4.53 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน พฤษภาคม..... 68

4.54 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน พฤษภาคม..... 69

4.55 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน พฤษภาคม..... 69

4.56 แสดงหน้าต่างของ *Create Module* ในเดือน มิถุนายน..... 70

4.57 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน มิถุนายน..... 70

4.58 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน มิถุนายน..... 71

4.59 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน กรกฎาคม..... 71

4.60 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน กรกฎาคม..... 72

4.61 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน กรกฎาคม..... 72

4.62 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน สิงหาคม..... 73

4.63 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน สิงหาคม..... 73

4.64 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน สิงหาคม..... 74

4.65 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน กันยายน..... 74

4.66 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน กันยายน..... 75

4.67 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน กันยายน..... 75

4.68 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน ตุลาคม..... 76

4.69 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน ตุลาคม..... 76

4.70 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน ตุลาคม..... 77

4.71 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน พฤศจิกายน..... 77

4.72 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน พฤศจิกายน..... 78

4.73 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน พฤศจิกายน..... 78

4.74 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน ธันวาคม..... 79

4.75 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน ธันวาคม..... 80

4.76 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน ธันวาคม..... 80

รูปที่ **หน้า**

4.77 แสดงหน้าต่างของ Assign Module แปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็น
ไฟฟ้า กระแสสลับ..... 81
4.78 แสดงหน้าต่างของ Record Module ของกำลังไฟฟ้ารวม 12 เดือน..... 81
4.79 แสดงหน้าต่างของ Dispose Module จบการทำงาน..... 82
4.80 แสดง Module แบบจำลองของระบบการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ..... 82
4.81 แสดงหน้าต่างของการตั้งค่า Run Setup..... 83

บทที่ 1

บทนำ

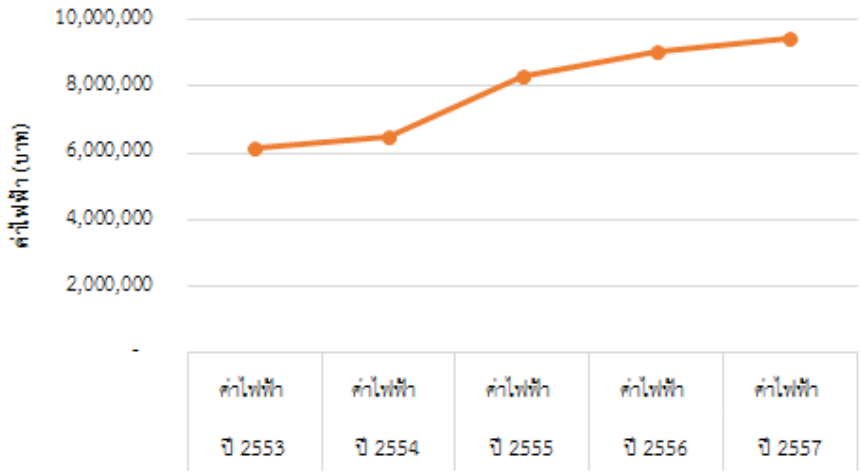
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2548 ได้กำหนดให้ทุกหน่วยงานราชการและรัฐวิสาหกิจลดการใช้พลังงานลง ร้อยละ 10-15 เทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิงของปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 และให้สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ (ก.พ.ร.) กำหนดให้ตัวชี้วัด (Key Performance Index: KPI) "ระดับความสำเร็จของการดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงาน" เป็นหนึ่งในกรอบการประเมินผลการปฏิบัติราชการของส่วนราชการจังหวัด และสถาบันอุดมศึกษา โดยเริ่มตั้งแต่ปีงบประมาณ 2549 เป็นต้นไป มหาวิทยาลัยมหิดลซึ่งเป็นมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐบาล สังกัดกระทรวงศึกษาธิการได้ขานรับนโยบายและได้จัดทำข้อตกลงกับส่วนงานภายในกำหนดให้ทุกส่วนงานต้องลดการใช้พลังงานลงร้อยละ 15 [1]

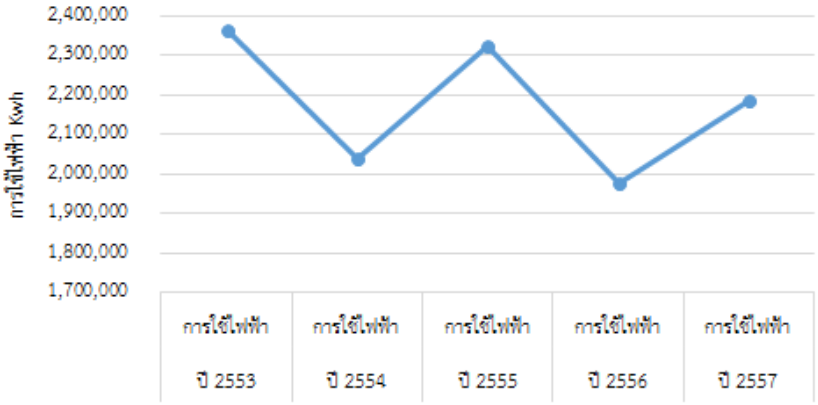
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ก่อตั้งขึ้นเมื่อปลายปี พ.ศ. 2533 ช่วงปี 2554 – 2558 มีการบริหารงาน โดย อาจารย์ วรวิทย์ อิศรางกูร ณ อยุธยา ดำรงค์ตำแหน่ง คณบดี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่ง กิตติพิชัย รองคณบดีฝ่ายการศึกษา รองศาสตราจารย์ ศุภชัย นาทะพันธ์ รองคณบดีฝ่ายแผนยุทธศาสตร์และประกันคุณภาพ อาจารย์ ดร.ทรงพล องค์วัฒนกุล รองคณบดีฝ่ายเทคโนโลยีการศึกษาและองค์กรสัมพันธ์ อาจารย์ ดร.กัญจน์ คณาธารทิพย์ รองคณบดีฝ่ายการคลังและบริการวิชาการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรศิษฐ์ ตรูทัศนวินท์ รองคณบดีฝ่ายวิจัยและระบบสนับสนุน ร่วมกันบริหารคณะให้เป็นไปตาม พันธกิจ วิสัยทัศน์ ภายใต้นโยบายของรัฐบาลและมหาวิทยาลัยมหิดล

อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ประกอบไปด้วยเป็นอาคารขนาดใหญ่ จำนวน 3 อาคาร แต่ละอาคารมีการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ทั้งการเรียนการสอนการทำวิจัยและบริการวิชาการ จึงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในอัตราที่สูง คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดลประกอบไปด้วย 7 ภาควิชา 2 ศูนย์วิชาการ 2 สำนักงานบริหารและ 1 กลุ่มสาขาวิชา มีจำนวนบุคลากร นักศึกษาและบุคคลภายนอกที่เข้ามาใช้อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ทั้งสิ้นประมาณ 1800 คนต่อวัน ทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก ทำให้งบประมาณส่วนหนึ่งที่ได้มาต้องใช้จ่ายหมดไปกับค่าไฟฟ้าในแต่ละปีเป็น

จำนวนมาก ดังแสดงในรูปที่ 1.1 และ 1.2



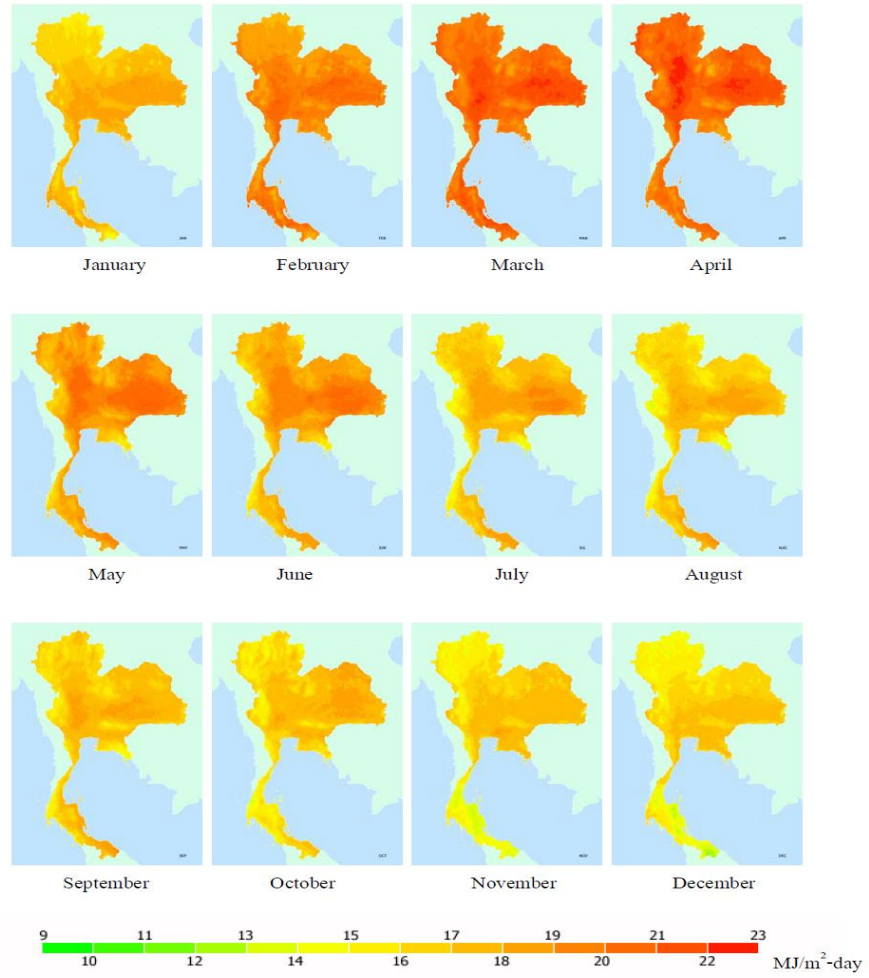
รูปที่ 1.1 ค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปกับค่าไฟฟ้าในระหว่างปี 2553 ถึง 2557



รูปที่ 1.2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระหว่างปี 2553 ถึง 2557

ผู้วิจัยตระหนักถึงค่าใช้จ่ายดังกล่าวที่เกิดขึ้นจึงมีความประสงค์ต้องทำการลดการใช้ พลังงานไฟฟ้าดังกล่าวลงให้ได้ ประกอบกับเพื่อเป็นการสนองต่อนโยบายของภาครัฐ และนโยบายของมหาวิทยาลัยมหิดลและเป็นการลดค่าใช้จ่ายของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลโดยตรง

ผู้ทำการวิจัยเล็งเห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการนำพลังงานทางเลือกมาใช้ในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ในครั้งนี้จึงให้ความสนใจไปที่พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดไม่ก่อให้เกิดมลพิษและเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง และเป็นพลังงานที่มีอยู่ในประเทศของเราเป็นจำนวนมากไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายนำเข้าจากต่างประเทศ จากข้อมูลกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน(พพ.)ได้ศึกษาศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์และจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลดาวเทียมของประเทศไทยพบว่าประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีมีค่าอยู่ในช่วง 18 ถึง 19 MJ/m^2-day จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพด้านพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูงและได้จัดทำเป็นแผนที่ เรียกแผนที่ดังกล่าวว่า “แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย” [1, 2, 3]



รูปที่ 1.3 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของเดือนต่าง ๆ ของประเทศไทย

ที่มา:คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตลังงานทดแทนชุดที่ 2

.

ตารางที่ 1.1 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ได้รับรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี

ช่วงความเข็มรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี (MJ/m^2-day)	ร้อยละของพื้นที่เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ
15-16	0.4
16-17	13.2
17-18	39.8
18-19	35.6
19-20	11.0

ที่มา:คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตสังงานทดแทนชุดที่ 2

ตารางที่ 1.2 การเปรียบเทียบความเข็มรังสีรวมของประเทศไทยกับประเทศอื่น ๆ

ประเทศ	ความเข็มรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี (MJ/m2-day)
อังกฤษ	8.95
ไอร์แลนด์	9.95
ญี่ปุ่น	13.0
สหรัฐอเมริกา	19.0
ออสเตรเลีย	19.6
อินเดีย	20.3
ไทย	18.0

ที่มา:คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตสังงานทดแทนชุดที่ 2

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางเทคนิคการนำพลังงานทางเลือกมาใช้ในระบบประปาสำหรับอาคารขนาดใหญ่

1.2.2 เพื่อศึกษาความคุ้มค่าระหว่างพลังงานที่นำมาใช้

1.2.3 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบทางวิศวกรรมของระบบประปาที่เหมาะสมกับโครงการ

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ ที่นำมาประยุกต์ใช้มีความเป็นไปได้ทางเทคนิค และความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

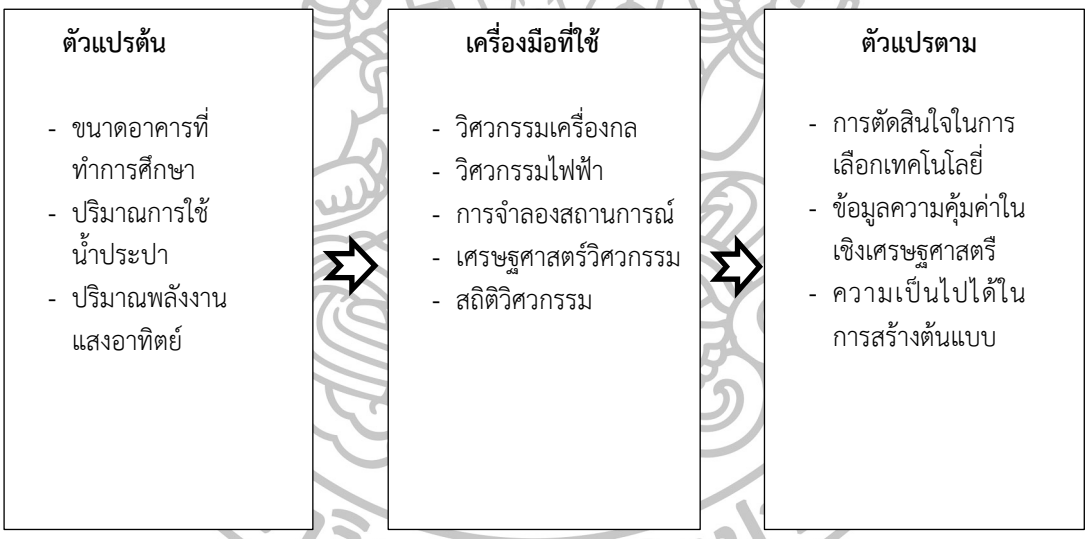
1.4.1 คึกษาความปีนไปได้ที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ประโยชน์ในอาคารของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลเท่านั้น

1.5 คำจำกัดความสำหรับการวิจัย

โซล่าเซลล์ (Solar Cell) คือ อุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โซล่าเซลล์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน

1.6 กรอบแนวคิดของการวิจัย

การนำพลังงานทางเลือกมาใช้กับอาคารขนาดใหญ่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด



1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ความเป็นไปได้ที่จะนำมาระบบใหม่มาใช้ทดแทนระบบเดิมของอาคารความคุ้มค่าที่เกิดขึ้นในการนำมาใช้งาน

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้เราจะกล่าวถึงทฤฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้ซึ่งประกอบไปด้วย ทฤษฎีการแบ่งประเภทของอาคาร ระบบการจ่ายน้ำในอาคารขนาดใหญ่ ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้า ทฤษฎีเซลล์พลังงานงานแสงอาทิตย์ ทฤษฎีการจำลองสถานการณ์ และในส่วนท้ายสุดเป็นการนำเสนอของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของอาคาร [2]

การแบ่งประเภทของอาคารแบ่งออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฉบับที่ 55 (พ.ศ.2543) เพิ่มเติมในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 ตามกฎกระทรวงฉบับนี้ได้ให้ความหมายของอาคารแต่ละประเภทไว้ดังนี้

“อาคารอยู่อาศัย”หมายความว่า อาคารซึ่งใช้อยู่อาศัยทั้งกลางวันและกลางคืนปรกติไม่ว่าจะเป็นอยู่อาศัยถาวรหรือชั่วคราว

“ห้องแถว”อาคารที่ก่อสร้างต่อเนื่องกันตั้งแต่สองคูหาขึ้นไปมีผนังแบ่งอาคารเป็นคูหาและประกอบด้วยวัสดุไม่ทนไฟ

“ตึกแถว”อาคารที่ก่อสร้างต่อเนื่องกันตั้งแต่สองคูหาขึ้นไปมีผนังแบ่งอาคารเป็นคูหาและประกอบด้วยวัสดุทนไฟ

“บ้านแถว”ห้องแถวหรือตึกแถวที่ใช้เป็นที่อยู่อาศัย

“บ้านแฝด”อาคารที่ใช้เป็นที่อยู่อาศัยก่อสร้างติดต่อกันสองบ้าน

“อาคารพาณิชย์”อาคารที่ใช้เพื่อประโยชน์ในด้านการพาณิชยกรรม การบริหาร หรือบริการธุรกิจ หรืออุสาหกรรม

“อาคารสาธารณะ”อาคารที่ใช้เพื่อในการชุมนุมคน เพื่อกิจกรรมของทางราชการ การเมือง การศึกษา การศาสนา การสังคม เช่น โรงพยาบาล ตลาด ห้างสรรพสินค้า อาคารที่จอดรถเป็นต้น

“อาคารพิเศษ”อาคารที่ต้องการมาตรฐานความมั่นคงเข็งแรง และความปลอดภัยเป็นพิเศษ

“อาคารอยู่อาศัยรวม”อาคารหรือส่วนใดส่วยหนึ่งของอาคารใช้เป็นที่อยู่อาศัยสำหรับหลายครอบครัว

“อาคารขนาดใหญ่” หมายความว่า อาคารที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อใช้พื้นที่อาคารหรือส่วนใดของอาคารเป็นที่อยู่อาศัยหรือประกอบกิจการประเภทเดียวหรือหลายประเภท โดยมีพื้นที่อาคารรวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันเกิน 2,000 ตารางเมตร หรืออาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 15 เมตรขึ้นไปและมีพื้นที่

อาคารรวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันเกิน 1,000 ตารางเมตร การวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นดาดฟ้า สำหรับอาคารทรงจั่วหรือปั้นหยาให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด

“อาคารขนาดใหญ่พิเศษ” หมายความว่า อาคารที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อใช้พื้นที่อาคาร หรือส่วนใดของอาคารเป็นที่อยู่อาศัย หรือประกอบกิจการประเภทเดียวหรือหลายประเภทโดยมีพื้นที่อาคารรวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตรขึ้นไป

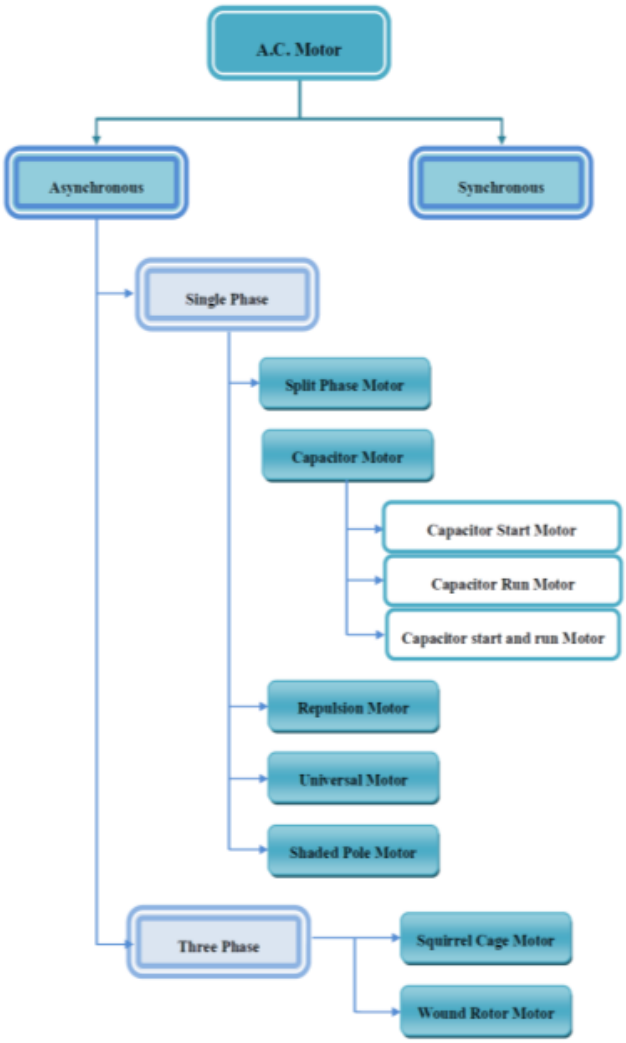
2.2 ระบบการจ่ายน้ำในอาคาร [4]

ระบบการจ่ายน้ำในอาคาร คือ การส่งน้ำจากท่อหลักไปยังจุดต่าง ๆ ที่มีความต้องการใช้น้ำ เช่น ห้องน้ำ ห้องครัว ห้องอาบน้ำ และระบบดับเพลิง การจ่ายน้ำมีอยู่ 2 ระบบคือ ระบบจ่ายน้ำขึ้น (Feed up) และระบบจ่ายน้ำลง (Feed down)ระบบจ่ายน้ำขึ้น (Feed up) นิยมใช้ในอาคารที่มีความสูงไม่มากนัก หรือไม่เกิน 3 ชั้น ทำได้โดยจ่ายตรงจากประปาหลัก (direct feed up) โดยในท่อต้องมีความดันไม่น้อยกว่า 1.5 บาร์ถ้าแรงดันในท่อน้อยกว่า 1.5 บาร์จึงควรที่จะตั้งปั๊มเพิ่มทำการปั๊มน้ำเพื่อจ่ายขึ้นให้กับอาคาร(pump feed up)

ระบบจ่ายน้ำลง (Feed down) มักจะใช้สำหรับอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่ โดยอาคารขนาดใหญ่จะมีการเก็บน้ำสำรองไว้ที่ชั้นล่างและมีปั๊มน้ำ (transfer pump) สูบขึ้นเก็บไว้บนในถังน้ำบนดาดฟ้าหรือหลังคาจึงเรียกว่า (roof tank) บนอาคารแล้วจ่ายกลับลงมา ข้อดีของระบบนี้คือเมื่อน้ำอยู่ในถังสูงแล้ว เราก็จะต่อท่อเพื่อส่งน้ำลงมาจ่ายไปยังจุดใช้งานต่าง ๆ ความแรงของน้ำขึ้นกับความสูงของถังบน ยิ่งสูงยิ่งแรงแต่ถ้าสูงมากแรงดันน้ำจะเป็นอันตรายแก่ระบบต้องมีอุปกรณ์ในการลดแรงกระแทกของน้ำที่จะกระทำกับสุขภัณต่างๆ การจ่ายน้ำแบบอาศัยแรงโน้มถ่วง จึงเรียกว่า (gravity flow) เป็นเพราะเหตุนี้ชั้นล่างน้ำจะแรงที่สุด เพราะอยู่ห่างจากถังมากที่สุดปัญหาจะอยู่ตรงที่ชั้นสูง ๆ เพราะอยู่ใกล้ถังน้ำจึงมีระยะห่างจากถังเก็บน้ำ ด้านบนน้อยทำให้แรงดันของน้ำจึงพอกับสุขภัณฑ์จึงมีการแก้ไขโดยใช้วิธีการติดตั้งปั๊มน้ำสำหรับจ่ายน้ำให้ในชั้นบน ๆ ที่แรงดันน้ำจากถังไม่พอดังนั้นปั๊มที่ใช้จึงมีชื่อเรียกว่า (booster pump) และเป็นปั๊มแบบที่มีถังเก็บความดันของน้ำเหมือนกับระบบจ่ายขึ้นนะครับ เพราะจะช่วยให้ปั๊มไม่ต้องทำงานตลอดเวลา

2.3 มอเตอร์ไฟฟ้า [5, 6, 7]

มอเตอร์ไฟฟ้าคือเครื่องจักรกลทางไฟฟ้าที่จะทำการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลเพื่อไปใช้งานต่างๆเช่น พัดลม ปั้มน้ำ โดยมอเตอร์ที่เราใช้งานในชีวิตประจำวันหรือในโรงงานอุสาหกรรมแยกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ โดยแบ่งตามประเภทของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC MOTOR) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC MOTOR) ในงานวิจัยนี้ จะมีการกล่าวถึงมอเตอร์ไฟฟ้าทั้ง 2 ชนิดดังนี้



รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

ที่มา:http://www.lampangtc.ac.th/branch8/manage/upload_file/WiZrOse7Ji920151222152146.pdf

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC. Motor) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คืออะซิงโครนัสมอเตอร์ (Asynchronous) และซิงโครนัสมอเตอร์ (Synchronous)

2.3.1 Asynchronous Motor หรือที่เรียกว่ามอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ (Induction Motor) ซึ่งจะมีขนาดตั้งแต่เล็ก ๆ ไปจนถึงขนาดหลายร้อยแรงม้า มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำมีทั้งที่เป็นมอเตอร์ชนิด 1 เฟส (Single Phase) แบ่งออกได้เป็น 5 ชนิด และชนิดที่เป็นมอเตอร์ 3 เฟส (Three Phase) แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด

2.3.1.1 สปลิทเฟสมอเตอร์ (Split Phase Motor) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าสลับชนิดเฟสเดียวแบบสปลิทเฟสมอเตอร์มีขนาดแรงม้าขนาดตั้งแต่ 1/4 แรงม้า, 1/3 แรงม้า, 1/2 แรงม้าจะมีขนาดไม่เกิน 1 แรงม้าบางทีนิยมเรียกสปลิทเฟสมอเตอร์นี้ว่า อินดักชั่นมอเตอร์ (Induction motor) มอเตอร์ชนิดนี้นิยมใช้งานมากในตู้เย็น เครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก เครื่องซักผ้า เป็นต้น

รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะสปลิทเฟสมอเตอร์

ที่มา:http://www.lampangtc.ac.th/branch8/manage/upload_file/WiZrOse7Ji920151222152146.pdf

2.3.1.2 เช็ดเด็ดโพลมอเตอร์ (Shaded Pole Motor) เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กที่สุดมีแรงบิดเริ่มหมุนต่ามากนาไปใช้งานได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก ๆ เช่น ไดร์เป่าผม พัดลมขนาดเล็ก

รูปที่ 2.3 ลักษณะโดยทั่วไปของเช็ดเด็ดโพลมอเตอร์

ที่มา:http://www.lampangtc.ac.th/branch8/manage/upload_file/WiZrOse7Ji920151222152146.pdf

2.3.1.3 รีพัลชั่นมอเตอร์ (Repulsion Motor) เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดโรเตอร์ (Rotor) จะต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์และมีแปรงถ่านเป็นตัวต่อลัดวงจร จึงทำให้ปรับความเร็วและแรงบิดได้ โดยการปรับตำแหน่งแปรงถ่าน สเตเตอร์ (Stator) จะมีขดลวดพันอยู่ในร่องเพียงชุดเดียว เหมือนกับขดรันของสปลิทเฟสมอเตอร์ เรียกว่า ขดลวดเมน (Main winding) ต่อกับแหล่งจ่ายไฟโดยตรง แรงบิดเริ่มหมุนสูง ความเร็วคงที่ มีขนาด 0.37-7.5 กิโลวัตต์ (10 แรงม้า) ใช้กับงาน ปั๊มคอมเพลสเซอร์ ปั๊มลม ปั๊มน้ำขนาดใหญ่

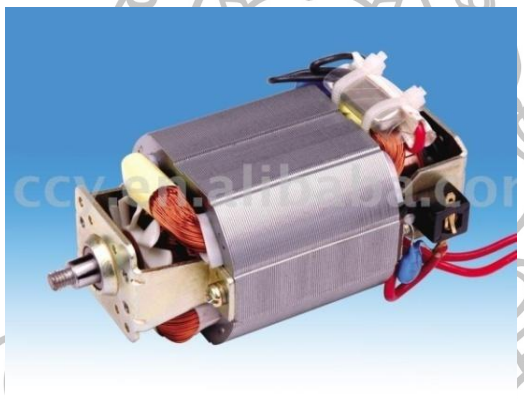
รูปที่ 2.4 ลักษณะรีพัลชั่นมอเตอร์

ที่มา:http://www.lampangtc.ac.th/branch8/manage/upload_file/WiZrOse7Ji920151222152146.pdf

2.3.1.4 ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal Motor) เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กมีขนาดกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 1/200 แรงม้าถึง 1/30 แรงม้า นำไปใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง และใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส มอเตอร์ชนิดนี้มีคุณสมบัติที่โดดเด่น คือให้แรงบิด

เริ่มหมุนสูง นำไปปรับความเร็วได้ ทั้งปรับความเร็วได้ง่ายทั้งวงจรลดแรงดันและวงจรควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ นิยมนาไปใช้เป็นตัวขับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น เครื่องบดและผสมอาหาร มีดโกนหนวดไฟฟ้า เครื่องนวดไฟฟ้า มอเตอร์จักรเย็บผ้า สว่านไฟฟ้า

2.3.1.5 คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor Motor) ยังสามารถแบ่งได้อีก 3 ชนิด คาปาซิเตอร์เตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสที่มีลักษณะคล้ายสปลิทเฟสมอเตอร์มากต่างกันตรงที่มีคาปาซิสเตอร์เพิ่มขึ้นมาทำให้มอเตอร์แบบนี้มีคุณสมบัติพิเศษกว่าสปลิทเฟสมอเตอร์ คือมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงใช้กระแสขณะสตาร์ทน้อยมอเตอร์ชนิดนี้มีขนาดตั้งแต่ 1/20 แรงม้าถึง 10 แรงม้ามอเตอร์นี้นิยมใช้งานเกี่ยวกับ ปั๊มน้ำ เครื่องอัดลม ตู้แช่ ตู้เย็น



รูปที่ 2.5 ลักษณะของของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

ที่มา:http://www.lampangtc.ac.th/branch8/manage/upload_file/WiZrOse7Ji920151222152146.pdf

1. มอเตอร์คาปาซิเตอร์สตาร์ท (Capacitor Start Motor) ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของคาปาซิสเตอร์สตาร์ทมอเตอร์เหมือนกับสปลิทเฟส แต่วงจรขดลวดสตาร์ทพันด้วยขดลวดใหญ่ขึ้นกว่าสปลิทเฟส และพันจำนวนรอบมากขึ้นกว่าขดลวดชุดรัน แล้วต่อตัวคาปาซิเตอร์ (ชนิดอิเล็กโทรไลต์) อนุกรมเข้าในวงจรขดลวดสตาร์ท มีสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางตัดตัวคาปาซิสเตอร์และขดสตาร์ทออกจากวงจร

รูปที่ 2.6 ลักษณะคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์

ที่มา:http://www.lampangtc.ac.th/branch8/manage/upload_file/WiZrOse7Ji920151222152146.pdf

2. มอเตอร์คาปาซิเตอร์รัน (Capacitor Run Motor) ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของคาพาซิสเตอร์รันมอเตอร์เหมือนกับชนิดคาพาซิเตอร์สตาร์ท แต่ไม่มีสวิตช์แรงเหวี่ยง ตัวคาปาซิสเตอร์จะต่ออยู่ในวงจรตลอดเวลา ทำให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ดีขึ้น และโดยที่คาปาซิสเตอร์ต้องต่อถาวรอยู่ขณะทางานดังนั้นคาปาซิเตอร์ประเภทน้ำมัน หรือกระดาษฉาบโลหะ

รูปที่ 2.7 ลักษณะของคาปาซิเตอร์ ที่ใช้กับคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์

ที่มา:http://www.lampangtc.ac.th/branch8/manage/upload_file/WiZrOse7Ji920151222152146.pdf

3. มอเตอร์คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรัน (Capacitor Start and Run Motor) ลักษณะโครงสร้างของคาปาซิสเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ชนิดนี้จะมีคาปาซิเตอร์ 2 ตัว คือ คาปาซิสเตอร์สตาร์ทกับคาปาซิสเตอร์รัน คาปาซิสเตอร์สตาร์ทต่ออนุกรมอยู่กับสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางหรือเรียกว่าเซ็นติฟูกัลสวิตช์ ส่วนคาปาซิสเตอร์รันจะต่ออยู่กับวงจรตลอดเวลา คาปาซิสเตอร์ทั้งสองจะต่อขนานกัน ซึ่งค่าของคาปาซิเตอร์ทั้งสองนั้นมีค่าแตกต่างกัน

รูปที่ 2.8 ลักษณะคาปาซิเตอร์สตาร์และรันมอเตอร์

ที่มา:http://www.lampangtc.ac.th/branch8/manage/upload_file/WiZrOse7Ji920151222152146.pdf

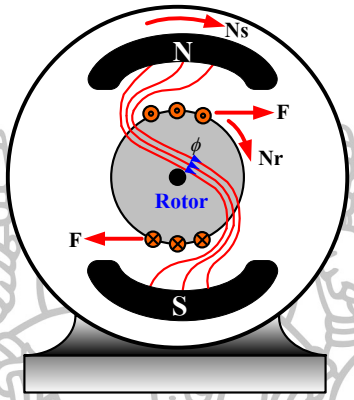
2.3.1.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระสลับชนิด 3 เฟส เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้งานกันทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ชนิดที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอก มีข้อดี คือ ไม่มีแปรงถ่าน ทำให้การสูญเสียเนื่องจากความฝืดมีค่าน้อย มีตัวประกอบกำลังสูง การ

บำรุงรักษาต่ำ การเริ่มเดินทำได้ง่าย ความเร็วรอบค่อนข้างคงที่ ทนทาน ราคาถูก และมีประสิทธิภาพสูง แต่มีข้อเสีย ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของมอเตอร์ทำได้ยาก ปัจจุบันได้มีการพัฒนาชุดควบคุมอินเวอร์เตอร์ใช้สำหรับปรับความเร็วรอบของมอเตอร์และเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส แบ่งออกได้ 2 แบบ ได้แก่ แบบโรเตอร์กรงกระรอก (Squirrel cage Rotor) และ โรเตอร์แบบพันขดลวด (Wound Rotor) มอเตอร์ทั้งสองแบบนี้จะมีส่วนประกอบที่เหมือน ๆ กัน คือ ส่วนที่อยู่กับที่ แต่จะแตกต่างกันเฉพาะส่วนที่เคลื่อนที่เท่านั้น หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ให้กับขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นที่ขดลวดสเตเตอร์ โดยจะหมุนตัดกับตัวนำโรเตอร์ที่วางอยู่ในสลอตที่โรเตอร์ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในตัวนำของโรเตอร์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่โรเตอร์ผลรวมของเส้นแรงแม่เหล็กที่สเตเตอร์กับเส้น เส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำที่โรเตอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้นที่ตัวนำและทำให้โรเตอร์หมุนไปตามทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์ ซึ่งการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนและการเกิดแรงบิดที่โรเตอร์ทำให้โรเตอร์เกิดการหมุน

2.3.2 Squirrel cage Motor

เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสให้กับขดลวดสเตเตอร์จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นที่สเตเตอร์ด้วยความเร็วซิงโครนัส (N_S) สนามแม่เหล็กหมุนนี้จะเคลื่อนที่ตัด

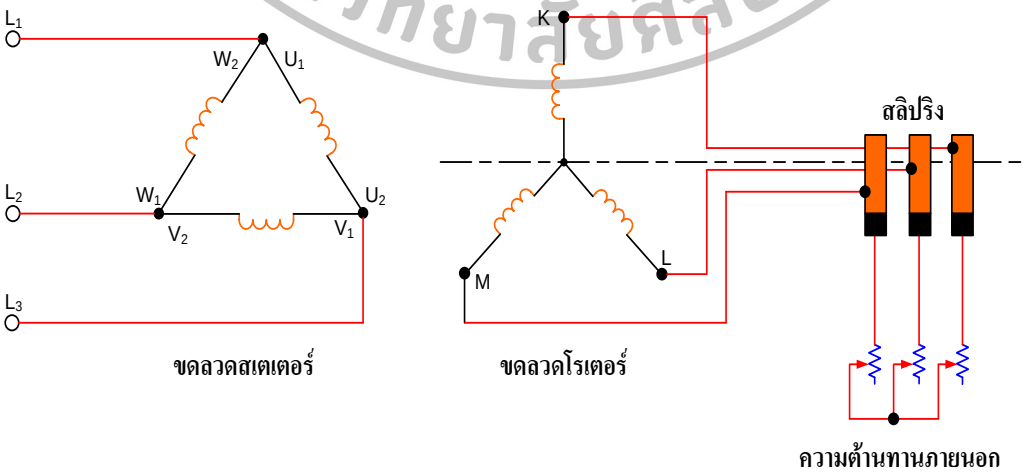
ขดลวดที่โรเตอร์ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำบนโรเตอร์ แต่ตัวนำบนโรเตอร์นี้ได้ถูกลัดวงจรไว้ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลที่ตัวนำนี้ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์เกิดขั้วเหนือและขั้วใต้ขึ้น ในโรเตอร์เช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นที่สเตเตอร์ผลรวมของเส้นแรงแม่เหล็กที่สเตเตอร์กับเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำที่โรเตอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้นที่โรเตอร์ และทำให้โรเตอร์หมุนไปได้และมีทิศทางตามทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์



รูปที่ 2.9 การเกิดแรงบิดที่ตัวนำของโรเตอร์

ที่มา: http://eng.sut.ac.th/me/meold/3_2551/4 35330/sut.ppt.

2.3.2.1 Wound Rotor Motor การทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบพันขดลวดอาศัยหลักการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์ และทำให้โรเตอร์หมุนไปได้นั้นจะเหมือนกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบโรเตอร์กรงกระรอกจะแตกต่างกันเฉพาะตอนเริ่มเดินมอเตอร์เท่านั้น



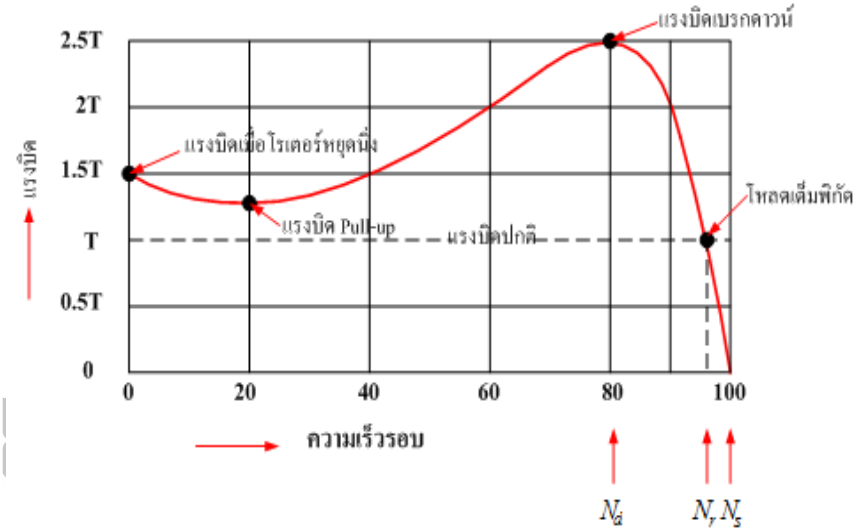
รูปที่ 2.10 การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบโรเตอร์พันขดลวด

ที่มา: http://eng.sut.ac.th/me/meold/3_2551/4 35330/sut.ppt

จากรูปที่ 2.10 ขณะเริ่มเดินมอเตอร์ต้องปรับความต้านทานภายนอกไว้ที่ตำแหน่งมีค่าความต้านทานสูงสุด จะทำให้ได้ค่าแรงบิดเริ่มเดินมีค่าสูงสุด กระแสเริ่มเดินจะลดลง และเมื่อความเร็วของมอเตอร์เพิ่มขึ้นแล้วค่อย ๆ ลดความต้านทานภายนอกลง ขณะเดียวกันมอเตอร์จะมีอัตราการหมุนเร็วขึ้น และเมื่อลดความต้านทานภายนอกลงจนหมดสลิปริงจะถูกลัดวงจร ขณะนี้มอเตอร์จะมีความเร็วสูงสุด

1. คุณลักษณะและการนำไปใช้งาน

พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและแรงบิดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอกในสภาวะที่ขับโหลดเต็มพิกัด จะพบว่าแรงบิดในสภาวะปกติที่โหลดเต็มพิกัดคือ T และแรงบิดในสภาวะที่โรเตอร์หยุดนิ่งเท่ากับ 1.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด สำหรับแรงบิดเบรกดาวน์จะมีค่าประมาณ 2.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด



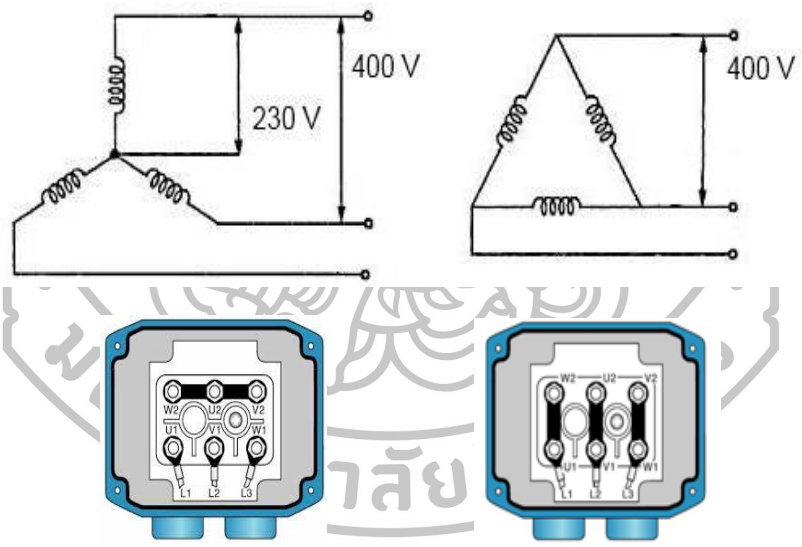
รูปที่ 2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบของมอเตอร์

ที่มา:http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/ sara01.htm.

เมื่อโหลดเต็มพิกัดความเร็วรอบของมอเตอร์จะเท่ากับ N_r แต่ถ้าแรงบิดของโหลดเพิ่มขึ้นความเร็วจะลดลง จนกระทั่งมอเตอร์สร้างแรงบิดได้เท่ากับแรงบิดของโหลด ในสภาวะดังกล่าวมอเตอร์ยังคงหมุนไปได้ แต่เมื่อใดก็ตามที่แรงบิดของโหลดเกินกว่า 2.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด ซึ่งเรียกว่าแรงบิดเบรกดาวน์ จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุนอย่างรวดเร็ว เพราะว่ามอเตอร์ไม่สามารถสร้างแรงบิดขึ้นมาเท่ากับแรงบิดของโหลดได้ สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่มีขนาดเล็กกว่า 10 kW ความเร็วที่แรงบิดเบรกดาวน์จะมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของความเร็วซิงโครนัส แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีพิกัดมากกว่า 1000 kW ความเร็วที่แรงบิดเบรกดาวน์จะมีค่าประมาณร้อยละ 98 ของความเร็วซิงโครนัส

มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก ส่วนมากจะนำไปใช้เป็นต้นกำลังขับเครื่องกลชนิดต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรมเช่น เครื่องกลึง เครื่องไส เครื่องกัด เครื่องเจียระไนราบและตั้ง ขับปั๊มไฮดรอลิกส์ ขับปั๊มน้ำ ขับคอมเพรสเซอร์และงานอื่น ๆ เนื่องจากมีคุณลักษณะให้แรงบิดในการเริ่มเดินที่ดี และมีความเร็วรอบค่อนข้างคงที่ ส่วนมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบพันขดลวดจะใช้กับงานหนัก ใช้ความต้านทานภายนอกช่วยในการเริ่มเดินจะได้แรงบิดในตอนเริ่มเดินสูงสุดและกระแสเริ่มเดินจะลดลง

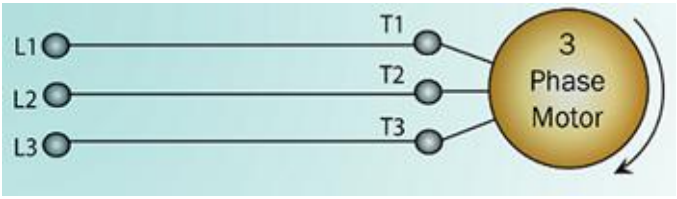
การต่อใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยที่สเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมีขดลวดพันอยู่ 3 ชุด คือเฟส A B และ C สามารถนำมาต่อใช้งานได้ 2 แบบ คือ การต่อใช้งานแบบสตาร์และแบบเดลตา การจะต่อมอเตอร์ใช้งานแบบใดจะต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับแรงดันไฟฟ้าที่แผ่นป้ายของมอเตอร์และระบบไฟฟ้าของประเทศนั้น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.12



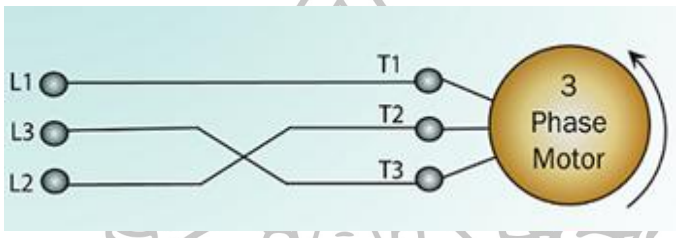
ก. การต่อขดลวดแบบสตาร์ ข. การต่อขดลวดแบบเดลตา

รูปที่ 2.12 การต่อมอเตอร์ใช้งานแบบสตาร์และเดลตา

ที่มา:http://www.tpub.com/neets/book5/32NE0440.GIF



ก. การต่อใช้งานหมุนตามเข็มนาฬิกา



ข. การต่อใช้งานหมุนทวนเข็มนาฬิกา

รูปที่ 2.13 การกลับทางหมุนมอเตอร์ 3 เฟส

ที่มา:http://www.tpub.com/neets/book5/32NE0440.GIF

การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เมื่อพิจารณาจากสมการของความเร็วสนามแม่เหล็กหมุนจะได้

$$N_S = \frac{120f}{P} \ (rpm)$$

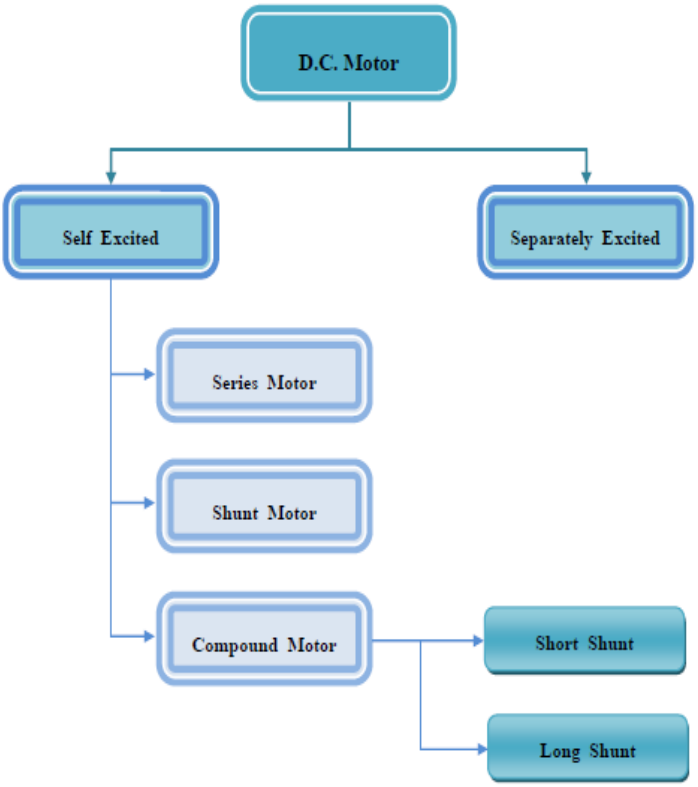
จะเห็นได้ว่ามีตัวแปรอยู่ 2 ตัว ที่ทำให้ความเร็วรอบของสนามแม่เหล็กหมุนหรือความเร็วซิงโครนัสเปลี่ยนแปลงได้คือจำนวนขั้วแม่เหล็ก (P) และความถี่ (f) ของแหล่งจ่ายที่ป้อนให้กับมอเตอร์

สำหรับจำนวนขั้วแม่เหล็กจะเป็นปฏิภาคผกผันกับความเร็วซิงโครนัส คือ เมื่อจำนวนขั้วแม่เหล็กมาก ความเร็วซิงโครนัสจะน้อย แต่เมื่อจำนวนขั้วแม่เหล็กน้อยความเร็วซิงโครนัสจะมาก การปรับความเร็วรอบด้วยวิธีนี้มี 2 แบบคือแบบคอนซีเควนโพล กับแบบใช้ขดลวดหลายชุด การเปลี่ยนแปลงจำนวนขั้วแม่เหล็ก ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ได้จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นขั้น ๆ ไม่เรียบสม่ำเสมอ

ส่วนความถี่จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเร็วซิงโครนัส เมื่อความถี่มาก ความเร็วซิงโครนัสจะมากตาม ในทางตรงกันข้ามถ้าความถี่ลดลงความเร็วซิงโครนัสก็จะลดลงด้วย การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยวิธีนี้ โดยการใช้อินเวอร์เตอร์ในการเริ่มเดินมอเตอร์ สามารถปรับความถี่หรืออัตราส่วน $\frac{V}{f}$ ได้ตามต้องการ ความเร็วของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอ และสามารถปรับเพิ่มลดแรงบิดได้อีกด้วยซึ่งอินเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้งานในปัจจุบันจะเป็นแบบ PWM (Pulse width modulation) [10]

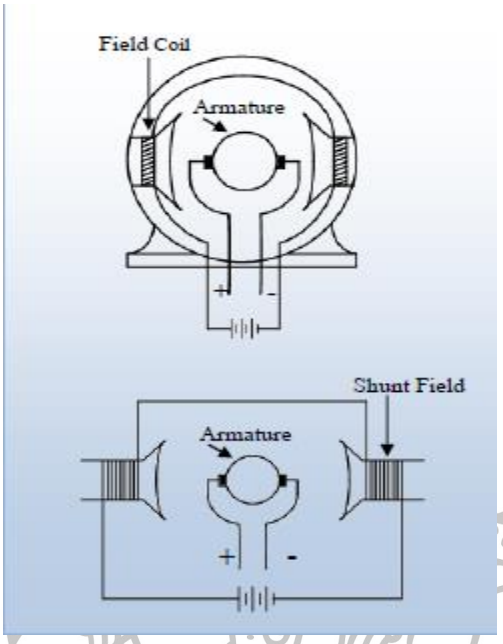
2.3.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) หรือเรียกว่า ดี.ซี มอเตอร์ (D.C. Motor) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) คือ เครื่องกล ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นพลังงานกลชนิดหมุน โดยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สามารถ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลัก ๆ ได้แก่ 1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก (Separately Excited) 2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นด้วยตนเอง (Self-Excited) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จากรูปที่ 2.14 จะเห็นว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. Motor) นั้น โดยหลัก ๆ แล้วสามารถที่จะแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบกระตุ้นด้วยตนเอง (Self-Excited) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก (Separately Excited) โดยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบกระตุ้นด้วยตนเอง ยังสามารถที่จะแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (Series Motor) มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor) ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนั้นสามารถแยกย่อยออกได้

เป็น 2 ลักษณะตามวงจรการต่อภายในคือ กระแสตรงแบบผสมชนิดขดลวดขนานสั้น (Short Shunt Compound) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม ชนิดขดลวดขนานยาว (Long Shunt Compound) [10]



รูปที่ 2.14 แบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
ที่มา:http://www.9engineer.com/au_main/Drives/ separataly%20excited.htm.

2.3.4 Separately Excited DC Motor เป็นพื้นฐานที่สำคัญของระบบขับเคลื่อนทางไฟฟ้า และมีบทบาทสำคัญที่ใช้ในการควบคุมความเร็วในเครื่องจักรและกระบวนการผลิตอัตโนมัติในระบบอุตสาหกรรม ดีซีมอเตอร์แบบแบบ Separately Excited จะคล้ายกันกับ Self-excited ลักษณะโครงสร้างหลักจะประกอบด้วยส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) และส่วนที่หมุนเคลื่อนที่(Rotor) หรือหากพิจารณาในรูป 2.15 ของวงจรสมมูลย์ทางไฟฟ้าก็สามารถแยกออกเป็น 2 วงจร คือวงจรฟิลด์ (Field Circuit) ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างสนามแม่เหล็กหลัก และวงจรอาร์เมเจอร์ (Armature circuit) ที่ทำาหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กรอบ ๆ อาร์เมเจอร์ Separately excited dc motor แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับวงจรฟิลด์ และวงจรอาร์เมเจอร์ จะแยกเป็นอิสระซึ่งกันและกัน โดยคุณสมบัติด้านความเร็ว-แรงบิดจะเหมือนกับมอเตอร์ดีซีแบบขนาน [10]

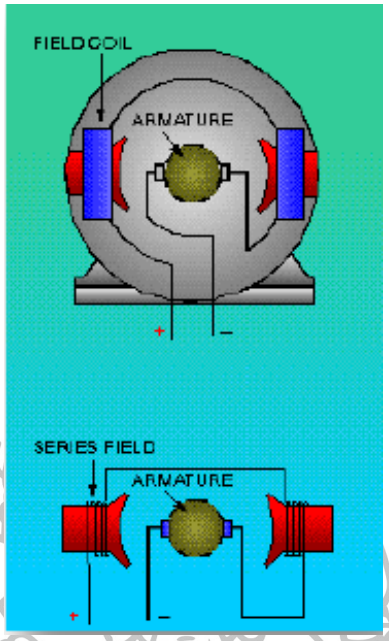


รูปที่ 2.15 ลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก

ที่มา:http://www.9engineer.com/au_main/Drives/ separataly%20excited.htm.

2.3.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นด้วยตนเอง (Self-Excited)

2.3.5.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (Series Motor) มอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสแบบอนุกรม หรือซีรีสมอเตอร์ คือ มอเตอร์ที่ต่อขดลวดฟิลด์อนุกรมกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ เราเรียกขดลวดฟิลด์ชนิดนี้ว่า ซีรีสฟิลด์ (Series Field) ซึ่งซีรีสฟิลด์เป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาเพื่อทำปฏิกิริยากับสนามแม่เหล็กของขดลวดอาร์เมเจอร์ โดยขดลวดฟิลด์ของ มอเตอร์แบบอนุกรมจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่พันขั้วแม่เหล็กไว้ในจำนวนน้อยรอบ เนื่องจากการที่ขดลวดมีค่าความต้านทานต่ำ ดังนั้นในขณะเริ่มหมุน (Start) จะกินกระแสไฟฟ้ามากทำให้เกิดแรงบิดขณะเริ่มหมุนสูงและความเร็วรอบของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับโหลดของมอเตอร์ ถ้าโหลดของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงจะทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงด้วย กล่าวคือ มอเตอร์แบบอนุกรมจะหมุนรอบสูงถ้าโหลดของมอเตอร์ต่ำและจะหมุนรอบต่ำถ้าโหลดของมอเตอร์สูง [10]



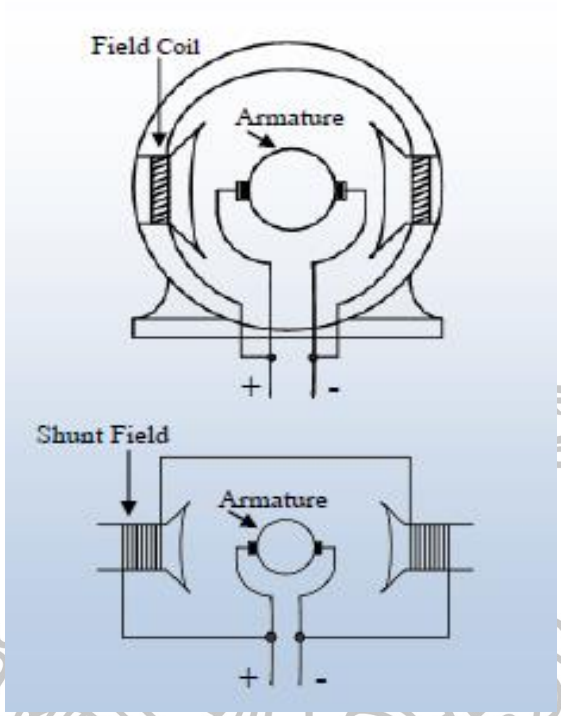
รูปที่ 2.16 ลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

ที่มา:http://www.9engineer.com/au_main/Drives/ separataly%20excited.htm.

2.3.5.1 มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน หรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ คือ มอเตอร์ที่มีขดลวดฟิลด์ (Field Coil) ต่อแบบขนานกับชุดขดลวดอาร์เมเจอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.17 ค่าความต้านทานของขดลวดฟิลด์มีค่าสูงมากและต่อคร่อมไว้โดยตรงกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าภายนอกท าให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดฟิลด์มีค่าคงที่ โดยที่จะไม่เปลี่ยนแปลงตามรอบการหมุนของมอเตอร์เหมือนกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดฟิลด์ของมอเตอร์แบบอนุกรม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแรงบิดของมอเตอร์มอเตอร์แบบขนานจะเปลี่ยนแปลงไปตามกระแสที่ไหลผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์เท่านั้น และแรงบิดขณะเริ่มหมุนจะมีค่าน้อยกว่ามอเตอร์แบบอนุกรมรวมทั้งความเร็วรอบของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยขณะโหลดของมอเตอร์เปลี่ยนแปลง และเมื่อนำโหลดของมอเตอร์ทั้งหมดมอเตอร์จะมีความเร็วรอบสูงกว่าขณะมีโหลดเพียงเล็กน้อย [10]

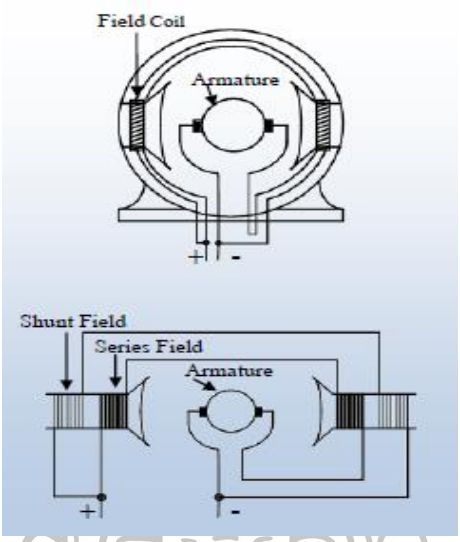
2.3.5.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม หรือเรียกว่าคอมปาวด์มอเตอร์ คือมอเตอร์ที่มีขดลวดฟิลด์ 2 ชุด ๆ หนึ่งจะต่ออนุกรมและอีกชุดหนึ่งต่อขนานกับชุดขดลวดอาร์เมเจอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.18 ขดลวดฟิลด์ซึ่งต่อขนานเป็นลวดตัวนำขนาดเล็กพันไว้จำนวนมากรอบ ส่วนขดลวดฟิลด์ที่ต่ออนุกรมอยู่จะเป็นลวด

ตัวนำขนาดใหญ่พันไว้จำนวนน้อยรอบ แรงบิดเริ่มหมุนของมอเตอร์แบบผสมจะมีมากกว่ามอเตอร์แบบขนาน



รูปที่ 2.17 ลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน
ที่มา:http://www.9engineer.com/au_main/Drives/ separataly%20excited.htm.

แต่น้อยกว่าของมอเตอร์อนุกรม และการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของมอเตอร์ขณะมีโหลดจะมีค่าน้อยกว่ามอเตอร์แบบอนุกรม แต่เปลี่ยนแปลงมากกว่ามอเตอร์แบบขนาน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้ จะนำคุณลักษณะที่ดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบขนานและแบบอนุกรมมารวมกัน มอเตอร์แบบผสมมีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง (High staring torque) แต่ความเร็วรอบคงที่ตั้งแต่ยังไม่มีโหลดจนกระทั้งมีโหลดเต็มที่ ซึ่งมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนั้นสามารถแยกย่อยออกได้เป็น 2 ลักษณะตามวงจรการต่อภายในคือ มอเตอร์ไฟฟ้า [10]

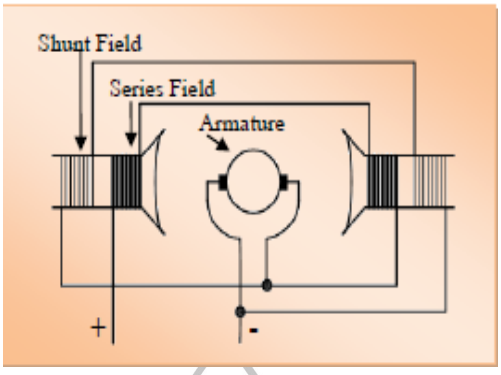


รูปที่ 2.18 ลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

ที่มา:http://www.9engineer.com/au_main/Drives/ separataly%20excited.htm.

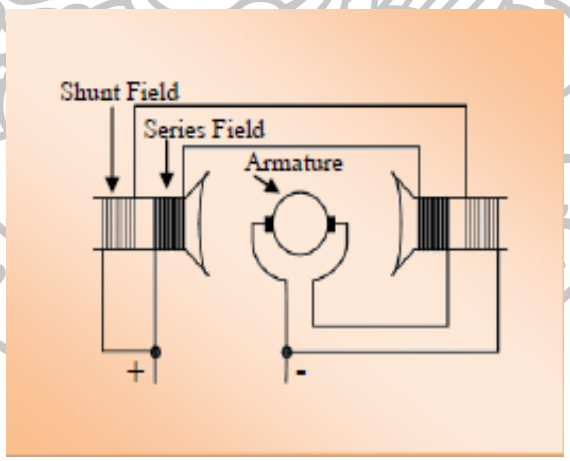
2.3.5.3 กระแสตรงแบบผสมชนิดขดลวดขนานสั้น (Short Shunt) ใช้ต่อขดลวดแบบชันท์ขนานกับอาเมเจอร์เรียกว่า การต่อแบบชุดขดลวดขนานสั้น หรือการต่อแบบช็อทชันท์คอมปาวด์มอเตอร์ (Short Shunt Compound Motor) ดังรูปที่ 2.19 การต่อวงจรในลักษณะนี้จะส่งให้มอเตอร์มีแรงบิดในขณะเริ่มหมุนสูงกว่าการต่อแบบลองชันท์คอมปาวด์มอเตอร์ (แต่ไม่สูงเท่าซีรีสมอเตอร์) ในขณะที่ความเร็วรอบจะมีการเปลี่ยนแปลงบ้าง (แต่เปลี่ยนปลงน้อยกว่าซีรีสมอ-เตอร์) สาเหตุดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากการที่ขดลวดชันท์ได้รับกระแสที่ผ่านมาจากขดลวดซีรีส ดังนั้นหากโหลดของมอเตอร์มีมากขดลวดซีรีสซึ่งมีค่าความต้านทานต่ำกว่าขดลวดชันท์จะดึงกระแสมาก ทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดชันท์น้อยลง ส่งผลให้ความเร็วรอบของมอเตอร์เปลี่ยนแปลง (Compound) [10]

2.3.5.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม ชนิดขดลวดขนานยาว (Long Shunt Compound) คือต่อขดลวดขนาน คร่อมระหว่างขดลวดอนุกรมและขดลวดอาเมเจอร์ เรียกว่า การต่อแบบชุดขดลวดขนานยาว หรือลองชั้นท์คอมปาวด์มอเตอร์(Long shunt motor) ดังรูปวงจรที่ 2.20 การต่อวงจรในลักษณะนี้จะส่งให้มอเตอร์มีแรงบิดในขณะเริ่ม ต่ ากว่ากว่าการต่อแบบช็อตชันท์คอมปาวด์มอเตอร์ (แต่ มากกว่าเท่าชันท์มอเตอร์) ในขณะที่ความเร็วรอบจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า



รูปที่ 2.19 ลักษณะการต่อขดลวดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิด Short Shunt
ที่มา:http://www.9engineer.com/au_main/Drives/ separataly%20excited.htm.

กับช็อทชันท์คอมปาวด์มอเตอร์ (แต่เปลี่ยนปลงมากกว่ากว่าชันท์มอเตอร์) สาเหตุดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากการที่ขดลวดชันท์ได้รับกระแส โดยตรงจากแหล่งจ่ายทำให้เมื่อโหลดเพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไปยังขดลวดชันท์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่แรงบิดจะต่ำลงเนื่องจากกระแสที่ไหลผ่านขดลวดซีรีส์จะมีค่าลดลงเนื่องจากถูกแยกไหลไปให้กับขดลวดชันท์ [10]



รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิด Long Shunt
ที่มา:http://www.9engineer.com/au_main/Drives/ separataly%20excited.htm.

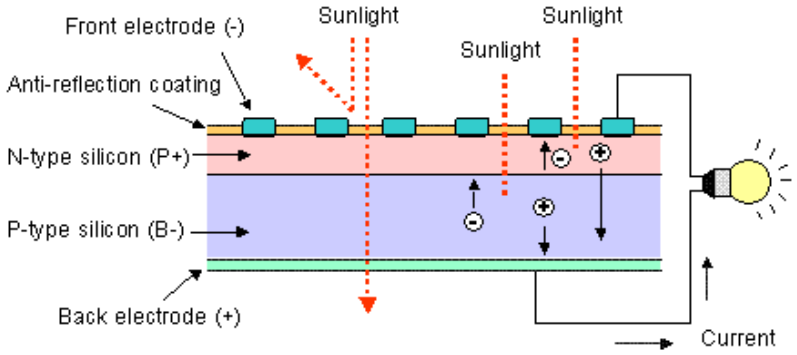
2.4 เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell) [2, 3, 13]

Solar Cell: โซล่าเซลล์ คืออุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โซล่าเซลล์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน พลังงานไฟฟ้าที่เหลือจากการใช้ สามารถเก็บสะสมไว้ในแบตเตอรี่เพื่อไว้ใช้ในเวลากลางคืนได้

Solar Cell: โซล่าเซลล์ เป็นสิ่งประดิษฐ์กรรมทาง electronic ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงาน ไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบาง

บริสุทธิ์ และทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โฟตอน (Proton) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำ จนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น วัสดุสำคัญที่ใช้ทำโซล่าเซลล์ ได้แก่ สารซิลิคอน (Si) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่ใช้ทำชิพในคอมพิวเตอร์ และเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ ซิลิคอนเป็นสารซึ่งไม่เป็นพิษ มีการนำมาผลิตโซล่าเซลล์ใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะมีราคาถูก คงทน และเชื่อถือได้ นอกจากนี้ยังมีวัสดุชนิดอื่นที่สามารถนำมาผลิตโซล่าเซลล์ได้ เช่น แกลเลียมอาเซไนด์ CIS และ แคดเมียมเทลเลอไรด์ แต่ยังมีราคาสูง และบางชนิดยังไม่มีการพิสูจน์เรื่องอายุการใช้งานว่าสามารถใช้งานได้นาน ข้อเสียของ Si: การทำให้บริสุทธิ์และอยู่ในรูปสารที่พร้อมจะทำเซลล์ฯ มีราคาแพง และ แตกหักง่ายในขบวนการผลิต

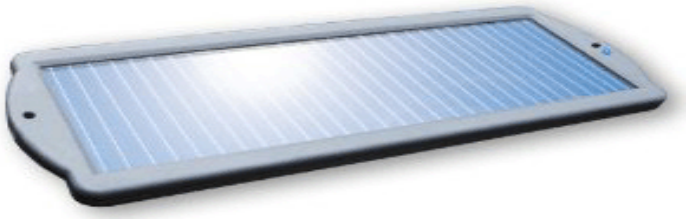
การทำงานของโซล่าเซลล์ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเลคตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้ n–type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปปิ้งด้วยสารฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ p–type ซิลิคอน คือสารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปปิ้งด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงาน จากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันด้วย p–n junction จึงทำให้เกิดเป็น ” โซล่าเซลล์ ” ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด n–type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n–type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p–type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p–type ซิลิคอน จะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล



รูปที่ 2.21 หลักการทำงานของโซล่าเซลล์

ที่มา: พลังงานจากแสงอาทิตย์ (Solar Energy) ,สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n–type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p-type เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n–type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p-type อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้โซล่าเซลล์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละ พื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละ พื้นที่ คือความเข้มของแสง และอุณหภูมิ กระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากโซล่าเซลล์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้ม ของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 1,000 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศากับพื้นโลกความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 750 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM2 กรณีของแผงโซล่าเซลล์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง



รูปที่ 2.22 แผงโซล่าเซลล์มาตรฐาน
ที่มา:คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตลังงานทดแทนชุดที่ 2

กระแสไฟ (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลท์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุก ๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5%

และในกรณีของแผงโซล่าเซลล์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์ คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศา C เช่น กำหนดไว้ว่าแผง

แสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ V oc) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25 องศา C ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศา C จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศา C เช่น อุณหภูมิ 30 องศา C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลง 2.5% (0.5% x 5 องศา C) นั่นคือ แรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่ Voc จะลดลง 0.525 V (21 V x 2.5%) เหลือเพียง 20.475 V (21V x 0.525V) สรุปได้ว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย

แผงโซล่าเซลล์แบ่งออกตามชนิดของวัสดุที่ใช้ผลิตได้ 2 ชนิด คือกลุ่มที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน (Silicon) และ กลุ่มที่ทำจากสารประกอบ ที่ไม่ใช่ซิลิคอน ซึ่งประเภทหลังนี้ จะเป็นโซล่าเซลล์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25% ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมาก ส่วนมากใช้งานสำหรับดาวเทียม แต่ปัจจุบันการพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่ ทำให้แผงโซล่าเซลล์ที่ทำจากสารประกอบมีราคาถูกลงและมีแนวโน้มการมาใช้มากขึ้นในอนาคต

โซล่าเซลล์ที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน (Silicon) สามารถแบ่งย่อยตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น ได้ 2 ชนิด คือ แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก หรือโซล่าเซลล์ แบบอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) และแบบเป็นรูปผลึก (Crystal)

โซล่าเซลล์แบบอะมอร์ฟัส จะเห็นทั่วไปในเครื่องคิดเลขพลังแสงอาทิตย์ ปัจจุบันมีการนำมาทำเป็น thin film โซล่าเซลล์ชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพต่ำ ประมาณ 6-10%

โซล่าเซลล์แบบที่เป็นรูปผลึก แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดโมโนซิลิคอน (Mono Crystalline Silicon Solar Cell) และ ชนิดโพลีซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) โซล่าเซลล์แบบโมโนจะเป็นชนิดผลึกเดี่ยว จะมีความบริสุทธิ์ของซิลิกอนสูงกว่าแบบโพลี ทำให้โซล่าเซลล์แบบโมโนนั้นมีราคามันแพงกว่าโพลี และมีประสิทธิภาพสูง ถึงประมาณ 18% ปัจจุบันโซล่าเซลล์ชนิดโมโนได้มีการปรับปรุงและพัฒนา โดยมีการสะท้อนของแสงอาทิตย์ภายในเซลล์ลดลง เพื่อให้แสงตกกระทบลงบนชั้น n ได้มากที่สุดครับ ทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นถึง 25% เลยทีเดียวโซล่าเซลล์แบบโพลี จะมีความบริสุทธิ์ของซิลิกอนน้อยกว่า แบบโมโน ทำให้ประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบโมโน แต่ก็สูงกว่าอะมอฟัส โซล่าเซลล์แบบโพลี ถ้าสังเกตที่แผ่นจะมีสีเงิน ๆ ผสมอยู่ด้วย เนื่องจากเป็นแร่อื่น ๆ ที่ติดมาด้วย ประสิทธิภาพของโซล่าเซลล์แบบ โพลีจะอยู่ที่ประมาณ 12-15% โซล่าเซลล์ที่ผลิตจากสารประกอบที่เป็นสารกึ่งตัวนำชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ซิลิกอน และนำมา dope แบบหลายชั้น ตั้งแต่ double jungtion, triple junction และ multi junction เช่น Ga, Td และอื่น ๆ แต่ที่นิยม

กันในปัจจุบันนำมาใช้กับระบบรวมแสง หรือ concentreated คือ GaAs หรือแกลเลียมอาเซไนด์ โซล่าเซลล์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงถึง 35% และมีราคาสูงกว่าชนิดอื่น

การใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์มีจุดเด่นที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

1. ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวในขณะใช้งานจึงไม่เกิดการสึกหรอ และไม่มีมลภาวะทางเสียง
2. ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษจากขบวนการผลิตไฟฟ้า
3. การบำรุงรักษาต่ำมาก และสามารถทำได้ง่าย
4. ผลิตไฟฟ้าได้แม้มีแสงแดดอ่อนหรือมีเมฆ
5. เป็นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้มาโดยไม่มีค่าใช้จ่ายและมีปริมาณไม่จำกัด
6. ผลิตไฟฟ้าได้ทุกมุมโลกแม้บนเกาะเล็ก ๆ กลางทะเล บนยอดเขาสูง และในอวกาศ
7. ได้พลังงานไฟฟ้าโดยตรงซึ่งเป็นพลังงานที่นำมาใช้ได้สะดวกที่สุด

2.5 การจำลองสถาณการณ์ (Simulation) [11, 12, 13]

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นการทดลองและการทดสอบโดยการใช้โปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ โดยจะมีข้อมูลจากข้อมูลจริง ข้อมูลที่สมมุติขึ้นหรือ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ นำมาใส่ค่าลงในโปรแกรมที่จะใช้ในการจำลองสถานการณ์เพื่อให้เกิดค่า และนำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับการทดลองหรือการทดสอบนั้น ๆ หรือต้องใช้เวลาในการทดลอง หรือขั้นตอนที่ยุ่งยากซับซ้อนจึงเป็นสาเหตุให้ต้องใช้การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เข้ามาใช้เพื่อลดขั้นตงอนและนำผลที่ได้ไปศึกษาและวิเคราะห์เพื่อเป็นทางเลือกในการตัดสินใจ

เนื่องจากในการปฏิบัติงานจริงไม่สามารถที่จะทำการทดลองหรือปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานได้จนกว่าจะมองเห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับ อาทิเช่น การขจัดปัญหาที่อยู่นอกเหนือความคาดหมายที่เกิดขึ้น ทำให้กระบวนการผลิตช้าลง ดังนั้นการจำลองสถานการณ์ (Simulation) จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์สภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของระบบ และช่วยหาแนวทางหรือทางเลือก (Scenario) ที่เหมาะสม ก่อนนำไปใช้กับสถานการณ์หรือการปฏิบัติงานจริง ซึ่งจะช่วยให้ลดความเสี่ยงในการเกิดความผิดพลาด หรือความล้มเหลวได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้ประหยัดทั้งค่าใช้จ่าย และเวลาได้อีกทางด้วย

ในปัจจุบันนี้การจำลองสถานการณ์เป็นที่นิยมอย่างมาก เนื่องจากระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้การจำลองสถานการณ์สามารถนำมาไปประยุกต์ใช้ได้กับหลากหลายอุตสาหกรรม อาทิเช่น อุตสาหกรรมในโรงงาน, การขนส่ง, การกระจายสินค้าหรือแม้กระทั่งการให้การบริการทางธุรกิจต่าง ๆ เช่น ธนาคาร โรงพยาบาล เป็นต้น

จากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญการจำลองสถานการณ์ พบว่าสิ่งสำคัญหรือข้อดีของการจำลองสถานการณ์คือมีความสมเหตุสมผล และสามารถพิสูจน์ได้ภายใต้ปัจจัยการนำเข้า (Input) และนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ (Output) ที่ระบบประมวลออกมาการประยุกต์ใช้ Simulation Model มี 11 ขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาปัญหา (Problem Formulation)
2. สร้างโมเดล (Model Building)
3. เก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collecting)
4. สร้างตัวแปร (Coding)
5. พิสูจน์โมเดล (Verification)
6. พิสูจน์ผลว่าสามารถใช้ได้หรือไม่ (Validation)
7. ออกแบบการทดลอง (Experimental Design)

8. ทำการประมวลผล (Production Runs)

9. วิเคราะห์ผล (Analysis of Results)

10. แปลงและแสดงผลรายงาน (Document Program และ Report Results)

11. ดำเนินการ (Implementation)

ในงานวิจัยฉบับนี้จะใช้กลุ่มโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Simulation languages ที่ชื่อว่า Arena มาใช้สร้างสถานการณ์จำลอง เนื่องจากระบบที่ทำการศึกษามีความซับซ้อนและความไม่แน่นอนในเรื่องของปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้องหลายปัจจัยอาทิ เช่น ความแปรปวนของแสงแดด ในแต่ละวันซึ่งมีค่าความเข็มแสงไม่เท่ากัน ประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ ที่มีอายุการใชงาน 10 ปี แต่ละปีประสิทธิภาพย่อมมีการลดลง มีทั้งปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้และมีความไม่แน่นอน จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมกลุ่ม Simulation languages ที่มีความยืดหยุ่นมากกว่า

Arena เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่พัฒนามาจากโปรแกรมภาษาที่เรียกว่า SIMAN เพื่อช่วยในการจำลองสถานการณ์ และหาแนวทางการแก้ไขและพัฒนาระบบต่าง ๆ อาทิเช่น การหาแนวทางการปรับปรุงรอบระยะเวลาในการดำเนินงาน แนวทางในการจัดสรรทรัพยากรเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เป็นต้น โดยทั้งหมดจะเป็นการออกแบบและสร้างโมเดลที่คำนวณมาจากคอมพิวเตอร์ทั้งสิ้น (Kelton, et al., 2003)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

3.1.1 มิเตอร์ไฟฟ้า

มิเตอร์ไฟฟ้าแบบดิจิตอลใช้วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบปั๊มน้ำเดิมของอาคาร ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 มิเตอร์ไฟฟ้าแบบดิจิตอล

3.1.2 มาตรวัดน้ำใช้วัดปริมาณการใช้น้ำของอาคารดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 มาตรวัดน้ำ

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยภายใต้หัวข้อการนำพลังงานโซล่าเซลมาประยุกใช้งานในอาคาร

3.2.2 ประสานขอข้อมูลการตรวจวัดพลังงานแสงจากกรมพัฒนาและอนุรักษ์พลังงาน

การศึกษาปริมาณแสงในแต่ละเดือนของพื้นที่ที่ทำการศึกษาโดยได้จากกรมพัฒนาและอนุรักษ์พลังงานพลังดังตารางที่ 3.1จากตารางแสงจะเห็นว่าปริมาณแสงในอำเภอพุทธมณฑลมีค่าอยู่ที่ 16.82-21.96 MJ/m^2 เฉลี่ยอยู่ที่ 18.76 MJ/m^2 โดยมีคาพลังงานเฉลี่ยต่อปีอยู่ที่ประมาณ 4.98 kWh

ตารางที่ 3.1 ปริมาณพลังงานแสงในเขตจังหวัดนครปฐม

จังหวัด/อำเภอ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ยทั้งปี
นครปฐม	17.92	17.32	19.86	22.75	22.05	17.79	17.84	17.79	17.25	17.69	16.66	17.13	19.43
เมือง	18.05	17.31	21.66	22.77	22.23	17.86	18.70	17.86	18.67	17.81	17.18	17.30	19.56
บางเลน	17.39	20.32	21.42	22.05	21.13	20.20	18.47	20.20	17.74	17.43	16.97	16.82	18.77
ดอนตูม	17.87	19.20	20.84	22.80	22.23	19.70	18.39	19.70	17.40	17.37	17.10	17.03	19.44
กำแพงแสน	18.02	20.55	21.58	20.63	20.47	20.24	18.44	20.24	17.73	15.40	17.04	15.51	17.57
นครชัยศรี	18.21	19.24	20.86	22.90	22.52	20.08	18.75	20.08	17.86	18.09	16.85	17.57	19.79
สามพราน	18.05	20.25	21.55	22.72	22.31	20.42	18.24	20.42	17.81	18.08	16.60	17.46	19.66
พุทธ													
มณฑล	17.74	19.87	20.98	21.96	20.77	19.30	18.16	17.59	16.82	17.32	17.14	17.41	18.76
พุทธ	4.80	5.32	5.59	5.70	5.17	5.04	4.83	4.74	4.73	4.61	4.65	4.60	4.98
มณฑล	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)

3.2.3 เก็บข้อมูลการใช้ปริมาณน้ำและปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอาคารที่ทำการศึกษาปริมาณการใช้น้ำในอาคารตัวอย่าง

ตารางที่ 3.2 ปริมาณการใช้น้ำในอาคารที่ทำการศึกษา(ลูกบาศก์เมตร)

จังหวัด/อำเภอ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ยทั้งปี
นครปฐม	744	818	1009	834	670	530	530	664	664	664	547	530	677

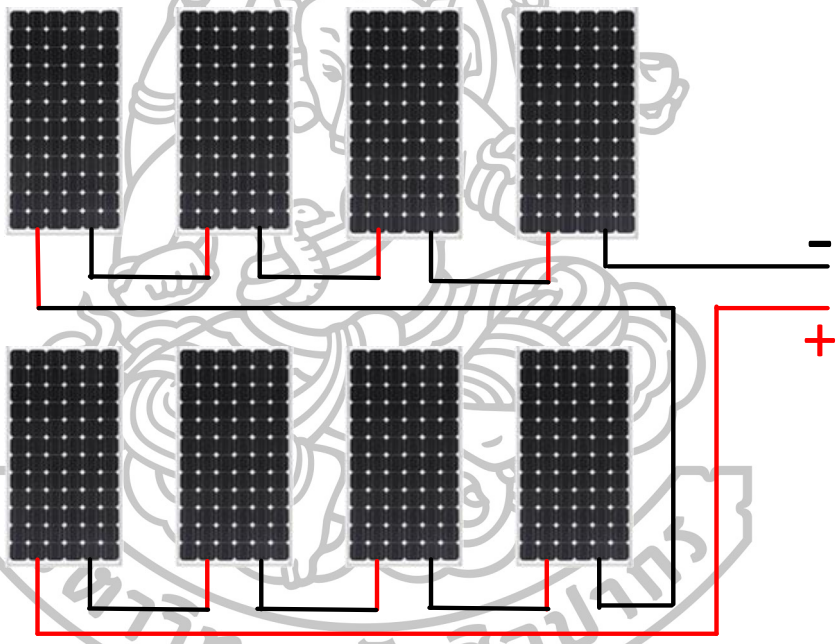
3.2.4 นำข้อมูที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาความเป็นไปได้เพื่อนำไปออกแบบระบบ

3.2.5 ทำการออกแบบระบบ (Systems Design) ระบบที่ 1 ระบบปั๊มน้ำไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และระบบที่ 2 ระบบปั๊มน้ำไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) สร้างกรอบแนวคิดการออกแบบระบบ

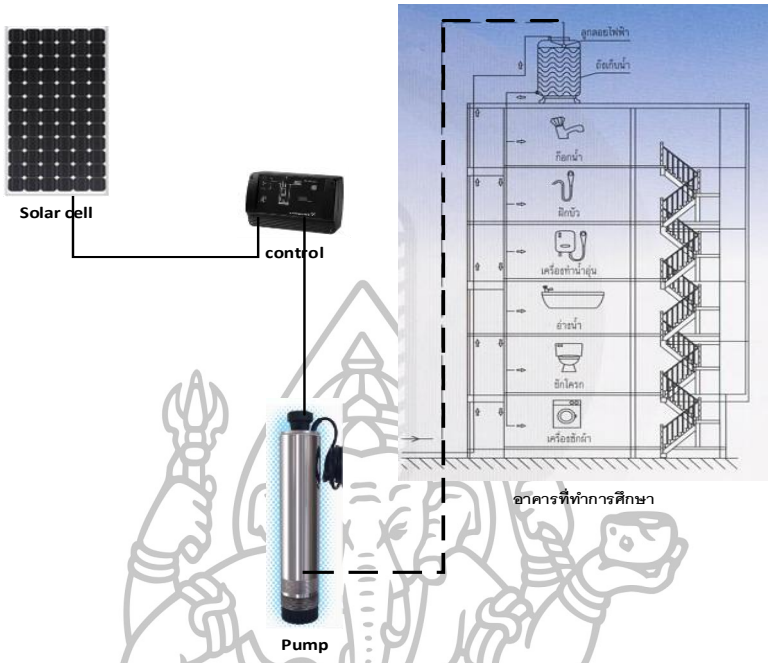
ระบบที่ 1 ระบบปั๊มน้ำะบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ศึกษาชนิดของปั๊มน้ำโดยดูจากประสิทธิภาพ ปริมาณน้ำ ระยะยกตัวของปั๊ม ขนาดแรงม้าของมอเตอร์ ขนาดแรงดันไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ต้องการ

1. แผง solar cell ขนาด 300 W 72 cell ผลิตแรงดันไฟฟ้าที่ 36 VDC กระแสที่ 8.32 A

2. ระบบที่ 1 ใช้ Motor Pump แรงดันไฟฟ้า DC 30-300 VDC 90 - 240 VAC 8.4 A ขนาด 1.4 kW ปริมาณน้ำที่สูบได้ 4 m^3/h ใช้กับระบบที่ 2 จ่ายไฟฟ้าให้กับระบบปั๊มน้ำเดิมของอาคารการต่อแบบนี้ได้ แรงดันไฟฟ้า 288 VDC 8 A



รูปที่ 3.3 การต่อแผง Solar cell รูปแบบที่ 1 ได้แรงดันไฟฟ้า 0-288 VDC และกระแสไฟฟ้า 8 Amp



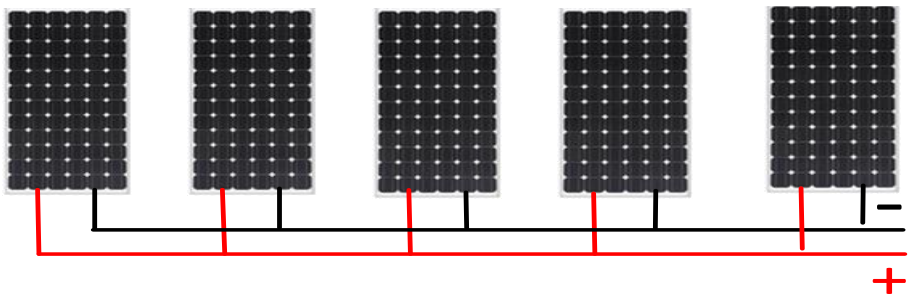
รูปที่ 3.4 จำลองระบบประปาในอาคารที่ใช้ระบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

ระบบที่ 2 ระบบปั๊มน้ำะบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ศึกษาชนิดของปั๊มน้ำเดิมของอาคาร ขนาดแรงม้าของมอเตอร์ ขนาดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ต้องการ การต่อแบบนี้ได้ ลักษณะการต่อแบบขนานเพื่อต้องการกระแสสูงแต่แรงดันไฟฟ้าคงที่ที่จ่ายให้กับโหลดที่ต้องการได้แรงดันไฟฟ้า 36 VDC 84 A เพื่อจ่ายให้กับบแตเตอรี่ ลดการใช้พลังงานในรูปแบบเดิมโดยนำพลังงานทดแทนเข้ามามีใช้กับระบบเดิมหรือสร้างระบบใหม่ที่ใช้พลังงานทดแทนอย่างเดียว

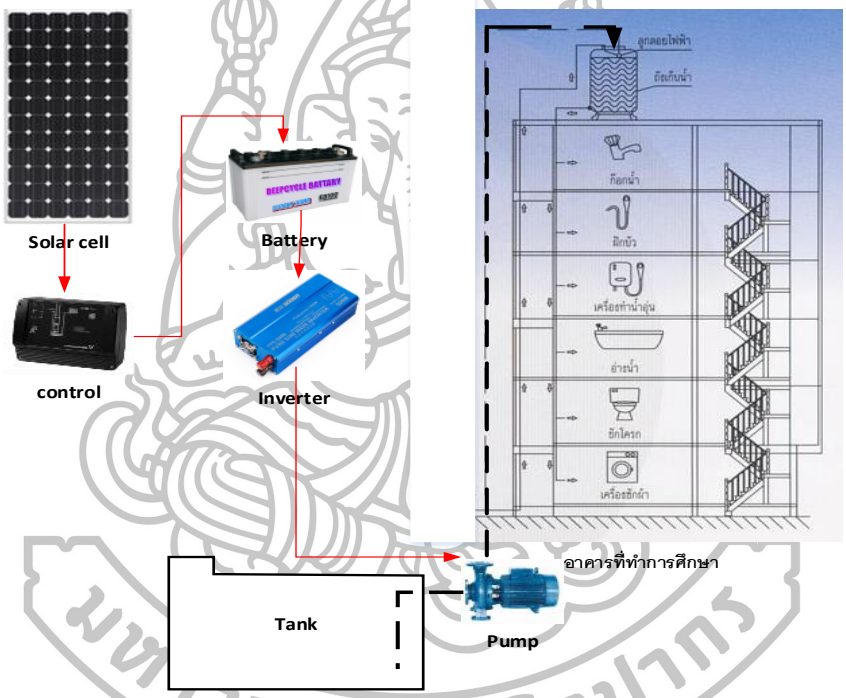
1 ขนาดปั๊มน้ำเดิมของอาคารใช้มอเตอร์ ขนาด 5 HP 5.5 kW 380 V 50 Hz 8 A

2 ขนาดอินเวอร์เตอร์ที่จะนำมาใช้

3 ขนาดแบตเตอรี่



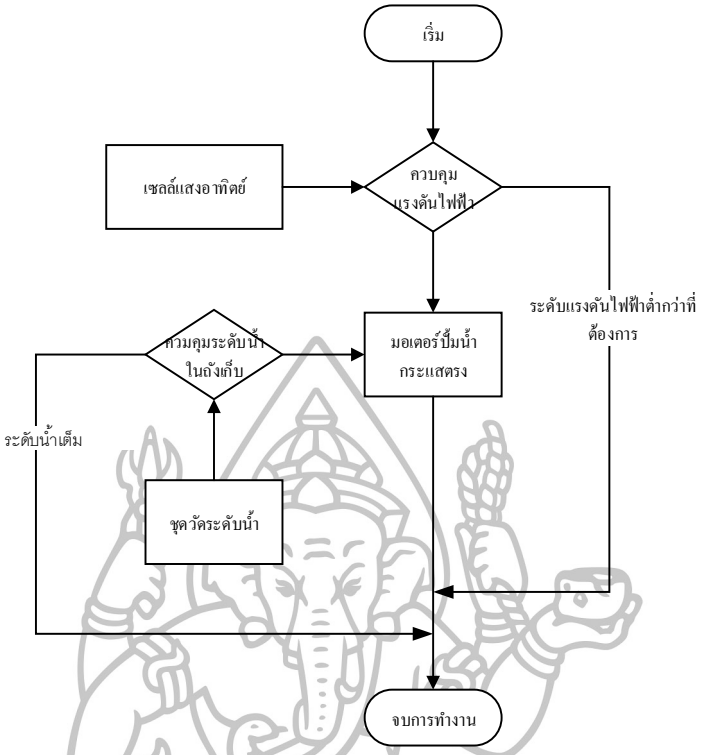
รูปที่ 3.5 การต่อแผง Solar cell รูปแบบที่ 2 ได้แรงดันไฟฟ้า 0-36 VDC กระแส 40 Amp



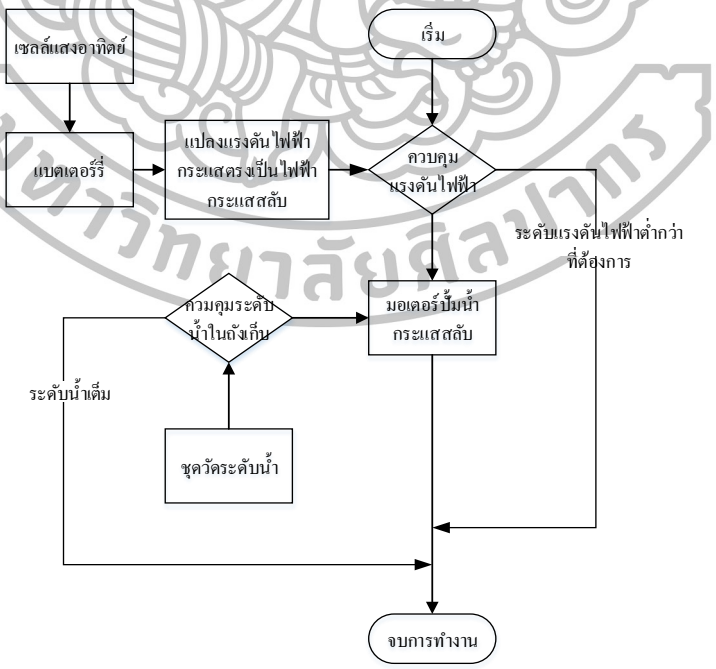
รูปที่ 3.6 จำลองระบบประปาในอาคารที่ใช้ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

หมายเหตุ: ข้อมูลที่ได้มาเขียน Flow การทำงานเพื่อออกแบบการจำลองสถานการณ์

3.2.6 นำข้อมูลที่ได้มาทำการจำลองสถานการณ์ทั้งสองระบบดังรูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.6

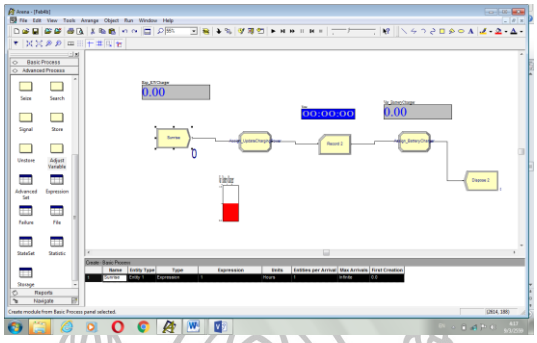


รูปที่ 3.7 ระบบที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง (DC)



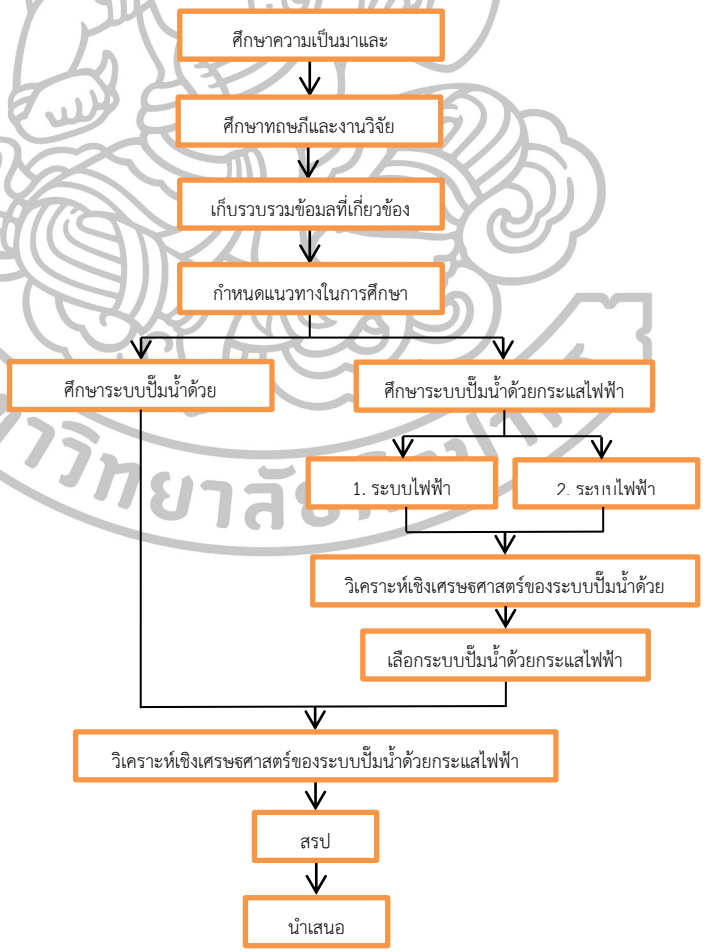
รูปที่ 3.8 ระบบที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

การจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมอารีน่า



รูปที่ 3.9 การจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมอารีน่า

3.3 ขั้นตอนการศึกษาความเป็นมาและความสำคัญ



รูปที่ 3.10 แผนแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

บทที่ 4

ผลและการวิเคราะห์แบบจำลอง

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมอารีน่า (Arena®) เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบตามหลักเศษฐศาสตร์วิศวกรรม ของระบบงานประปาของอาคารขนาดใหญ่ 2 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง 2) ระบบการเปลี่ยนกระแสตรงจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นกระแสสลับเพื่อใช้มอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสสลับ ซึ่งสามารถอธิบายขั้นตอนต่าง ๆ ของทั้ง 2 ระบบได้ดังต่อไปนี้

4.1 การสร้างแบบจำลองระบบ

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีมอลติคาโล (Monte Carlo Method) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์อัตราความเข็มของแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าโดยในแต่ละเดือนสำหรับแบบจำลองระบบการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง และระบบที่เปลี่ยนจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระสลับ ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองการใช้งานให้ใกล้เคียงกับสถาณการณ์จริง ซึ่งในความเป็นจริงช่วงเวลาจะเริ่มตั้งแต่เวลา 09.00 น.ถึง 16.00 น.รวมวันการทำงานของระบบ วัน ละ 7 ชั่วโมง ซึ่งต้องการใช้พลังงานโดยได้จากปริมาณความเข็มแสงที่พื้นที่ตั้งของอาคารที่ทำการศึกษาซึ่งอยู่ในช่วง 17.32 ถึง 21.96 Mj/m^2 (4.60 (kWh ถึง 5.70 kWh) โดยคำนวณค่าทางสถิติจากอัตราการใช้ไฟฟ้าต่อยูนิตจริงทั้งหมด 12 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameter Estimation) มาใส่ในแบบจำลองเพื่อจำลองสถาณการณ์ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

ตารางที่ 4.1 อัตราปริมาณแสงอาทิตย์ในหนึ่งปีและพลังงานไฟฟ้า

ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
17.74 MJ/m^2	19.87 MJ/m^2	20.98 MJ/m^2	21.96 MJ/m^2	20.77 MJ/m^2	19.30 MJ/m^2	18.16 MJ/m^2	17.59 MJ/m^2	16.82 MJ/m^2	17.32 MJ/m^2	17.14 MJ/m^2	17.41 MJ/m^2
4.80 (kWh)	5.32 (kWh)	5.59 (kWh)	5.70 (kWh)	5.17 (kWh)	5.04 (kWh)	4.83 (kWh)	4.74 (kWh)	4.73 (kWh)	4.61 (kWh)	4.65 (kWh)	4.60 (kWh)

ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณพารามิเตอร์ที่จะนำไปใช้กับแบบจำลอง

ปริมาณแสงที่มี	จำนวนครั้ง	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม	ช่วงของตัวเลขสุ่ม	%
0-17	1	0.083	0.083	$R \leq 0.083$	0.8%
17-18	5	0.417	0.500	$0.083 < R \leq 0.500$	0.42%
18-19	1	0.083	0.583	$0.500 < R \leq 0.583$	0.8%
19-20	2	0.167	0.750	$0.583 < R \leq 0.750$	0.17%
20-21	2	0.167	0.917	$0.750 < R \leq 0.917$	0.17%
21-22	1	0.083	1.000	$0.917 < R \leq 0.999$	0.8%
รวม	12	1			

4.2 กำหนดเงื่อนไขในการสร้างแบบจำลองของระบบไฟฟ้ากระแสตรง

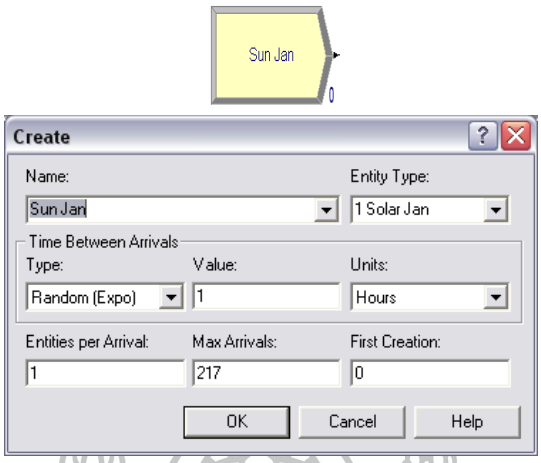
4.2.1 กำหนดช่วงระยะเวลาให้มีความเข้มแสงที่สามารถนำมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าได้คงที่ 7 ชั่วโมงต่อวัน ใช้ระยะเวลาในการทดสอบ 12 เดือน หรือ 1 ปี

4.2.2 กำหนดการสร้างแรงดันไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ระหว่าง 0 ถึง 300 Volts

4.2.3 กำหนดให้มีการตรวจเช็คกระแสไฟฟ้าที่สามารถนำไปใช้งานกับมอเตอร์ปั๊มน้ำได้ตั้งแต่ 30 Volts ขึ้นไป

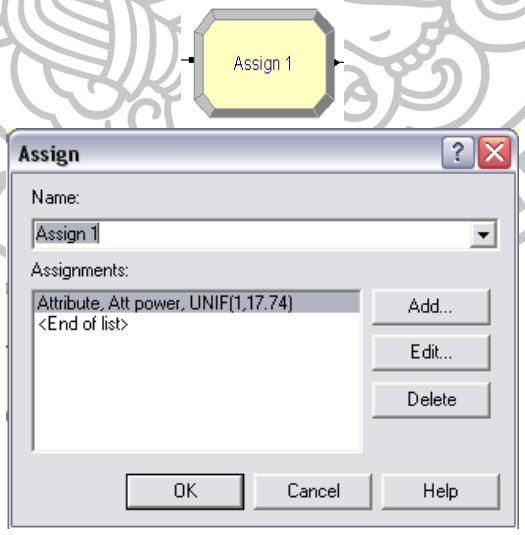
4.2.4 กำหนดให้มอเตอร์ปั๊มน้ำทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีกระแสไฟฟ้าเข้ามาตั้งแต่ 30 ถึง 300 Volts

สร้างแบบจำลองระบบในเดือนมกราคม โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย **Create Module** ใสข้อมูลใน **Create Module** ชื่อ Sun Jan เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 1 Solar Jan เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงเป็นแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 0 จบการทำงานที่ 217 ชั่วโมงใน 1 เดือน



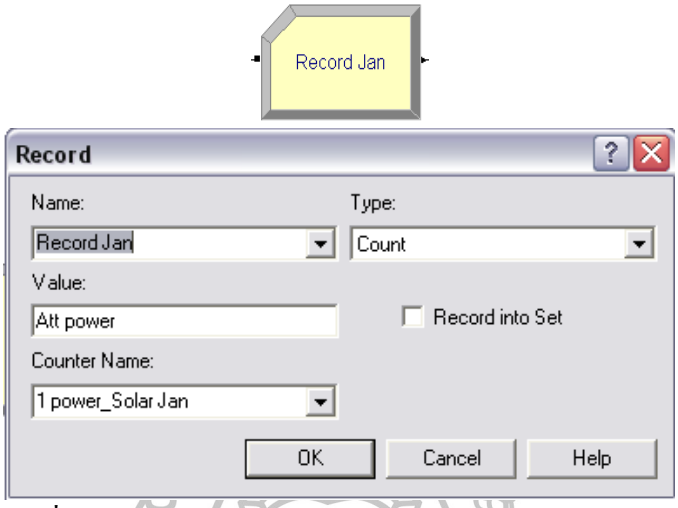
รูปที่ 4.1 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน มกราคม

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 1 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ Assign 1 ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 1 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ Attribute,Att power,UNIF(1,17.74) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนมกราคมมีค่าเท่ากับ 17.74MJ/m^2 จากตาราง4.1 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



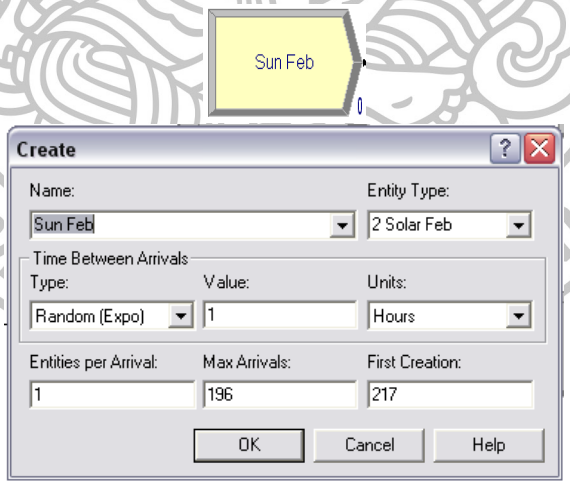
รูปที่ 4.2 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน มกราคม

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 1 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนมกราคม



รูปที่ 4.3 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน มกราคม

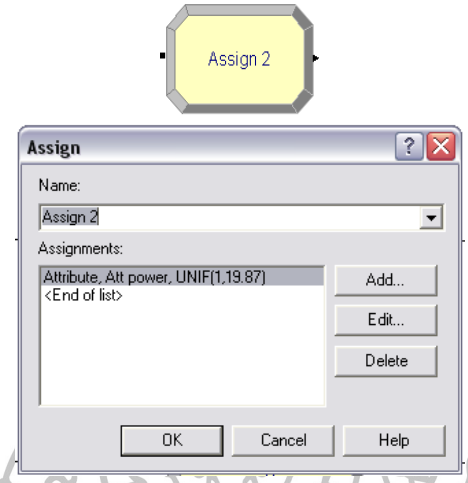
สร้างแบบจำลองระบบในเดือนกุมภาพันธ์โดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนมกราคม โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย **Create Module** ใส ข้อมูลใน **Create Module** ชื่อ Sun Feb เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 2 Solar Feb เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 217 จบการทำงานที่ 196 ชั่วโมง



รูปที่ 4.4 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน กุมภาพันธ์

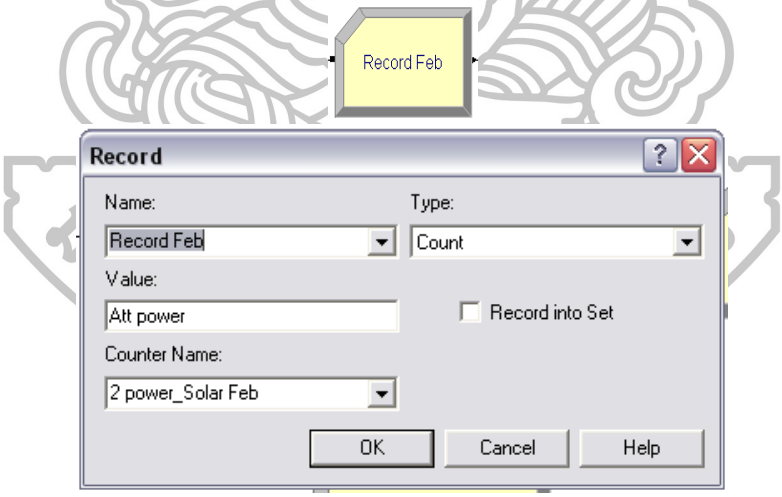
สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 2 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ Assign 2 ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 2 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ Attribute,Att

power,UNIF(1,19.87) โดยให้ค่าความเข้มแสงในเดือนกุมภาพันธ์มีค่าเท่ากับ 19.87MJ/m^2 จากตาราง4.1 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



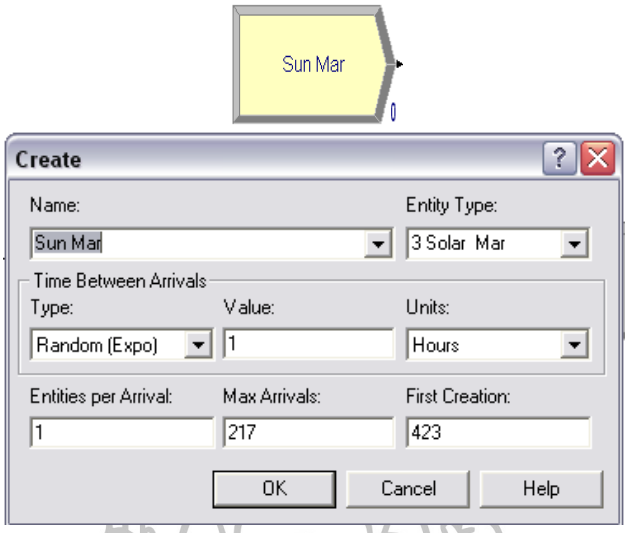
รูปที่ 4.5 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน กุมภาพันธุ์

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 2 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนกุมภาพันธ์



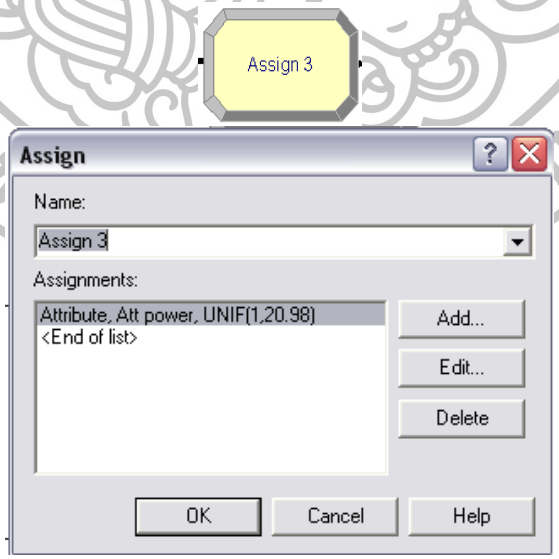
รูปที่ 4.6 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน กุมภาพันธ์

สร้างแบบจำลองระบบในเดือนมีนาคมโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนกุมภาพัธ์ โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Mar เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 3 Solar Mar เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 423 จบการทำงานที่ 217 ชั่วโมง



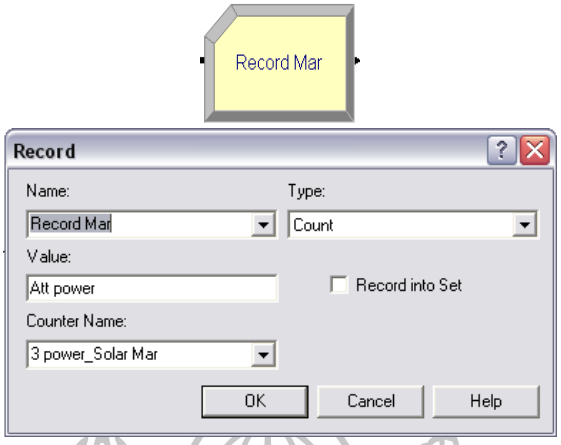
รูปที่ 4.7 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน มีนาคม

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 3 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Mar ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 3 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,20.98) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนมีนาาคมมีค่าเท่ากับ 20.98MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



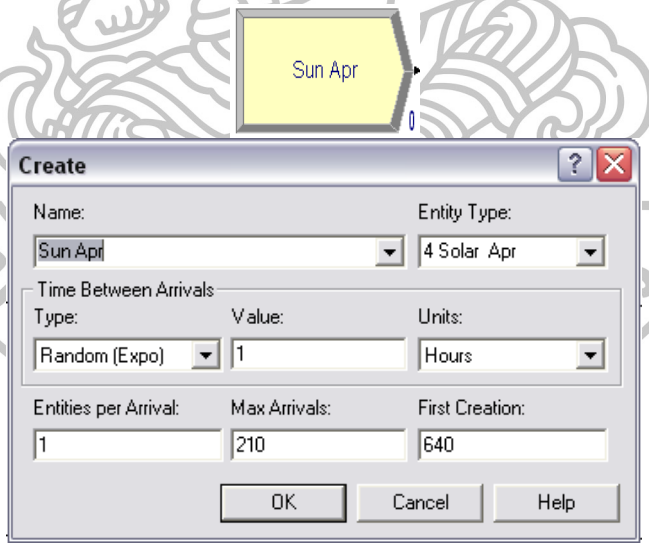
รูปที่ 4.8 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน มีนาคม

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 3 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนมีนาคม



รูปที่ 4.9 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน มีนาคม

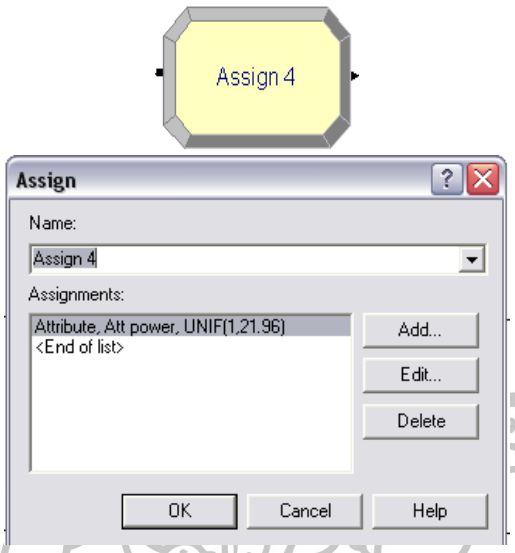
สร้างแบบจำลองระบบในเดือนเษายนโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนมีนาคม โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Apr เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 4 Solar Mar เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 640 จบการทำงานที่ 210 ชั่วโมง



รูปที่ 4.10 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน เมษายน

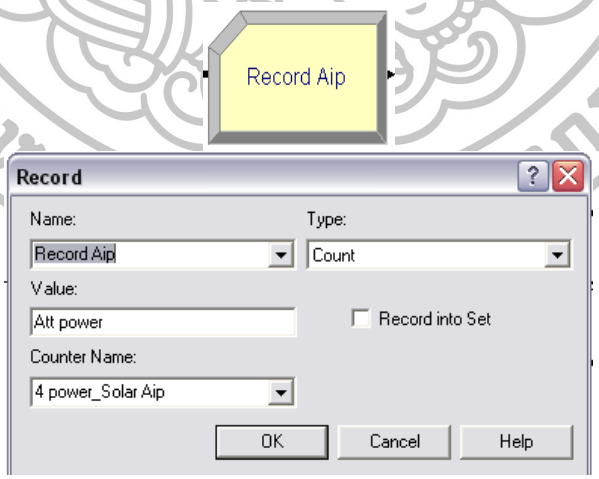
สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 4 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Apr ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 4 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่

พลังงาน เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,21.96) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนเมษายนมีค่าเท่ากับ 21.96MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 4.11 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือนเมษายน

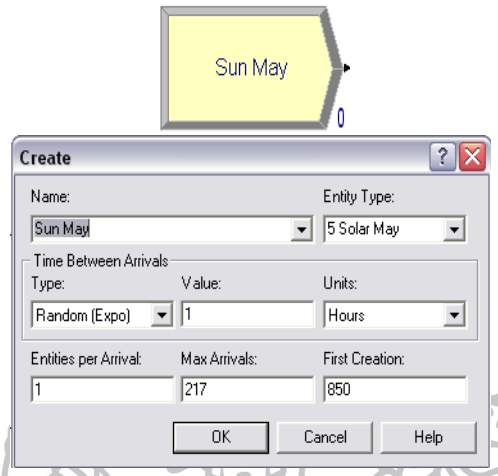
สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 4 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนเมษายน



รูปที่ 4.12 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือนเมษายน

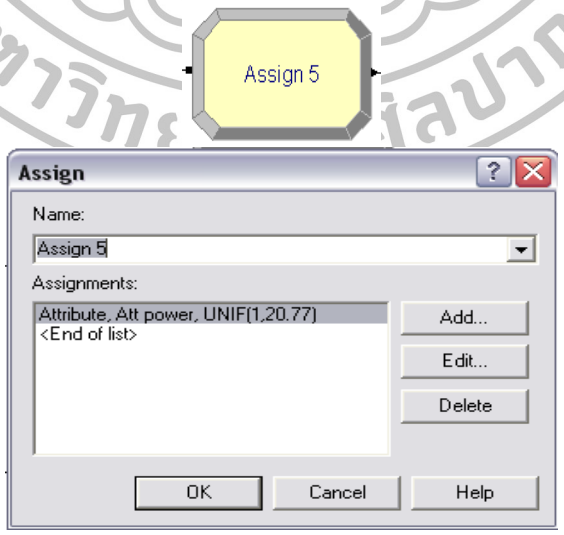
สร้างแบบจำลองระบบในเดือนพฤษภาคมโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนเมษายน โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module

ใสข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun May เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 5 Solar Mar เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 850 จบการทำงานที่ 217 ชั่วโมง



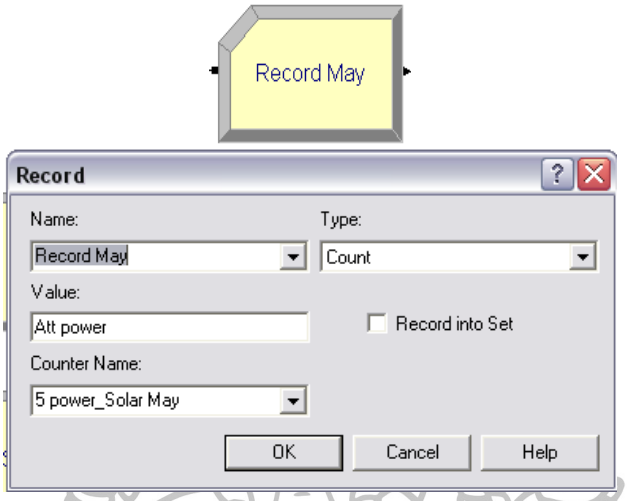
รูปที่ 4.13 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน พฤษภาคม

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 5 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar May ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 5 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,20.77) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนพฤษภาคมมีค่าเท่ากับ 20.77MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



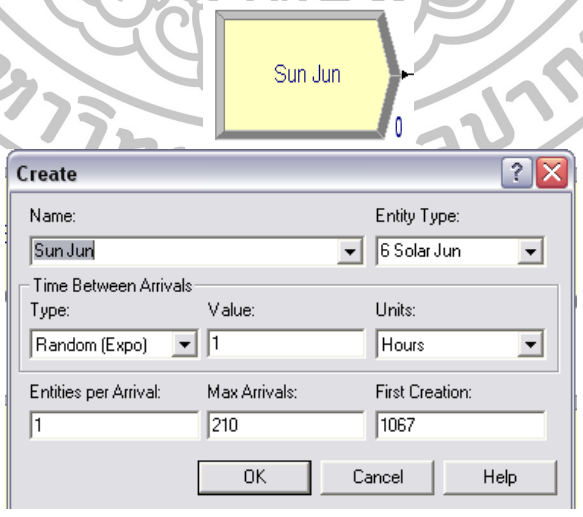
รูปที่ 4.14 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน พฤษภาคม

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 5 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนพฤษภาคม



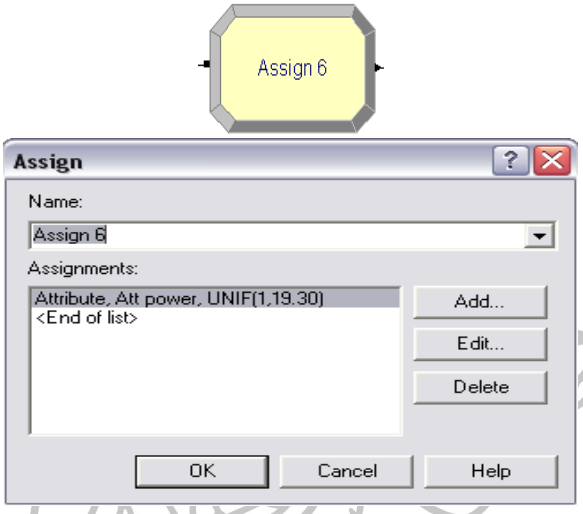
รูปที่ 4.15 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน พฤษภาคม

สร้างแบบจำลองระบบในเดือนมิถุนายนโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนพฤษภาคม โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส่ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun May เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 6 Solar Mar เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 1,067 จบการทำงานที่ 210 ชั่วโมง



รูปที่ 4.16 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน มิถุนายน

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 5 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Jun ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 6 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,19.30) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนมิถุนายนมีค่าเท่ากับ 19.30MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง

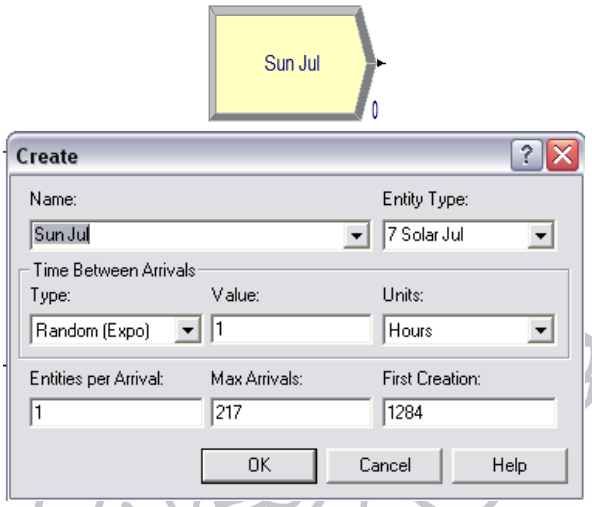


รูปที่ 4.17 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน มิถุนายน

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 6 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนมิถุนายน

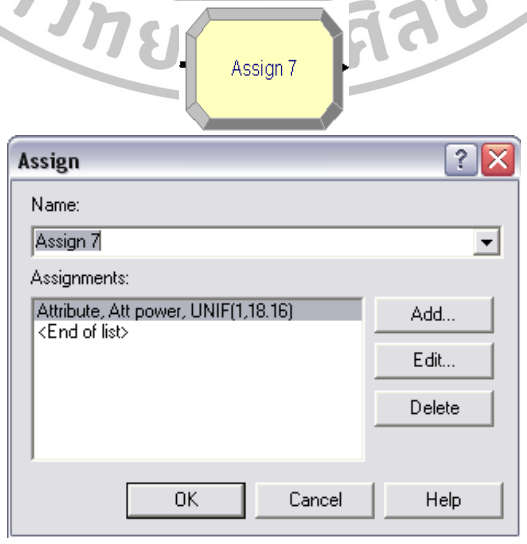
รูปที่ 4.18 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน มิถุนายน

สร้างแบบจำลองระบบในเดือนกรกฎาคมโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนมิถุนายน โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส่ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Jul เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 7 Solar Jul เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 1,284 จบการทำงานที่ 217 ชั่วโมง



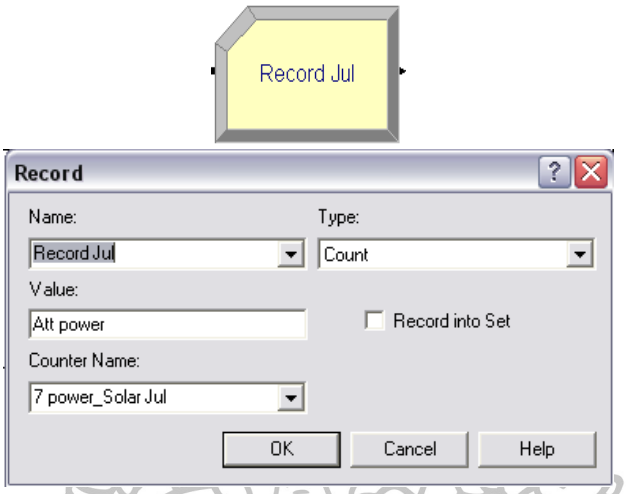
รูปที่ 4.19 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน กรกฎาคม

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 7 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Jul ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 7 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,18.16) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนกรกฎาคมมีค่าเท่ากับ 18.16MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 4.20 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน กรกฎาคม

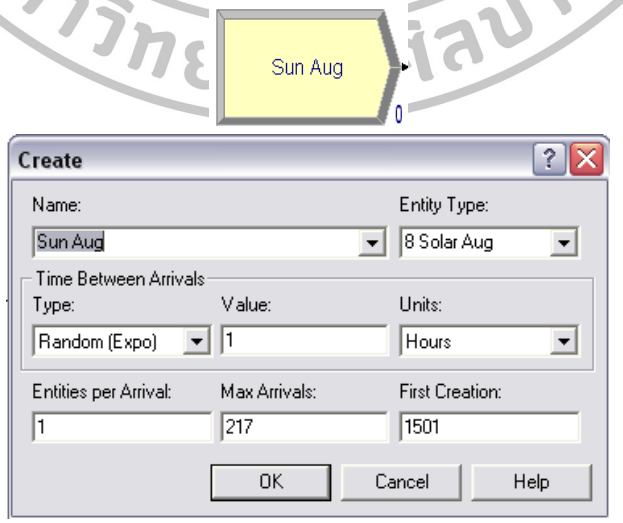
สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 7 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนกรกฎาคม



รูปที่ 4.21 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน กรกฎาคม

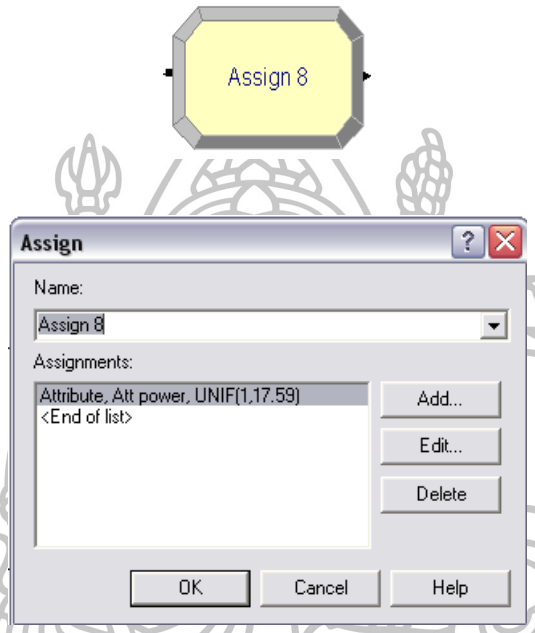
สร้างแบบจำลองระบบในเดือนสิงหาคมโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนกรกฎาคม โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส่ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Aug เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 8 Solar Aug เข้ามาในระบบด้วย

ช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 1,501 จบการทำงานที่ 217 ชั่วโมง



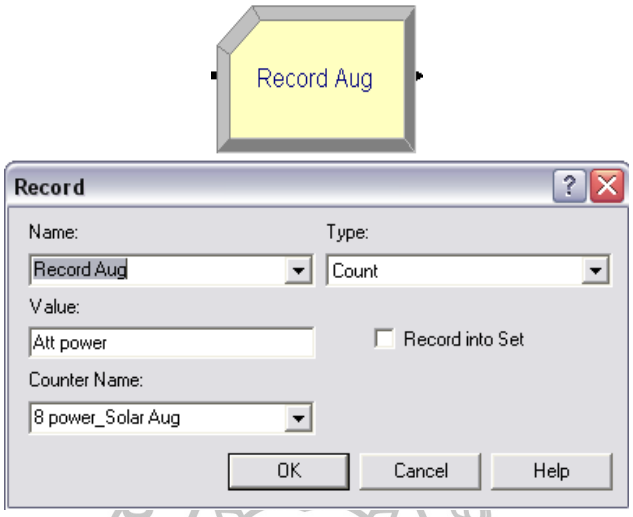
รูปที่ 4.22 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน สิงหาคม

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 8 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Aug ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 8 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,17.59) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนสิงหาตมมีค่าเท่ากับ 17.59MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



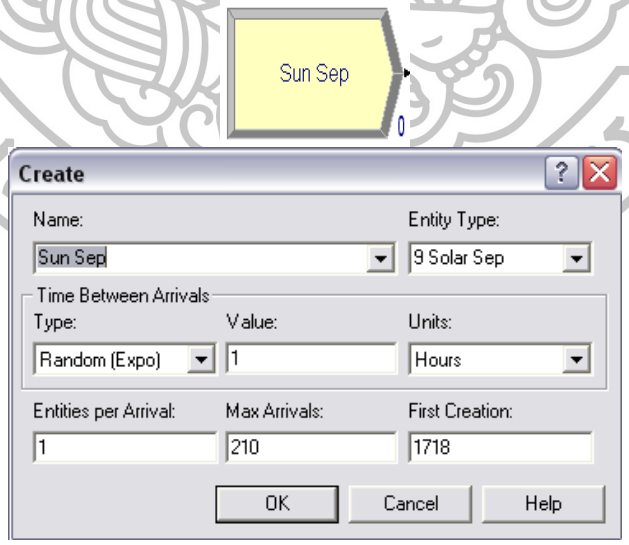
รูปที่ 4.23 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน สิงหาคม

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 8 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนสิงหาคม



รูปที่ 4.24 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือนสิงหาคม

สร้างแบบจำลองระบบในเดือนกันยาโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนกรกฎาคม โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส่ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Sep เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 9 Solar Sep เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 1,718 จบการทำงานที่ 210 ชั่วโมง



รูปที่ 4.25 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน กันยายน

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 9 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Sep ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 9 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อ

วัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,16.82) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนกันยายนมีค่าเท่ากับ 16.82MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง

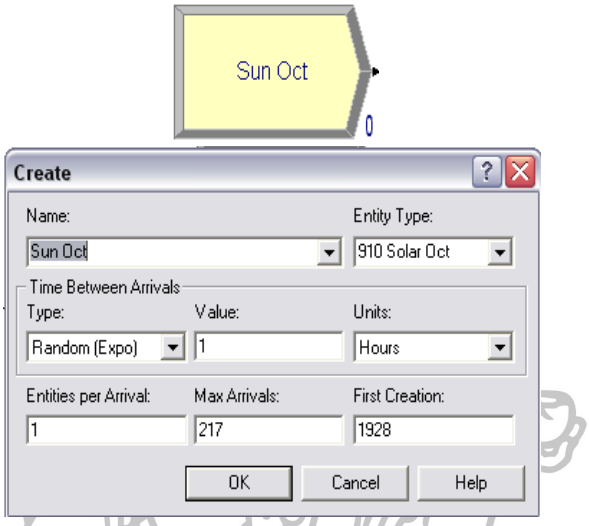
รูปที่ 4.26 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน กันยายน

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 9 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนกันยายน

รูปที่ 4.27 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน กันยายน

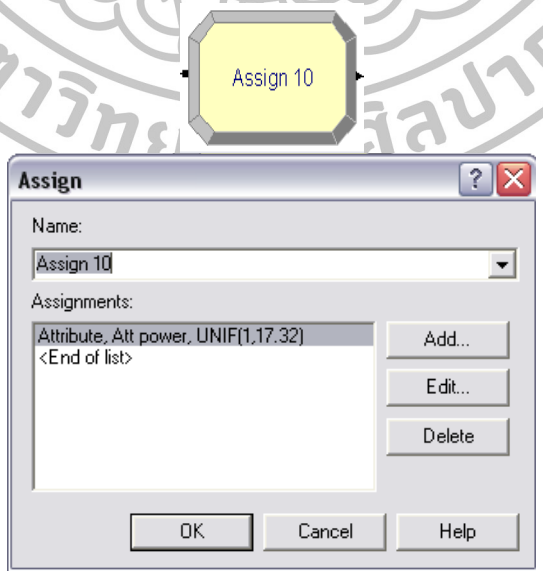
สร้างแบบจำลองระบบในเดือนตุลาคมโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนกันยายน โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส

ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Oct เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 10 Solar Oct เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 1ม928 จบการทำงานที่ 217 ชั่วโมง



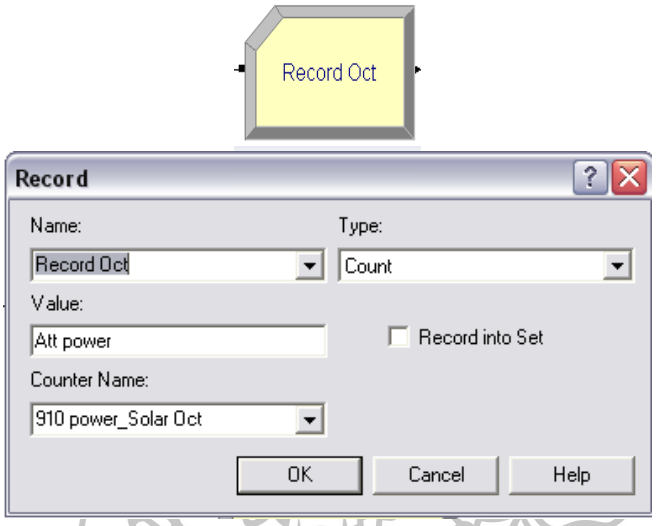
รูปที่ 4.28 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน ตุลาคม

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 10 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Oct ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 10 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงานเมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,17.32) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนตุลาคมมีค่าเท่ากับ 17.32MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



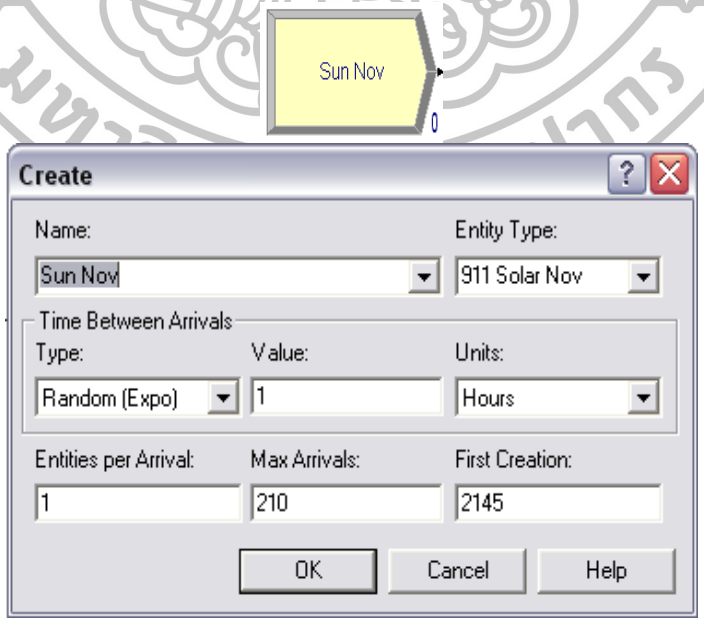
รูปที่ 4.29 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน ตุลาคม

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 10 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนตุลาคม



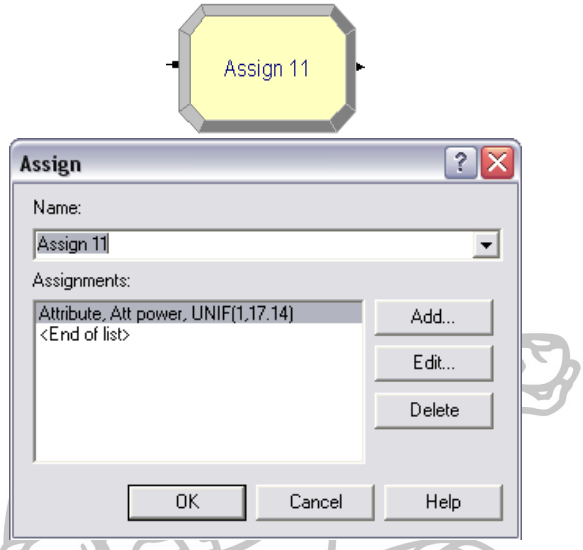
รูปที่ 4.30 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน ตุลาคม

สร้างแบบจำลองระบบในเดือนพฤศจิกายน โดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนตุลาตม โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใสข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Nov เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 11 Solar Nov เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 2,145 จบการทำงานที่ 210 ชั่วโมง



รูปที่ 4.31 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน พฤศจิกายน

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 11 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Nov ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 11 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงานเมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,17.32) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนพฤศจิกายนมีค่าเท่ากับ 17.32MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



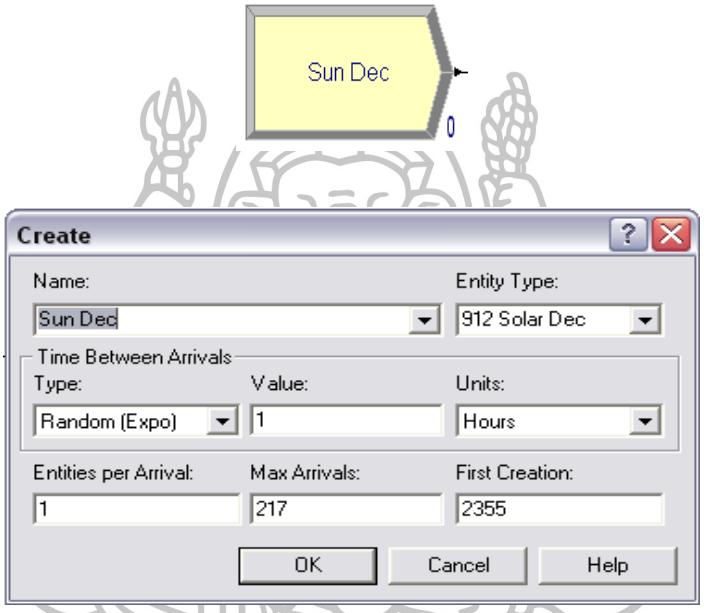
รูปที่ 4.32 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน พฤศจิกายน

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 11 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนพฤศจิกายน

รูปที่ 4.33 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน พฤศจิกายน

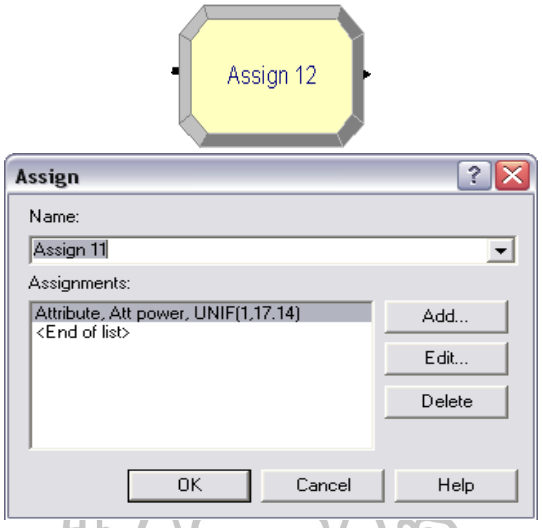
สร้างแบบจำลองระบบในเดือนธันวาคมโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนพฤศจิกายน โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส่ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Dec เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 12 Solar Dec เข้ามาในระบบด้วย

ช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 2,355 จบการทำงานที่ 217 ชั่วโมง



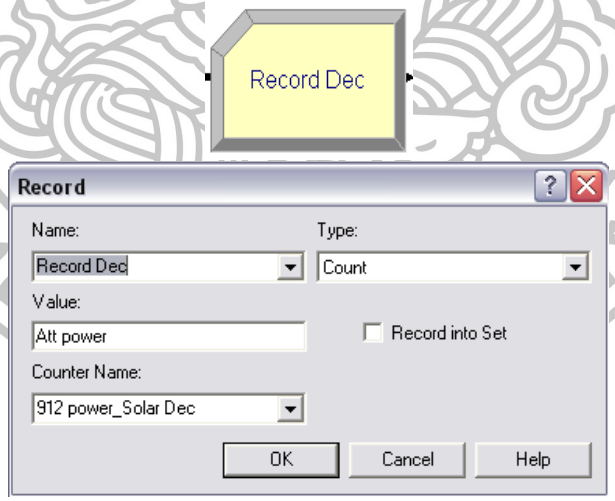
รูปที่ 4.34 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน ธันวาคม

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 12 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Oct ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 12 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงานเมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,17.32) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนธันวาคมมีค่าเท่ากับ 17.32MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



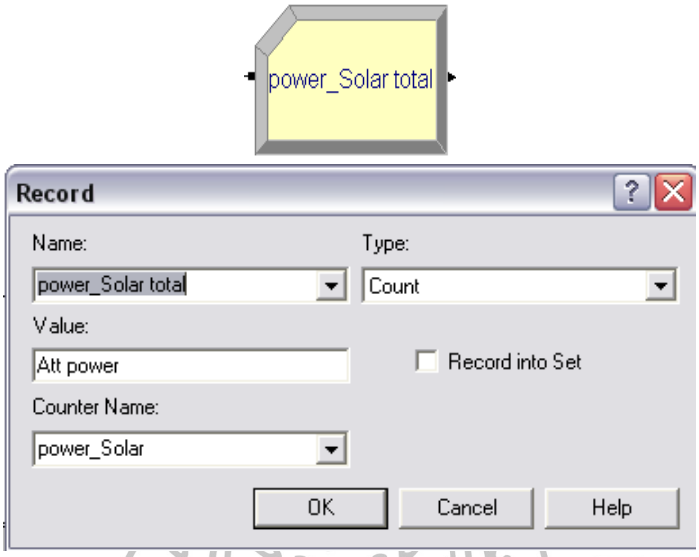
รูปที่ 4.35 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน ธันวาคม

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 12 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนธันวาคม

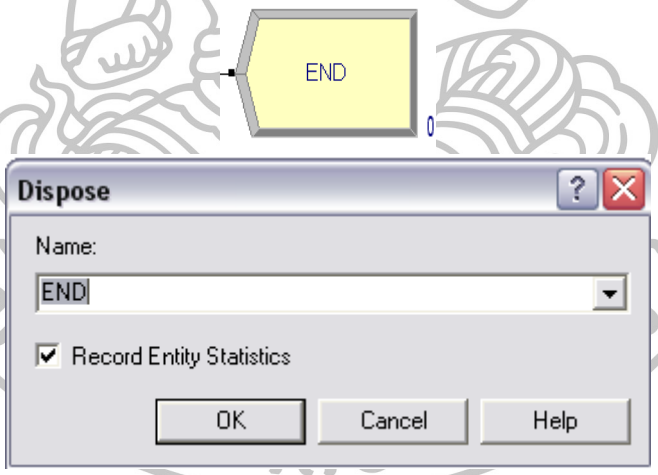


รูปที่ 4.36 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน ธันวาคม

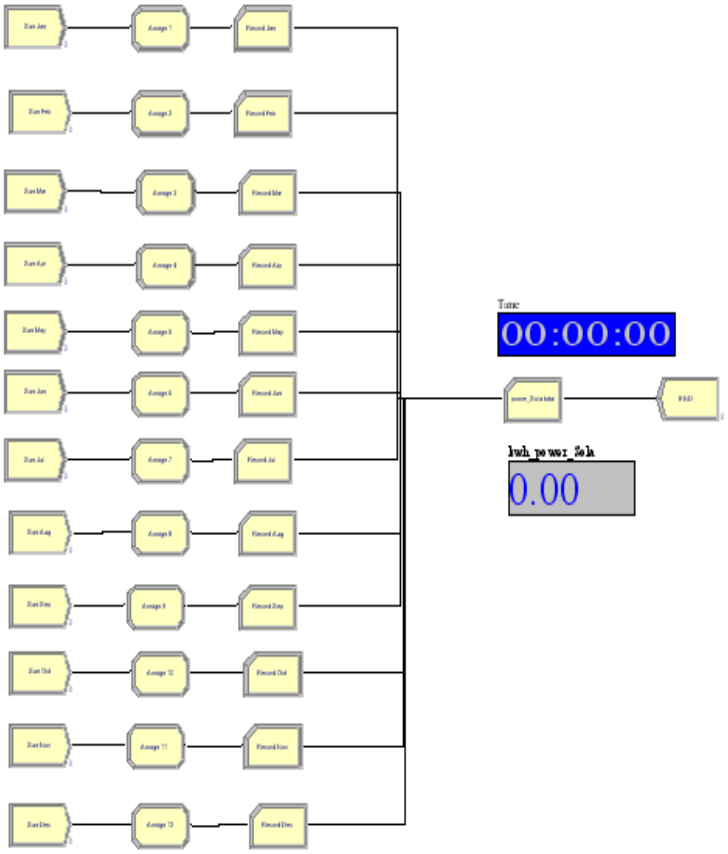
สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ power_Solar total เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 12 เดือน



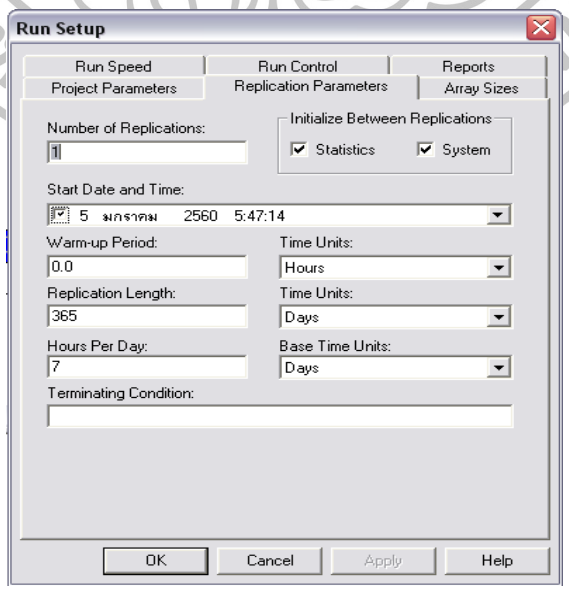
รูปที่ 4.37 แสดงหน้าต่างของ Record Module ของกำลังไฟฟ้ารวม 12 เดือน



รูปที่ 4.38 แสดงหน้าต่างของ Dispose Module จบการทำงาน



รูปที่ 4.39 แสดง Module แบบจำลองของระบบการใช้ไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 4.40 แสดงหน้าต่างของการตั้งค่า Run Setup

ตารางที่ 4.3 ผลการจำลองสถานการณ์ในระบบแบบจำลองของระบบการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง

ปีที่	พลังงานไฟฟ้า (Kw)	ปริมาณน้ำ (ลบม.)	ผลตอบแทน (บาท)
1	23,586	35,379	94,344
2	23,420	35,130	93,680
3	23,093	34,640	92,372
4	22,608	33,912	90.432
5	21,975	32,963	87,900
6	21,205	31,808	84,820
7	20,315	30,473	81,260
8	19,319	28,979	77,276
9	18,237	27,356	72,948
10	17,088	25,632	68,352

4.3 กำหนดเงื่อนไขในการสร้างแบบจำลองของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

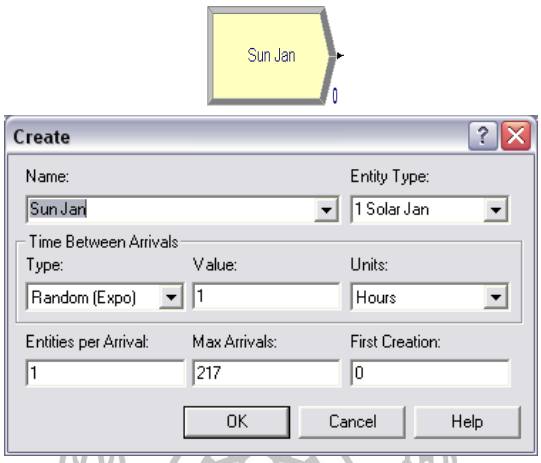
4.3.1 กำหนดช่วงระยะเวลาให้มีความเข้มแสงที่สามารถนำมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าได้คงที่ 7 ชั่วโมงต่อวัน ใช้ระยะเวลาในการทดสอบ 12 เดือน หรือ 1 ปี

4.3.2 กำหนดการสร้างแรงดันไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ระหว่าง 0 ถึง 36 Volts

4.3.3 กำหนดให้มีการตรวจเช็คไฟฟ้ากระแสตรงตั้งแต่ 24 Volts ขึ้นไป เพื่อเข้าสู่กระบวนการแปรงไฟฟ้ากระตรงให้เป็นกระแสสลับในช่วง 210 ถึง 230 Volts

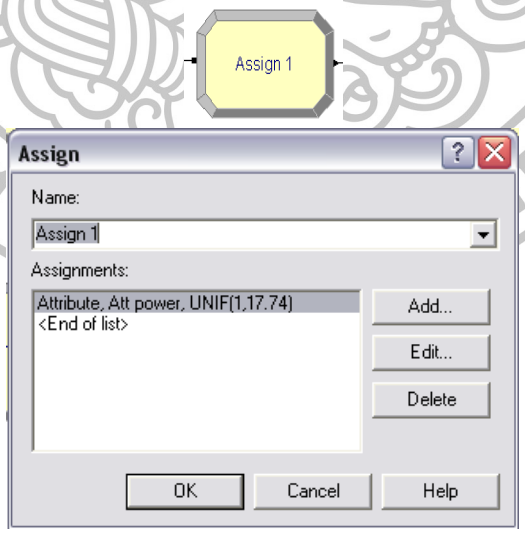
4.3.4 กำหนดให้มอเตอร์ปั๊มน้ำทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีกระแสไฟฟ้าเข้ามาตั้งแต่ 210 ถึง 230 Volts

สร้างแบบจำลองระบบในเดือนมกราคม โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย **Create Module** ใสข้อมูลใน **Create Module** ชื่อ Sun Jan เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 1 Solar Jan เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงเป็นแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 0 จบการทำงานที่ 217 ชั่วโมงใน 1 เดือน



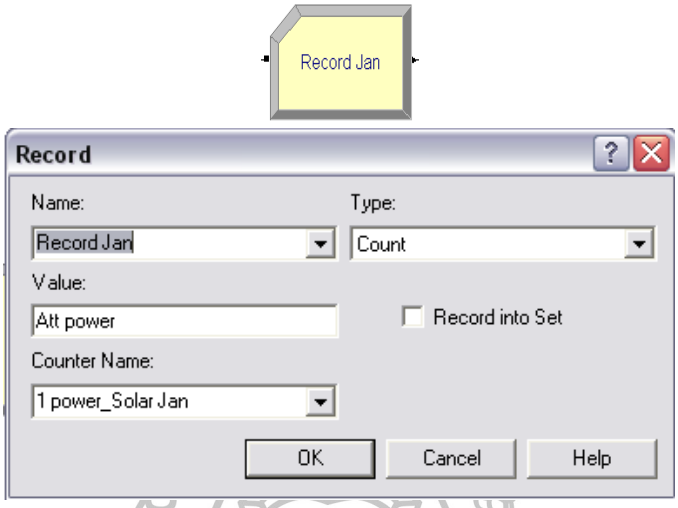
รูปที่ 4.41 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน มกราคม

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 1 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ Assign 1 ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 1 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ Attribute,Att power,UNIF(1,17.74) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนมกราคมมีค่าเท่ากับ 17.74MJ/m^2 จากตาราง4.1 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 4.42 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน มกราคม

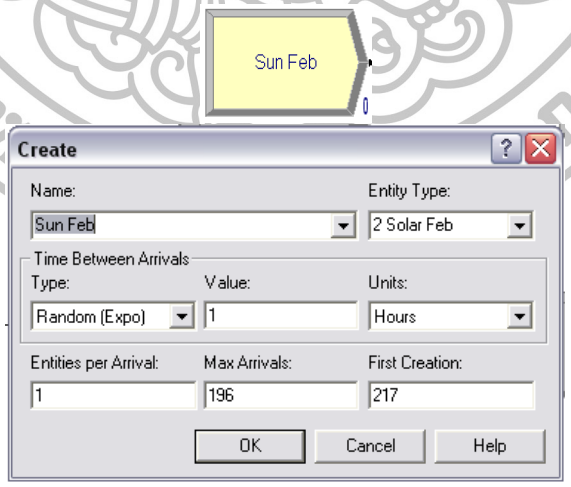
สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 1 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนมกราคม



รูปที่ 4.43 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน มกราคม

สร้างแบบจำลองระบบในเดือนกุมภาพันธ์โดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนมกราคม โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย **Create Module** ใส ข้อมูลใน **Create Module** ชื่อ Sun Feb เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 2 Solar Feb เข้ามาในระบบด้วย

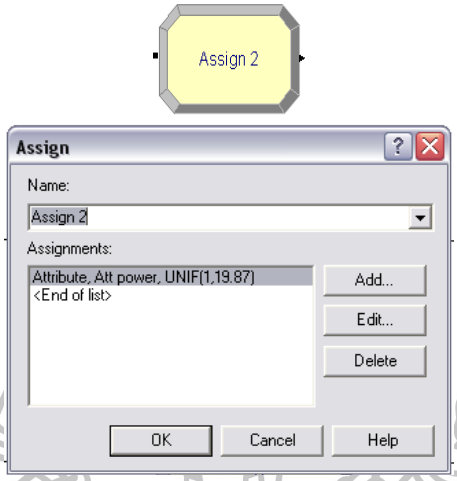
ช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 217 จบการทำงานที่ 196 ชั่วโมง



รูปที่ 4.44 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน กุมภาพันธ์

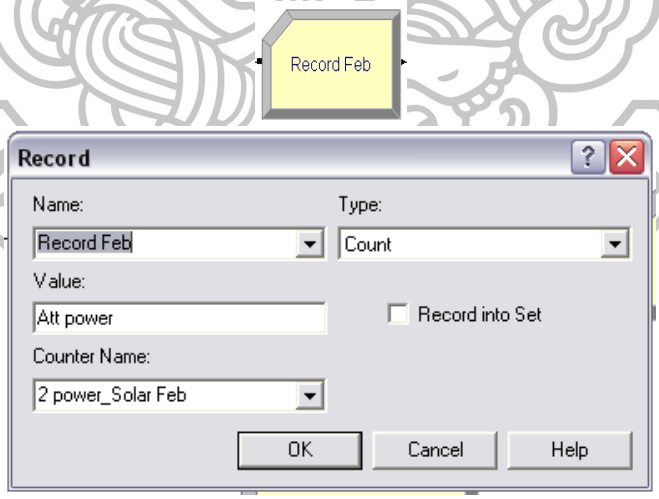
สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 2 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ Assign 2 ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 2 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อวัตถุ

เข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ Attribute,Att power,UNIF(1,19.87) โดยให้ค่าความเข้มแสงในเดือนกุมภาพันธ์มีค่าเท่ากับ 19.87MJ/m^2 จากตาราง4.1 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 4.45 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน กุมภาพันธุ์

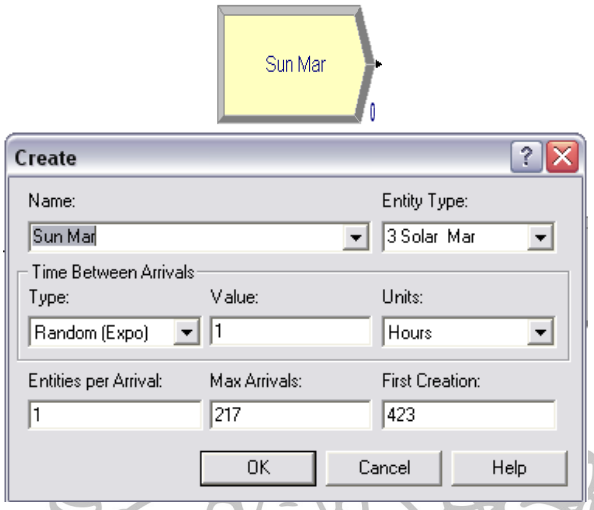
สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 2 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนกุมภาพันธ์



รูปที่ 4.46 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน กุมภาพันธ์

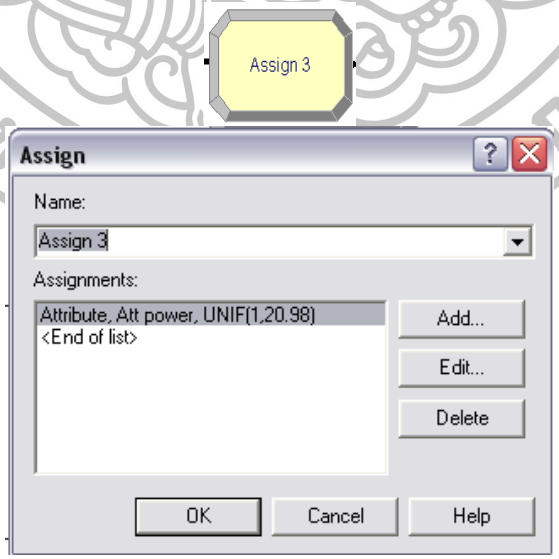
สร้างแบบจำลองระบบในเดือนมีนาคมโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนกุมภาพัธ์ โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส

ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Mar เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 3 Solar Mar เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 423 จบการทำงานที่ 217 ชั่วโมง



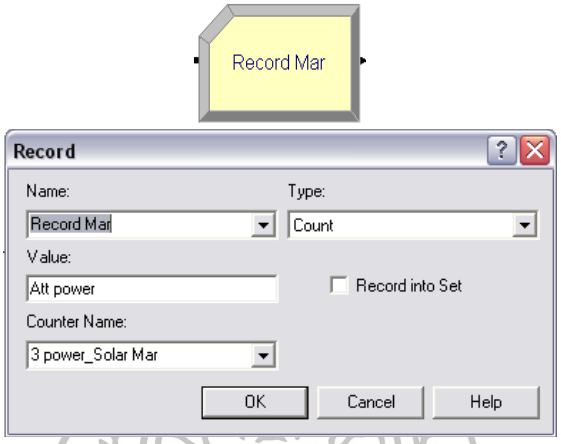
รูปที่ 4.47 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน มีนาคม

สร้าง Assign Module ต่อจาก โมดูลชื่อ Assign 3 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Mar ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 3 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,20.98) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนมีนาาคมมีค่าเท่ากับ 20.98MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



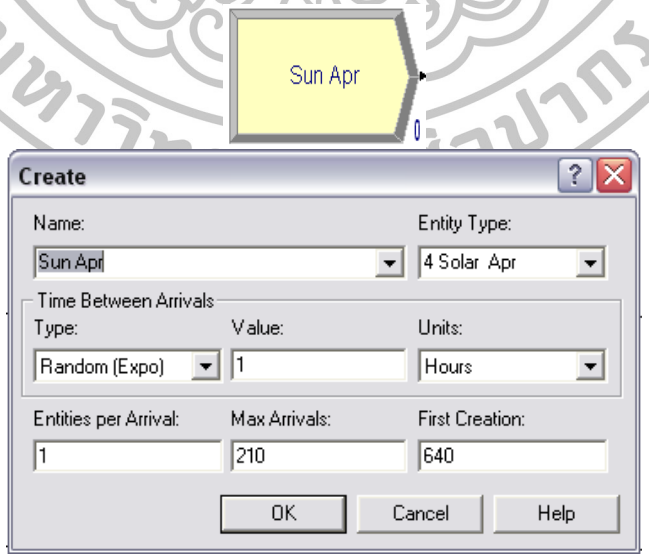
รูปที่ 4.48 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน มีนาคม

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 3 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนมีนาคม



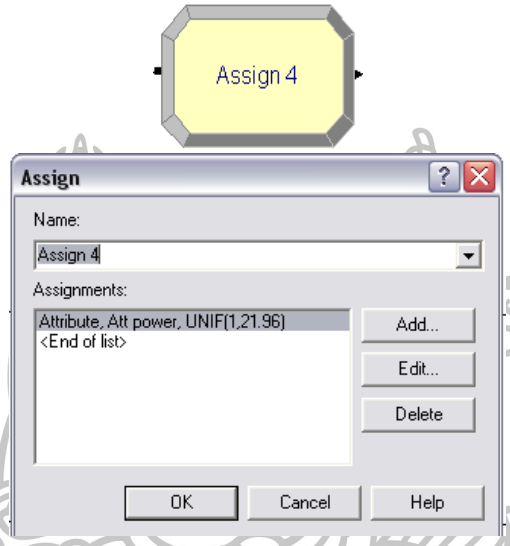
รูปที่ 4.49 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน มีนาคม

สร้างแบบจำลองระบบในเดือนเมษายนโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนมีนาคม โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส่ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Apr เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 4 Solar Mar เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 640 จบการทำงานที่ 210 ชั่วโมง



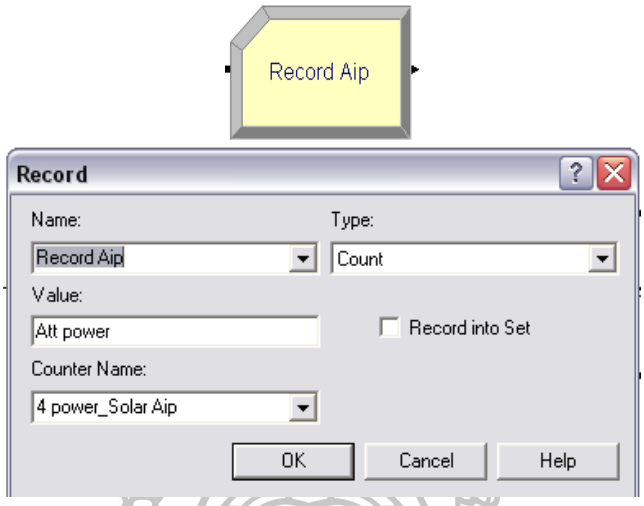
รูปที่ 4.50 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน เมษายน

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 4 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Apr ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 4 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,21.96) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนเมษายนมีค่าเท่ากับ 21.96MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



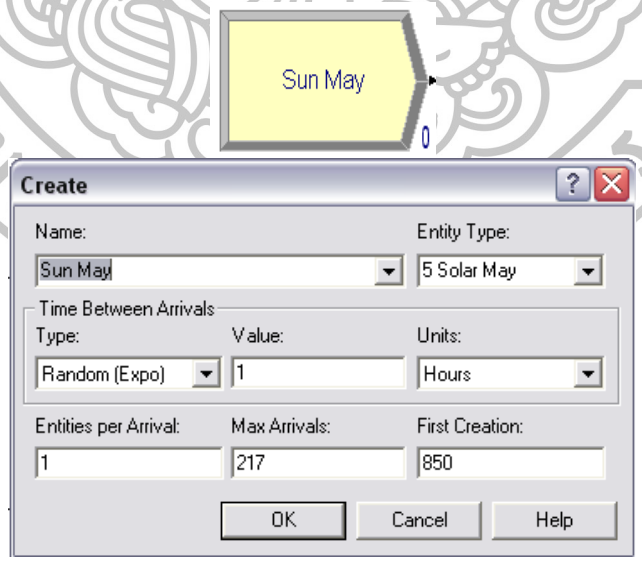
รูปที่ 4.51 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน เมษายน

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 4 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนเมษายน



รูปที่ 4.52 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน เมษายน

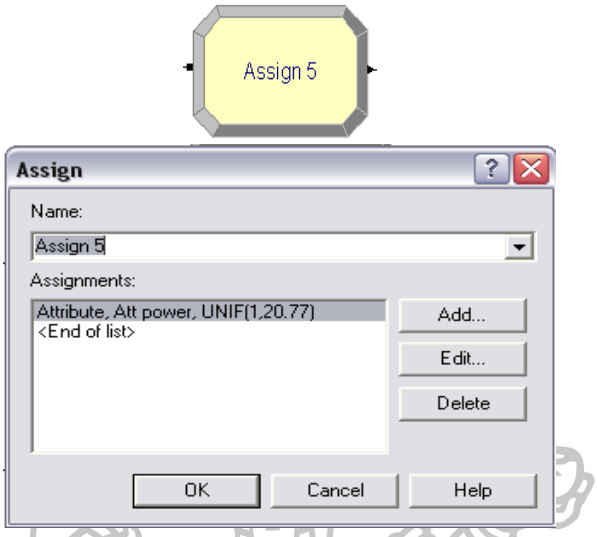
สร้างแบบจำลองระบบในเดือนพฤษภาคมโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนเมษายน โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun May เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 5 Solar Mar เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 850 จบการทำงานที่ 217 ชั่วโมง



รูปที่ 4.53 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน พฤษภาคม

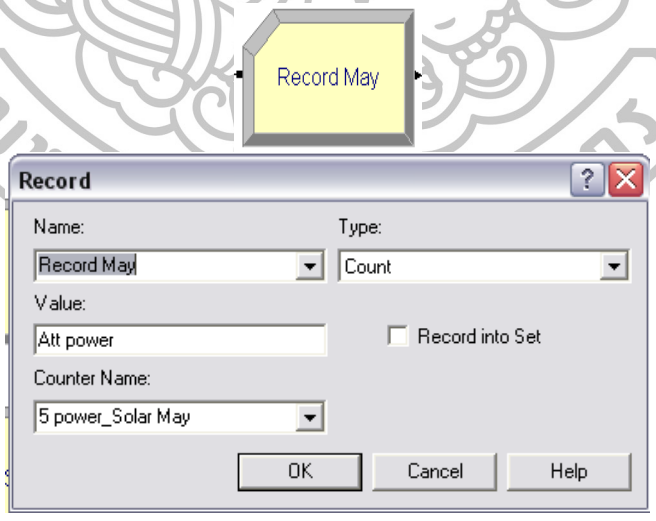
สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 5 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar May ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 5 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อ

วัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,20.77) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนพฤษภาคมมีค่าเท่ากับ 20.77MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 4.54 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน พฤษภาคม

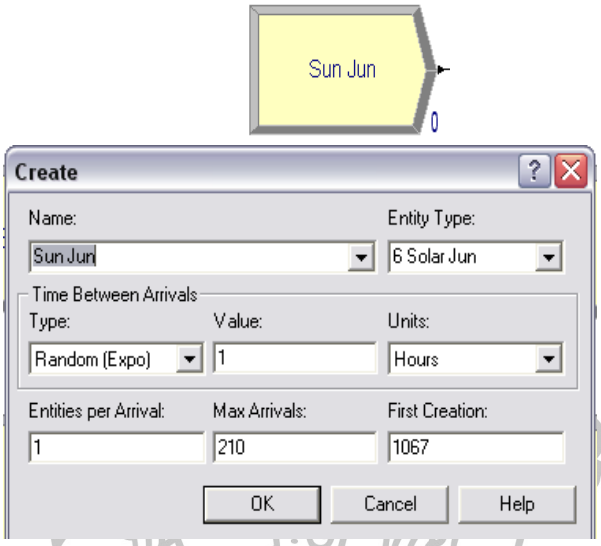
สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 5 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนพฤษภาคม



รูปที่ 4.55 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน พฤษภาคม

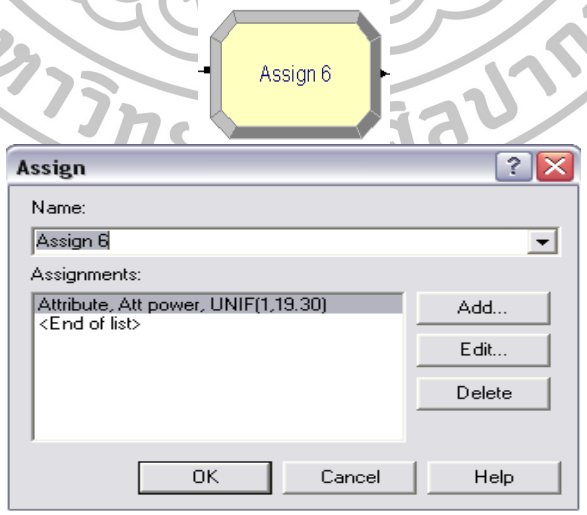
สร้างแบบจำลองระบบในเดือนมิถุนายนโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนพฤษภาคม โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส

ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Jun เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 6 Solar Jun เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 1,067 จบการทำงานที่ 210 ชั่วโมง



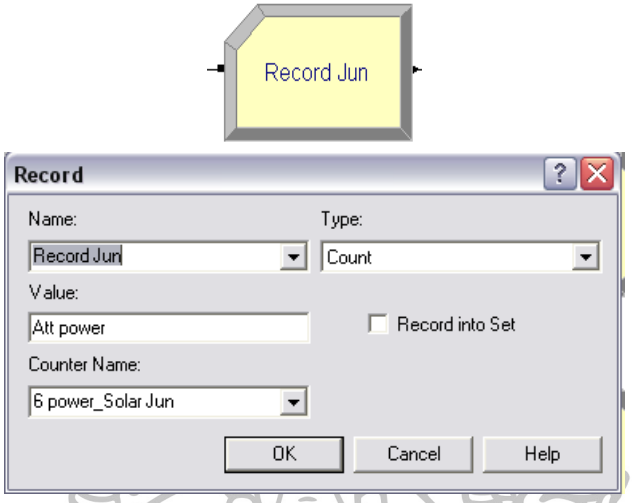
รูปที่ 4.56 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน มิถุนายน

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 6 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Jun ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 6 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,19.30) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนมิถุนายนมีค่าเท่ากับ 19.30MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



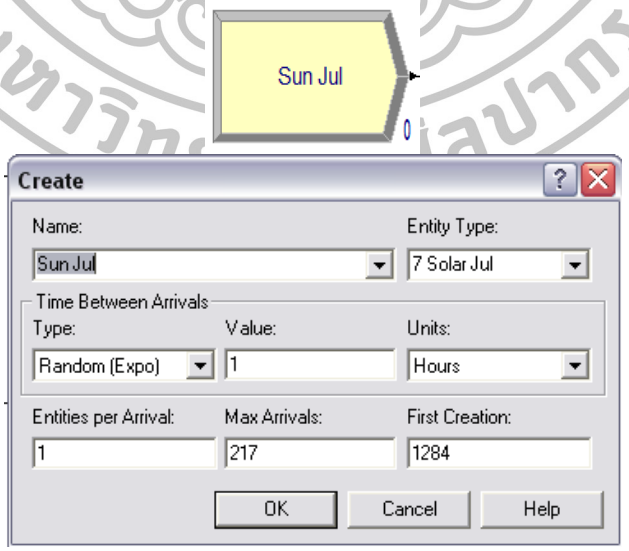
รูปที่ 4.57 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน มิถุนายน

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 6 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนมิถุนายน



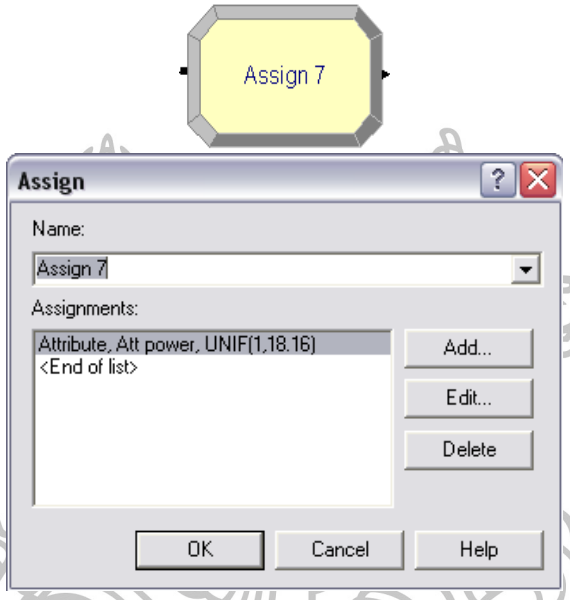
รูปที่ 4.58 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน มิถุนายน

สร้างแบบจำลองระบบในเดือนกรกฎาคมโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนมิถุนายน โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส่ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Jul เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 7 Solar Jul เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 1,284 จบการทำงานที่ 217 ชั่วโมง



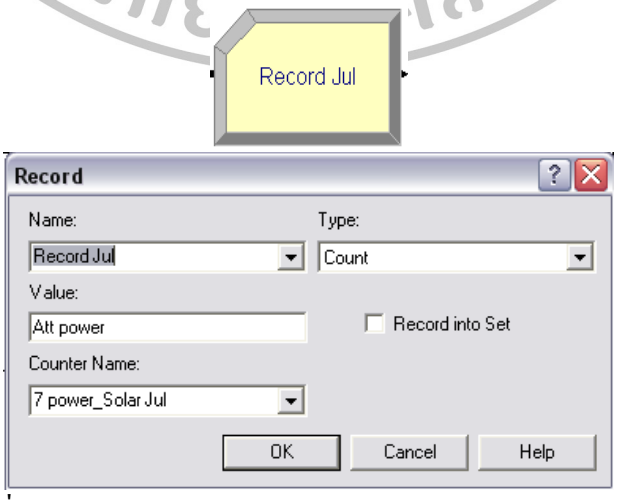
รูปที่ 4.59 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน กรกฎาคม

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 7 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Jul ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 7 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,18.16) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนกรกฎาคมมีค่าเท่ากับ 18.16MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



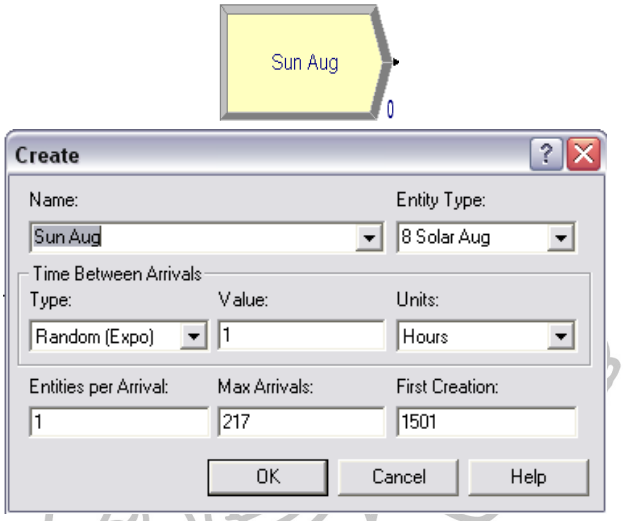
รูปที่ 4.60 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน กรกฎาคม

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 7 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนกรกฎาคม



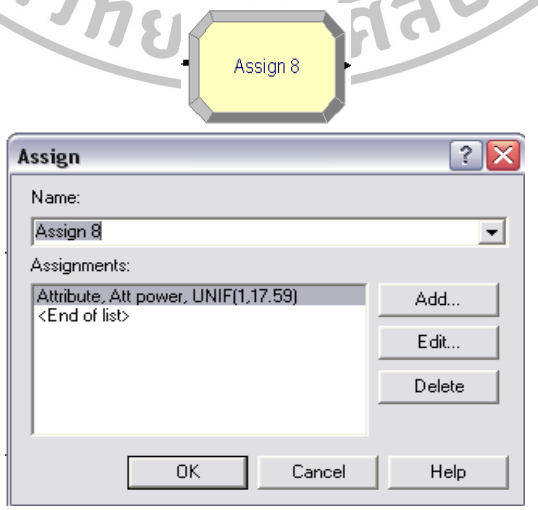
รูปที่ 4.61 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน กรกฎาคม

สร้างแบบจำลองระบบในเดือนสิงหาคมโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนกรกฎาคม โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส่ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Aug เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 8 Solar Aug เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 1,501 จบการทำงานที่ 217 ชั่วโมง



รูปที่ 4.62 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน สิงหาคม

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 8 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Aug ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 8 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,17.59) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนสิงหาคมมีค่าเท่ากับ 17.59MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง

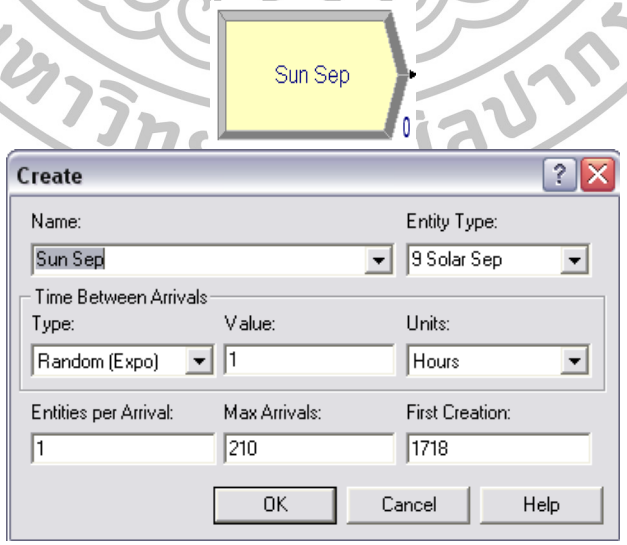


รูปที่ 4.63 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน สิงหาคม

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 8 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนสิงหาคม

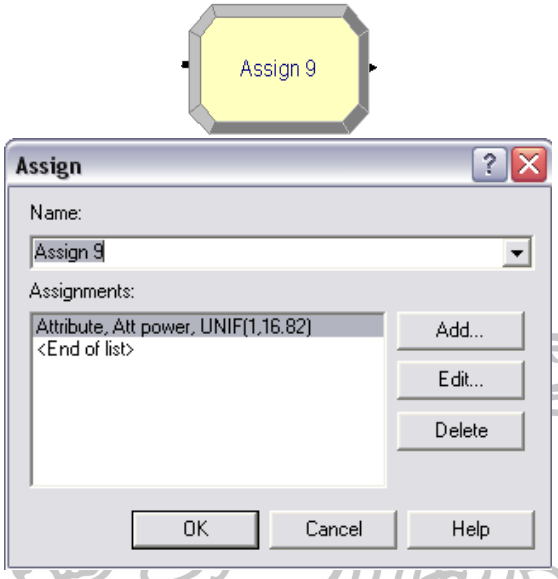
รูปที่ 4.64 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน สิงหาคม

สร้างแบบจำลองระบบในเดือนกันยาโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนสิงหาคม โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส่ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Sep เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 9 Solar Sep เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 1,718 จบการทำงานที่ 210 ชั่วโมง



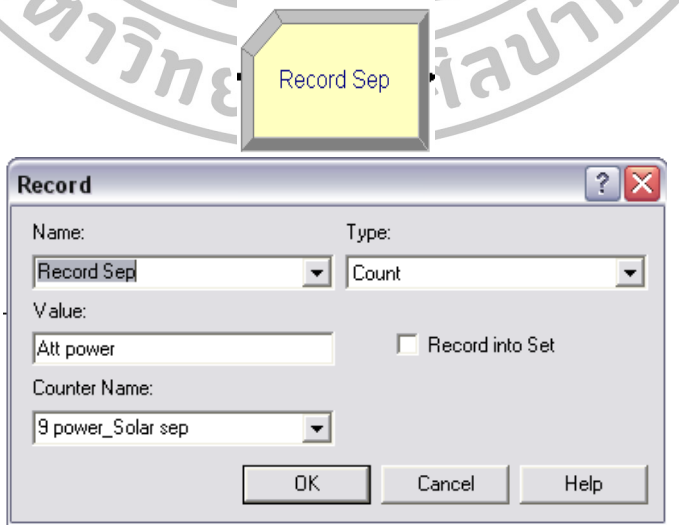
รูปที่ 4.65 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน กันยายน

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 9 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Sep ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 9 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงาน เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,16.82) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนกันยายนมีค่าเท่ากับ 16.82MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



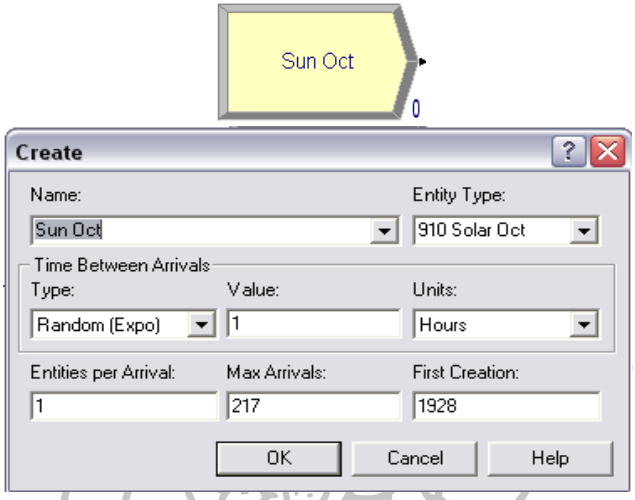
รูปที่ 4.66 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน กันยายน

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 9 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนกันยายน



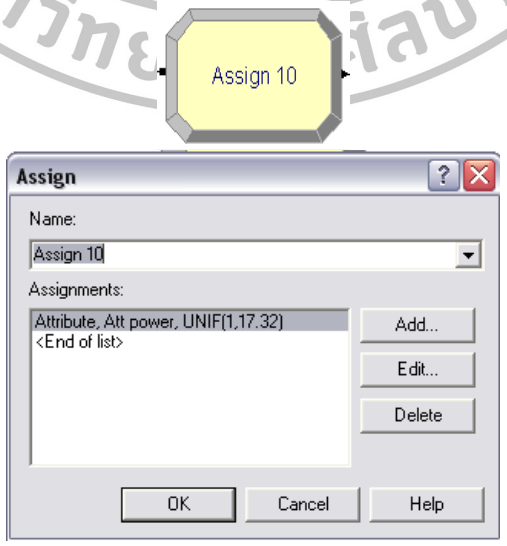
รูปที่ 4.67 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน กันยายน

สร้างแบบจำลองระบบในเดือนตุลาคมโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนกันยายน โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส่ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Oct เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 10 Solar Oct เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 1,928 จบการทำงานที่ 217 ชั่วโมง



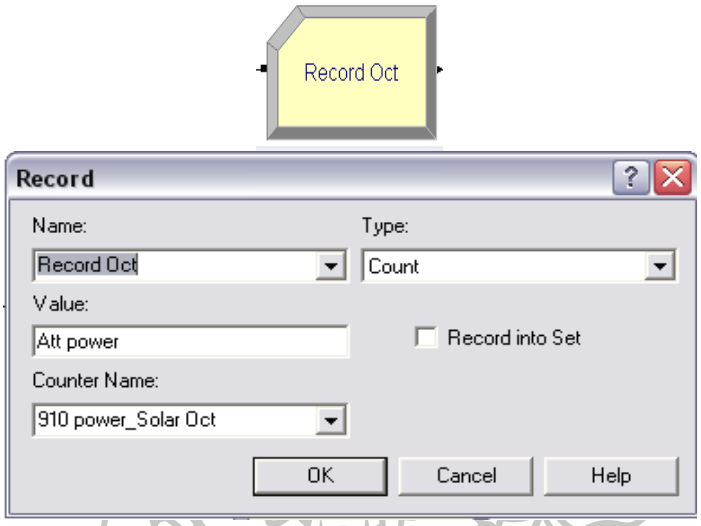
รูปที่ 4.68 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน ตุลาคม

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 10 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Oct ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 10 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงานเมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,17.32) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนตุลาคมมีค่าเท่ากับ 17.32MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



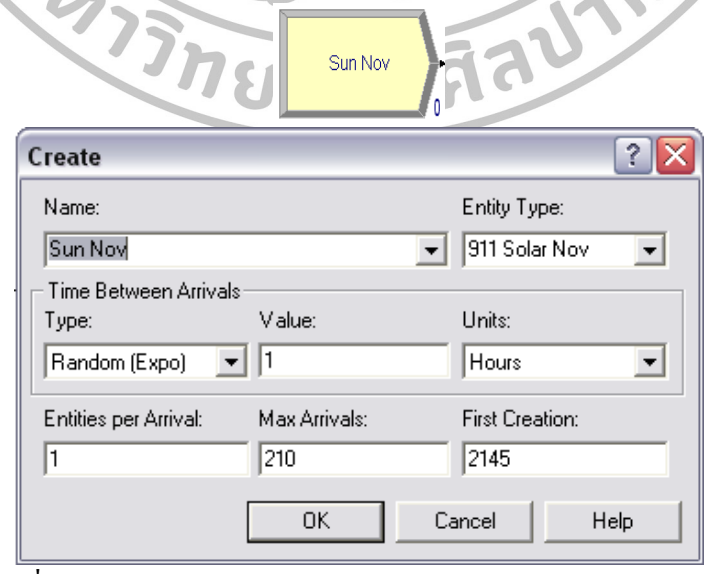
รูปที่ 4.69 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน ตุลาคม

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 10 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนตุลาคม



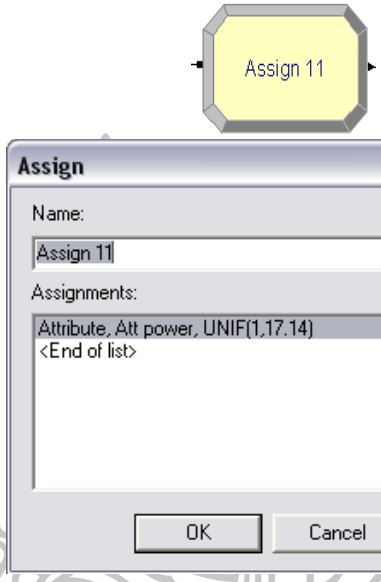
รูปที่ 4.70 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน ตุลาคม

สร้างแบบจำลองระบบในเดือนพฤศจิกายนโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนตุลาคมโดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใสข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Nov เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 11 Solar Nov เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 2,145 จบการทำงานที่ 210 ชั่วโมง



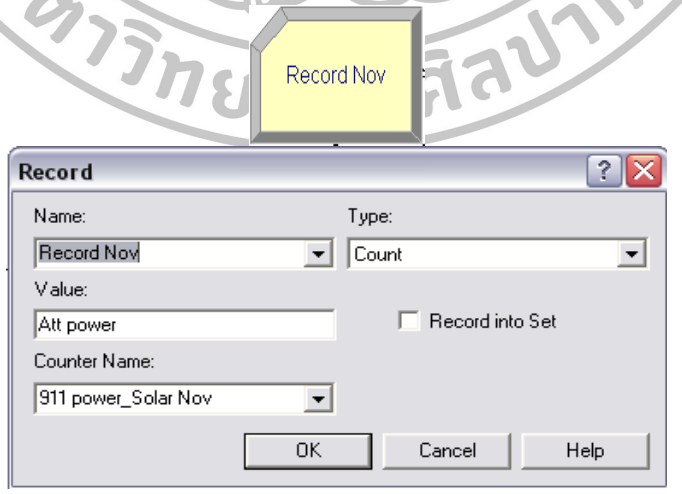
รูปที่ 4.71 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน พฤศจิกายน

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 11 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Nov ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 11 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงานเมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,17.32) โดยให้ค่าความเข้มแสงในเดือนพฤศจิกายนมีค่าเท่ากับ 17.32MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง



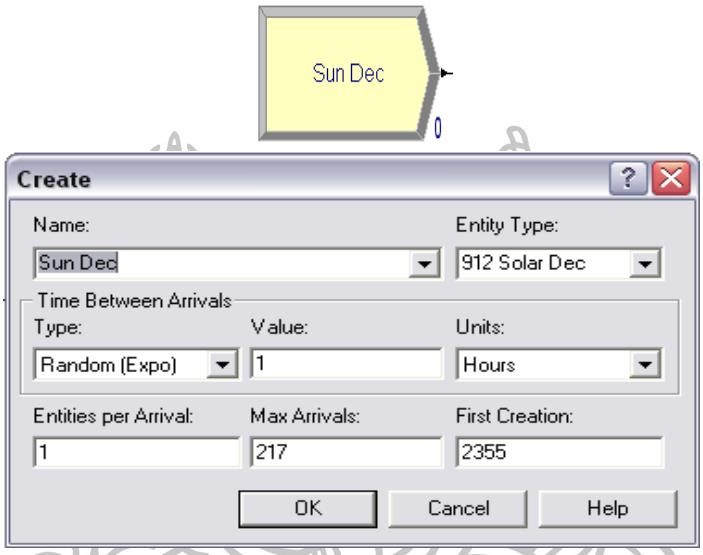
รูปที่ 4.72 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน พฤศจิกายน

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 11 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนพฤศจิกายน



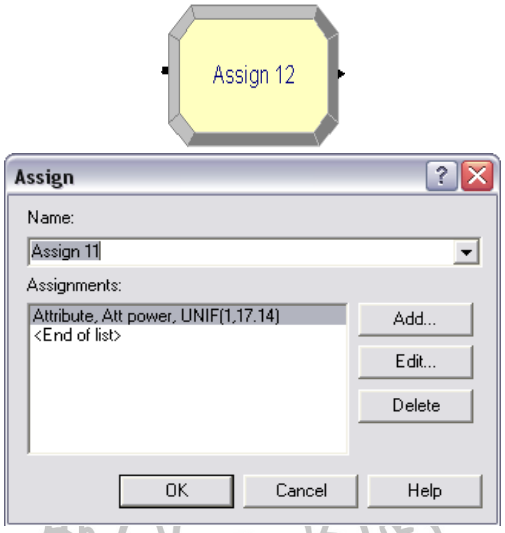
รูปที่ 4.73 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน พฤศจิกายน

สร้างแบบจำลองระบบในเดือนธันวาคมโดยให้เริ่มทำงานหลังจากจบการทำงานในเดือนกันยายน โดยกำหนดวัตถุดิบเป็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังระบบด้าย Create Module ใส่ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Sun Dec เพื่อสร้างวัตถุชื่อ 12 Solar Dec เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Random(Expo) ด้วยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เริ่มต้นที่ 2,355 จบการทำงานที่ 217 ชั่วโมง



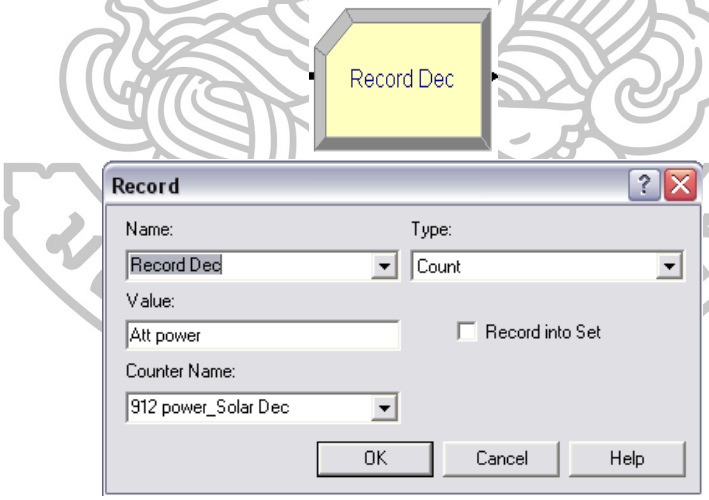
รูปที่ 4.74 แสดงหน้าต่างของ Create Module ในเดือน ธันวาคม

สร้าง Assign Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 12 เพื่อใส่คุณสมบัติให้วัตถุชื่อ 1 Solar Dec ใส่ขอมูลใน Assign Module ชื่อ Assign 12 เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัวให้แก่พลังงานเมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติชื่อ UNIF(1,17.32) โดยให้ค่าความเข็มแสงในเดือนธันวาคมมีค่าเท่ากับ 17.32MJ/m^2 ให้ค่าการแจกแจงแบบต่อเนื่อง

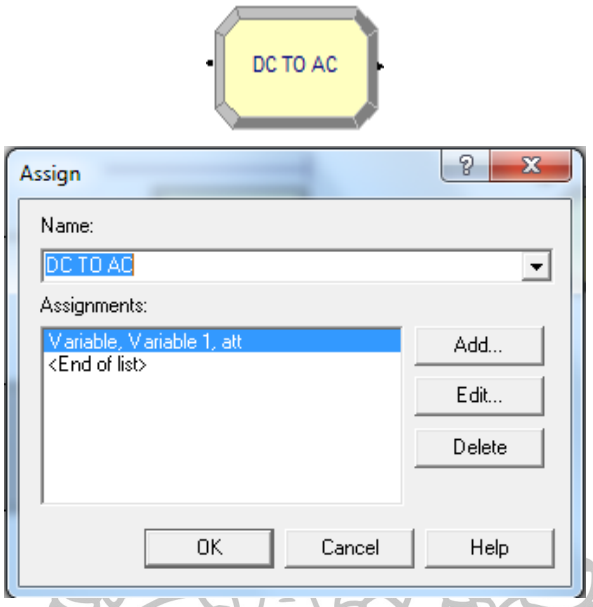


รูปที่ 4.75 แสดงหน้าต่างของ Assign Module เดือน ธันวาคม

สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Assign 12 เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือธันวาคม

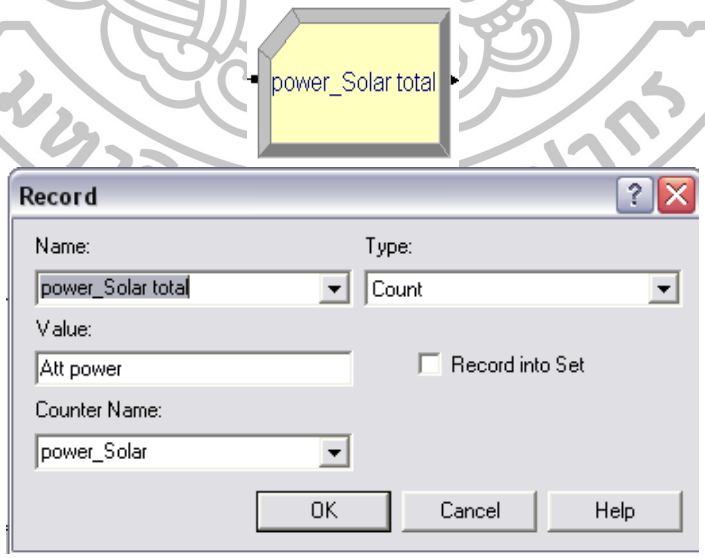


รูปที่ 4.76 แสดงหน้าต่างของ Record Module เดือน ธันวาคม

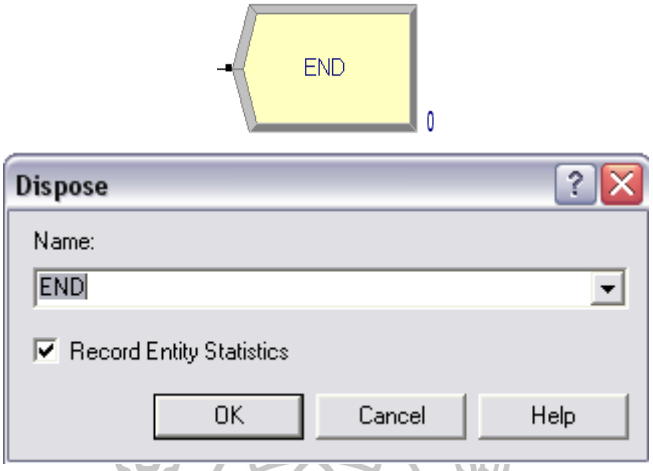


รูปที่ 4.77 แสดงหน้าต่างของ Assign Module แปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

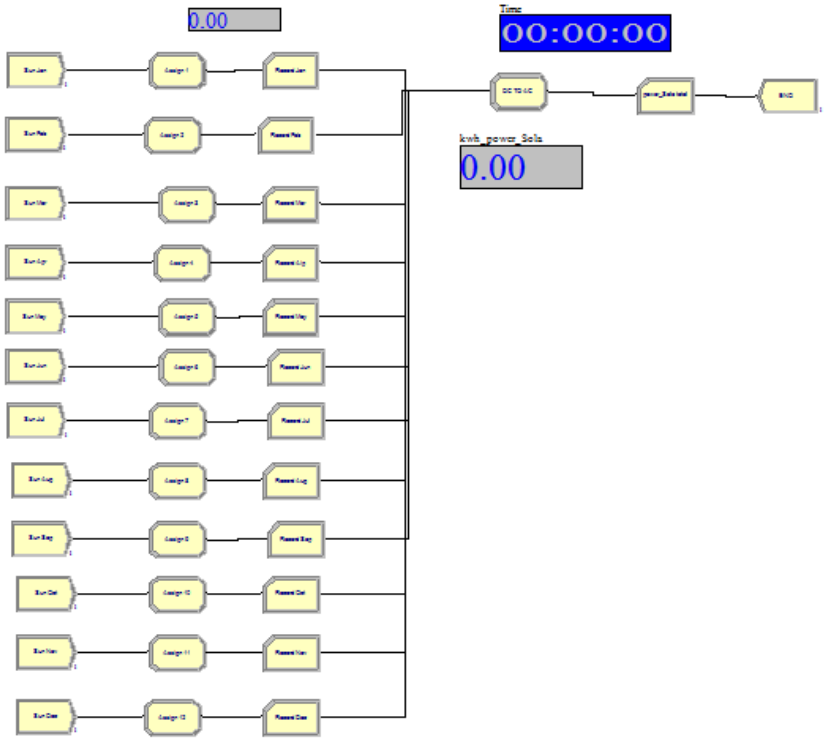
สร้าง Record Module ต่อจากโมดูลชื่อ Record_Solar total เพื่อเก็บข้อมูลการเข้ามาของพลังงานแสงอาทิตย์ในทั้ง 12 เดือน



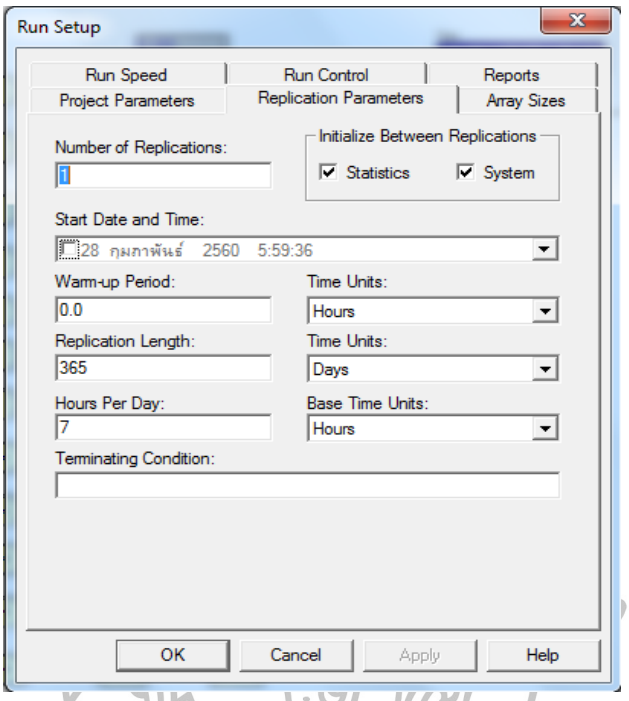
รูปที่ 4.78 แสดงหน้าต่างของ Record Module ของกำลังไฟฟ้ารวม 12 เดือน



รูปที่ 4.79 แสดงหน้าต่างของ Dispose Module จบการทำงาน



รูปที่ 4.80 แสดง Module แบบจำลองของระบบการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ



รูปที่ 4.81 แสดงหน้าต่างของการตั้งค่า Run Setup

ตารางที่ 4.4 ผลการจำลองสถานการณ์ในระบบการเปลี่ยนแสงอาทิตย์ให้เป็นกระแสสลับ กระแสตรงจากแผงพลังงาน

ปีที่	พลังงานไฟฟ้า (Kw)	ปริมาณน้ำ (ลบม.)	ผลตอบแทน (บาท)
1	21,227	31,841	84,910
2	21,078	31,617	84,312
3	20,784	31,176	83.135
4	20,347	30,521	81,389
5	19,778	29,667	79,110
6	19,085	28,268	76,338
7	18248	27,426	73,134
8	17387	26,081	69,548
9	16,413	24,620	65,653
10	15,378	23,069	61,512

4.4 การวิเคราะห์โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการปั๊มน้ำ

การวิเคราะห์โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการปั๊มน้ำ โดยที่จำลองสถานการณ์ของโครงการนี้แบ่งออกเป็นสองระบบได้แก่ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสตรง และการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสสลับ โดยทั้ง 2 ระบบนี้ จะต้องมีระยะเวลาในการคืนทุนภายใน 5 ปี เท่านั้น ถ้าเกินกว่านี้แสดงว่าโครงการไม่เหมาะสมกับการลงทุน ซึ่งการวิเคราะห์โครงการสามารถคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$NPV = 0 = \left(\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+IRR)^t}\right) - C_0 \qquad (3)$$

โดยที่

NPV = Net Present Value (มูลค่าปัจจุบันสุทธิ)

C_0 = Total initial investment costs (เงินจ่ายลงทุนครั้งแรก)

C_t = Net cash inflow during the period t (กระแสเงินสดที่ได้รับสุทธิในแต่ละปี)

t = First year to n years (ปีที่ 1 ถึงปีที่ n)

n = Number of time periods (จำนวนปี)

IRR = Internal Rate of Return (อัตราผลตอบแทนภายใน)

4.4.1 โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสตรง

ในการลงทุนของโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสตรงจะใช้งบประมาณดังแสดงในตารางที่ 4.3 โดยที่ในช่วง 1 ถึง 2 ปีแรก การปั๊มน้ำด้วยไฟฟ้ากระแสตรงมีเพียงการบำรุงรักษาเบื้องต้นด้วยช่างเทคนิค ดังนั้น จึงกำหนดให้ไม่มีค่าบำรุงรักษา และจะเริ่มคำนวณค่าบำรุงรักษาในปีที่ 3 ปีที่ 4 และปีที่ 5 โดยเฉลี่ยแล้วเพิ่มขึ้นปีละ 500 บาท เป็นต้นไป ซึ่งคิดเป็น 1,000 1,500 และ 2,000 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.4 เมื่อคำนวณตามสมกร (3) จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิอยู่ที่ 7961.89 บาท และอัตราผลตอบแทนภายในที่ร้อยละ 21.38 แสดงให้เห็นได้ว่าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสตรงใช้ระยะเวลาในการคืนทุนอยู่ที่ 4.72 ปี หรือ 4 ปี 8 เดือน

ตารางที่ 4.5 งบประมาณในการลงทุนโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสตรง

รายการ	จำนวน		ราคา/ระบบ (บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
ระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 2,400 วัตต์ ที่ระดับหัวยกน้ำไม่เกิน 40 เมตร ปริมาณน้ำที่สูบได้ 60 ลูกบาศเมตรต่อวัน	1	ระบบ		
อุปกรณ์ประกอบด้วย				
- แผงโซล่าร์เซลล์ขนาด 300 วัตต์	8	แผง	9,500.00 X 8	76,000.00
- เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดจมน้ำ 5A-10	1	เครื่อง	80,000.00	80,000.00
- ตู้ควบคุมเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์พร้อม CU 200	1	ตู้	25,000.00	25,000.00
- โครงเหล็กยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์	1	ชุด	25,000.00	25,000.00
- อุปกรณ์ติดตั้ง เช่น • สายไฟ Wiring แผง • สายไฟลงปั๊มน้ำ และเดินมายังตู้ควบคุม • สายกราวด์ • เคเบิ้ลไท • ปูนเพื่อทำตอม่อเสาโครงยึดแผน	1	ระบบ	25,000.00	25,000.00
ค่าติดตั้ง	1	ระบบ		35,000.00
รวมเป็นเงิน (บาท)				**266,000.00**

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4.6 มูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนภายในสำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสตรง

จำนวนปีของโครงการ	เงินจ่ายลงทุน (บาท)	กระแสเงินสดที่ได้รับสุทธิในแต่ละปี (บาท)	กระแสหมุนเวียนเงินสดสุทธิต่อปี (บาท)
0	-266,000.00		-266,000.00
1	0.00	9,4344.00	9,4344.00
2	0.00	9,3680.00	9,3680.00
3	-1,000.00	9,3272.00	9,3272.00
4	-1,500.00	90,432.00	90,432.00
5	-2,000.00	87,900.00	87,900.00
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)			**7,961.89**
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)			**21.38 %**

4.4.2 โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสสลับ

ในการลงทุนของโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสสลับจะใช้งบประมาณดังแสดงในตารางที่ 4.5 โดยที่ในช่วง 1 ถึง 2 ปีแรก การปั๊มน้ำด้วยไฟฟ้ากระแสตรงมีเพียงการบำรุงรักษาเบื้องต้นด้วยช่างเทคนิคเช่นเดียวกับการปั๊มน้ำด้วยไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้น จึงกำหนดให้ไม่มีค่าบำรุงรักษา และจะเริ่มคำนวณค่าบำรุงรักษาในปีที่ 3 รวมค่าเปลี่ยนแบตเตอรี่ทั้งหมดอยู่ที่ 30,000 บาท (แบตเตอรี่จะเปลี่ยนทุก ๆ 3 ปี และจะเสียค่าบำรุงรักษาในปีที่เปลี่ยนแบตเตอรี่ราว ๆ 30,000 บาท เป็นอย่างน้อย) หลังจากนั้นในปีที่ 4 และปีที่ 5 โดยเฉลี่ยแล้วจะเสียค่าบำรุงรักษาปีละ 2,000 บาท ดังตารางที่ 4.6 เมื่อคำนวณตามสมการ (3) จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิใน 5 ปี อยู่ที่ -70,879.94 บาท และอัตราผลตอบแทนภายในที่ร้อยละ 8.22 แสดงให้เห็นได้ว่าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสสลับใช้ระยะเวลาในการคืนทุนอยู่ที่ 9.50 ปี หรือ 9 ปี 6 เดือน ซึ่งใช้ระยะเวลาในการคืนทุนนานกว่าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสตรงมากถึง 4 ปี 8 เดือน

ตารางที่ 4.7 งบประมาณในการลงทุนโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสสลับ

รายการ	จำนวน		ราคา/ระบบ (บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
ระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1,800 วัตต์ ที่ระดับหัวยกน้ำไม่เกิน 40 เมตร ปริมาณน้ำที่สูบได้ 60 ลูกบาศเมตรต่อวัน	1	ระบบ		
อุปกรณ์ประกอบด้วย				
- แผงโซล่าร์เซลล์ขนาด 300 วัตต์	6	แผง	9,000.00 X 6	54,000.00
- เครื่องสูบน้ำขนาด 5.5 kw	1	เครื่อง	70,000.00	70,000.00
- แบตเตอรี่รวมติดตั้ง	1	ระบบ	30,000.00	30,000.00
- Inverter	1	ชุด	85,000.00	85,000.00
- โครงเหล็กยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์	1	ชุด	15,000.00	15,000.00
- อุปกรณ์ติดตั้ง เช่น • สายไฟ Wiring แผง • สายไฟลงปั๊มน้ำ และเดินมายังตู้ควบคุม • สายกราวด์ • เคเบิ้ลไท • ปูนเพื่อทำตอม่อเสาโครงยึดแผน		ระบบ	15,000.00	15,000.00
ค่าติดตั้ง	1	ระบบ		25,000.00
รวมเป็นเงิน (บาท)				**294,000.00**

ตารางที่ 4.8 มูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนภายในสำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสสลับ

จำนวนปีของโครงการ	เงินจ่ายลงทุน (บาท)	กระแสเงินสดที่ได้รับสุทธิในแต่ละปี (บาท)	กระแสหมุนเวียนเงินสดสุทธิต่อปี (บาท)
0	-294,000.00		-294,000.00
1	0.00	82,786.86	82,786.86
2	0.00	82,204.20	82,204.20
3	-30,000.00	81,056.43	81,056.43
4	-2,000.00	79,354.08	79,354.08
5	-2,000.00	77,132.25	77,132.25
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)			**-70,879.94**
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)			**8.22 %**

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการนำเสนอแนวคิดในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารขนาดใหญ่ โดยมุ่งไปที่การปรับปรุงระบบประปาที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อน ผู้วิจัยได้เลือกใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนและเป็นแหล่งพลังงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในการปรับปรุงระบบประปาในอาคารขนาดใหญ่

จากการใช้พลังงานในการปั๊มน้ำขึ้นสู่อาคารขนาดใหญ่โดยจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า (Arena®) ในการเปรียบเทียบ 2 ระบบ โดยระบบที่ 1 เป็นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่นำมาใช้งานมอเตอร์ปั๊มกระแสตรง (DC-Motor) ระบบที่ 2 เป็นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่นำมาใช้กับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสสลับ (AC-Motor) ซึ่งทั้งสองระบบมีข้อแตกต่างในเรื่องของการใช้พลังงานที่มีการกักเก็บ และพลังงานที่ได้มาแล้วยังสามารถใช้ได้ทันที (real-time) และการจำลองสถานการณ์โดยโปรแกรมอารีน่าสำหรับ 5 ปีแรก ยังพบว่าการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาปั๊มน้ำของระบบทั้งสองสามารถปั๊มน้ำในปริมาณที่เพียงพอกับการใช้งานในอาคารขนาดใหญ่โดยระบบที่ 1 ได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 34,404.8 ลูกบาศเมตรต่อปี ใช้ระยะเวลาการคืนทุนภายใน 4 ปี 8 เดือน โดยให้อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของโครงการมากถึงร้อยละ 21.38 และระบบที่ 2 ได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ -30,964.40 ลูกบาศเมตรต่อปี ซึ่งสามารถปั๊มน้ำได้มากกว่าระบบที่ 1 แต่ในทางกลับกันระบบที่ 2 ให้อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของโครงการเพียงแค่ร้อยละ 8.22 และใช้ระยะเวลาในการคืนทุนยาวนานถึง 9 ปี 6 เดือน

นอกจากนั้นยังสรุปได้ว่าระบบการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่นำมาใช้งานมอเตอร์ปั๊มกระแสตรงนั้น มีความสามารถในการปั๊มน้ำได้มากกว่าระบบปั๊มน้ำที่ต้องซื้อกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย อีกทั้งยังประหยัดค่าไฟฟ้าที่ต้องซื้อจากการไฟฟ้า และเมื่อลงทุนแล้วสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 ปี อีกด้วย

ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงสรุปได้ว่า ควรเลือกดำเนินการโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสตรงในระบบประปาของอาคารขนาดใหญ่ เพราะได้

อัตราผลตอบแทนภายในมากกว่า และมีระยะเวลาการคืนทุนเร็วกว่า โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสสลับ

5.2 อุปสรรคในการทำวิจัย

ในการเสนอเพื่อลงทุนโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ปั๊มน้ำสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ต้องมีการลงความเห็นและการอนุมัติจากหลายฝ่าย ดังนั้น ถ้าหากฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งไม่เห็นด้วยกับการให้งบประมาณในอนาคตการลงทุนสำหรับโครงการนี้ อาจจะไม่เกิดขึ้นจริง

5.3 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

พลังงานแสงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมีความไม่แน่นอนในบางเวลา ซึ่งทำให้เกิดความเสียงในการใช้งานระบบปั๊มน้ำด้วยพลังงานจากแสงอาทิตย์ การวิจัยครั้งต่อไปต้องจำลองสถานการณ์โดยการเพิ่มระบบการปั๊มน้ำแบบเดิมเพื่อเป็นการสำรองและลดความเสี่ยงในวันที่พลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามรถใช้งานได้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

[1] สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554) เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์. เข้าถึงเมื่อ 23 กรกฎาคม. เข้าถึงได้จาก http://www4.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=889&Itemid=56&lang=th.

[2] พิมลมาศ วรรณคนาพล, เอนก สุวรรณชัยสกุล, ปาริณี ศรีสุวรรณ์ และเฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์. (2555). “ประโยชน์ของการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา: กรณีศึกษาอาคารที่พักอาศัยต้นทุนต่ำ”. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[3] ชะกาแก้ว สุดสีชัง. (2551) “การทำนายการใช้พลังงานของบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย”. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[4] จารุตม์ คุณานพดล. (ม.ป.ป.). ระบบการจ่ายน้ำในอาคาร. เข้าถึงเมื่อ 20 มกราคม. เข้าถึงได้จาก http://www.ksengineerings.com/UploadImage/e4 dd2 0 2 1 -edb1 -4 f8 3 -9 fe0 -2 0 6 8815d4de8.pdf.

[5] มงคล ทองสงคราม. (2535). เครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ “มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ”. เข้าถึงเมื่อ 16 สิงหาคม. เข้าถึงได้จาก http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web /s ara03.htm.

[6] มงคล ทองสงคราม. (2535). เครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ “วาวด์ โรเตอร์ มอเตอร์”. เข้าถึงเมื่อ 16 สิงหาคม. เข้าถึงได้จาก http://www.gprecision.net/induction-motor-ac-Wou nd-Rotor.html.

[7] มงคล ทองสงคราม. (2535). เครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ “Repulsion motor คืออะไร”. เข้าถึงเมื่อ 16 สิงหาคม. เข้าถึงได้จาก http://eng.sut.ac.th/me/meold/3_2551/4 35330/sut.ppt.

[8] ไวพจน์ ศรีธัญ. (2548). เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง “มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง”. เข้าถึงเมื่อ 19 กันยายน. เข้าถึงได้จาก http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/ sara01.htm.

[9] มงคล พรหมเทศ. (2542). งานไฟฟ้าทั่วไป “DC Series Motor”. เข้าถึงเมื่อ 23 กรกฎาคม. เข้าถึงได้จากhttp://www.tpub.com/neets/book5/32NE0440.GIF.

[10] มงคล พรหมเทศ. งานไฟฟ้าทั่วไป “Motor กระตุ้นแยก”. เข้าถึงเมื่อ 23 กรกฎาคม. เข้าถึงได้จาก http://www.9engineer.com/au_main/Drives/ separataly%20excited.htm.

[11] วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร. (2555). “การวิเคราะห์แบบจำลอง Simulation Model Analysis”. ม.ป.ท.

[12] รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ (สีเหลืองสวัสดิ์). (2553). คู่มือสร้างแบบจำลอง ด้วยโปรแกรม Arenas. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[13] จอมภพ แววศักดิ์, มารีนา มะหนิ, สุวิทย์ เพชรห้วยลึก, ชูลีรัตน์ คงเรือง, นิสากร กล้าณรงค์. (2551). “**การพัฒนาระบบสูบน้ำแบบผสมผสานด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมสำหรับการทำนาข้าวในจังหวัดพัทลุง**”. โครงการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2550 ถึง 2551 มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ในบริเวณจังหวัดนครปฐม

ตารางข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ในบริเวณจังหวัดนครปฐม

				JANUARY	FEBRUARY	MARCH	APRIL	MAY	JUNE
DISTRICT	Tumbol	Lat	Lon	Radiation (MJ/m²)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m²)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m²)	Radiation (MJ/m2)
	ทรงปฐมเจดีย์	13.82	100.06	17.49	19.46	20.54	21.16	18.95	18.46
	บางแขม	13.76	100.03	17.47	19.58	20.56	21.23	18.95	18.58
	ทรงประไทย	13.80	100.09	17.56	19.43	20.48	21.09	19.01	18.47
	ธรรมศาลา	13.81	100.11	17.50	19.40	20.34	21.10	18.92	18.47
	ตากอง	13.89	100.05	17.48	19.41	20.39	21.11	18.90	18.45
	มาบแค	13.87	100.08	17.52	19.49	20.44	21.14	18.86	18.48
	สนามจันทร์	13.80	100.05	17.45	19.50	20.56	21.18	18.96	18.53
	ดอนยายหอม	13.73	100.07	17.65	19.59	20.65	21.38	19.08	18.68
	ถนนขาด	13.78	100.08	17.53	19.51	20.48	21.17	18.97	18.58
เมืองนครปฐม	บ่อพลับ	13.83	100.08	17.52	19.47	20.48	21.13	18.94	18.39
	นครปฐม	13.85	100.05	17.52	19.46	20.41	21.15	18.97	18.49
	วังตะกู	13.86	100.02	17.47	19.46	20.52	21.27	18.96	18.48
	หนองปากโลง	13.85	100.00	17.47	19.46	20.52	21.27	18.96	18.48
	สามควายเผือก	13.84	100.11	17.48	19.45	20.38	21.10	18.93	18.40
	ทุ่งน้อย	13.85	100.10	17.52	19.46	20.43	21.13	18.88	18.39
	หนองดินแดง	13.80	99.98	17.53	19.55	20.58	21.33	18.97	18.52
	วังเย็น	13.77	100.01	17.46	19.53	20.64	21.28	18.97	18.57
	โพรงมะเดื่อ	13.85	99.98	17.44	19.44	20.51	21.25	18.96	18.51
	สำพยา	13.81	100.02	17.48	19.50	20.55	21.26	18.95	18.49
	สนามแจง	13.76	99.97	17.48	19.62	20.57	21.35	19.00	18.54
	ทัพหลวง	13.89	100.00	17.40	19.41	20.45	21.14	18.92	18.44
	หนองงูเหลือม	13.91	99.95	17.40	19.31	20.42	21.06	18.97	18.48
	บ้านยาง	13.87	99.93	17.34	19.42	20.53	21.11	18.95	18.49
	สวนป่าน	13.76	99.95	17.51	19.57	20.55	21.34	18.98	18.48

				July	August	September	October	November	December	Average
DISTRICT	Tumbol	Lat	Lon	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)
	ทรงปฐมเจดีย์	13.82	100.06	17.47	17.28	17.33	16.39	16.78	16.73	18.17
	บางแขม	13.76	100.03	17.61	17.31	17.35	16.21	16.66	16.62	18.18
	ทรงประไทน	13.80	100.09	17.52	17.35	17.31	16.39	16.81	16.69	18.18
	ธรรมศาลา	13.81	100.11	17.56	17.28	17.31	16.39	16.84	16.73	18.16
	ตากอง	13.89	100.05	17.47	17.38	17.26	16.65	16.98	16.75	18.18
	มาบแค	13.87	100.08	17.44	17.40	17.30	16.65	17.00	16.78	18.21
	สนามจันทร์	13.80	100.05	17.54	17.25	17.33	16.29	16.70	16.65	18.16
	ดอนยายหอม	13.73	100.07	17.70	17.43	17.37	16.25	16.79	16.61	18.26
	ถนนขาด	13.78	100.08	17.63	17.36	17.35	16.21	16.67	16.69	18.18
เมืองนครปฐม	บ่อพลับ	13.83	100.08	17.45	17.34	17.31	16.54	16.91	16.79	18.19
	นครปฐม	13.85	100.05	17.47	17.34	17.26	16.57	16.88	16.82	18.20
	วังตะกู	13.86	100.02	17.49	17.34	17.26	16.49	16.83	16.72	18.19
	หนองปากโลง	13.85	100.00	17.49	17.34	17.26	16.49	16.83	16.72	18.19
	สามควายเผือก	13.84	100.11	17.46	17.34	17.29	16.56	16.95	16.76	18.17
	ทุ่งน้อย	13.85	100.10	17.43	17.38	17.29	16.63	16.99	16.83	18.20
	หนองดินแดง	13.80	99.98	17.56	17.31	17.36	16.29	16.69	16.64	18.19
	วังเย็น	13.77	100.01	17.61	17.31	17.37	16.17	16.62	16.61	18.18
	โพรงมะเดื่อ	13.85	99.98	17.51	17.30	17.25	16.44	16.73	16.59	18.16
	ลำพยา	13.81	100.02	17.51	17.29	17.33	16.36	16.73	16.68	18.18
	สระกะเทียม	13.76	99.97	17.55	17.27	17.32	16.23	16.66	16.64	18.19
	สวนป่าน	13.76	99.95	17.52	17.28	17.33	16.28	16.63	16.66	18.18
	ทัพหลวง	13.89	100.00	17.57	17.34	17.24	16.55	16.83	16.72	18.17
	หนองงูเหลือม	13.91	99.95	17.50	17.30	17.24	16.51	16.78	16.58	18.13
	บ้านยาง	13.87	99.93	17.47	17.30	17.20	16.40	16.67	16.53	18.12

				JANUARY	FEBRUARY	MARCH	APRIL	MAY	JUNE
DISTRICT	Tumbol	Lat	Lon	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)
	ทุ่งกระทิงไหม้	13.98	100.00	17.42	19.34	20.47	21.03	18.92	18.52
	กระดึง	14.10	99.93	17.30	19.26	20.46	20.96	18.99	18.70
	ทุ่งลูกนก	14.03	99.89	17.30	19.15	20.45	20.98	19.07	18.55
	ห้วยขวาง	13.92	100.01	17.44	19.33	20.32	21.02	18.91	18.43
	ทุ่งขวาง	13.97	99.97	17.36	19.32	20.49	21.02	18.95	18.53
กำแพงแสน	สระสี่มุม	14.06	100.00	17.49	19.46	20.49	21.12	19.08	18.64
	ทุ่งบัว	14.04	99.94	17.31	19.28	20.43	20.99	19.00	18.58
	คอนย่อย	14.02	100.04	17.54	19.46	20.49	21.09	19.02	18.55
	สระพัฒนา	14.09	100.01	17.49	19.45	20.41	21.13	19.10	18.67
	ห้วยหมอนทอง	13.97	99.92	17.32	19.30	20.51	20.99	19.06	18.56
	ห้วยบ่วง	14.13	100.03	17.53	19.42	20.43	21.14	19.03	18.71
	กำแพงแสน	14.02	99.98	17.46	19.37	20.48	21.02	19.04	18.57
	รางกี่กุด	14.01	99.93	17.31	19.18	20.49	20.98	19.04	18.59
	หนองกระทุ่ม	14.01	99.86	17.25	19.26	20.48	21.06	19.12	18.62
	วังน้ำเขียว	13.98	100.02	17.53	19.44	20.40	21.10	18.95	18.54

				July	August	September	October	November	December	Average
DISTRICT	Tumbol	Lat	Lon	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)
	ทุ่งกระพังโหม	13.98	100.00	17.53	17.38	17.36	16.97	17.02	16.68	18.22
	กระสัง	14.10	99.93	17.60	17.38	17.43	17.06	16.95	16.57	18.22
	ทุ่งสุกนก	14.03	99.89	17.52	17.37	17.27	16.85	16.79	16.60	18.16
	ห้วยขวาง	13.92	100.01	17.54	17.40	17.30	16.73	16.96	16.80	18.18
	ทุ่งขวาง	13.97	99.97	17.53	17.37	17.29	16.90	16.93	16.67	18.20
กำแพงแสน	สระสี่มุม	14.06	100.00	17.61	17.46	17.57	17.46	17.27	16.76	18.37
	ทุ่งบัว	14.04	99.94	17.58	17.42	17.36	17.08	16.99	16.65	18.22
	คลองลอย	14.02	100.04	17.58	17.48	17.60	17.32	17.23	16.77	18.35
	สระพังนา	14.09	100.01	17.59	17.44	17.63	17.58	17.29	16.77	18.38
	ห้วยหมอนทอง	13.97	99.92	17.52	17.32	17.26	16.72	16.80	16.56	18.16
	ห้วยม่วง	14.13	100.03	17.57	17.54	17.72	17.74	17.45	16.78	18.42
	กำแพงแสน	14.02	99.98	17.59	17.42	17.43	17.25	17.12	16.72	18.29
	รางหีก	14.01	99.93	17.54	17.32	17.26	16.86	16.87	16.61	18.17
	หนองกระทุ่ม	14.01	99.86	17.46	17.32	17.33	16.71	16.72	16.56	18.16
	วังน้ำเขียว	13.98	100.02	17.49	17.41	17.52	17.12	17.17	16.73	18.28

				JANUARY	FEBRUARY	MARCH	APRIL	MAY	JUNE
DISTRICT	Tumbol	Lat	Lon	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)
	นครชัยศรี	13.79	100.19	17.48	19.24	20.25	20.86	18.84	18.40
	บางกระเบา	13.79	100.18	17.48	19.24	20.25	20.86	18.84	18.40
	วัดแค	13.81	100.18	17.46	19.27	20.26	20.92	18.86	18.43
	ท่าตำหนัก	13.78	100.18	17.51	19.31	20.29	20.91	18.86	18.46
	บางแก้ว	13.76	100.17	17.46	19.36	20.39	20.97	18.90	18.44
	ท่ากระชับ	13.76	100.16	17.47	19.40	20.49	21.15	18.96	18.49
	ขุนแก้ว	13.77	100.20	17.45	19.20	20.16	20.84	18.81	18.34
	ท่าพระยา	13.79	100.15	17.53	19.38	20.32	21.00	18.91	18.47
	หนองยาว	13.80	100.13	17.52	19.41	20.36	21.08	18.91	18.51
	บางระกำ	13.77	100.13	17.56	19.47	20.46	21.15	18.93	18.57
นครชัยศรี	โคกพระเจดีย์	13.73	100.13	17.61	19.65	20.64	21.32	18.99	18.60
	แหลมบัว	13.85	100.15	17.49	19.25	20.20	20.88	18.83	18.37
	ศรีมหาโพธิ์	13.87	100.17	17.44	19.17	20.14	20.77	18.75	18.38
	สัมปทวน	13.83	100.19	17.44	19.19	20.20	20.76	18.80	18.39
	วัดสำโรง	13.83	100.21	17.41	19.16	20.17	20.73	18.77	18.37
	ดอนแฝก	13.86	100.23	17.37	19.13	20.09	20.67	18.74	18.37
	ห้วยพลู	13.87	100.23	17.44	19.14	20.03	20.67	18.73	18.38
	วัดสมุด	13.88	100.18	17.44	19.15	20.14	20.75	18.74	18.35
	บางหลวง	13.90	100.19	17.36	19.17	20.12	20.76	18.76	18.36
	บางแก้วฟ้า	13.90	100.23	17.44	19.16	20.03	20.67	18.75	18.36
	สามตำบัว	13.84	100.25	17.38	19.13	20.05	20.65	18.71	18.29
	จ้างราย	13.81	100.21	17.43	19.18	20.15	20.76	18.81	18.34
	ไทยาวาส	13.80	100.21	17.43	19.15	20.19	20.75	18.79	18.36

				July	August	September	October	November	December	Average
DISTRICT	Tumbol	Lat	Lon	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)
	นครชัยศรี	13.79	100.19	17.57	17.17	17.10	16.37	16.79	16.66	18.06
	บางกระเบา	13.79	100.18	17.57	17.17	17.10	16.37	16.79	16.66	18.06
	วัดแค	13.81	100.18	17.55	17.19	17.16	16.44	16.83	16.69	18.09
	ท่าตำหนัก	13.78	100.18	17.62	17.22	17.10	16.20	16.72	16.67	18.07
	บางแก้ว	13.76	100.17	17.61	17.23	17.12	16.23	16.60	16.49	18.07
	ท่ากระชับ	13.76	100.16	17.65	17.30	17.17	16.16	16.59	16.53	18.11
	ขุนแก้ว	13.77	100.20	17.54	17.14	17.06	16.41	16.73	16.60	18.02
	ท่าพระยา	13.79	100.15	17.62	17.22	17.15	16.27	16.78	16.66	18.11
	หนองปลิง	13.80	100.13	17.63	17.23	17.24	16.27	16.77	16.71	18.14
	บางระกำ	13.77	100.13	17.67	17.26	17.22	16.21	16.76	16.65	18.16
นครชัยศรี	โคกพระเจดีย์	13.73	100.13	17.69	17.31	17.26	16.25	16.63	16.52	18.21
	แหลมบัว	13.85	100.15	17.44	17.18	17.24	16.57	16.98	16.69	18.09
	ศรีมหาโพธิ์	13.87	100.17	17.38	17.15	17.24	16.70	17.03	16.69	18.07
	สัมปทวน	13.83	100.19	17.45	17.15	17.19	16.56	16.96	16.74	18.07
	วัดสำโรง	13.83	100.21	17.43	17.09	17.20	16.61	16.97	16.75	18.05
	ดอนแฝก	13.86	100.23	17.38	17.04	17.25	16.76	17.05	16.70	18.05
	ห้วยพลู	13.87	100.23	17.34	17.10	17.32	16.78	17.04	16.68	18.05
	วัดละมุด	13.88	100.18	17.35	17.10	17.27	16.80	17.04	16.70	18.07
	บางพระ	13.90	100.19	17.38	17.15	17.34	16.84	17.03	16.74	18.08
	บางแก้วฟ้า	13.90	100.23	17.29	17.11	17.35	16.82	17.07	16.73	18.06
	สามง่ามท่า	13.84	100.25	17.36	17.03	17.25	16.78	17.01	16.64	18.02
	จ้างราย	13.81	100.21	17.49	17.12	17.14	16.54	16.92	16.70	18.05
	ไทยาวาส	13.80	100.21	17.55	17.14	17.10	16.44	16.83	16.61	18.03

				JANUARY	FEBRUARY	MARCH	APRIL	MAY	JUNE
DISTRICT	Tumbol	Lat	Lon	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)
	สามง่าม	13.97	100.08	17.51	19.39	20.44	21.02	18.93	18.47
	ห้วยพระ	13.93	100.08	17.54	19.25	20.35	21.02	18.87	18.40
	สำเหย	13.96	100.04	17.52	19.42	20.46	21.00	18.92	18.43
คอนคูม	คอนทราย	13.93	100.13	17.40	19.24	20.27	20.87	18.79	18.38
	บ้านหลวง	13.91	100.15	17.37	19.22	20.21	20.84	18.78	18.40
	คอนรวก	13.89	100.12	17.45	19.28	20.30	20.94	18.86	18.49
	ห้วยด้วน	13.90	100.10	17.45	19.34	20.34	21.00	18.84	18.49
	สำลูกบัว	14.02	100.09	17.51	19.34	20.39	21.05	18.99	18.52

				July	August	September	October	November	December	Average
DISTRICT	Tumbol	Lat	Lon	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)
	สามง่าม	13.97	100.08	17.47	17.36	17.51	17.15	17.24	16.73	18.27
	ห้วยพระ	13.93	100.08	17.51	17.40	17.31	16.83	17.06	16.75	18.19
	สำเหย	13.96	100.04	17.46	17.43	17.45	16.98	17.08	16.70	18.24
คอนคูม	คอนทราย	13.93	100.13	17.45	17.29	17.35	16.89	17.13	16.76	18.15
	บ้านหลวง	13.91	100.15	17.43	17.25	17.35	16.83	17.08	16.81	18.13
	คอนรวก	13.89	100.12	17.39	17.30	17.30	16.73	17.09	16.71	18.15
	ห้วยด้วน	13.90	100.10	17.47	17.32	17.31	16.87	17.05	16.82	18.19
	สำลูกบัว	14.02	100.09	17.51	17.46	17.55	17.31	17.30	16.82	18.31

				JANUARY	FEBRUARY	MARCH	APRIL	MAY	JUNE
DISTRICT	Tumbol	Lat	Lon	Radiation (MJ/m²)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m²)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m²)	Radiation (MJ/m2)
	บางเสน	14.01	100.17	17.38	19.09	20.10	20.75	18.80	18.46
	บางปลา	13.97	100.16	17.40	19.17	20.14	20.82	18.78	18.36
	บางหลวง	14.12	100.11	17.41	19.28	20.34	20.97	18.97	18.64
	บางกระเจ็	14.04	100.24	17.25	19.00	20.01	20.60	18.81	18.42
	บางหมักง่า	13.92	100.22	17.41	19.16	20.06	20.74	18.72	18.33
	บางโทรัด	14.05	100.17	17.32	19.15	20.15	20.81	18.91	18.52
บางเสน	หินมูล	14.10	100.15	17.45	19.23	20.23	20.81	18.93	18.60
	ไทรงาม	14.09	100.21	17.32	19.00	20.09	20.78	18.93	18.57
	คอนสูง	14.00	100.12	17.36	19.29	20.26	20.92	18.94	18.46
	คลองบางกระทุ่ง	13.98	100.22	17.37	19.09	20.19	20.74	18.76	18.37
	บางศิรษ์	13.95	100.26	17.39	18.99	20.06	20.55	18.70	18.21
	ลำพญา	13.96	100.22	17.44	19.04	20.12	20.73	18.72	18.32
	ไผ่หูช้าง	14.06	100.10	17.35	19.25	20.30	20.96	18.98	18.56

				July	August	September	October	November	December	Average
DISTRICT	Tumbol	Lat	Lon	Radiation (MJ/m²)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m²)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m²)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m²)
	บางเสน	14.01	100.17	17.43	17.33	17.47	17.24	17.22	16.73	18.17
	บางปลา	13.97	100.16	17.41	17.22	17.42	17.08	17.12	16.73	18.14
	บางหลวง	14.12	100.11	17.55	17.46	17.54	17.55	17.41	16.82	18.33
	บางกระเจ้า	14.04	100.24	17.47	17.24	17.40	17.24	17.28	16.77	18.12
	บางน้ำจืด	13.92	100.22	17.35	17.17	17.40	16.94	17.08	16.78	18.10
	บางโทรัด	14.05	100.17	17.49	17.37	17.51	17.34	17.27	16.71	18.21
บางเสน	หินกอง	14.10	100.15	17.49	17.47	17.58	17.48	17.32	16.75	18.28
	ไทรงาม	14.09	100.21	17.46	17.38	17.53	17.34	17.35	16.75	18.21
	คอนหอม	14.00	100.12	17.47	17.32	17.49	17.22	17.23	16.78	18.23
	คลองนครเนื่องเขต	13.98	100.22	17.39	17.20	17.38	17.17	17.25	16.75	18.14
	บางทรายน้อย	13.95	100.26	17.39	17.22	17.44	17.02	17.15	16.75	18.07
	สำพะญา	13.96	100.22	17.38	17.19	17.38	17.03	17.18	16.79	18.11
	ไผ่หูช้าง	14.06	100.10	17.56	17.42	17.57	17.53	17.33	16.84	18.30

				JANUARY	FEBRUARY	MARCH	APRIL	MAY	JUNE
DISTRICT	Tumbol	Lat	Lon	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)
	ท่าข้าม	13.72	100.24	17.41	19.25	20.10	20.80	18.81	18.33
	ทรงคนอง	13.78	100.26	17.38	19.12	20.07	20.71	18.68	18.24
	ทอแกริก	13.78	100.24	17.41	19.18	20.11	20.75	18.79	18.32
	บางกระทึก	13.76	100.30	17.35	19.14	20.09	20.64	18.65	18.17
	บางเสด	13.78	100.28	17.35	19.14	20.09	20.64	18.65	18.17
	สามพราน	13.72	100.22	17.48	19.34	20.33	20.94	18.95	18.41
สามพราน	บางช้าง	13.70	100.20	17.51	19.41	20.39	21.03	19.00	18.48
	ไร่ขิง	13.74	100.27	17.36	19.17	20.18	20.68	18.76	18.27
	ท่าตลาด	13.75	100.23	17.41	19.24	20.20	20.79	18.82	18.35
	กระทุ่มล้ม	13.74	100.31	17.36	19.11	20.18	20.63	18.76	18.24
	คลองใหม่	13.74	100.19	17.44	19.41	20.36	20.99	18.93	18.45
	คลองจินดา	13.68	100.09	17.70	19.67	20.63	21.46	19.10	18.67
	คลองจินดา	13.70	100.16	17.64	19.57	20.55	21.30	19.03	18.66
	ยายชา	13.73	100.24	17.47	19.26	20.21	20.88	18.83	18.40
	บ้านใหม่	13.69	100.24	17.43	19.28	20.17	20.76	18.89	18.38
	อ้อมใหญ่	13.71	100.27	17.42	19.14	20.15	20.73	18.79	18.30

				July	August	September	October	November	December	Average
DISTRICT	Tumbol	Lat	Lon	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)
	ท่าข้าม	13.72	100.24	17.50	17.12	16.95	16.25	16.57	16.53	17.97
	ทรงคนอง	13.78	100.26	17.47	17.06	17.02	16.51	16.76	16.44	17.95
	หอมเกร็ด	13.78	100.24	17.51	17.09	17.06	16.45	16.76	16.57	18.00
	บางกระทึก	13.76	100.30	17.40	17.08	17.08	16.52	16.73	16.46	17.94
	บางเตย	13.78	100.28	17.40	17.08	17.08	16.52	16.73	16.46	17.94
	สามพราน	13.72	100.22	17.52	17.14	16.99	16.20	16.55	16.51	18.03
สามพราน	บางช้าง	13.70	100.20	17.56	17.15	17.05	16.16	16.59	16.52	18.07
	ไร่ขิง	13.74	100.27	17.44	17.07	17.00	16.38	16.71	16.54	17.96
	ท่าตลาด	13.75	100.23	17.49	17.14	17.04	16.35	16.69	16.58	18.01
	กระทุ่มล้ม	13.74	100.31	17.44	17.18	16.92	16.41	16.56	16.43	17.93
	คลองใหม่	13.74	100.19	17.51	17.16	17.04	16.21	16.62	16.49	18.05
	คลองจินดา	13.68	100.09	17.72	17.41	17.30	16.37	16.61	16.61	18.27
	คลองจินดา	13.70	100.16	17.65	17.30	17.19	16.17	16.62	16.57	18.19
	ยายชา	13.73	100.24	17.49	17.13	17.04	16.27	16.62	16.50	18.01
	บ้านใหม่	13.69	100.24	17.56	17.12	16.93	16.25	16.52	16.47	17.98
	อ้อมใหญ่	13.71	100.27	17.50	17.12	16.94	16.30	16.55	16.39	17.95

				JANUARY	FEBRUARY	MARCH	APRIL	MAY	JUNE
DISTRICT	Tumbol	Lat	Lon	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)
	ศิลายา	13.80	100.31	17.26	19.17	20.12	20.52	18.61	18.15
บุพรมณฑล	คลองโยง	13.86	100.28	17.31	19.10	20.00	20.47	18.67	18.22
	มหาสวัสดิ์	13.81	100.26	17.31	19.14	20.06	20.67	18.60	18.23

				July	August	September	October	November	December	Average
DISTRICT	Tumbol	Lat	Lon	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)	Radiation (MJ/m2)	Radiation (MJ/m^2)
	ศิลายา	13.80	100.31	17.37	17.06	17.02	16.60	16.74	16.57	17.93
บุพรมณฑล	คลองโยง	13.86	100.28	17.31	17.06	17.25	16.95	17.01	16.65	18.00
	มหาสวัสดิ์	13.81	100.26	17.41	17.05	17.19	16.70	16.85	16.54	17.98

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

Key Performance Indicators

System

	Average
Number Out	2,555

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
1 Solar Jan	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
2 Solar Feb	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
3 Solar Mar	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
4 Solar Apr	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
5 Solar May	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
6 Solar Jun	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
7 Solar Jul	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
8 Solar Aug	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
9 Solar Sep	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
910 Solar Oct	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
911 Solar Nov	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
912 Solar Dec	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
1 Solar Jan	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
2 Solar Feb	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
3 Solar Mar	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
4 Solar Apr	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
5 Solar May	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
6 Solar Jun	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
7 Solar Jul	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
8 Solar Aug	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
9 Solar Sep	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
910 Solar Oct	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
911 Solar Nov	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
912 Solar Dec	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
1 Solar Jan	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
2 Solar Feb	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
3 Solar Mar	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
4 Solar Apr	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
5 Solar May	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
6 Solar Jun	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
7 Solar Jul	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
8 Solar Aug	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
9 Solar Sep	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
910 Solar Oct	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
911 Solar Nov	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
912 Solar Dec	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

Entity

Time

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
1 Solar Jan	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
2 Solar Feb	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
3 Solar Mar	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
4 Solar Apr	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
5 Solar May	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
6 Solar Jun	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
7 Solar Jul	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
8 Solar Aug	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
9 Solar Sep	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
910 Solar Oct	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
911 Solar Nov	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
912 Solar Dec	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
1 Solar Jan	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
2 Solar Feb	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
3 Solar Mar	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
4 Solar Apr	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
5 Solar May	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
6 Solar Jun	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
7 Solar Jul	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
8 Solar Aug	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
9 Solar Sep	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
910 Solar Oct	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
911 Solar Nov	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
912 Solar Dec	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
1 Solar Jan	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
2 Solar Feb	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
3 Solar Mar	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
4 Solar Apr	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
5 Solar May	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
6 Solar Jun	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
7 Solar Jul	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
8 Solar Aug	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
9 Solar Sep	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
910 Solar Oct	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
911 Solar Nov	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
912 Solar Dec	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

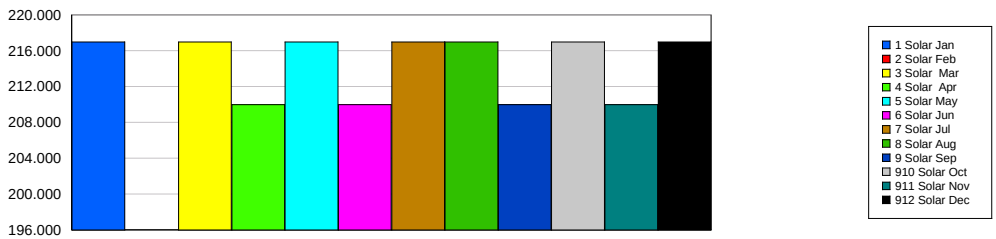
Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

Entity

Other

Number In	Value
1 Solar Jan	217.00
2 Solar Feb	196.00
3 Solar Mar	217.00
4 Solar Apr	210.00
5 Solar May	217.00
6 Solar Jun	210.00
7 Solar Jul	217.00
8 Solar Aug	217.00
9 Solar Sep	210.00
910 Solar Oct	217.00
911 Solar Nov	210.00
912 Solar Dec	217.00



Number Out	Value
1 Solar Jan	217.00
2 Solar Feb	196.00
3 Solar Mar	217.00
4 Solar Apr	210.00
5 Solar May	217.00
6 Solar Jun	210.00
7 Solar Jul	217.00
8 Solar Aug	217.00
9 Solar Sep	210.00
910 Solar Oct	217.00
911 Solar Nov	210.00
912 Solar Dec	217.00

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

Entity

Other

WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
1 Solar Jan	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
2 Solar Feb	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
3 Solar Mar	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
4 Solar Apr	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
5 Solar May	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
6 Solar Jun	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
7 Solar Jul	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
8 Solar Aug	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
9 Solar Sep	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
910 Solar Oct	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
911 Solar Nov	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
912 Solar Dec	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000

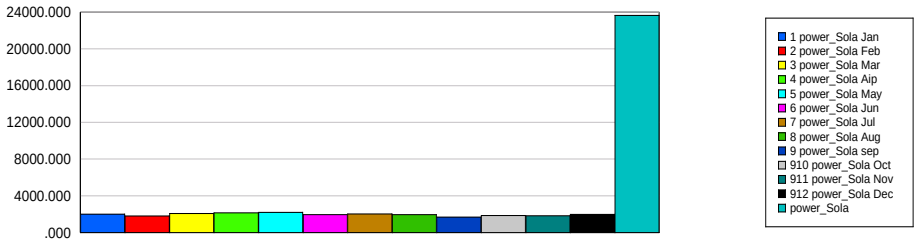
Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

User Specified

Counter

Count	Value
1 power_Sola Jan	2005.00
2 power_Sola Feb	1829.00
3 power_Sola Mar	2080.00
4 power_Sola Aip	2163.00
5 power_Sola May	2130.00
6 power_Sola Jun	1965.00
7 power_Sola Jul	2046.00
8 power_Sola Aug	1968.00
9 power_Sola sep	1700.00
910 power_Sola Oct	1867.00
911 power_Sola Nov	1842.00
912 power_Sola Dec	1991.00
power_Sola	23586.00



Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

Key Performance Indicators

System

	Average
Number Out	2,555

11:12:27 AM Category Overview มกราคม 10, 2017

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
1 Solar Jan	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
2 Solar Feb	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
3 Solar Mar	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
4 Solar Apr	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
5 Solar May	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
6 Solar Jun	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
7 Solar Jul	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
8 Solar Aug	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
9 Solar Sep	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
910 Solar Oct	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
911 Solar Nov	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
912 Solar Dec	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
1 Solar Jan	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
2 Solar Feb	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
3 Solar Mar	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
4 Solar Apr	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
5 Solar May	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
6 Solar Jun	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
7 Solar Jul	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
8 Solar Aug	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
9 Solar Sep	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
910 Solar Oct	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
911 Solar Nov	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
912 Solar Dec	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
1 Solar Jan	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
2 Solar Feb	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
3 Solar Mar	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
4 Solar Apr	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
5 Solar May	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
6 Solar Jun	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
7 Solar Jul	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
8 Solar Aug	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
9 Solar Sep	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
910 Solar Oct	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
911 Solar Nov	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
912 Solar Dec	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

Entity

Time

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
1 Solar Jan	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
2 Solar Feb	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
3 Solar Mar	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
4 Solar Apr	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
5 Solar May	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
6 Solar Jun	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
7 Solar Jul	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
8 Solar Aug	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
9 Solar Sep	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
910 Solar Oct	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
911 Solar Nov	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
912 Solar Dec	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
1 Solar Jan	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
2 Solar Feb	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
3 Solar Mar	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
4 Solar Apr	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
5 Solar May	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
6 Solar Jun	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
7 Solar Jul	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
8 Solar Aug	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
9 Solar Sep	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
910 Solar Oct	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
911 Solar Nov	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
912 Solar Dec	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
1 Solar Jan	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
2 Solar Feb	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
3 Solar Mar	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
4 Solar Apr	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
5 Solar May	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
6 Solar Jun	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
7 Solar Jul	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
8 Solar Aug	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
9 Solar Sep	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
910 Solar Oct	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
911 Solar Nov	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
912 Solar Dec	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

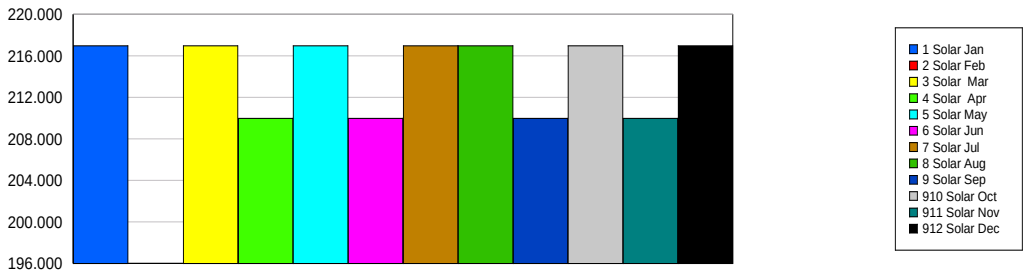
Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

Entity

Other

Number In	Value
1 Solar Jan	217.00
2 Solar Feb	196.00
3 Solar Mar	217.00
4 Solar Apr	210.00
5 Solar May	217.00
6 Solar Jun	210.00
7 Solar Jul	217.00
8 Solar Aug	217.00
9 Solar Sep	210.00
910 Solar Oct	217.00
911 Solar Nov	210.00
912 Solar Dec	217.00



Number Out	Value
1 Solar Jan	217.00
2 Solar Feb	196.00
3 Solar Mar	217.00
4 Solar Apr	210.00
5 Solar May	217.00
6 Solar Jun	210.00
7 Solar Jul	217.00
8 Solar Aug	217.00
9 Solar Sep	210.00
910 Solar Oct	217.00
911 Solar Nov	210.00
912 Solar Dec	217.00

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

Entity

Other

WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
1 Solar Jan	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
2 Solar Feb	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
3 Solar Mar	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
4 Solar Apr	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
5 Solar May	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
6 Solar Jun	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
7 Solar Jul	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
8 Solar Aug	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
9 Solar Sep	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
910 Solar Oct	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
911 Solar Nov	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000
912 Solar Dec	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000

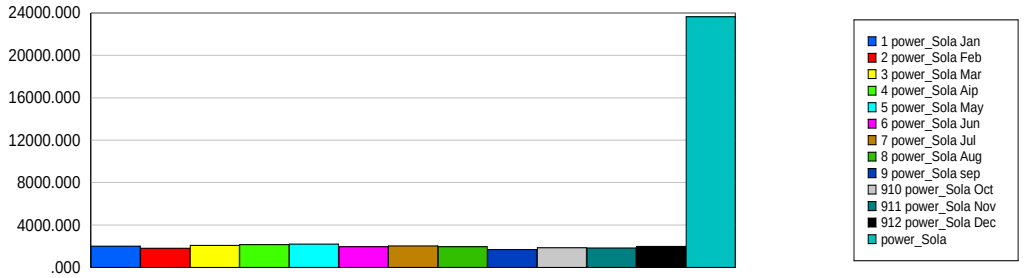
Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

User Specified

Counter

Count	Value
1 power_Sola Jan	1,805
2 power_Sola Feb	1,646
3 power_Sola Mar	1,866
4 power_Sola Aip	1,937
5 power_Sola May	1,981
6 power_Sola Jun	1,769
7 power_Sola Jul	1,801
8 power_Sola Aug	1,763
9 power_Sola sep	1,530
910 power_Sola Oct	1,680
911 power_Sola Nov	1,658
912 power_Sola Dec	1,792
power_Sola	21,227



ภาคผนวก ข

การพัฒนาตนเอง

เข้าร่วมประชุมวิชาการ 6th ATRANS Symposium "Transportation for A Better Life: Infrastructure Development and Management Aspects" 23-24 August 2013, 8:00 ถึง 18:00 น. ที่ Imperial Queen's Park Hotel, Sukhumvit 22, Bangkok

มหาวิทยาลัยศิลปากร

เข้าร่วมประชุมวิชาการ ข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2556 (IE Network Conference 2013) จัดโดยภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้เป็นประธานร่วมกับภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ซึ่งได้กำหนดจัดประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2556 (IE Network Conference 2013) ระหว่างวันที่ 16 ถึง 18 ตุลาคม 2556 ณ โรงแรม เอวัน เดอะ รอยัล ครูซ พัทยา จังหวัดชลบุรี

เข้าร่วมประชุมวิชาการด้านงานวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2558 (OR-Net 2015) จัดทำโดย คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ตำบลทุ่งสุขลา อำเภอ ศรีราชา จังหวัดชลบุรี ระหว่างวันที่ 26 ถึง 27 มีนาคม 2558 ณ โรงแรมพินนาเคิล แกรนด์ จอม เทียน รีสอร์ท แอนด์ สปา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ขอมอบเกียรติบัตรนี้เพื่อแสดงว่า

นายมนตรี เปรมเจริญ

ได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัย / ผลงานสร้างสรรค์ ด้วย วาจา
ในหัวข้อ

การศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ในงานระบบประปาของอาคารขนาดใหญ่ กรณีศึกษา

โครงการประมวลวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ ๖
และโครงการประมวลวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ ๑
ให้ไว้ ณ วันที่ ๑๒ กรกฎาคม ๒๕๕๙

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปานใจ ธารทัศนวงศ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

โครงการประมวลวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6
The 6th National and International Graduate Study Conference 2016

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายมนตรี เปรมเจริญ

ที่อยู่ 66/1 หมู่ 2 ตำบลบางการะทึก อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม 73210

ที่ทำงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 25/25 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมลฑล จังหวัด นครปฐม 73170

โทรศัพท์ 02 889 2138

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2536	สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาไฟฟ้ากำลัง โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2538	สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2541	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาอุสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2538	นายช่างเทคนิค คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2542	วิศวกร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2550-ปัจจุบัน	รักษาการในตำแหน่งหัวหน้างานกายภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล