

คู่มือการใช้งานโปรแกรมจำลองการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบบ เชื่อมต่อสายส่งไฟฟ้า (PV On-grid)

พัฒนาโดย ห้องปฏิบัติการวิจัยบูรณาการระบบพลังงานสะอาด สถาบันพัฒนาและฝึกอบรม โรงงานต้นแบบ

1. บทนำ

โปรแกรมนี้เป็นการใช้ Excel สำหรับการจำลองการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบบ
เชื่อมต่อสายส่ง (PV On-grid System) เพื่อช่วยในการประกอบการตัดสินใจในการลงทุนแบบอย่างง่าย โดยประเมินผล
ทั้งเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ เช่น พลังงานที่ผลิตได้ รายได้จากการขายพลังงาน การประหยัดค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายใน
การลงทุน และระยะเวลาคืนทุน

2. วัตถุประสงค์

- เพื่อใช้ในการดูแนวโน้มด้านพลังงานจากการผลิตพลังงานและบริโภคพลังงานอย่างง่าย
- เพื่อใช้ในการพิจารณาด้านค่าใช้จ่ายด้านพลังงานอย่างง่าย
- เพื่อใช้ในการประกอบการตัดสินใจในการลงทุน

3. ขอบเขตการใช้งาน

- รองรับการคำนวณค่าไฟฟ้า แบบ TOU ทั้งกรณีขายไฟฟ้าได้ และไม่ได้
- สามารถวิเคราะห์ความอ่อนไหวได้ของการเปลี่ยนแปลงขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้า และขนาดของแบตเตอรี่
- เป็นการคำนวณในรายสัปดาห์
- ใช้สำหรับในการพิจารณาการตัดสินใจในการลงทุนอย่างง่ายเท่านั้น

4. ข้อจำกัด

- เป็นการวิเคราะห์ในรายสัปดาห์
- จำเป็นต้องใช้ข้อมูล พลังงานแสงอาทิตย์ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ในการนำเข้าข้อมูล
-

5. กลุ่มผู้ใช้งาน

นักศึกษา วิศวกร นักวิจัย นักธุรกิจ นักวิเคราะห์การเงิน ผู้บริหารโครงการ ประชาชนทั่วไป

6. ความต้องการของระบบ

- Excel 2019 ขึ้นไป
- มีการใช้งาน Macro ในExcel โดยก่อนการเปิดโปรแกรมให้เข้าไปที่> คลิกขวา Properties> General >
Security > เลือก Unblock

7. ภาพรวมโปรแกรม

Input data	Configuration	Various PV (Energy)	Money	Various PV (Cost)	PV power cal	math model (calculation)
------------	---------------	---------------------	-------	-------------------	--------------	--------------------------

ภาพที่ 1 Excel Sheet แสดงแต่ละหน้าของโปรแกรม

- Input data กำหนดข้อมูลนำเข้า พลังงานแสงอาทิตย์ และโหลดทางไฟฟ้า
- Configuration การตั้งค่าพารามิเตอร์ของระบบผลิตไฟฟ้า
- Various PV (Energy) กำหนดความอ่อนไหวของขนาดระบบ PV และขนาดแบตเตอรี่
- Various PV (Cost) แสดงผลความอ่อนไหวของขนาดระบบ PV และขนาดแบตเตอรี่
- Money กำหนดราคา ระบบPV และระบบแบตเตอรี่ พร้อมแสดงผลทางการเงิน
- PV power cal แสดงผลกำลังไฟฟ้าของระบบ PV และโหลดทางไฟฟ้า
- math model (calculation) แสดงสมการทางคณิตศาสตร์ของการคำนวณ

8. การเตรียมข้อมูลนำเข้า (Input Data)

8.1 กรอกข้อมูลพื้นที่ติดตั้งแผง หน่วย ตารางเมตร และประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อวิเคราะห์ขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าตามขนาดพื้นที่ติดตั้ง และค่าประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ default ที่ 20% ที่ช่อง B6 และ B7

	ปรับค่าตัวแปร
A(พื้นที่ m^2)=	70
η_{pv} (ประสิทธิภาพแผง=	20%
Ppv-mpp(not spec)(kw)=	15.86

ภาพที่ 2 ขนาดพื้นที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ และประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์

8.2 กรอกข้อมูลรังสีอาทิตย์ ราย 15 นาที หน่วย วัตต์ต่อตารางเมตร โดยจะเริ่มต้นข้อมูลที่เวลา 0:00:00 ไปจนถึง 23:45:00 ซึ่งโปรแกรมจะต้องกรอกให้ครบ 7 วัน ในคอลัมน์ E – K

	IRR1 (w/m^2)	IRR2 (w/m^2)	IRR3 (w/m^2)	IRR4 (w/m^2)	IRR5 (w/m^2)	IRR6 (w/m^2)	IRR7 (w/m^2)
0:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:15:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:30:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:45:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:15:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:30:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:45:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2:15:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2:30:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2:45:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3:15:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ภาพที่ 3 ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ หรือ IRR (w/m^2)

8.3 กรอกข้อมูลโหลดทางไฟฟ้า หรือปริมาณการใช้ไฟฟ้า ราย 15 นาที หน่วย กิโลวัตต์ โดยจะเริ่มต้นข้อมูลที่เวลา 0:00:00 ไปจนถึง 23:45:00 และต้องกรอกให้ครบ 7 วัน ในคอลัมน์ M – S

Load1 (kW)	Load2 (kW)	Load3 (kW)	Load4 (kW)	Load5 (kW)	Load6 (kW)	Load7 (kW)
7.84	7.84	7.84	7.84	7.84	7.84	7.84
7.74	7.74	7.74	7.74	7.74	7.74	7.74
7.60	7.60	7.60	7.60	7.60	7.60	7.60
7.54	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54
7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22
7.16	7.16	7.16	7.16	7.16	7.16	7.16
6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93
7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04
6.73	6.73	6.73	6.73	6.73	6.73	6.73
6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80
7.09	7.09	7.09	7.09	7.09	7.09	7.09
9.43	9.43	9.43	9.43	9.43	9.43	9.43
8.91	8.91	8.91	8.91	8.91	8.91	8.91
10.45	10.45	10.45	10.45	10.45	10.45	10.45

ภาพที่ 4 ข้อมูลโหลดทางไฟฟ้า (kW)

8.4 หากไม่มีข้อมูลแสงอาทิตย์ สามารถใช้ตัวอย่างค่าได้ในคอลัมน์ AW และ AX ค่าแสงอาทิตย์ (IRR) ในคอลัมน์ AW เป็นค่าแสงในวันที่แดดไม่ดี และในคอลัมน์ AX เป็นค่าแสงในวันที่แดดดี

8.5 หากไม่มีข้อมูลโหลดทางไฟฟ้า สามารถใช้ตัวอย่างค่าได้ในคอลัมน์ AT - AV ค่าโหลดทางไฟฟ้าในคอลัมน์ AT (Home) เป็นค่าโหลดทางไฟฟ้ากรณีบ้านเรือนทั่วไป ค่าโหลดทางไฟฟ้าในคอลัมน์ AU (Heavy load) เป็นค่าโหลดทางไฟฟ้ากรณีบ้านขนาดใหญ่ใช้งานหนัก และในคอลัมน์ AV (Soft load) เป็นค่าโหลดทางไฟฟ้ากรณีบ้านขนาดเล็กใช้งานน้อยเน้นช่วงกลางวัน

Example					
Home	Heavy load	Soft load	IRR1 (w/m ²)	IRR2 (w/m ²)	
0.24	7.84	1.00	0.00	0.00	
0.24	7.74	1.00	0.00	0.00	
0.24	7.60	1.00	0.00	0.00	
0.24	7.54	1.00	0.00	0.00	
0.25	7.22	1.00	0.00	0.00	
0.25	7.16	1.00	0.00	0.00	
0.25	6.93	1.00	0.00	0.00	
0.25	7.04	1.00	0.00	0.00	
0.26	6.73	1.00	0.00	0.00	
0.26	6.80	1.00	0.00	0.00	
0.26	7.09	1.00	0.00	0.00	
0.26	9.43	1.00	0.00	0.00	
0.26	8.91	1.00	0.00	0.00	

ภาพที่ 5 ตัวอย่างข้อมูลโหลดทางไฟฟ้า และค่าพลังงานแสงอาทิตย์

8.6 กรอกรั้งค่า TOU ตามช่วงเวลาได้ในคอลัมน์ V-AB โดยที่ ค่า 1 คือ ช่วงเวลา On-peak และค่า 0 คือ ช่วงเวลา Off-peak

8.7 กรอกรั้งค่าให้ Grid สามารถชาร์จพลังงาน เข้าสู่แบตเตอรี่ตามช่วงเวลา ได้ในคอลัมน์ที่ AD – AU โดยที่ 1 คือสามารถชาร์จได้ และ 0 ไม่สามารถชาร์จได้

8.8 กรอกรั้งค่าให้ Battery สามารถจ่ายพลังงานได้ตามช่วงเวลาได้ในคอลัมน์ที่ AL-AR โดยที่ค่า 1 คือสามารถจ่ายพลังงานได้ และ 0 ไม่สามารถจ่ายพลังงานได้

TOU 1=on-peak, 0=off-peak							
	TOU1	TOU2	TOU3	TOU4	TOU5	TOU6	TOU7
0:00:00	0	0	0	0	0	0	0
0:15:00	0	0	0	0	0	0	0
0:30:00	0	0	0	0	0	0	0
0:45:00	0	0	0	0	0	0	0
1:00:00	0	0	0	0	0	0	0
1:15:00	0	0	0	0	0	0	0
1:30:00	0	0	0	0	0	0	0
1:45:00	0	0	0	0	0	0	0
2:00:00	0	0	0	0	0	0	0
2:15:00	0	0	0	0	0	0	0
2:30:00	0	0	0	0	0	0	0
2:45:00	0	0	0	0	0	0	0
3:00:00	0	0	0	0	0	0	0
3:15:00	0	0	0	0	0	0	0

ภาพที่ 6 การตั้งค่า TOU ตามช่วงเวลา

Grid charge to batter 1=charge, 0=no charge							
	G to B 1	G to B 2	G to B 3	G to B 4	G to B 5	G to B 6	G to B 7
0:00:00	1	1	1	1	1	1	1
0:15:00	1	1	1	1	1	1	1
0:30:00	1	1	1	1	1	1	1
0:45:00	1	1	1	1	1	1	1
1:00:00	1	1	1	1	1	1	1
1:15:00	1	1	1	1	1	1	1
1:30:00	1	1	1	1	1	1	1
1:45:00	1	1	1	1	1	1	1
2:00:00	1	1	1	1	1	1	1
2:15:00	1	1	1	1	1	1	1
2:30:00	1	1	1	1	1	1	1
2:45:00	1	1	1	1	1	1	1
3:00:00	1	1	1	1	1	1	1
3:15:00	1	1	1	1	1	1	1

ภาพที่ 7 การตั้งค่าการชาร์จแบตเตอรี่ด้วยกริด ตามช่วงเวลา

Battery discharge to batter 1=discharge, 0=no discharge							
	Discharging1	Discharging2	Discharging3	Discharging4	Discharging5	Discharging6	Discharging7
0:00:00	1	1	1	1	1	1	1
0:15:00	1	1	1	1	1	1	1
0:30:00	1	1	1	1	1	1	1
0:45:00	1	1	1	1	1	1	1
1:00:00	1	1	1	1	1	1	1
1:15:00	1	1	1	1	1	1	1
1:30:00	1	1	1	1	1	1	1
1:45:00	1	1	1	1	1	1	1
2:00:00	1	1	1	1	1	1	1
2:15:00	1	1	1	1	1	1	1
2:30:00	1	1	1	1	1	1	1
2:45:00	1	1	1	1	1	1	1
3:00:00	1	1	1	1	1	1	1
3:15:00	1	1	1	1	1	1	1

ภาพที่ 8 การตั้งค่าการคายประจุของแบตเตอรี่ ตามช่วงเวลา

9 การตั้งค่าการทำงานของระบบ (Configuration)

9.1 ตั้งค่าความจุของ แบตเตอรี่ ที่ช่อง Max battery energy หน่วย kWh

9.2 ตั้งค่ากำลังในการชาร์จพลังงานเข้าแบตเตอรี่ หน่วย kW ที่ช่อง max battery Power

9.3 ตั้งค่าประสิทธิภาพในการชาร์จ และ ดิสชาร์จ หน่วย kW ที่ช่อง battery charging performance และ battery discharging performance

9.4 ตั้งค่าราคาขายพลังงานไฟฟ้าได้ที่ ช่อง Selling Price หน่วย บาทต่อหน่วย

9.5 ตั้งค่าราคาซื้อไฟฟ้า แบบ TOU ในช่วง On-peak และ Off-peak ได้ในช่อง Buying Price On-peak และ Buying Price Off-peak หน่วย เป็น บาทต่อหน่วย

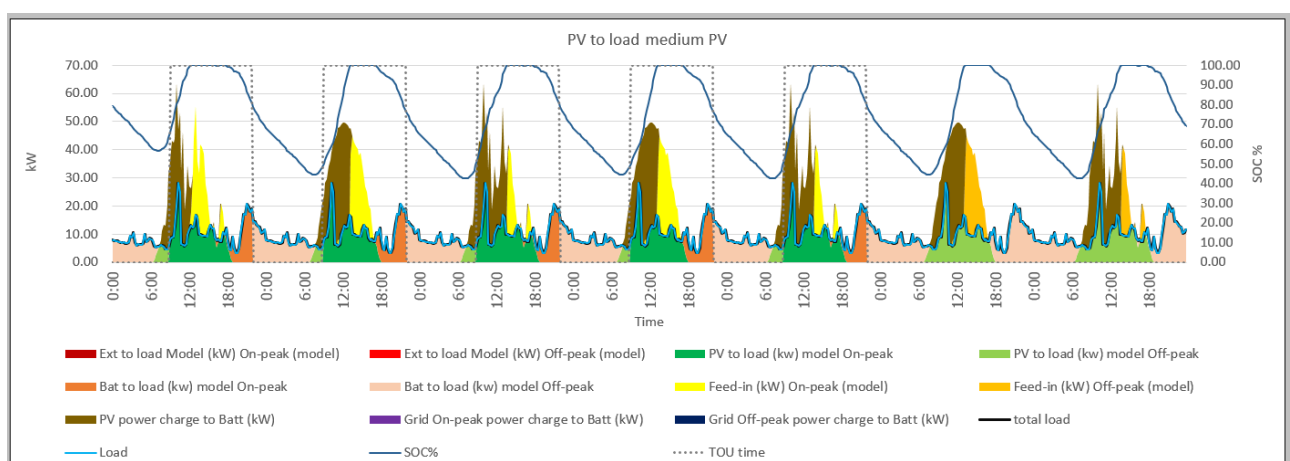
9.6 ช่อง PV-peak (kW) ใช้ หลังจากเลือกได้แล้วว่าจะใช้ ขนาดระบบ PV ที่ขนาดเท่าไรจากการเลือกที่ SHEET - Various PV (Energy) และนำมาใส่ที่ช่องนี้ เพื่อดูรายละเอียดทางการเงินที่ SHEET – Various PV (Cost)

Parameter setting	
Initial setting	
initial Energy battery (kWh)	176.00
Min battery energy (kWh)	44
Max battery energy (kWh)	220.00
Max battery power (kW)	40
Batt charging performance	0.9
Batt discharging Performance	1
Grid charge battery power(kW)	0
PV ratio	4.00
Load ratio	1.00
Selling Price	0.00
Buying price On-peak	5.80
Buying price Off-peak	2.64
PV-peak(kw)	47.57

ภาพที่ 9 การตั้งค่าในหน้า Configuration

9.7 การแสดงผลในหน้าต่าง Configuration

9.1.1 กราฟแสดงค่าพลังงานที่เกิดขึ้นใน 7 วัน



ภาพที่ 10 กราฟแสดงค่าพลังงาน

ประกอบด้วยพารามิเตอร์ดังนี้

- Ext to load Model (kW) On-peak (model)

คือ พลังงานที่รับจากกริดเพื่อนำมาใช้กับโหลดในช่วงเวลา On-peak

- Ext to load Model (kW) Off-peak (model)

คือ พลังงานที่รับจากกริดเพื่อนำมาใช้กับโหลดในช่วงเวลา Off-peak

- PV to load (kW) model On-peak

คือ พลังงานที่ได้รับจากแผงโซลาร์เซลล์นำมาใช้กับโหลดในช่วงเวลา On-peak

- PV to load (kW) model Off-peak

คือ พลังงานที่ได้รับจากแผงโซลาร์เซลล์นำมาใช้กับโหลดในช่วงเวลา Off-peak

- Bat to load (kW) model On-peak

คือ พลังงานจากแบตเตอรี่จ่ายให้กับโหลดในช่วงเวลา On-peak

- Bat to load (kW) model Off-peak

คือ พลังงานจากแบตเตอรี่จ่ายให้กับโหลดในช่วงเวลา Off-peak

- Feed-in (kW) On-peak (model)

คือ พลังงานที่ได้จากระบบ PV จ่ายคืนไปยังกริดในช่วงเวลา On-peak

- Feed-in (kW) Off-peak (model)

คือ พลังงานที่ได้จากระบบ PV จ่ายคืนไปยังกริดในช่วงเวลา Off-peak

- PV power charge to Batt (kW)

คือ พลังงานที่ได้จากระบบ PV ชาร์จพลังงานไปยังแบตเตอรี่

- Grid On-peak power charge to Batt (kW)

คือ พลังงานที่กริดชาร์จไฟฟ้าไปยังแบตเตอรี่ในช่วงเวลา On-peak

- Grid Off-peak power charge to Batt (kW)

คือ พลังงานที่กริดชาร์จไฟฟ้าไปยังแบตเตอรี่ในช่วงเวลา Off-peak

- total load

คือ โหลดรวมหรือภาระทางไฟฟ้ารวมทั้งหมด

- Load

คือ ภาระทางไฟฟ้า

- SOC%

คือ เปอร์เซ็นต์ของแบตเตอรี่

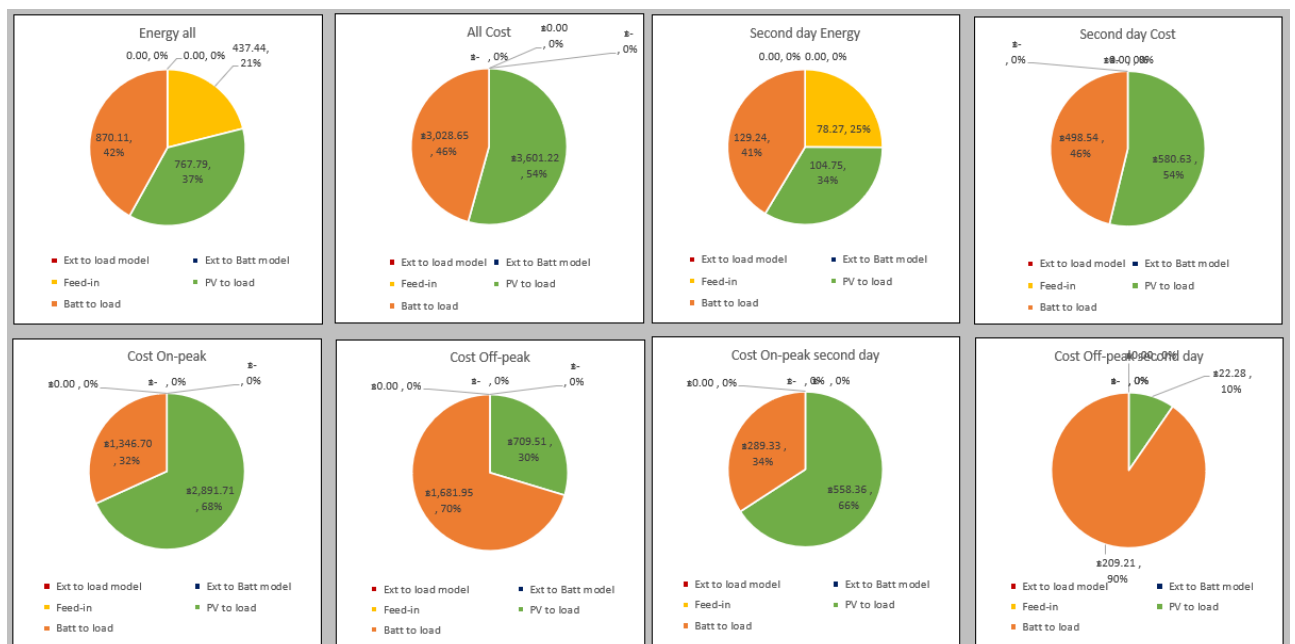
- TOU time

คือ ช่วงระยะเวลา TOU

9.7.2 ตารางวิเคราะห์ปริมาณการไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่เกิดขึ้นในช่วง On/Off-peak

Energy Analysis For all days					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Energy On-peak (kWh)	0.00	0.00	317.11	498.73	232.26
Energy Off-peak (kWh)	0.00	0.00	120.34	269.07	637.85
Energy all	0.00	0.00	437.44	767.79	870.11
Money Analysis For all days					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Cost On-peak	B 0.00	B -	B -	B 2,891.71	B 1,346.70
Cost Off-peak	B 0.00	B -	B -	B 709.51	B 1,681.95
All Cost	B 0.00	B -	B -	B 3,601.22	B 3,028.65
Total cost (Profit)	6,629.87				
Energy Analysis For First day					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Energy On-peak (kWh)	0.00	0.00	238.84	402.43	182.36
Energy Off-peak (kWh)	0.00	0.00	120.34	260.62	558.51
Energy all	0.00	0.00	359.18	663.05	740.87
Money Analysis For First day					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Cost On-peak	B 0.00	B -	B -	B 2,333.36	B 1,057.37
Cost Off-peak	B 0.00	B -	B -	B 687.23	B 1,472.73
All Cost	B 0.00	B -	B -	B 3,020.58	B 2,530.11
Total cost (Profit)	5,550.69				
Energy Analysis For second day					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Energy On-peak (kWh)	0.00	0.00	78.27	96.30	49.90
Energy Off-peak (kWh)	0.00	0.00	0.00	8.45	79.34
Energy all	0.00	0.00	78.27	104.75	129.24
Money Analysis For second day					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Cost On-peak	B 0.00	B -	B -	B 558.36	B 289.33
Cost Off-peak	B 0.00	B -	B -	B 22.28	B 209.21
All Cost	B 0.00	B -	B -	B 580.63	B 498.54
Total cost (Profit)	1,079.17				

9.7.3 กราฟ Pie chart แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่เกิดขึ้น



10. รายงานด้านพลังงาน: Various PV (Energy) และ Various PV (Cost)

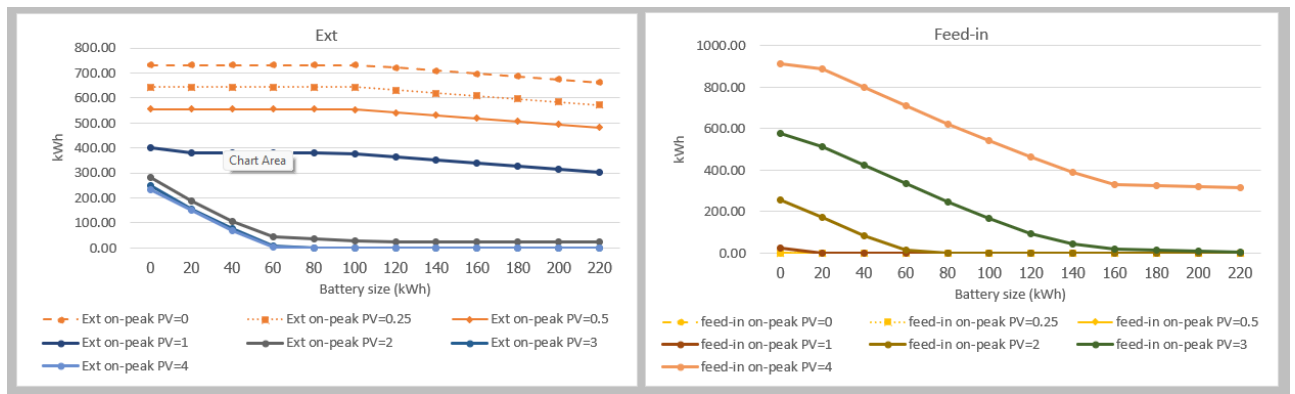
Various PV (Energy) ได้แสดงข้อมูลด้านพลังงาน โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ การนำเข้าพลังงานจากภายนอก (Ext) และการจ่ายพลังงานเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้า (Feed-in) โดยโปรแกรมจะแบ่งสัดส่วนของขนาด PV และความแตกต่างของขนาดแบตเตอรี่ เพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านขนาด โดยสัดส่วนของระบบ PV จะแบ่งออกได้ดังนี้

- 0 คือไม่มีระบบ PV
- 0.25 คือ ขนาด 25% ของระบบ PV ที่ได้กำหนดใน SHEET (Input Data)
- 0.5 คือ ขนาด 50% ของระบบ PV ที่ได้กำหนดใน SHEET (Input Data)
- 1 คือ ขนาดของระบบ PV ที่ได้กำหนดใน SHEET (Input Data)
- 2 คือ ขนาด 2 เท่าของระบบ PV ที่ได้กำหนดใน SHEET (Input Data)
- 3 คือ ขนาด 3 เท่าของระบบ PV ที่ได้กำหนดใน SHEET (Input Data)
- 4 คือ ขนาด 4 เท่าของระบบ PV ที่ได้กำหนดใน SHEET (Input Data)
- ขนาดของแบตเตอรี่ (Battery size) สามารถกำหนดเองได้ในคอลัมน์ C7 – C18

หลังจากกำหนดค่าทั้งหมดแล้ว ให้กดคำสั่ง **Ctrl + Shift + p** เพื่อทำการคำนวณ หลังจากการคำนวณแล้วจะแสดงผลออกมาในรูปตาราง และกราฟ ที่แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า Ext และการจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบสายส่ง หรือ กริด ดังภาพที่ 11 และภาพที่ 12

PV ratio	0		0.25		0.5		1		2		3		4	
PV peak (kw)	0.00		3.96		7.93		15.86		31.71		47.57		63.43	
Battery size	Ext on-peak PV=0	feed-in on-peak Chart Area	Ext on-peak PV=0.25	feed-in on-peak PV=0.25	Ext on-peak PV=0.5	feed-in on-peak PV=0.5	Ext on-peak PV=1	feed-in on-peak PV=1	Ext on-peak PV=2	feed-in on-peak PV=2	Ext on-peak PV=3	feed-in on-peak PV=3	Ext on-peak PV=4	feed-in on-peak PV=4
0	730.99	0.00	642.83	0.00	554.74	0.07	402.77	24.41	281.85	256.14	247.95	574.87	232.26	911.82
20	730.99	0.00	642.83	0.00	554.68	0.00	378.70	0.00	187.18	170.05	156.08	514.86	149.00	887.01
40	730.99	0.00	642.83	0.00	554.68	0.00	378.70	0.00	107.18	81.16	76.08	425.97	69.00	798.13
60	730.99	0.00	642.83	0.00	554.68	0.00	378.70	0.00	45.05	12.13	6.18	337.08	3.80	709.24
80	730.99	0.00	642.83	0.00	554.68	0.00	378.70	0.00	35.02	0.00	0.00	248.19	0.00	620.35
100	730.99	0.00	642.83	0.00	554.03	0.00	375.37	0.00	28.73	0.00	0.00	167.87	0.00	540.99
120	721.75	0.00	631.89	0.00	542.03	0.00	363.37	0.00	23.35	0.00	0.00	92.31	0.00	465.44
140	709.75	0.00	619.89	0.00	530.03	0.00	351.37	0.00	23.35	0.00	0.00	45.03	0.00	389.88
160	697.75	0.00	607.89	0.00	518.03	0.00	339.37	0.00	23.35	0.00	0.00	16.66	0.00	330.44
180	685.75	0.00	595.89	0.00	506.03	0.00	327.37	0.00	23.35	0.00	0.00	12.21	0.00	325.99
200	673.75	0.00	583.89	0.00	494.03	0.00	315.37	0.00	23.35	0.00	0.00	7.77	0.00	321.55
220	661.75	0.00	571.89	0.00	482.03	0.00	303.37	0.00	23.35	0.00	0.00	3.32	0.00	317.11

ภาพที่ 11 ตารางแสดงค่าพลังงานที่ใช้จากกริดและจ่ายคืนสู่กริด เปรียบเทียบตามขนาดของระบบ PV และ Battery



ภาพที่ 12 กราฟแสดงค่าพลังงานที่ใช้จากกริดและจ่ายคืนสู่กริด เปรียบเทียบตามขนาดของระบบ PV และ Battery

Various PV (Energy) ได้แสดงข้อมูลค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไปของระบบ PV และระบบแบตเตอรี่ ประกอบไปด้วยค่าไฟฟ้าที่ซื้อจากการไฟฟ้าหรือกริด (Buying) และ ค่าไฟฟ้าที่สามารถขายคืนสู่การไฟฟ้าได้ (Selling) และค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้จากการใช้ระบบฯ (Saving) ให้กดคำสั่ง Ctrl + Shift + c เพื่อทำการคำนวณ และแสดงผลได้ในตารางที่ 13 และภาพที่ 14

PV ratio	0			0.25			0.5			1			2			3			4		
PV peak (kw)	0.00			3.96			7.93			15.86			31.71			47.57			63.43		
Battery size	Buying PV=0	Selling PV=0	Saving PV=0	Buying PV=0.25	Selling PV=0.25	Saving PV=0.25	Buying PV=0.5	Selling PV=0.5	Saving PV=0.5	Buying PV=1	Selling PV=1	Saving PV=1	Buying PV=2	Selling PV=2	Saving PV=2	Buying PV=3	Selling PV=3	Saving PV=3	Buying PV=4	Selling PV=4	Saving PV=4
0	6629.87	0.00	0.00	5997.62	0.00	632.25	5365.88	0.00	1263.99	4278.47	0.00	2351.39	3405.05	0.00	3224.82	3149.14	0.00	3480.72	3028.65	0.00	3601.22
20	6598.22	0.00	31.64	5965.97	0.00	663.89	5333.78	0.00	1296.09	4080.37	0.00	2549.49	2724.04	0.00	3905.83	2490.03	0.00	4139.84	2426.96	0.00	4202.91
40	6566.58	0.00	63.29	5934.33	0.00	695.53	5302.13	0.00	1327.73	4048.73	0.00	2581.14	2144.16	0.00	4485.71	1910.15	0.00	4719.72	1847.08	0.00	4782.79
60	6534.94	0.00	94.93	5902.69	0.00	727.18	5270.49	0.00	1359.38	4017.09	0.00	2612.78	1683.61	0.00	4946.26	1362.19	0.00	5267.67	1314.00	0.00	5315.87
80	6503.30	0.00	126.57	5871.05	0.00	758.82	5238.85	0.00	1391.02	3985.44	0.00	2644.42	1577.05	0.00	5052.82	1015.68	0.00	5614.19	975.01	0.00	5654.85
100	6471.65	0.00	158.21	5839.40	0.00	790.46	5205.15	0.00	1424.71	3943.27	0.00	2686.60	1525.53	0.00	5104.34	736.31	0.00	5893.56	702.07	0.00	5927.80
120	6440.81	0.00	219.05	5773.17	0.00	856.70	5135.58	0.00	1494.29	3873.69	0.00	2756.17	1476.87	0.00	5153.00	483.17	0.00	6146.70	448.93	0.00	6180.94
140	6341.23	0.00	288.63	5703.59	0.00	926.28	5066.00	0.00	1563.87	3804.11	0.00	2825.75	1445.22	0.00	5184.64	297.12	0.00	6332.75	195.79	0.00	6434.08
160	6271.66	0.00	358.21	5634.01	0.00	995.85	4996.42	0.00	1633.45	3734.54	0.00	2895.33	1413.58	0.00	5216.29	169.75	0.00	6460.12	0.00	0.00	6629.87
180	6202.08	0.00	427.79	5564.43	0.00	1065.43	4926.84	0.00	1703.03	3664.96	0.00	2964.91	1381.94	0.00	5247.93	127.56	0.00	6502.31	0.00	0.00	6629.87
200	6132.50	0.00	497.37	5494.86	0.00	1135.01	4857.26	0.00	1772.60	3595.38	0.00	3034.49	1350.29	0.00	5279.57	85.37	0.00	6544.50	0.00	0.00	6629.87
220	6062.92	0.00	566.95	5425.28	0.00	1204.59	4787.68	0.00	1842.18	3525.80	0.00	3104.07	1318.65	0.00	5311.22	43.18	0.00	6586.69	0.00	0.00	6629.87

ภาพที่ 13 ตารางแสดงผลการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน



ภาพที่ 14 กราฟแสดงผลการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

การดูผลลัพธ์ด้านค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน กรณีที่สามารถ เลือกขนาดระบบ PV ที่ต้องการได้แล้ว ให้เข้าไปที่หน้าต่าง หรือ Sheet (Configuration) และสามารถใส่ขนาดของระบบ PV ที่ต้องการดูผลลัพธ์ทางการเงินได้ใน คอลัมน์ C20

PV-peak(kw)	47.57
-------------	-------

 หลังจากนั้นให้เข้าไปที่หน้าต่าง หรือ Sheet (Money) และกำหนดราคา Battery หน่วย Baht/kWp ที่คอลัมน์ AD5 และกำหนดราคาการระบบ PV หน่วย Baht/Watt ที่คอลัมน์

Economic		cost/Unit
	Battery (Baht/kWh)	4500
	Solar (Baht/Watt)	25

AD6

หลังจากนั้นใช้คำสั่ง **Ctrl + Shift + m** เพื่อกำหนดหาผลลัพธ์ทาง

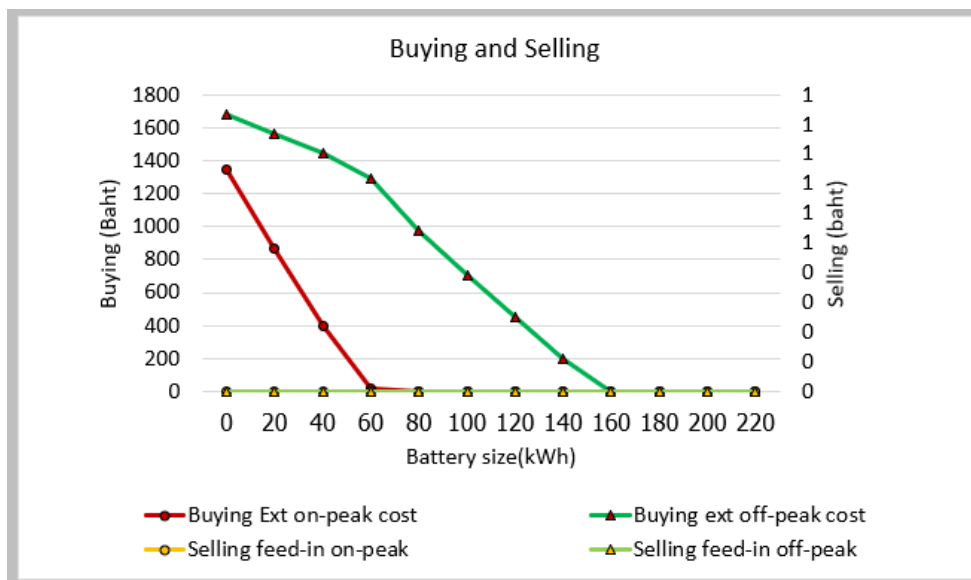
เศรษฐศาสตร์ของระบบ PV ที่ต้องการ โดยแสดงผลในตารางที่ 15, 16 และภาพที่ 17-21

Battery size	Ext to load on-peak	Ext to Batt model	feed-in on-peak	PV to load on-peak	Batt to load on-peak	ext to load off-peak	ext to batt off-peak	feed-in off-peak	PV to load off-peak	Batt to load off-peak
0	232.26	0.00	911.82	498.73	0.00	637.85	0.00	465.65	269.07	0.00
20	149.00	0.00	887.01	498.73	83.27	592.76	0.00	361.17	269.07	45.09
40	69.00	0.00	798.13	498.73	163.27	548.76	0.00	325.61	269.07	89.09
60	3.80	0.00	709.24	498.73	228.46	489.96	0.00	290.06	269.07	147.89
80	0.00	0.00	620.35	498.73	232.26	369.76	0.00	254.50	269.07	268.09
100	0.00	0.00	540.99	498.73	232.26	266.25	0.00	218.95	269.07	371.60
120	0.00	0.00	465.44	498.73	232.26	170.25	0.00	183.39	269.07	467.60
140	0.00	0.00	389.88	498.73	232.26	74.25	0.00	147.84	269.07	563.60
160	0.00	0.00	330.44	498.73	232.26	0.00	0.00	120.34	269.07	637.85
180	0.00	0.00	325.99	498.73	232.26	0.00	0.00	120.34	269.07	637.85
200	0.00	0.00	321.55	498.73	232.26	0.00	0.00	120.34	269.07	637.85
220	0.00	0.00	317.11	498.73	232.26	0.00	0.00	120.34	269.07	637.85

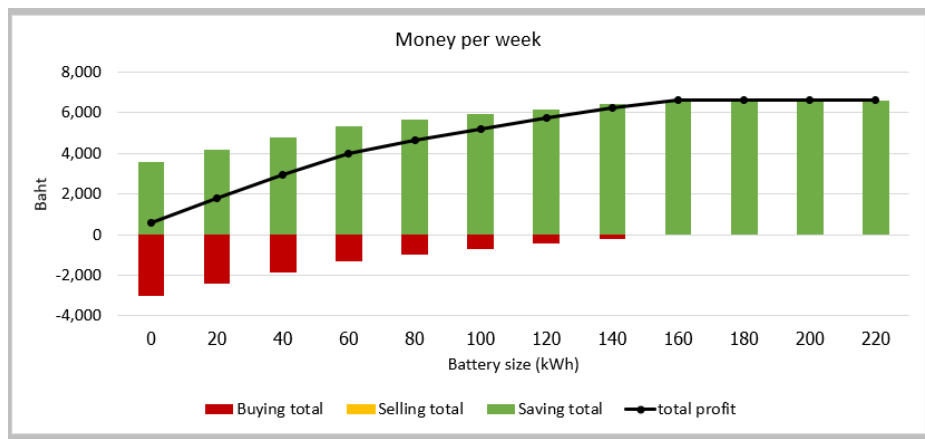
ภาพที่ 15 ตารางแสดงปริมาณพลังงานตามการใช้แบตเตอรี่ขนาดต่างๆ

Money second day										Economic			Battery (Baht/kWh)	4500
													Solar (Baht/Watt)	25

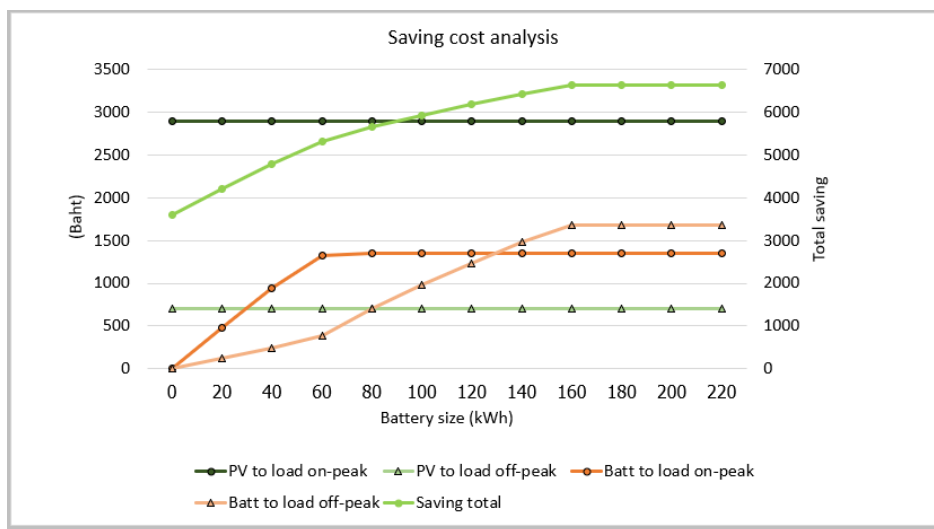
ภาพที่ 16 ตารางแสดงปริมาณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่เกิดขึ้น



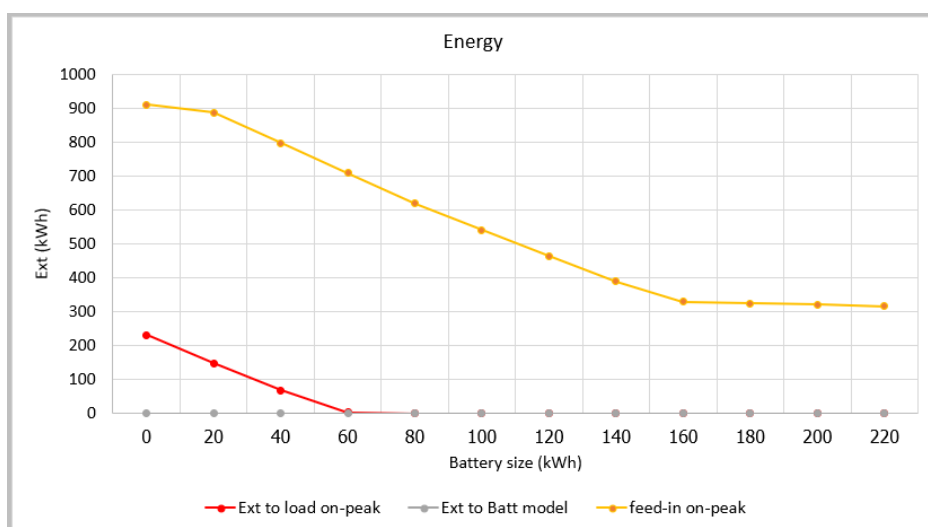
ภาพที่ 17 กราฟเปรียบเทียบการซื้อ-ขายไฟฟ้ากับขนาดของแบตเตอรี่



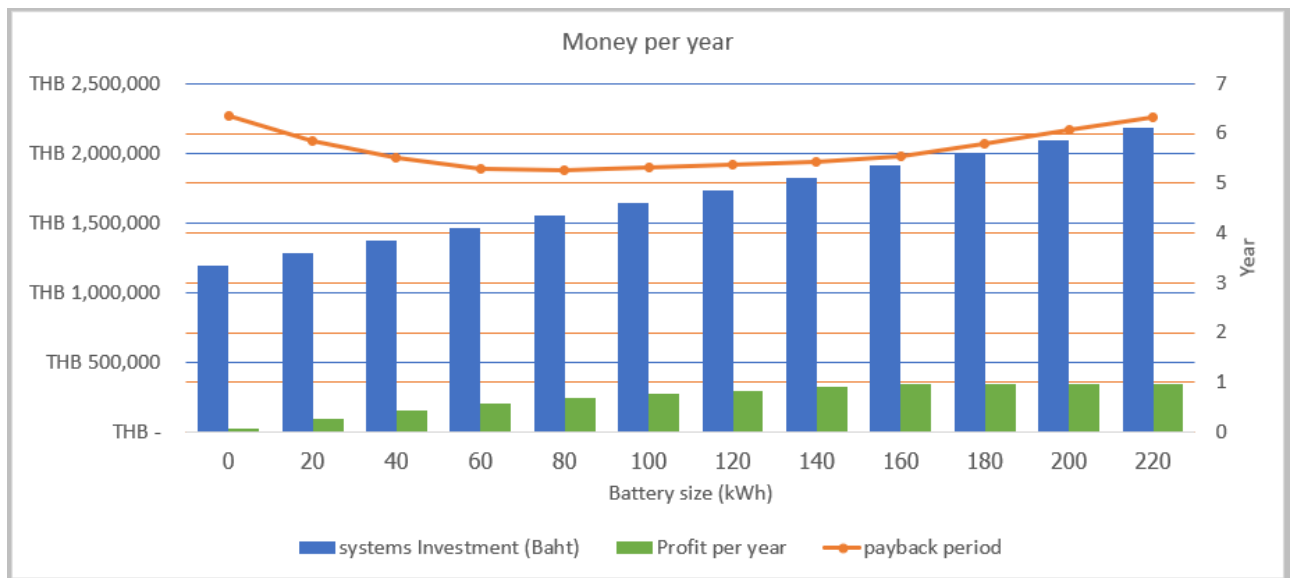
ภาพที่ 18 กราฟเปรียบเทียบผลทางเศรษฐศาสตร์กับขนาดของแบตเตอรี่ที่มีการเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 19 กราฟเปรียบเทียบการประหยัดค่าพลังงานในสถานะต่างๆของระบบกับขนาดแบตเตอรี่



ภาพที่ 20 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานกับขนาดของแบตเตอรี่



ภาพที่ 21 กราฟเปรียบเทียบเงินลงทุนตลอดโครงการ ประโยชน์ที่ได้รับต่อปี และระยะเวลาคืนทุน

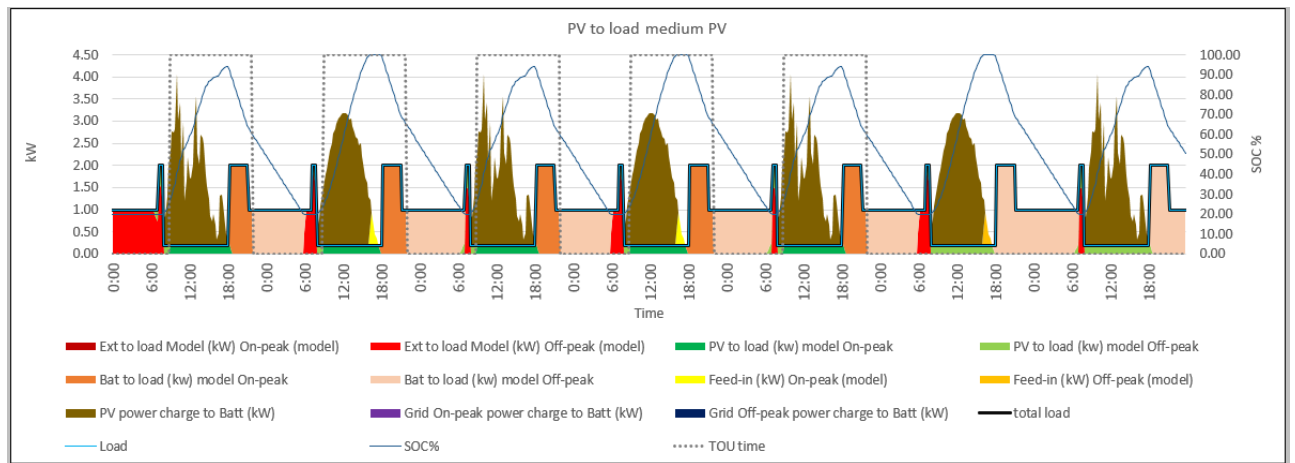
11. การวิเคราะห์และการพิจารณาเลือกระบบ PV - Battery ที่เหมาะสม

11.1 กรณีขายไฟฟ้าไม่ได้

หลังจากใส่พารามิเตอร์ทั้งหมดแล้วในหน้า Input data และ Configuration (*ข้อควรระวัง สำหรับหน้า Input การใส่ขนาดพื้นที่แผงที่ต้องการ จะเป็นการกำหนดขนาด PV ในการคำนวณเริ่มต้นไปด้วย สำหรับหน้า Configuration การใส่ค่า Max battery energy (kWh) เป็นการใส่ขนาด battery เริ่มต้นในการคำนวณ และให้กำหนดราคาการขายไฟฟ้า หากไม่มีการขายไฟฟ้า ให้ใส่ค่า 0) หลังจากที่ได้ใส่ค่าขนาดแบตเตอรี่ที่ต้องการเปรียบเทียบแล้ว และกดคำนวณ จะได้กราฟ Ext คือ กราฟการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า และกราฟ Feed-in คือกราฟที่จ่ายไฟฟ้าคืนให้กับการไฟฟ้า โดยกราฟทั้งสองจะแสดงค่าขนาดสัดส่วน PV หรือจำนวนเท่าของขนาด PV โดยกรณีตัวอย่างได้เลือกโหลดแบบ Soft load และกำหนดขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าเริ่มต้นที่ 2.04 กิโลวัตต์ หรือ พื้นที่ 9 ตารางเมตร (Input) สำหรับการวิเคราะห์นี้ และในหน้า configuration ได้ตั้งค่าเริ่มต้นไว้ดังภาพที่ ... และแสดงผลตัวอย่าง Energy flow ดังภาพที่ 22

Parameter setting	
Initial setting	
initial Energy battery (kWh)	4.00
Min battery energy (kWh)	4
Max battery energy (kWh)	20.00
Max battery power (kW)	10
Batt charging performance	0.9
Batt discharging Performance	1
Grid charge battery power(kW)	0
PV ratio	2.00
Load ratio	1.00
Selling Price	0.00
Buying price On-peak	5.80
Buying price Off-peak	2.64

ภาพที่ 22 ตัวอย่างการตั้งค่าเริ่มต้น

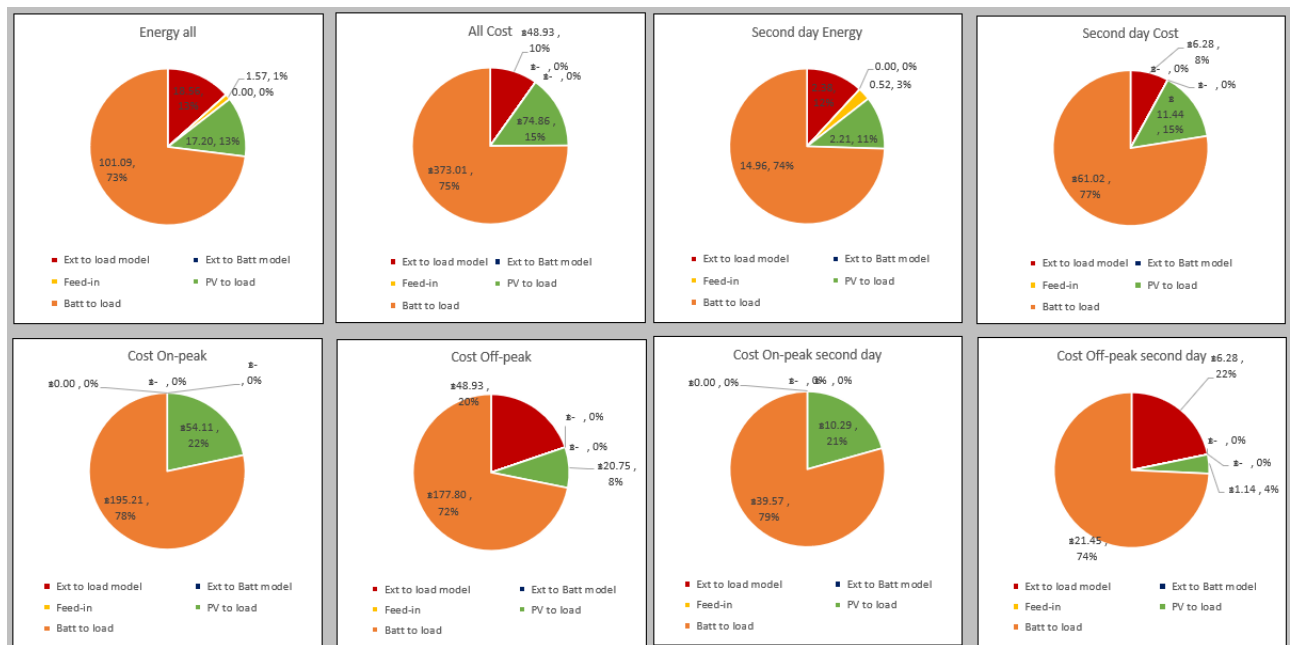


ภาพที่ 23 ตัวอย่าง Energy flow ใน 7 วัน

จากภาพแสดงให้เห็นว่าการตั้งค่าระบบเริ่มต้นนั้น ในวันคืนแรกมีการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในช่วงเวลา off-peak จากนั้นในช่วงมีแสงสว่างมีการใช้ไฟฟ้าที่ได้จาก PV โดยตรงและมีการชาร์จแบตเตอรี่ หากมีไฟฟ้ามากพอจะมีการ feed-in สู่กริด จากนั้นพอถึงช่วงค่ำจะเริ่มมีการใช้แบตเตอรี่ตลอดคืนจนถึง soc ต่ำสุดที่ตั้งค่าไว้ และรูปแบบของ energy flow จะมีการงานในรูปแบบซ้ำตามการเปลี่ยนแปลงของโหลดที่ได้ตั้งค่าไว้ และสามารถดูตัวอย่างค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นได้ในตาราง และกราฟ Energy analysis ดังภาพที่ 24-25

Energy Analysis For all days					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Energy On-peak (kWh)	0.00	0.00	1.04	9.33	33.67
Energy Off-peak (kWh)	18.56	0.00	0.52	7.87	67.43
Energy all	18.56	0.00	1.57	17.20	101.09
Money Analysis For all days					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Cost On-peak	B 0.00	B -	B -	B 54.11	B 195.21
Cost Off-peak	B 48.93	B -	B -	B 20.75	B 177.80
All Cost	B 48.93	B -	B -	B 74.86	B 373.01
Total cost (Profit)	398.94				
Energy Analysis For First day					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Energy On-peak (kWh)	0.00	0.00	0.52	7.56	26.84
Energy Off-peak (kWh)	16.17	0.00	0.52	7.44	59.29
Energy all	16.17	0.00	1.04	14.99	86.13
Money Analysis For First day					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Cost On-peak	B 0.00	B -	B -	B 43.82	B 155.64
Cost Off-peak	B 42.65	B -	B -	B 19.61	B 156.35
All Cost	B 42.65	B -	B -	B 63.42	B 311.99
Total cost (Profit)	332.77				
Energy Analysis For second day					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Energy On-peak (kWh)	0.00	0.00	0.52	1.78	6.82
Energy Off-peak (kWh)	2.38	0.00	0.00	0.43	8.13
Energy all	2.38	0.00	0.52	2.21	14.96
Money Analysis For second day					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Cost On-peak	B 0.00	B -	B -	B 10.29	B 39.57
Cost Off-peak	B 6.28	B -	B -	B 1.14	B 21.45
All Cost	B 6.28	B -	B -	B 11.44	B 61.02
Total cost (Profit)	66.17				

ภาพที่ 24 สรุปค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน On-peak Off-peak และพลังงานรวม ในแบบวันแรก วันที่สองและรวมทุกวัน



ภาพที่ 25 กราฟค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน On-peak Off-peak และพลังงานรวม ในแบบวันแรก วันที่สองและรวมทุกวัน

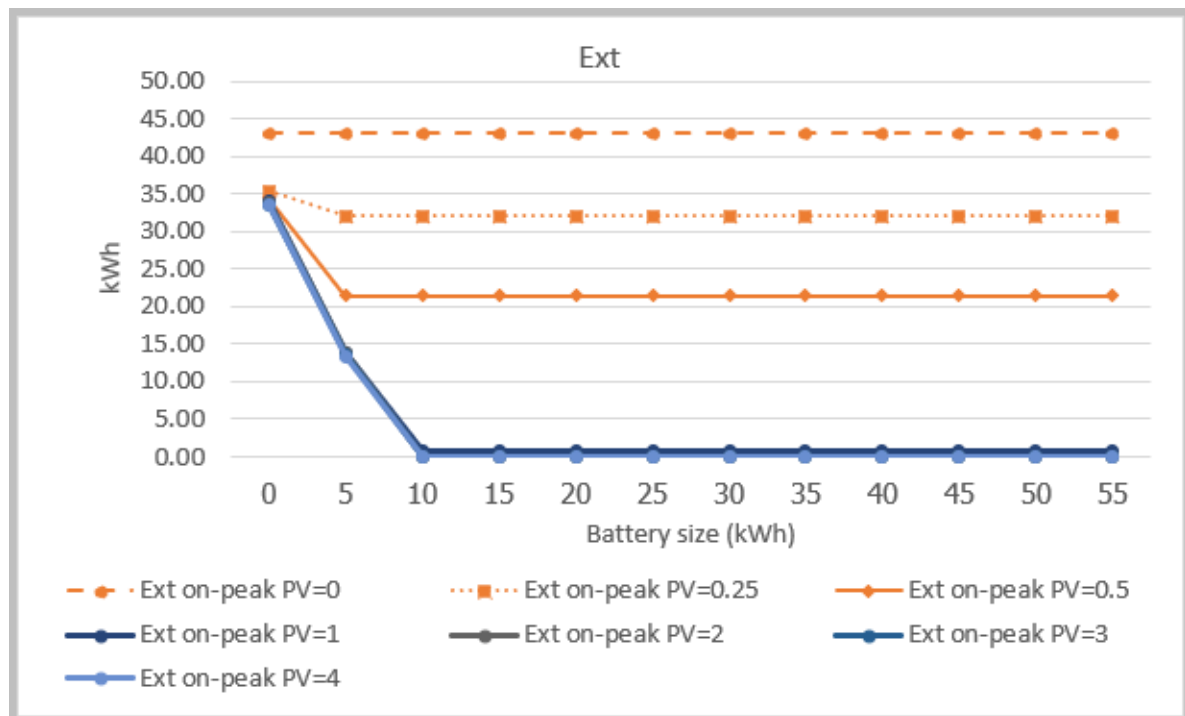
เมื่อตั้งค่าเริ่มต้นได้แล้ว จากนั้นตั้งค่าแบตเตอรี่ที่ต้องการจะเปลี่ยนแปลง หรือวิเคราะห์ความอ่อนไหว ในหน้า Various PV (Energy) โดยในตัวอย่างได้ตั้งค่าแบตเตอรี่ไว้ที่ 0 5 10 ... 55 กิโลวัตต์ชั่วโมง และกดคีย์ลัดคำนวณ แสดงได้รูปที่ 26 ซึ่งเป็นผลการใช้ผลิตและใช้พลังงานในช่วงต่างๆตามขนาดแบตเตอรี่และระบบโซลาร์เซลล์ที่เปลี่ยนไป

Energy second day (Ctrl+shift+p for auto calculation)														
PV ratio	0		0.25		0.5		1		2		3		4	
PV peak (kw)	0.00		0.51		1.02		2.04		4.08		6.12		8.15	
Battery size	Ext on-peak PV=0	feed-in on-peak PV=0	Ext on-peak PV=0.25	feed-in on-peak PV=0.25	Ext on-peak PV=0.5	feed-in on-peak PV=0.5	Ext on-peak PV=1	feed-in on-peak PV=1	Ext on-peak PV=2	feed-in on-peak PV=2	Ext on-peak PV=3	feed-in on-peak PV=3	Ext on-peak PV=4	feed-in on-peak PV=4
0	43.00	0.00	35.31	3.65	34.44	14.11	33.91	36.25	33.67	81.35	33.53	126.54	33.39	171.74
5	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	13.89	15.80	13.67	63.73	13.53	111.74	13.39	159.74
10	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	41.51	0.00	89.52	0.00	137.52
15	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	19.29	0.00	67.29	0.00	115.30
20	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	1.04	0.00	45.07	0.00	93.07
25	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	36.58	0.00	85.53
30	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	32.13	0.00	81.08
35	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	27.69	0.00	76.64
40	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	23.25	0.00	72.20
45	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	18.80	0.00	67.75
50	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	14.36	0.00	63.31
55	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	9.91	0.00	58.86

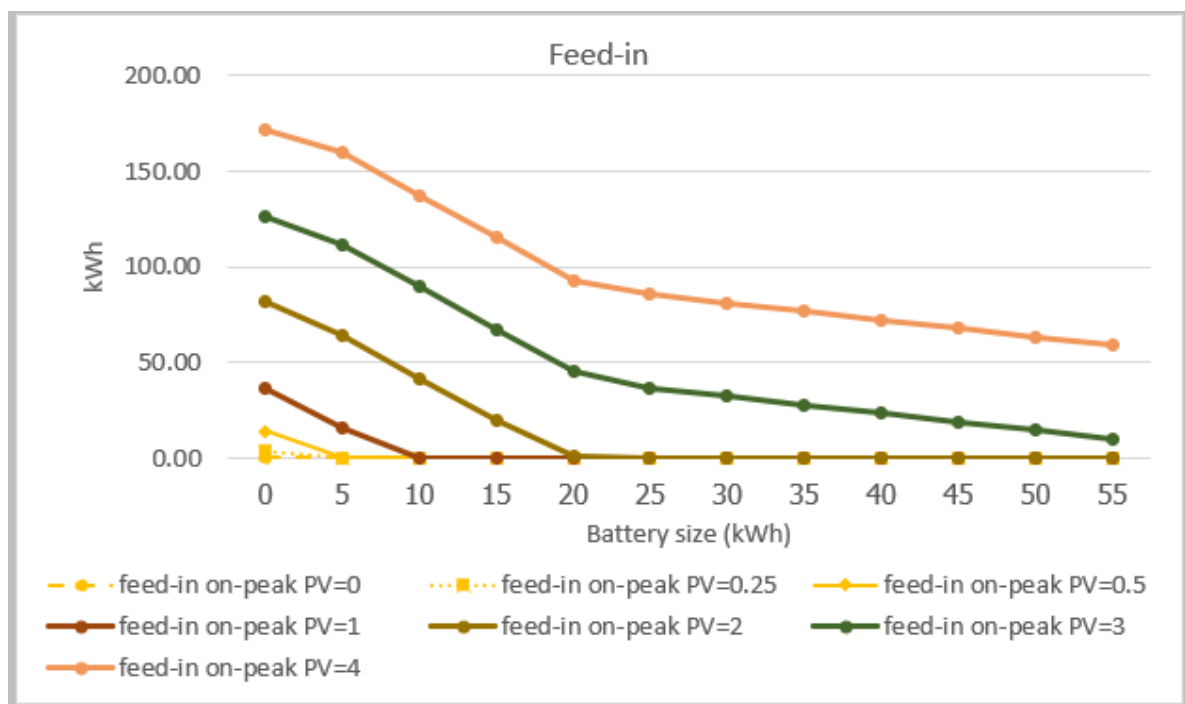
ภาพที่ 26 การกำหนดค่าความอ่อนไหวของขนาดแบตเตอรี่และขนาดแผงโซลาร์เซลล์

ในการพิจารณาในขั้นตอนนี้ ให้พิจารณาจากภาพที่ 27 กรณีที่ขายไฟฟ้าไม่ได้ ในกราฟ Ext เป็นกราฟแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าจากกริดกรณีช่วง On-peak ที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดระบบ PV-Battery สังเกตได้ว่า ระบบที่เหมาะสมควรเป็นระบบที่มีการซื้อไฟฟ้าให้น้อยที่สุดควรเป็นระบบที่ขนาดสัดส่วน ตั้งแต่ PV=1 ถึง PV=4 เทา และแบตเตอรี่เริ่มต้นที่ 10 kwh เป็นต้นไปจะทำให้ระบบไม่จำเป็นต้องซื้อไฟฟ้าในช่วง On-peak และเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 28 กราฟ Feed-in เป็นกราฟแสดงค่าการจ่ายไฟฟ้าคืนสู่กริด กรณีที่ขายไฟฟ้าไม่ได้ก็ควรจะจ่ายไฟฟ้าคืนสู่กริดให้น้อยที่สุดจึงจะ

เหมาะสมในการพิจารณาเพราะว่าระบบจะไม่ควรมีขนาดใหญ่เกินไป ดังนั้นแล้วจากกราฟ Feed-in ระบบที่เหมาะสมหลังจากวิเคราะห์กราฟ Ext คือ ระบบสัดส่วน PV = 1 ที่แบตเตอรี่เริ่มต้นขนาด 10 กิโลวัตต์ชั่วโมงเป็นต้นไป และระบบสัดส่วน PV = 2 ที่แบตเตอรี่เริ่มต้นขนาด 20 กิโลวัตต์ชั่วโมงเป็นต้นไป



ภาพที่ 27 กราฟแสดงการใช้พลังงานจากโครงข่ายไฟฟ้าหรือกริด ช่วง On-peak



ภาพที่ 28 กราฟแสดงการส่งพลังงานคืนสู่โครงข่ายไฟฟ้าหรือกริด ช่วง On-peak

หลังจากคำนวณด้านพลังงานเสร็จแล้ว ให้คำนวณด้านเศรษฐศาสตร์ โดยส่วนแรกเป็นการซื้อขายด้านพลังงาน ถ้าหากไม่มีการขายไฟฟ้า กราฟ Selling จะไม่แสดงค่า ในหน้า Various (Cost) โดยกดยกค่าสิ่งคำนวณ จะได้ผลเป็นตารางสรุปการซื้อขายพลังงานตามการเปลี่ยนแปลงของ PV-Battery ดังรูปที่

PV ratio	0			0.25			0.5			1			2			3			4		
PV peak (kw)	0.00			0.51			1.02			2.04			4.08			6.12			8.15		
Battery size	Buying PV=0	Selling PV=0	Saving PV=0	Buying PV=0.25	Selling PV=0.25	Saving PV=0.25	Buying PV=0.5	Selling PV=0.5	Saving PV=0.5	Buying PV=1	Selling PV=1	Saving PV=1	Buying PV=2	Selling PV=2	Saving PV=2	Buying PV=3	Selling PV=3	Saving PV=3	Buying PV=4	Selling PV=4	Saving PV=4
0	496.80	0.00	0.00	440.74	0.00	56.06	432.78	0.00	64.02	427.24	0.00	69.56	421.94	0.00	74.86	417.34	0.00	79.46	412.74	0.00	84.06
5	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	290.01	0.00	206.78	284.88	0.00	211.92	280.28	0.00	216.52	275.68	0.00	221.12
10	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	167.84	0.00	328.96	163.68	0.00	333.11	159.53	0.00	337.27
15	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	102.78	0.00	394.02	98.72	0.00	398.07	94.67	0.00	402.12
20	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	48.93	0.00	447.87	35.44	0.00	461.36	31.39	0.00	465.41
25	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	45.21	0.00	451.59	21.03	0.00	475.77	20.35	0.00	476.45
30	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	45.21	0.00	451.59	21.03	0.00	475.77	20.35	0.00	476.45
35	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	45.21	0.00	451.59	21.03	0.00	475.77	20.35	0.00	476.45
40	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	45.21	0.00	451.59	21.03	0.00	475.77	20.35	0.00	476.45
45	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	45.21	0.00	451.59	21.03	0.00	475.77	20.35	0.00	476.45
50	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	45.21	0.00	451.59	21.03	0.00	475.77	20.35	0.00	476.45
55	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	45.21	0.00	451.59	21.03	0.00	475.77	20.35	0.00	476.45

ภาพที่ 29 สรุปการซื้อขายพลังงานตามการเปลี่ยนแปลงของ PV-Battery

ในการพิจารณาด้านค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจะประกอบไปด้วย ค่าซื้อพลังงาน ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ และ ค่ากำไรจากการขายพลังงานคืน โดยจะแสดงค่าใช้จ่ายออกมาในรูปรายสัปดาห์ เพื่อเป็นการวิเคราะห์ให้ง่าย แสดงในภาพที่ 30 - 32 จากกราฟ Buying แสดงให้เห็นว่า ถ้าจะลดรายจ่ายด้านพลังงานให้ครอบคลุมทั้งช่วง On-peak และ Off-peak ระบบ PV ที่มีสัดส่วนขนาด ตั้งแต่ PV = 2 ถึง PV = 4 และตั้งแต่แบตเตอรี่ขนาด 20 เป็นต้นไปมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า 50 บาทต่อสัปดาห์ เมื่อดูประกอบกับตารางในภาพที่ จึงน่าสนใจและเหมาะต่อการเลือกมากที่สุด



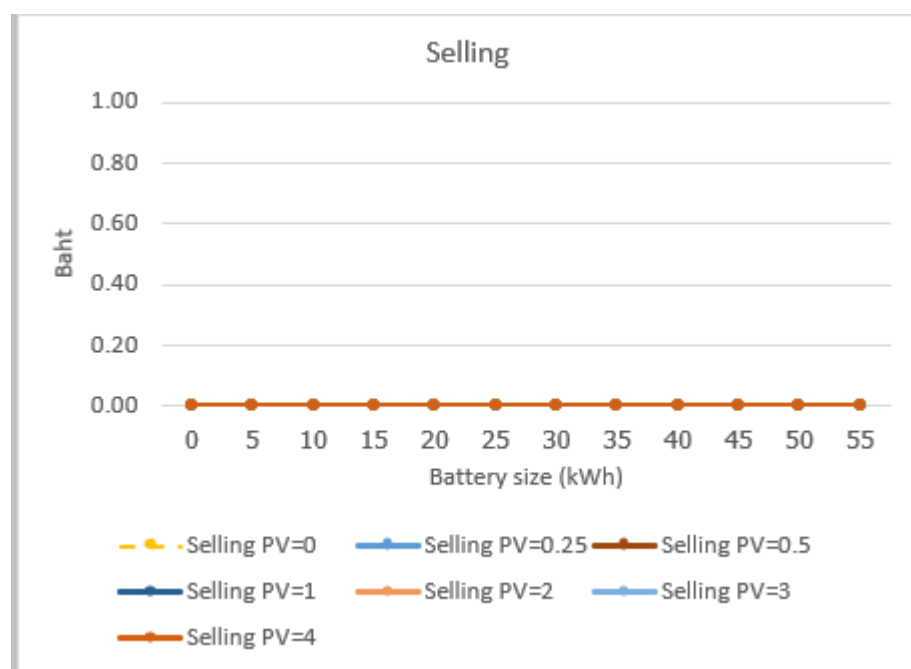
ภาพที่ 30 กราฟแสดงค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อพลังงานรวมทั้งช่วง On-peak และ Off-peak

เมื่อพิจารณาการประหยัดค่าพลังงาน ควรจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายส่วนนี้ให้มากที่สุด และจากภาพที่ ... แสดงให้เห็นว่าระบบ PV ที่มีสัดส่วนตั้งแต่ PV = 2 ถึง PV = 4 และตั้งแต่แบตเตอรี่ขนาด 20 เป็นต้นไปสามารถประหยัดค่า

พลังงานได้สูงถึงเกือบ 500 บาทต่อสัปดาห์ เมื่อดูประกอบกับตารางในภาพที่ จึงน่าสนใจและเหมาะต่อการเลือกมากที่สุด และกรณีที่ขายพลังงานไฟฟ้าไม่ได้กราฟจะไม่แสดงราคาที่ขายไฟฟ้าได้แสดงในภาพที่ ...



ภาพที่ 31 กราฟแสดงการประหยัดพลังงานรวมทั้งช่วง On-peak และ Off-peak



ภาพที่ 32 กราฟแสดงค่าการขายพลังงานรวมทั้งช่วง On-peak และ Off-peak

การวิเคราะห์การลงทุนระบบโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ ในหน้า (Money) เป็นการพิจารณาการลงทุนระบบ PV ที่ได้เลือกจากหน้า Various PV ทั้ง Energy และ Cost เพื่อวิเคราะห์การลงทุนเทียบกับขนาดแบตเตอรี่ ดังนั้นให้เลือกระบบ PV ที่ต้องการโดยให้กรอกในหน้า Configuration ในช่อง **PV-peak(kw)** **4.08** จากตัวอย่างระบบ PV ที่ค่อนข้างเหมาะสมคือ ขนาด PV สัดส่วน 2 เท่ากับขนาด 4.08 กิโลวัตต์พีค และในหน้า Money ช่องขวาสุด

จะมีให้กรอกค่าการลงทุนแบตเตอรี่ และระบบโซลาร์เซลล์ ที่ช่อง Economic

Economic	Battery (Baht/kWh)	5000
	Solar (Baht/Watt)	25

ในเคสตัวอย่างได้มีค่าการลงทุนแบตเตอรี่ที่ 5,000 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง และระบบส่วนโซลาร์เซลล์ที่ 25 บาทต่อวัตต์ จากการให้กตค่าสังคำนวณ จะแสดงผลการคำนวณด้านพลังงานและด้านเศรษฐศาสตร์อย่างง่ายเพื่อใช้ในการประกอบการพิจารณา ดังภาพที่

Fixed PV

PV-peak(kw)4.08

Energy second day (Ctrl+shift+m for auto calculation)

Battery size	Ext to load on-peak	Ext to Batt model	feed-in on-peak	PV to load on-peak	Batt to load on-peak	ext toload off-peak	ext to batt off-peak	feed-in off-peak	PV to load off-peak	Batt to load off-peak
0	33.39	0.00	171.74	9.61	0.00	83.11	0.00	83.73	10.74	0.00
5	13.39	0.00	159.74	9.61	20.00	75.11	0.00	64.62	10.74	8.00
10	0.00	0.00	137.52	9.61	33.39	60.50	0.00	55.73	10.74	22.61
15	0.00	0.00	115.30	9.61	33.39	35.90	0.00	46.84	10.74	47.21
20	0.00	0.00	93.07	9.61	33.39	11.90	0.00	37.95	10.74	71.21
25	0.00	0.00	85.53	9.61	33.39	7.72	0.00	36.40	10.74	75.40
30	0.00	0.00	81.08	9.61	33.39	7.72	0.00	36.40	10.74	75.40
35	0.00	0.00	76.64	9.61	33.39	7.72	0.00	36.40	10.74	75.40
40	0.00	0.00	72.20	9.61	33.39	7.72	0.00	36.40	10.74	75.40
45	0.00	0.00	67.75	9.61	33.39	7.72	0.00	36.40	10.74	75.40
50	0.00	0.00	63.31	9.61	33.39	7.72	0.00	36.40	10.74	75.40
55	0.00	0.00	58.86	9.61	33.39	7.72	0.00	36.40	10.74	75.40

ภาพที่ 33 ผลการวิเคราะห์ด้านพลังงานในกรณีเลือกขนาด PV ที่ต้องการได้แล้ว

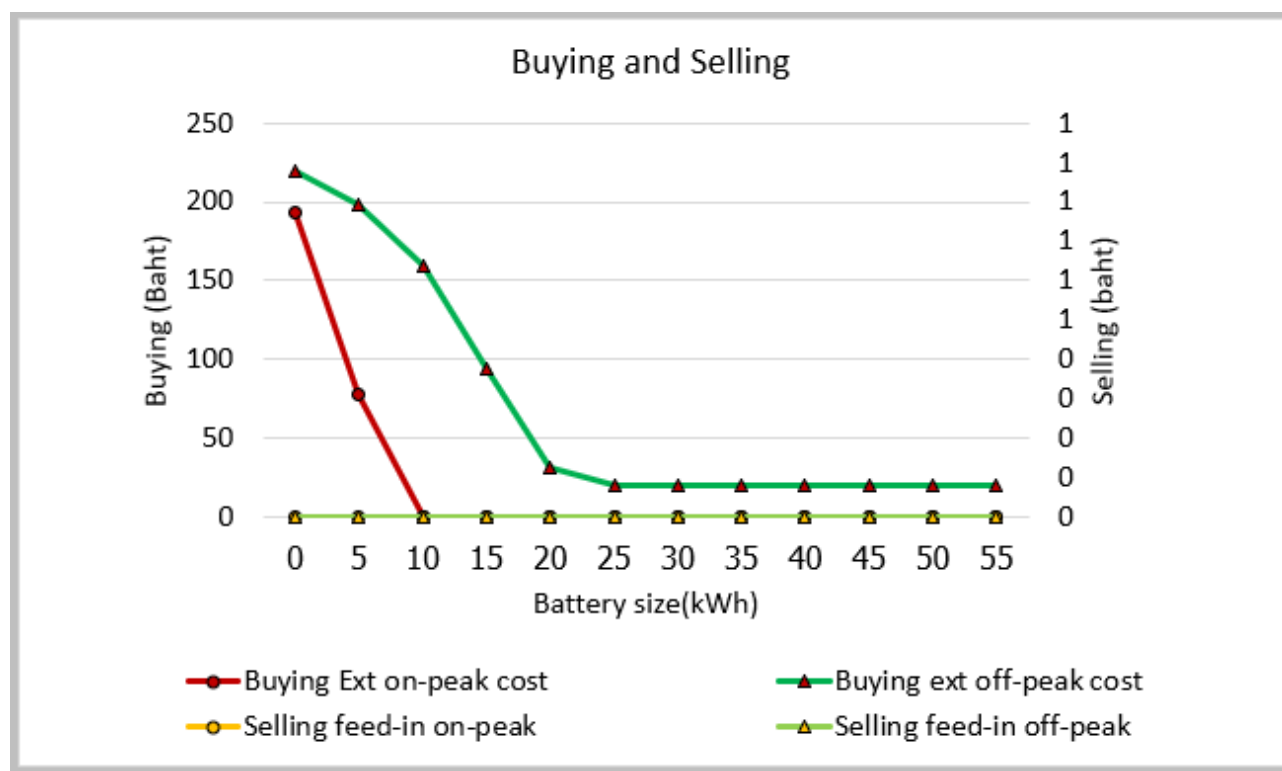
Selling Price	0	PV-peak(kw)	4.08															
Buying price On-peak	5.7982																	
Buying price Off-peak	2.6369																	
Money second day														Economic		Battery (Baht/kWh) Solar (Baht/Watt)	cost/Unit	
										5000 25								
Battery size	Buying		Selling		saving		Batt to load off-peak	total profit	Buying total	Selling total	Saving total	systems Investment (Baht)	payback period	Profit per year				
	Ext on-peak cost	ext off-peak cost	feed-in on-peak	feed-in off-peak	PV to load on-peak	PV to load off-peak												
0	193.57	219.16	0.00	0.00	55.75	28.31	0.00	0.00	-328.68	-412.74	0.00	84.06	THB 102,000.00	23.34	THB (17,091.23)			
5	77.61	198.07	0.00	0.00	55.75	28.31	115.96	21.10	-54.56	-275.68	0.00	221.12	THB 127,000.00	11.05	THB (2,837.07)			
10	0.00	159.53	0.00	0.00	55.75	28.31	193.57	59.63	177.74	-159.53	0.00	337.27	THB 152,000.00	8.67	THB 9,242.35			
15	0.00	94.67	0.00	0.00	55.75	28.31	193.57	124.49	307.45	-94.67	0.00	402.12	THB 177,000.00	8.46	THB 15,987.41			
20	0.00	31.39	0.00	0.00	55.75	28.31	193.57	187.77	434.02	-31.39	0.00	465.41	THB 202,000.00	8.35	THB 22,569.11			
25	0.00	20.35	0.00	0.00	55.75	28.31	193.57	198.81	456.10	-20.35	0.00	476.45	THB 227,000.00	9.16	THB 23,717.28			
30	0.00	20.35	0.00	0.00	55.75	28.31	193.57	198.81	456.10	-20.35	0.00	476.45	THB 252,000.00	10.17	THB 23,717.28			
35	0.00	20.35	0.00	0.00	55.75	28.31	193.57	198.81	456.10	-20.35	0.00	476.45	THB 277,000.00	11.18	THB 23,717.28			
40	0.00	20.35	0.00	0.00	55.75	28.31	193.57	198.81	456.10	-20.35	0.00	476.45	THB 302,000.00	12.19	THB 23,717.28			
45	0.00	20.35	0.00	0.00	55.75	28.31	193.57	198.81	456.10	-20.35	0.00	476.45	THB 327,000.00	13.20	THB 23,717.28			
50	0.00	20.35	0.00	0.00	55.75	28.31	193.57	198.81	456.10	-20.35	0.00	476.45	THB 352,000.00	14.21	THB 23,717.28			
55	0.00	20.35	0.00	0.00	55.75	28.31	193.57	198.81	456.10	-20.35	0.00	476.45	THB 377,000.00	15.22	THB 23,717.28			
										payback period		Profit per year						
										23.34		THB (17,091.23)						
										11.05		THB (2,837.07)						
										8.67		THB 9,242.35						
										8.46		THB 15,987.41						
										8.35		THB 22,569.11						
										9.16		THB 23,717.28						
										10.17		THB 23,717.28						
										11.18		THB 23,717.28						
										12.19		THB 23,717.28						
										13.20		THB 23,717.28						
										14.21		THB 23,717.28						
										15.22		THB 23,717.28						

ภาพที่ 34 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ในกรณีเลือกขนาด PV ที่ต้องการได้แล้ว

ผลการวิเคราะห์ที่สามารถพิจารณาได้ง่ายจะอยู่ในรูปแบบกราฟโดยจะแสดงกราฟออกมาดังนี้ กราฟเปรียบเทียบการซื้อ-ขายไฟฟ้าในช่วง On-Peak และ Off-peak ของแบตเตอรี่แต่ละขนาด กราฟรวมค่าใช้จ่ายด้านพลังงานรายสัปดาห์ของแบตเตอรี่แต่ละขนาด กราฟวิเคราะห์การประหยัดค่าใช้จ่ายในช่วง Energy flow ลักษณะ

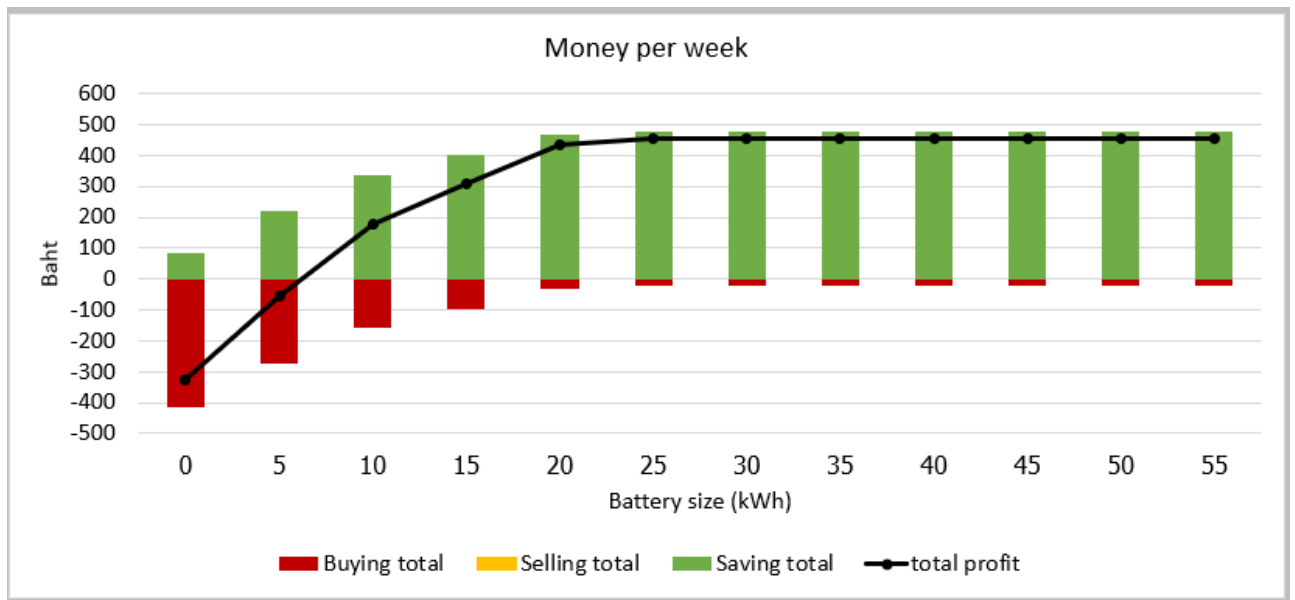
ต่างๆ กราฟเปรียบเทียบการซื้อไฟฟ้า และขายไฟฟ้าในช่วง On-peak และกราฟเปรียบเทียบการลงทุนระบบฯ ผลประโยชน์ และระยะเวลาคืนทุน

จากภาพที่ 35 แสดงให้เห็นว่า การซื้อไฟฟ้าค่อยๆลดลงเมื่อแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้รองรับได้ทั้งช่วง On-peak และ Off-peak เพื่อรองรับช่วง On-peak แบตเตอรี่ขนาด 10 กิโลวัตต์ชั่วโมง เพียงพอต่อการใช้งาน แต่ถ้าจะให้ครอบคลุมช่วง Off-peak แบตเตอรี่ขนาด 25 กิโลวัตต์ชั่วโมง ถึงจะเพียงพอต่อการใช้งาน แต่ถ้ามากกว่านั้น แบตเตอรี่จะขนาดใหญ่เกินความจำเป็น ในกรณีนี้ไม่สามารถขายไฟฟ้าได้กราฟจึงไม่ได้แสดงค่าการขายไฟฟ้า

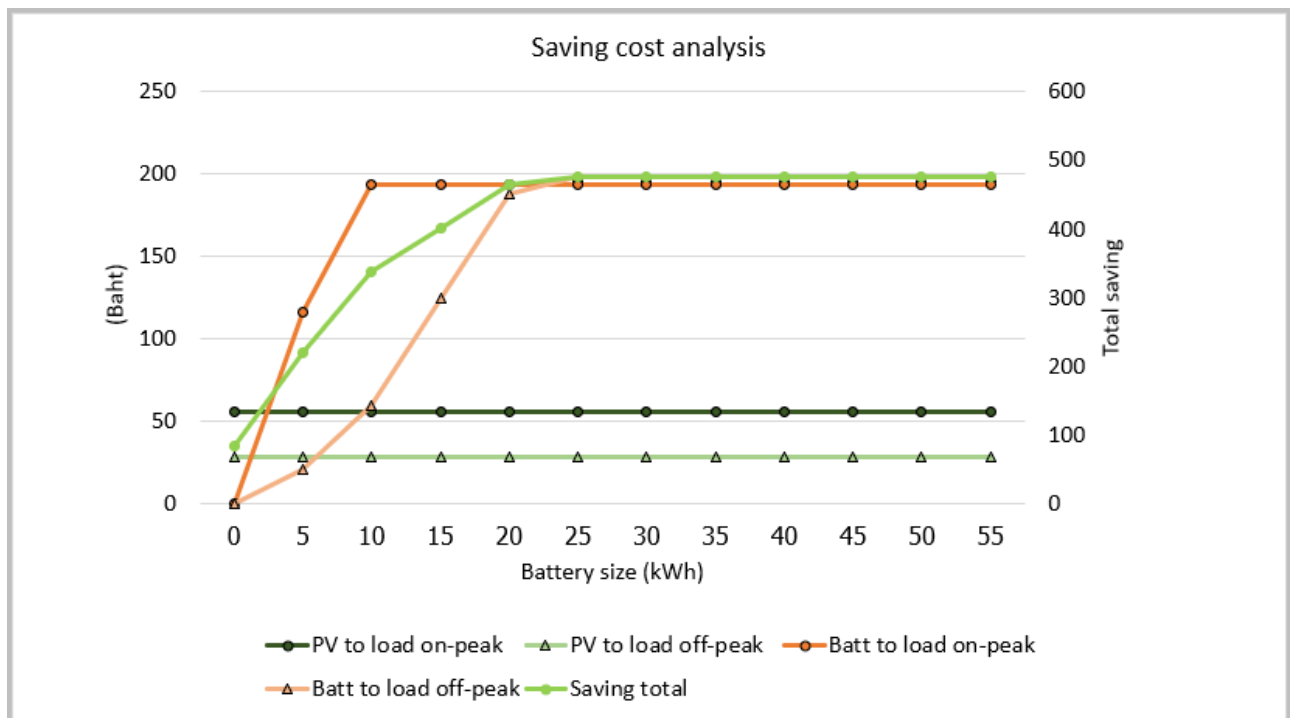


ภาพที่ 35 กราฟเปรียบเทียบการซื้อ-ขายไฟฟ้าในช่วง On-Peak และ Off-peak ของแบตเตอรี่แต่ละขนาด

เมื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ได้แก่ การซื้อไฟฟ้ารวม การขายไฟฟ้ารวม ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้รวม และผลประโยชน์รวมสรุปรายสัปดาห์ ในภาพที่ 36 แสดงให้เห็นว่าระบบที่มีขนาดแบตเตอรี่ที่ 20 – 25 กิโลวัตต์ ชั่วโมง เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานของโหนดโปรไฟล์นี้แล้ว และเมื่อมองในมุมของ Energy flow จะเห็นได้ว่า ค่าพลังงานส่วนใหญ่ที่ทำให้ระบบเกิดการประหยัดค่าพลังงานคือการจ่ายไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ทั้งช่วง On-Peak และ Off-peak แสดงในภาพที่ 37 เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบการซื้อไฟฟ้า และขายไฟฟ้าในช่วง On-peak ในภาพที่ 38 จะพบว่า เมื่อมีแบตเตอรี่จะทำให้การซื้อไฟฟ้าลดลงและเพียงพอในแบตเตอรี่ขนาด 10 กิโลวัตต์ชั่วโมง และมีการจ่ายไฟฟ้าคืนสู่กริด แต่ยังมีแบตเตอรี่สูงจะยิ่งจ่ายคืนน้อยลง แต่ว่าการจ่ายคืนสู่กริดไม่สามารถคิดเป็นเงินได้ในกรณีนี้จะหมายถึงเป็นพลังงานที่สูญเสียไป ดังนั้นเมื่อแบตเตอรี่ยังมีขนาดใหญ่จะสูญเสียพลังงานได้น้อยลง แต่อาจจะต้องวิเคราะห์กราฟอื่นๆเพิ่มเติมเพื่อหาระบบที่เหมาะสม



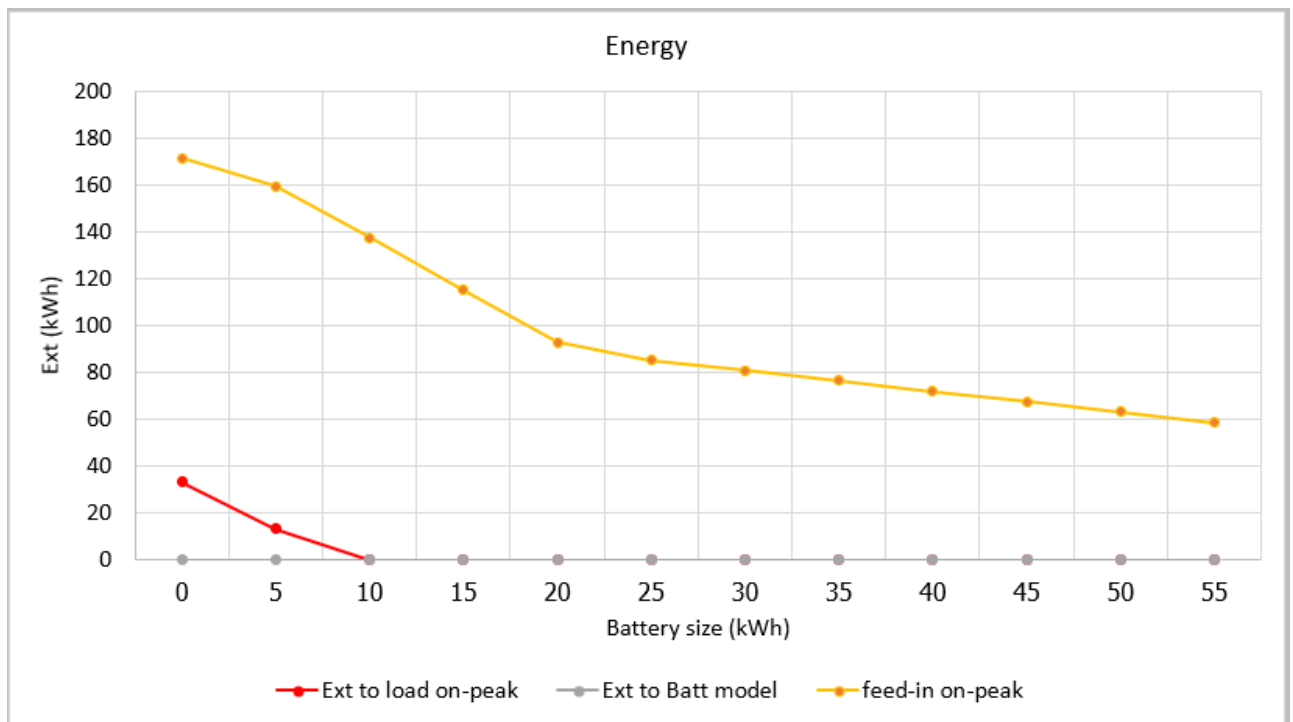
ภาพที่ 36 กราฟรวมค่าใช้จ่ายด้านพลังงานรายสัปดาห์ของแบตเตอรี่แต่ละขนาด



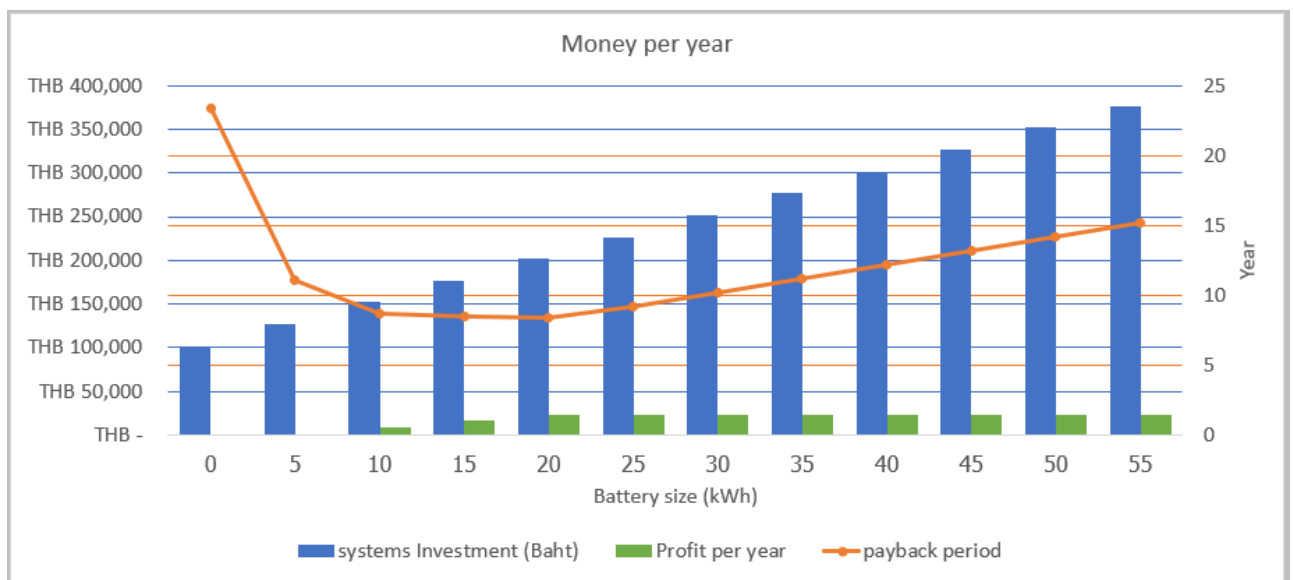
ภาพที่ 37 กราฟวิเคราะห์การประหยัดค่าใช้จ่ายในช่วง Energy flow ลักษณะต่างๆ

เมื่อวิเคราะห์การลงทุนระบบในภาพรวมในภาพที่ 39 จะเห็นได้ว่าหากไม่มีแบตเตอรี่หรือขนาดแบตเตอรี่เล็กเกินไป การลงทุนจะคืนทุนได้ช้ามากแต่เมื่อมีแบตเตอรี่มาช่วยจะทำให้ระบบมีการคืนทุนได้ไวขึ้นสามารถประหยัดค่าพลังงานได้สูงขึ้น (กรณีไม่สามารถขายไฟฟ้าได้) แต่หากมีขนาดระบบแบตเตอรี่ที่ใหญ่เกินไปความจำเป็นการลงทุนจะเป็นการลงทุนเปล่าที่ไม่ได้ส่งผลให้ประหยัดค่าพลังงานได้ ดังนั้นจุดที่น่าสนใจคือระบบที่มีขนาดแบตเตอรี่ขนาด 10 15 20 25 เพราะมีจุดคืนทุนในช่วงเวลาเดียวกันคือ ประมาณ 8-9 ปี และสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 9,242.35

15,987.41 22,569.11 23,717.28 บาทต่อปี ตามลำดับจะเห็นได้ว่าหากระบบมีขนาดแบตเตอรี่ใหญ่มากกว่านี้ การประหยัดพลังงานจะไม่เพิ่มขึ้นอีก ดังนั้นระบบที่เหมาะสมไม่ควรเกิน แบตเตอรี่ขนาด 25 กิโลวัตต์ชั่วโมง



ภาพที่ 38 กราฟเปรียบเทียบการซื้อไฟฟ้า และขายไฟฟ้าในช่วง On-peak



ภาพที่ 39 กราฟเปรียบเทียบการลงทุนระบบฯ ผลประโยชน์ และระยะเวลาคืนทุน

ตารางที่ 1 สรุปขนาดระบบ PV-Battery On-grid ที่น่าสนใจ กรณีขายไฟฟ้าไม่ได้

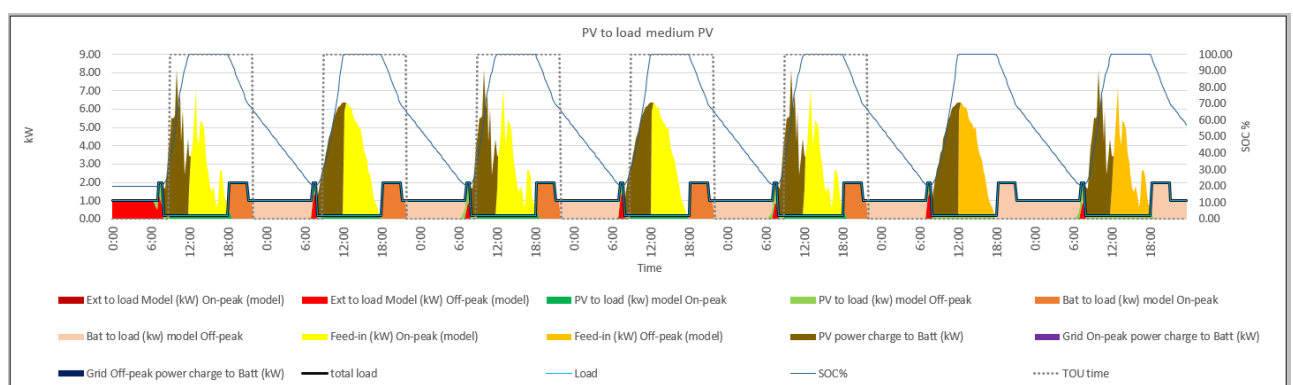
กราฟ	ขนาด PV ที่น่าสนใจ	ขนาด Battery ที่น่าสนใจ
Ext (On-peak) Various PV (Energy)	PV = 1	Battery = 10 – 55
	PV = 2	Battery = 10 – 55
	PV = 3	Battery = 10 – 55
	PV = 4	Battery = 10 – 55
Feed-in (On-peak) Various PV (Energy)	PV = 0.25	Battery = 5 – 55
	PV = 0.5	Battery = 5 – 55
	PV = 1	Battery = 10 – 55
	PV = 2	Battery = 20 – 55
Buying Various PV (Cost)	PV = 2	Battery = 20 – 55
	PV = 3	Battery = 20 – 55
	PV = 4	Battery = 20 – 55
Saving Various PV (Cost)	PV = 2	Battery = 20 – 55
	PV = 3	Battery = 20 – 55
	PV = 4	Battery = 20 – 55
Selling Various PV (Cost)	-	-
สรุปการเลือกขนาด PV ได้เลือก PV = 2 มาพิจารณาขนาดแบตเตอรี่เพิ่มเติม เนื่องจากทั้ง 4 กราฟ ขนาด PV = 2 หรือ ขนาด 4.08 kWp อยู่ในตัวเลือกของทั้ง 4 กราฟ		
กราฟ	พารามิเตอร์	ขนาด Battery ที่น่าสนใจ
Buying and selling	Buying Ext On-peak	Battery = 10 – 55
	Buying Ext Off-peak	Battery = 20 – 55
	Selling Ext On-peak	-
	Selling Ext Off-peak	-
Energy	Ext to load On-peak	Battery = 10 – 55
	Feed-in On-peak	Battery = 20 – 55
	Ext to Batt model	-
Money per week	Buying total	Battery = 20 – 55
	Selling total	Battery = 20 – 55
	Saving total	Battery = 20 – 55
	Total profit	Battery = 20 – 55
Money per year	Payback Period	Battery = 10 – 25
	Profit per year	Battery = 10 – 25
สรุปการเลือกขนาด Battery ขนาดของ Battery ที่น่าสนใจได้แก่ ขนาด 20 และ 25 กิโลวัตต์ชั่วโมง เนื่องจากขนาดที่ 20 กิโลวัตต์ เป็นจุดที่จะเข้าใกล้การประหยัดค่าพลังงานสูงสุด และลงทุนต่ำกว่าอีกขนาด แต่ขนาด 25 กิโลวัตต์ชั่วโมง เป็นจุดที่สูงสุดที่ระบบจะทำการประหยัดค่าพลังงานได้ หากระบบมีขนาดแบตเตอรี่ที่ใหญ่กว่านี้การประหยัดพลังงานจะไม่เพิ่มขึ้นไปกว่านี้แล้ว และการคืนทุนอยู่ในช่วงเวลา 8-9 ปี ซึ่งไม่ได้ต่างกันมาก		

11.2 กรณีขายไฟฟ้าได้

หลังจากใส่พารามิเตอร์ทั้งหมดแล้วในหน้า Input data และ Configuration (*ข้อควรระวัง สำหรับหน้า Input การใส่ขนาดพื้นที่แผงที่ต้องการ จะเป็นการกำหนดขนาด PV ในการคำนวณเริ่มต้นไปด้วย สำหรับหน้า Configuration การใส่ค่า Max battery energy (kWh) เป็นการใส่ขนาด battery เริ่มต้นในการคำนวณ และให้กำหนดราคาการขายไฟฟ้าให้ใส่ค่าที่ต้องการ กรณีนี้ได้ใส่ราคาขายไฟฟ้าที่ 1.8 บาทต่อหน่วย หลังจากใส่ค่าขนาดแบตเตอรี่ที่ต้องการ เปรียบเทียบแล้ว และกกดคำนวณ จะได้กราฟ Ext คือ กราฟการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า และกราฟ Feed-in คือกราฟที่ จ่ายไฟฟ้าคืนให้กับการไฟฟ้า โดยกราฟทั้งสองจะแสดงค่าขนาดสัดส่วน PV หรือจำนวนเท่าของขนาด PV โดยกรณี ตัวอย่างได้เลือกโหลดแบบ Soft load และกำหนดขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าเริ่มต้นที่ 2.04 กิโลวัตต์ หรือ พื้นที่ 9 ตารางเมตร (Input) สำหรับการวิเคราะห์นั้น และในหน้า configuration ได้ตั้งค่าเริ่มต้นไว้ดังภาพที่ 40 และแสดงผล ตัวอย่าง Energy flow ดังภาพที่ 41

Parameter setting	
Initial setting	
initial Energy battery (kWh)	4.00
Min battery energy (kWh)	4
Max battery energy (kWh)	20.00
Max battery power (kW)	10
Batt charging performance	0.9
Batt discharging Performance	1
Grid charge battery power(kW)	0
PV ratio	4.00
Load ratio	1.00
Selling Price	1.80
Buying price On-peak	5.80
Buying price Off-peak	2.64

ภาพที่ 40 ตัวอย่างการตั้งค่าเริ่มต้น กรณีขายไฟฟ้าไม่ได้



ภาพที่ 41 ตัวอย่าง Energy flow ใน 7 วัน

จากภาพแสดงให้เห็นว่าการตั้งค่าระบบเริ่มต้นนั้น ในวันคืนแรกมีการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในช่วงเวลา off-peak จากนั้นในช่วงมีแสงสว่างมีการใช้ไฟฟ้าที่ได้จาก PV โดยตรงและมีการชาร์จแบตเตอรี่ หากมีไฟฟ้ามากพอจะมีการ feed-in สู่กริด จากนั้นพอถึงช่วงค่ำจะเริ่มมีการใช้แบตเตอรี่ตลอดคืนจนถึง soc ต่ำสุดที่ตั้งค่าไว้ และรูปแบบของ

energy flow จะมีการงานในรูปแบบซ้ำตามการเปลี่ยนแปลงของโหลดที่ได้ตั้งค่าไว้ และสามารถดูตัวอย่างค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นได้ในภาพ 42 และกราฟ Energy analysis ดังภาพที่ 43

Energy Analysis For all days					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Energy On-peak (kWh)	0.00	0.00	93.07	9.61	33.39
Energy Off-peak (kWh)	11.90	0.00	37.95	10.74	71.21
Energy all	11.90	0.00	131.02	20.35	104.60
Money Analysis For all days					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Cost On-peak	B 0.00	B -	B 167.53	B 55.75	B 193.57
Cost Off-peak	B 31.39	B -	B 68.31	B 28.31	B 187.77
All Cost	B 31.39	B -	B 235.84	B 84.06	B 381.35
Total cost (Profit)	669.86				
Energy Analysis For First day					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Energy On-peak (kWh)	0.00	0.00	72.30	7.81	26.59
Energy Off-peak (kWh)	11.02	0.00	37.95	10.07	61.81
Energy all	11.02	0.00	110.25	17.88	88.39
Money Analysis For First day					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Cost On-peak	B 0.00	B -	B 130.14	B 45.31	B 154.15
Cost Off-peak	B 29.07	B -	B 68.31	B 26.56	B 162.98
All Cost	B 29.07	B -	B 198.45	B 71.86	B 317.13
Total cost (Profit)	558.38				
Energy Analysis For second day					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Energy On-peak (kWh)	0.00	0.00	20.77	1.80	6.80
Energy Off-peak (kWh)	0.88	0.00	0.00	0.67	9.40
Energy all	0.88	0.00	20.77	2.47	16.20
Money Analysis For second day					
	Ext to load model	Ext to Batt model	Feed-in	PV to load	Batt to load
Cost On-peak	B -	B -	B 37.39	B 10.44	B 39.42
Cost Off-peak	B 2.32	B -	B 0.00	B 1.76	B 24.80
All Cost	B 2.32	B -	B 37.39	B 12.20	B 64.22
Total cost (Profit)	111.49				

ภาพที่ 42 ตารางค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน On-peak Off-peak และพลังงานรวมในแบบวันแรก วันที่สองและรวมทุกวัน
กรณีขายไฟฟ้าได้



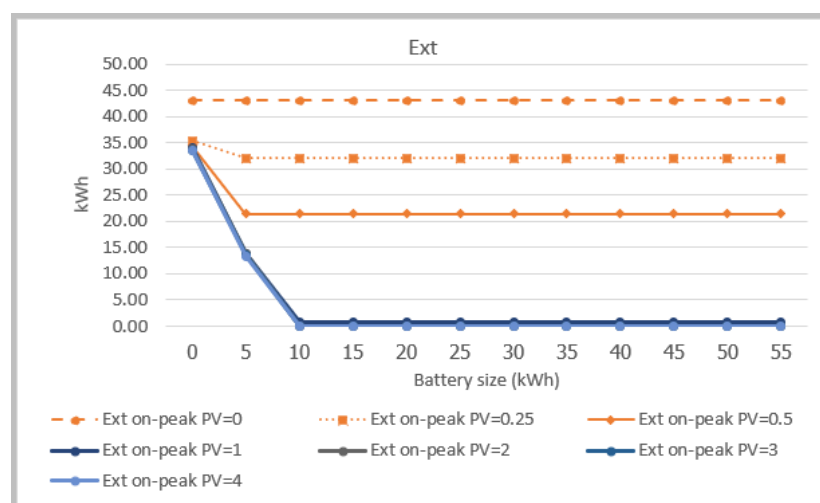
ภาพที่ 43 กราฟค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน On-peak Off-peak และพลังงานรวม ในแบบวันแรก วันที่สองและรวมทุกวัน
กรณีขายไฟฟ้าได้

เมื่อตั้งค่าเริ่มต้นได้แล้ว จากนั้นตั้งค่าแบตเตอรี่ที่ต้องการจะเปลี่ยนแปลง หรือวิเคราะห์ความอ่อนไหว ในหน้า Various PV (Energy) โดยในตัวอย่างได้ตั้งค่าแบตเตอรี่ไว้ที่ 0 5 10 ... 55 กิโลวัตต์ชั่วโมง และกดคีย์ลัดคำนวณ แสดงได้รูปที่ 44 ซึ่งเป็นผลการใช้ผลิตและใช้พลังงานในช่วงต่างๆตามขนาดแบตเตอรี่และระบบโซลาร์เซลล์ที่เปลี่ยนไป

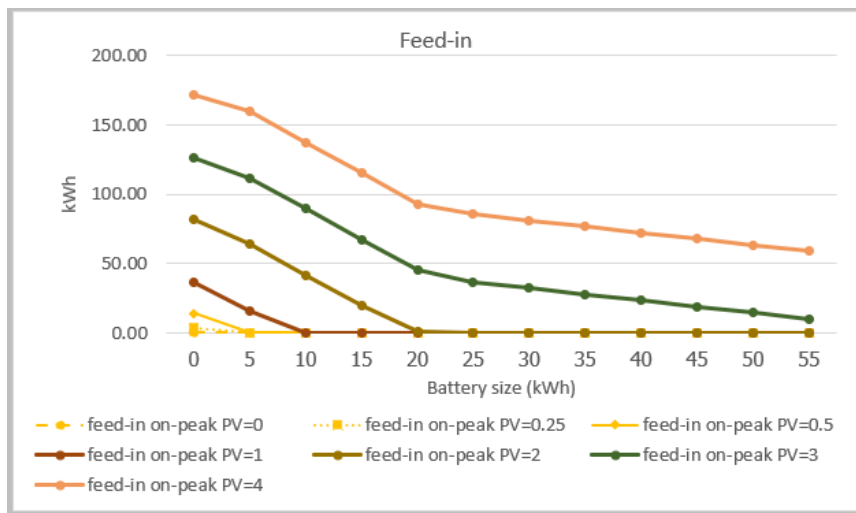
Energy second day (Ctrl+shift+p for auto calculation)														
PV ratio	0		0.25		0.5		1		2		3		4	
PV peak (kw)	0.00		0.51		1.02		2.04		4.08		6.12		8.15	
Battery size	Ext on-peak PV=0	feed-in on-peak PV=0	Ext on-peak PV=0.25	feed-in on-peak PV=0.25	Ext on-peak PV=0.5	feed-in on-peak PV=0.5	Ext on-peak PV=1	feed-in on-peak PV=1	Ext on-peak PV=2	feed-in on-peak PV=2	Ext on-peak PV=3	feed-in on-peak PV=3	Ext on-peak PV=4	feed-in on-peak PV=4
0	43.00	0.00	35.31	3.65	34.44	14.11	33.91	36.25	33.67	81.35	33.53	126.54	33.39	171.74
5	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	13.89	15.80	13.67	63.73	13.53	111.74	13.39	159.74
10	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	41.51	0.00	89.52	0.00	137.52
15	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	19.29	0.00	67.29	0.00	115.30
20	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	1.04	0.00	45.07	0.00	93.07
25	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	36.58	0.00	85.53
30	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	32.13	0.00	81.08
35	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	27.69	0.00	76.64
40	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	23.25	0.00	72.20
45	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	18.80	0.00	67.75
50	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	14.36	0.00	63.31
55	43.00	0.00	32.00	0.00	21.35	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	9.91	0.00	58.86

ภาพที่ 44 การกำหนดค่าความอ่อนไหวของขนาดแบตเตอรี่และขนาดแผงโซลาร์เซลล์ กรณีขายไฟฟ้าได้

ในการพิจารณาในขั้นตอนนี้ ให้พิจารณาจากภาพที่ 45 กรณีที่ขายไฟฟ้าได้ ในกราฟ Ext เป็นกราฟแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าจากกริดกรณีช่วง On-peak ที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดระบบ PV-Battery สังเกตได้ว่า ระบบที่เหมาะสมควรเป็นระบบที่มีการซื้อไฟฟ้าให้น้อยที่สุดควรเป็นระบบที่ขนาดสัดส่วน ตั้งแต่ PV=1 ถึง PV=4 เท่า และแบตเตอรี่เริ่มต้นที่ 10 kWh เป็นต้นไปจะทำให้ระบบไม่จำเป็นต้องซื้อไฟฟ้าในช่วง On-peak และเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 46 กราฟ Feed-in เป็นกราฟแสดงค่าการจ่ายไฟฟ้าคืนสู่กริด กรณีที่ขายไฟฟ้าได้ก็ควรจะจ่ายไฟฟ้าคืนสู่กริดให้มาก จึงจะเหมาะสมแต่อาจจะต้องใช้ข้อมูลอื่นๆประกอบการพิจารณาเพิ่มเติม ดังนั้นแล้วจากกราฟ Feed-in ระบบที่เหมาะสมหลังจากวิเคราะห์กราฟ Ext คือ ระบบสัดส่วน PV = 3 ถึง PV=4 เท่า และขนาดแบตเตอรี่อาจจะต้องใช้ตัวแปรอื่นๆในการพิจารณาเพิ่มเติม



ภาพที่ 45 กราฟแสดงการใช้พลังงานจากโครงข่ายไฟฟ้าหรือกริด ช่วง On-peak กรณีที่ขายไฟฟ้าได้



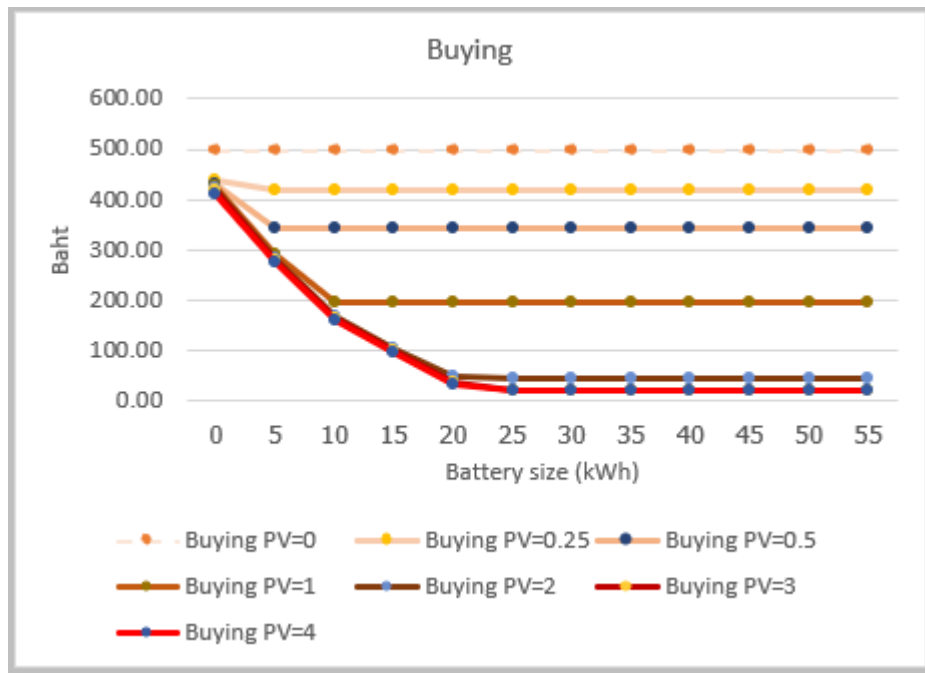
ภาพที่ 46 กราฟแสดงการส่งพลังงานคืนสู่โครงข่ายไฟฟ้าหรือกริด ช่วง On-peak กรณีที่ขายไฟฟ้าได้

หลังจากคำนวณด้านพลังงานเสร็จแล้ว ให้คำนวณด้านเศรษฐศาสตร์ โดยส่วนแรกเป็นการซื้อขายด้านพลังงาน ถ้าหากไม่มีการขายไฟฟ้า กราฟ Selling จะไม่แสดงค่า ในหน้า Various (Cost) โดยกดคำสั่งคำนวณ จะได้ผลเป็นตารางสรุปการซื้อขายพลังงานตามการเปลี่ยนแปลงของ PV-Battery ดังรูปที่ 47

PV ratio	0			0.25			0.5			1			2			3			4		
PV peak (kw)	0.00			0.51			1.02			2.04			4.08			6.12			8.15		
Battery size	Buying PV=0	Selling PV=0	Saving PV=0	Buying PV=0.25	Selling PV=0.25	Saving PV=0.25	Buying PV=0.5	Selling PV=0.5	Saving PV=0.5	Buying PV=1	Selling PV=1	Saving PV=1	Buying PV=2	Selling PV=2	Saving PV=2	Buying PV=3	Selling PV=3	Saving PV=3	Buying PV=4	Selling PV=4	Saving PV=4
0	496.80	0.00	0.00	440.74	9.35	56.06	432.78	36.83	64.02	427.24	96.25	69.56	421.94	217.28	74.86	417.34	338.56	79.46	412.74	459.84	84.06
5	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	290.01	40.19	206.78	284.88	161.28	211.92	280.28	282.56	216.52	275.68	403.84	221.12
10	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	167.84	105.28	328.96	163.68	226.56	333.11	159.53	347.84	337.27
15	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	102.78	49.28	394.02	98.72	170.56	398.07	94.67	291.84	402.12
20	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	48.93	2.82	447.87	35.44	114.56	461.36	31.39	235.84	465.41
25	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	45.21	0.00	451.59	21.03	95.63	475.77	20.35	219.47	476.45
30	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	45.21	0.00	451.59	21.03	87.63	475.77	20.35	211.47	476.45
35	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	45.21	0.00	451.59	21.03	79.63	475.77	20.35	203.47	476.45
40	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	45.21	0.00	451.59	21.03	71.63	475.77	20.35	195.47	476.45
45	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	45.21	0.00	451.59	21.03	63.63	475.77	20.35	187.47	476.45
50	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	45.21	0.00	451.59	21.03	55.63	475.77	20.35	179.47	476.45
55	496.80	0.00	0.00	417.93	0.00	78.86	342.84	0.00	153.95	195.33	0.00	301.46	45.21	0.00	451.59	21.03	47.63	475.77	20.35	171.47	476.45

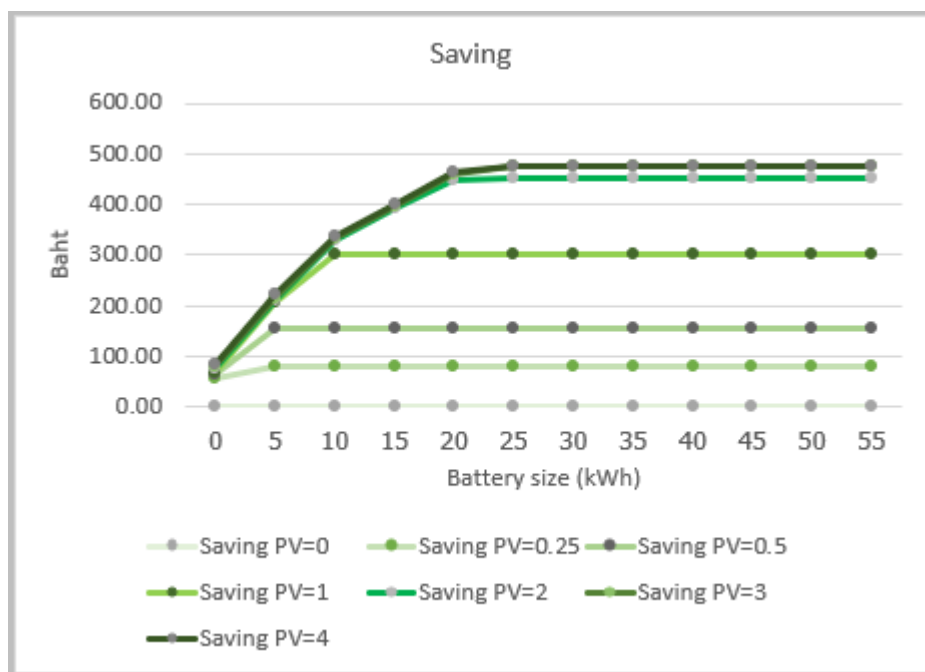
ภาพที่ 47 สรุปการซื้อขายพลังงานตามการเปลี่ยนแปลงของ PV-Battery กรณีที่ขายไฟฟ้าได้

ในการพิจารณาด้านค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจะประกอบไปด้วย ค่าซื้อพลังงาน ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ และ ค่ากำไรจากการขายพลังงานคืน โดยจะแสดงค่าใช้จ่ายออกมาในรูปรายสัปดาห์ เพื่อเป็นการวิเคราะห์อย่างง่าย แสดงในภาพที่ 48 - 50 จากกราฟ Buying แสดงให้เห็นว่า ถ้าจะลดรายจ่ายด้านพลังงานให้ครอบคลุมทั้งช่วง On-peak และ Off-peak ระบบ PV ที่มีสัดส่วนขนาด ตั้งแต่ PV = 2 ถึง PV = 4 และตั้งแต่แบตเตอรี่ขนาด 20 เป็นต้นไปมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า 50 บาทต่อสัปดาห์ เมื่อดูประกอบกับตารางในภาพที่ จึงน่าสนใจและเหมาะต่อการเลือกมากที่สุด



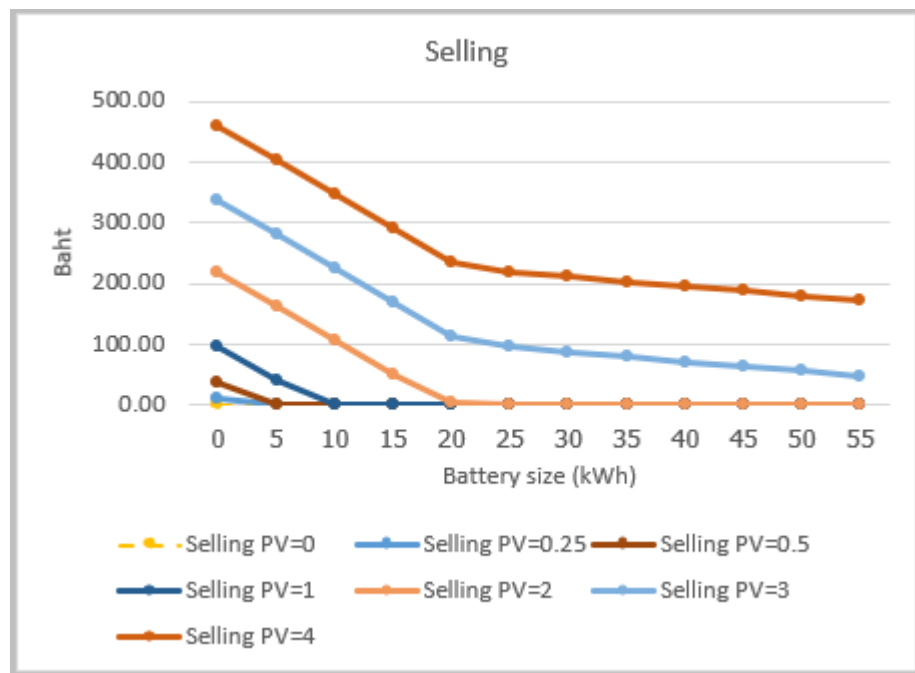
ภาพที่ 48 กราฟแสดงค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อพลังงานรวมทั้งช่วง On-peak และ Off-peak กรณีที่ขายไฟฟ้าได้

เมื่อพิจารณาการประหยัดค่าพลังงาน ควรจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายส่วนนี้ให้มากที่สุด และจากภาพที่ ... แสดงให้เห็นว่าระบบ PV ที่มีสัดส่วนตั้งแต่ PV = 2 ถึง PV = 4 และตั้งแต่แบตเตอรี่ขนาด 20 เป็นต้นไปสามารถประหยัดค่าพลังงานได้สูงถึงเกือบ 500 บาทต่อสัปดาห์ เมื่อดูประกอบกับตารางในภาพที่ ... จึงน่าสนใจและเหมาะต่อการเลือกมากที่สุด



ภาพที่ 49 กราฟแสดงการประหยัดพลังงานรวมทั้งช่วง On-peak และ Off-peak กรณีที่ขายไฟฟ้าได้

กรณีที่สามารถขายไฟฟ้าได้นั้นหากรบบที่สามารถขายไฟฟ้าได้ในปริมาณมากนั้นจะยิ่งทำให้ระบบ PV-Battery น่าสนใจมากขึ้นเนื่องจากระบบสามารถสร้างประโยชน์ได้นอกเหนือจากการประหยัดค่าพลังงาน แต่ในการตัดสินใจในการลงทุนควรจะต้องใช้ตัวแปรทางเศรษฐศาสตร์ หลายๆตัวในการพิจารณา ดังนั้นอาจจะต้องเปรียบเทียบระบบ PV ที่มีหลายขนาดมากขึ้นเพื่อดูผลลัพธ์ทางเศรษฐศาสตร์ที่มีแนวโน้มที่น่าสนใจเพื่อประกอบการตัดสินใจ



ภาพที่ 50 กราฟแสดงค่าการขายพลังงานรวมทั้งช่วง On-peak และ Off-peak กรณีที่ขายไฟฟ้าได้

หลังจากการวิเคราะห์จากกราฟก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าระบบ PV ที่น่าจะเหมาะสมในการเปรียบเทียบค่าเพิ่มเติมได้แก่ ระบบสัดส่วน PV = 2 – 4 เท่า ดังนั้นแล้ว ให้เลือกระบบ PV ที่ต้องการโดยให้กรอกในหน้า Configuration

ในช่อง

PV-peak(kw)	0.00
-------------	------

 จากตัวอย่างระบบ PV ที่ค่อนข้างเหมาะสมคือ ขนาด PV สัดส่วน 2 เท่ากับขนาด 4.08 กิโลวัตต์พีค PV สัดส่วน 3 เท่ากับขนาด 6.12 กิโลวัตต์พีคและ PV สัดส่วน 4 เท่ากับขนาด 8.15 กิโลวัตต์พีค และในหน้า Money ช่องขวาสุดจะมีให้กรอกค่าการลงทุนแบตเตอรี่ และระบบโซลาร์

เซลล์ ที่ช่อง Economic

	cost/Unit
Battery (Baht/kWh)	5000
Solar (Baht/Watt)	25

 ในเคสตัวอย่างได้มีค่าการลงทุนแบตเตอรี่ที่ 5,000 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง และระบบส่วนโซลาร์เซลล์ที่ 25 บาทต่อวัตต์ จากการให้กัค่าดังกล่าวจะแสดงผลการคำนวณด้านพลังงานและด้านเศรษฐศาสตร์อย่างง่ายเพื่อใช้ในการประกอบการพิจารณา ดังภาพที่ 51-52

Fixed PV

PV-peak(kw)4.08

Energy second day (Ctrl+shift+m for auto calculation)

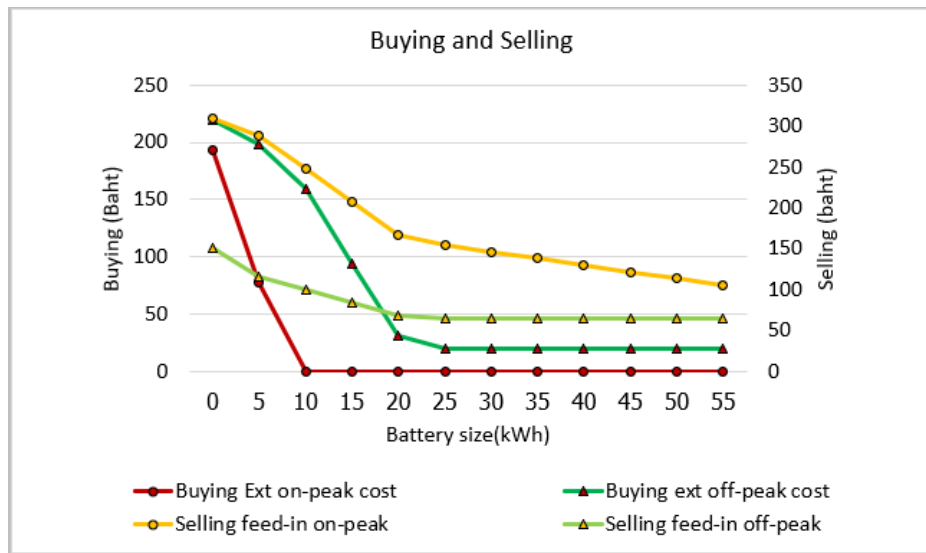
Battery size	Ext to load on-peak	Ext to Batt model	feed-in on-peak	PV to load on-peak	Batt to load on-peak	ext toload off-peak	ext to batt off-peak	feed-in off-peak	PV to load off-peak	Batt to load off-peak
0	33.39	0.00	171.74	9.61	0.00	83.11	0.00	83.73	10.74	0.00
5	13.39	0.00	159.74	9.61	20.00	75.11	0.00	64.62	10.74	8.00
10	0.00	0.00	137.52	9.61	33.39	60.50	0.00	55.73	10.74	22.61
15	0.00	0.00	115.30	9.61	33.39	35.90	0.00	46.84	10.74	47.21
20	0.00	0.00	93.07	9.61	33.39	11.90	0.00	37.95	10.74	71.21
25	0.00	0.00	85.53	9.61	33.39	7.72	0.00	36.40	10.74	75.40
30	0.00	0.00	81.08	9.61	33.39	7.72	0.00	36.40	10.74	75.40
35	0.00	0.00	76.64	9.61	33.39	7.72	0.00	36.40	10.74	75.40
40	0.00	0.00	72.20	9.61	33.39	7.72	0.00	36.40	10.74	75.40
45	0.00	0.00	67.75	9.61	33.39	7.72	0.00	36.40	10.74	75.40
50	0.00	0.00	63.31	9.61	33.39	7.72	0.00	36.40	10.74	75.40
55	0.00	0.00	58.86	9.61	33.39	7.72	0.00	36.40	10.74	75.40

ภาพที่ 51 ผลการวิเคราะห์ด้านพลังงานในกรณีเลือกขนาด PV ที่ต้องการได้แล้ว กรณีที่ขายไฟฟ้าได้

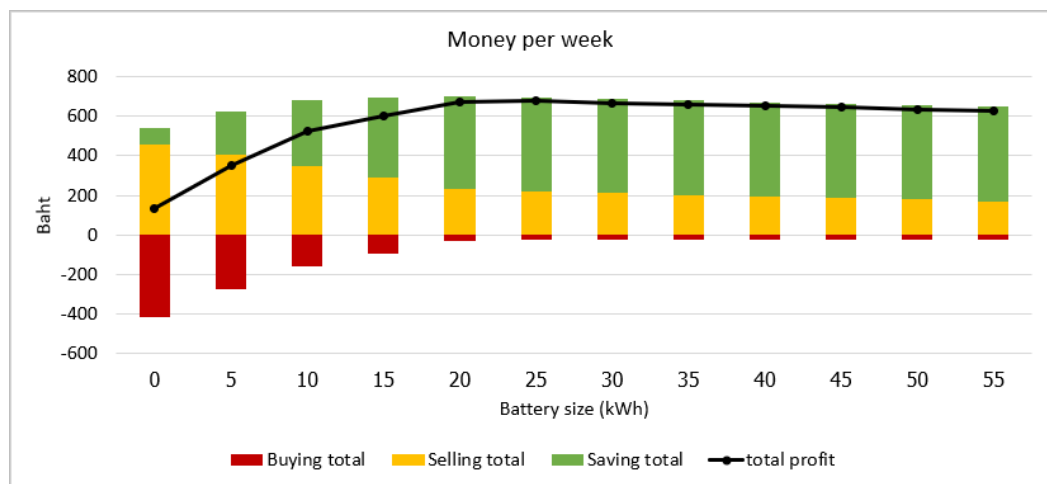
Selling Price	1.8	PV-peak(kw)	4.08											Economic	Battery (Baht/kWh)	cost/Unit	
Buying price On-peak	5.7982															5000	
Buying price Off-peak	2.6369															25	
	Money second day																
	Buying			Selling			saving										
Battery size	Ext on-peak cost	ext off-peak cost	feed-in on-peak	feed-in off-peak	PV to load on-peak	PV to load off-peak	Batt to load on-peak	Batt to load off-peak	total profit	Buying total	Selling total	Saving total	systems Investment (Baht)	payback period	Profit per year		
0	193.57	219.16	309.13	150.71	55.75	28.31	0.00	0.00	131.16	-412.74	459.84	84.06	THB 102,000.00	3.61	THB 6,820.58		
5	77.61	198.07	287.53	116.31	55.75	28.31	115.96	21.10	349.28	-275.68	403.84	221.12	THB 127,000.00	3.91	THB 18,162.74		
10	0.00	159.53	247.53	100.31	55.75	28.31	193.57	59.63	525.58	-159.53	347.84	337.27	THB 152,000.00	4.27	THB 27,330.16		
15	0.00	94.67	207.53	84.31	55.75	28.31	193.57	124.49	599.29	-94.67	291.84	402.12	THB 177,000.00	4.90	THB 31,163.22		
20	0.00	31.39	167.53	68.31	55.75	28.31	193.57	187.77	669.86	-31.39	235.84	465.41	THB 202,000.00	5.54	THB 34,832.92		
25	0.00	20.35	153.95	65.52	55.75	28.31	193.57	198.81	675.57	-20.35	219.47	476.45	THB 227,000.00	6.27	THB 35,129.66		
30	0.00	20.35	145.95	65.52	55.75	28.31	193.57	198.81	667.57	-20.35	211.47	476.45	THB 252,000.00	7.04	THB 34,713.66		
35	0.00	20.35	137.95	65.52	55.75	28.31	193.57	198.81	659.57	-20.35	203.47	476.45	THB 277,000.00	7.83	THB 34,297.66		
40	0.00	20.35	129.95	65.52	55.75	28.31	193.57	198.81	651.57	-20.35	195.47	476.45	THB 302,000.00	8.64	THB 33,881.66		
45	0.00	20.35	121.95	65.52	55.75	28.31	193.57	198.81	643.57	-20.35	187.47	476.45	THB 327,000.00	9.47	THB 33,465.66		
50	0.00	20.35	113.95	65.52	55.75	28.31	193.57	198.81	635.57	-20.35	179.47	476.45	THB 352,000.00	10.32	THB 33,049.66		
55	0.00	20.35	105.95	65.52	55.75	28.31	193.57	198.81	627.57	-20.35	171.47	476.45	THB 377,000.00	11.19	THB 32,633.66		

ภาพที่ 52 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ในกรณีเลือกขนาด PV ที่ต้องการได้แล้ว กรณีที่ขายไฟฟ้าได้

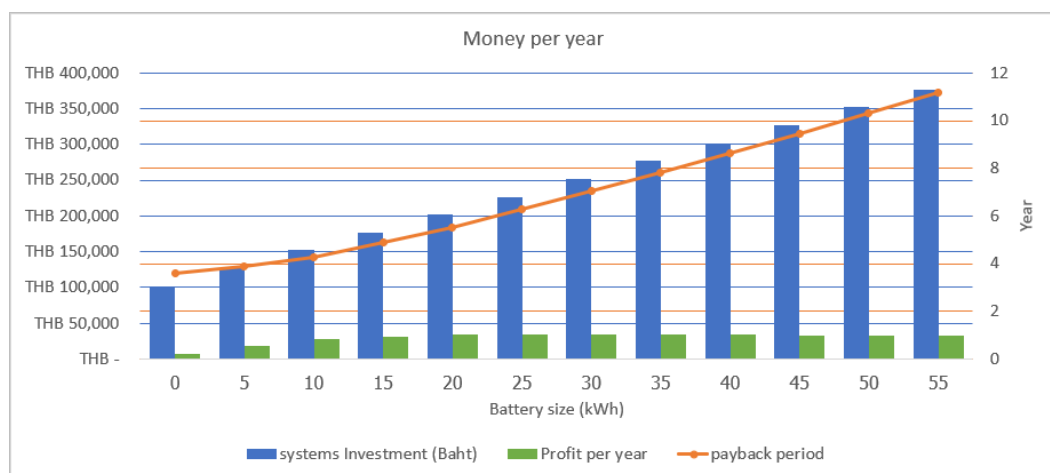
ผลการวิเคราะห์ที่สามารถพิจารณาได้ง่ายจะอยู่ในรูปแบบกราฟโดยจะแสดงกราฟออกมาดังนี้ กราฟเปรียบเทียบการซื้อ-ขายไฟฟ้าในช่วง On-Peak และ Off-peak ของแบตเตอรี่แต่ละขนาด กราฟรวมค่าใช้จ่ายด้านพลังงานรายสัปดาห์ของแบตเตอรี่แต่ละขนาด กราฟวิเคราะห์การประหยัดค่าใช้จ่ายในช่วง Energy flow ลักษณะต่างๆ กราฟเปรียบเทียบการซื้อไฟฟ้า และขายไฟฟ้าในช่วง On-peak และกราฟเปรียบเทียบการลงทุนระบบฯ ผลประโยชน์ และระยะเวลาคืนทุน กรณีที่สามารถขายไฟฟ้ารูปแบบกราฟจะมีการเปลี่ยนไปจากเดิมจะเห็นค่าการขายไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นดังนั้นแล้วจะต้องนำข้อมูล PV ที่เลือกมาเปรียบเทียบกับและอาจจะต้องเลือกช่วงของแบตเตอรี่ที่เหมาะสมในสัดส่วน PV แต่ละขนาดมาเปรียบเทียบกับอีกด้วย สามารถแสดงกราฟที่มีการเปลี่ยนแปลงจากกรณีที่ขายไฟฟ้าไม่ได้ดังภาพ 53 - 55 จะเห็นได้ว่าเมื่อสามารถขายไฟฟ้ารูปแบบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจะเปลี่ยนไปเมื่อระบบ PV มีแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้นการซื้อไฟฟ้าจะลดลง ปริมาณการขายไฟฟ้า และการประหยัดพลังงาน จะลดลงและเพิ่มขึ้นไปถึงจุด ๆ หนึ่งที่เหมาะสม ที่ไม่สามารถเพิ่มหรือลดได้ ดังนั้นควรจะเลือกช่วงของแบตเตอรี่ในการเปรียบเทียบกับขนาด PV อื่น ๆ และกราฟเปรียบเทียบการลงทุนระบบฯ ผลประโยชน์ และระยะเวลาคืนทุน จะสังเกตเห็นว่าขนาดของระบบเมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้นเงินลงทุนจะเพิ่มขึ้นตามขนาดของระบบ และระยะเวลาคืนทุนจะเพิ่มขึ้นตามเงินลงทุนระบบผลกำไร และแต่ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจะมีจุดที่ไม่สามารถเพิ่มได้ ดังนั้นแล้วจะต้องเลือกขนาดที่อยู่ในช่วงที่ที่เป็นจุดเปลี่ยนแปลงเพื่อเปรียบเทียบกับระบบ PV ขนาดอื่นๆ



ภาพที่ 53 กราฟเปรียบเทียบการซื้อ-ขายไฟฟ้าในช่วง On-Peak และ Off-peak ของแบตเตอรี่แต่ละขนาด



ภาพที่ 54 กราฟรวมค่าใช้จ่ายด้านพลังงานรายสัปดาห์ของแบตเตอรี่แต่ละขนาด



ภาพที่ 55 กราฟเปรียบเทียบการลงทุนระบบฯ ผลประโยชน์ และระยะเวลาคืนทุน

ตารางที่ 2 สรุปขนาดระบบ PV-Battery On-grid ที่น่าสนใจ กรณีขายไฟฟ้าได้

กราฟ	ขนาด PV ที่น่าสนใจ	ขนาด Battery ที่น่าสนใจ
Ext (On-peak)	PV = 1	Battery = 10 – 55
Various PV (Energy)	PV = 2	Battery = 10 – 55
	PV = 3	Battery = 10 – 55
	PV = 4	Battery = 10 – 55
Feed-in (On-peak)	PV = 0.5	จะต้องพิจารณาตัวแปรอื่น ๆ เพิ่มเติม
Various PV (Energy)	PV = 1	
	PV = 2	
	PV = 3	
	PV = 4	
Buying	PV = 2	Battery = 20 – 55
Various PV (Cost)	PV = 3	Battery = 20 – 55
	PV = 4	Battery = 20 – 55
Saving	PV = 2	Battery = 20 – 55
Various PV (Cost)	PV = 3	Battery = 20 – 55
	PV = 4	Battery = 20 – 55
Selling	PV = 0.5	จะต้องพิจารณาตัวแปรอื่น ๆ เพิ่มเติม
Various PV (Cost)	PV = 1	
	PV = 2	
	PV = 3	
	PV = 4	
สรุปการเลือกขนาด PV		
สัดส่วนระบบ PV = 2 - 4 เท่า มาพิจารณาเปรียบเทียบกับขนาดแบตเตอรี่ โดยที่ ระบบ Battery = 15 20 25		

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ของระบบ PV – Battery ขนาดต่าง ๆ

PV (kWp)	Battery (kWh)	total profit (Baht)	Buying total (Baht)	Selling total (Baht)	Saving total (Baht)	systems Investment (Baht)	payback period	Profit per year (Baht)
4.08	15	599.29	-94.67	291.84	402.12	177,000.00	4.90	31,163.22
	20	669.86	-31.39	235.84	465.41	202,000.00	5.54	34,832.92
	25	675.57	-20.35	219.47	476.45	227,000.00	6.27	35,129.66
6.12	15	599.29	-94.67	291.84	402.12	228,000.00	6.32	31,163.22
	20	669.86	-31.39	235.84	465.41	253,000.00	6.94	34,832.92
	25	675.57	-20.35	219.47	476.45	278,000.00	7.68	35,129.66
8.15	15	599.29	-94.67	291.84	402.12	278,750.00	7.72	31,163.22
	20	669.86	-31.39	235.84	465.41	303,750.00	8.33	34,832.92
	25	675.57	-20.35	219.47	476.45	328,750.00	9.08	35,129.66

เมื่อนำระบบ PV ทั้งสามขนาดมาเปรียบเทียบกับขนาดของแบตเตอรี่ทั้งสามขนาด ดังในตารางที่ 3 พบว่า ระบบ PV ขนาด 4.08 kWp เพียงพอต่อการใช้งานเนื่องจากเมื่อเพิ่มขนาดของระบบ PV ประโยชน์ที่ได้รับต่อปีไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้ไปมากกว่านี้ แสดงว่าหากจะลงทุนเพิ่มก็ไม่สามารถประหยัดพลังงานหรือขายไฟฟ้าได้ไปมากกว่านี้

แล้ว แต่เมื่อเพิ่มขนาดของแบตเตอรี่ พบว่าผลประโยชน์ที่ได้รับต่อปีของแบตเตอรี่ขนาด 25 kWh มากกว่า 20 kWh เนื่องจากสามารถขายไฟฟ้าได้มากขึ้นแต่จำเป็นต้องลงทุนระบบมากขึ้นเนื่องจากต้องเพิ่มราคาของแบตเตอรี่ ทำให้ระยะเวลาคืนทุนเพิ่มขึ้นอีกด้วย ดังนั้นระบบที่น่าสนใจของการใช้โหนดโปรไฟล์นี้ ได้แก่ ระบบ PV ขนาด 4.08 กิโลวัตต์ และแบตเตอรี่ขนาดที่น่าสนใจคือ Battery ขนาด 20 และ 25 กิโลวัตต์ชั่วโมง แต่ถ้ามีขนาดแบตเตอรี่เพิ่มไปมากกว่านี้ ก็ไม่สามารถที่จะทำให้ระบบเกิดผลประโยชน์ไปมากกว่านี้อีกด้วย

12. สรุปผลการใช้งานโปรแกรม

สำหรับการวิเคราะห์ของโปรแกรมเป็นเพียงการนำเสนอข้อมูลทางด้านพลังงาน และด้านเศรษฐศาสตร์ในเบื้องต้น ที่มีความน่าสนใจ และในการวิเคราะห์ได้แสดงให้เห็นถึงข้อสังเกตโดยใช้ แนวคิดการพิจารณาในรูปแบบ Energy Flow เพื่อให้เห็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วน และผลการวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นใช้ในการประกอบการตัดสินใจ เท่านั้น ตัวโปรแกรมไม่สามารถตัดสินใจแทนได้