การจำลองแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำ ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำบางพระ จังหวัดชลบุรี

Simulations of floating solar cell system in Bang Pra basin Chonburi province

ชัยฤกษ์ จักรพัฒนจิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

E-mail: chairerg@eng.src.ku.ac.th

บทคัดย่อ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหมุนเวียนใช้ได้ใหม่อยู่ตลอดที่สะอาดและปราศจากมลพิษ ในประเทศไทยมีค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยสูงและมีศักยภาพสามารถนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้ ซึ่งปัจจุบันแนวโน้มการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีจำนวนสูงมากขึ้น โดยเฉพาะพื้นที่ภาคตะวันออกเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมที่สำคัญสำหรับโครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก ทำให้เกิดความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น งานวิจัยนี้ได้จำลองแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเลือกพื้นที่อ่างเก็บน้ำบางพระในจังหวัดชลบุรีเป็นพื้นที่จำลองสำหรับติดตั้งแผงผลิตไฟฟ้าแบบลอยน้ำ ในการศึกษานี้กำหนดกำลังการผลิตติดตั้งของระบบผลิตไฟฟ้ามีขนาด 1 MW โดยใช้พิกัดของอินเวอร์เตอร์เป็นข้อกำหนด การจำลองใช้โปรแกรม PVSyst จากนั้นนำผลจากการจำลองมาเปรียบเทียบวิเคราะห์ทางวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เข้าระบบและวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุน

คำสำคัญ:

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำ; พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เข้าระบบ; โปรแกรม PVSyst; โครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก

Abstract

Solar energy is renewable energy which is clean and non-polluting. The average solar radiation in Thailand is very high and has a great potential for electrical power production. Presently, solar energy production is increasing, especially in Eastern Thailand which is very important industrialized area for Eastern Economic Corridor and faces rising energy demand. This study simulates solar energy power system and selects Bang Pra basin in Chonburi province to be studied area for installing floating solar PV system. The installed capacity of all simulated case studies was 1 MW with determined by inverter rating. The simulations were done using PVSyst, then were analyzed and compared the results in terms of engineering aspect, energy injected to grid, and economic viewpoint for investment consideration.

Keywords:

floating solar cell system; energy injected to grid; PVSyst; Eastern Economic Corridor (EEC)

1. บทนำ

ในปัจจุบันการใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์หรือที่มักเรียกว่า แผงโซล่าเซลล์ เป็นแนวทางการใช้พลังงานที่มีบทบาทสำคัญในระบบพลังงานของโลกเนื่องจากแผงโซล่าเซลล์เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงและพลังงานไฟฟ้าที่ได้นั้นเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งจัดเป็นแหล่งพลังงานทดแทนชนิดหนึ่งที่สะอาดและไม่สร้างมลภาวะใด ๆ ขณะใช้งาน และแสงอาทิตย์ยังเป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติซึ่งไม่มีวันหมดไป พลังงานที่ดวงอาทิตย์สร้างขึ้นนั้นเมื่อถูกดูดซับจากชั้นบรรยากาศของโลกยังคงเหลือพลังงานที่ตกลงบนพื้นโลกประมาณ 1.25×10^{14} kWh/ตร.ม.-ปี ซึ่งคิดเป็นปริมาณความร้อนคงที่ที่คงเหลือบนผิวโลกประมาณ 68.2% [1]

ประเทศไทยตั้งอยู่ในตำแหน่งที่มีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สูงและมีความเหมาะสมที่สุดในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ [2] ภาครัฐจึงเล็งเห็นความสำคัญและกำหนดนโยบายให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น [3] ภาคเอกชนและชุมชนที่มีความสนใจได้พยายามนำแผงโซล่าเซลล์มาใช้ในระบบการผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายคืนกลับให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและนำไปใช้ในภาคครัวเรือน ภาคตะวันออกเป็นพื้นที่หลักในการรองรับการกระจายอุตสาหกรรมจากกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยมีพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก ได้แก่ ชลบุรี และระยองซึ่งถูกกำหนดให้เป็นฐานอุตสาหกรรมและเป็นประตูส่งออกใหม่ของประเทศ แนวโน้มความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่จึงเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง [4]

งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาและจำลองระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำโดยเลือกพื้นที่อ่างเก็บน้ำบางพระซึ่งควรมีการใช้ประโยชน์พื้นผิวที่มีบริเวณกว้างเหมาะสมกับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าเชิงวิศวกรรมและความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ เนื้อหาในบทความนี้ประกอบด้วยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพื้นที่ศึกษาและกรณีศึกษา ผลการจำลองด้วยโปรแกรม PVSyst วิเคราะห์และอภิปรายผลการจำลองและสรุปผล

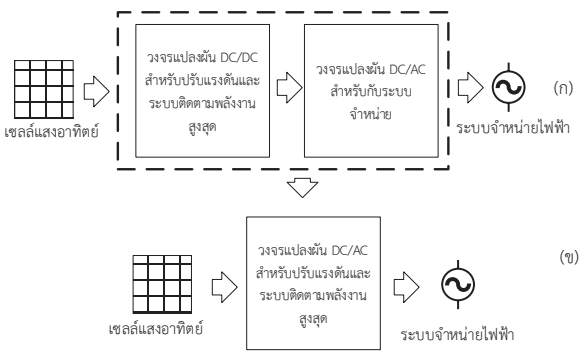
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า มีหลายประเภท เช่น Crystalline Silicon Solar Cells, Amorphous Silicon Solar Cells, Chalcogenide Thin-Film Solar Cells, Printed Organic Solar Cells [5] เซลล์แสงอาทิตย์เป็นทางเลือกที่สำคัญในการผลิตไฟฟ้าเนื่องจากในการผลิตไฟฟ้าไม่ก่อให้เกิดมลพิษจึงเป็นพลังงานทางเลือกที่มีการส่งเสริมให้มีการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยโดยโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ในช่วงปี 2561 – 2580 ได้ตั้งเป้าหมายการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทุ่นลอยน้ำร่วม

กับโรงไฟฟ้าพลังน้ำ จำนวน 2,725 เมกะวัตต์ [4] มีงานวิจัยเกี่ยวกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์อย่างกว้างขวาง ในส่วนนี้จึงนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีการติดตั้งได้หลายรูปแบบ ได้แก่ การติดตั้งแบบอิสระ (PV Stand-alone system) การติดตั้งสำหรับสูบน้ำ (PV Pump system) การติดตั้งแบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) [6] ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แก่ อุณหภูมิแวดล้อมและอุณหภูมิที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ความสกปรกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ลักษณะการต่อวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การสูญเสียในสายไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์จากกระแสตรง (DC) เป็นกระแสสลับ (AC) ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ [7]



ภาพที่ 1 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (ก) แบบ 2 ขั้นตอน (ข) แบบ 1 ขั้นตอน

2.2 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำ

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าแบบลอยน้ำเป็นเทคโนโลยีใหม่ ซึ่งมีการใช้ทุ่นลอยน้ำที่ทำจากพลาสติกโพลีเอตเทอรีนความหนาแน่นสูง (high density thermoplastic polyethylene : HDPE) เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ลอยบนผิวน้ำที่มีอุณหภูมิแวดล้อมต่ำกว่าบนบกจึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์สูงขึ้น [8] การศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ลอยน้ำแบบเซลล์แสงอาทิตย์อยู่กับที่และแบบเซลล์แสงอาทิตย์ติดตามดวงอาทิตย์ในประเทศอินเดียพบว่านอกจากประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าที่ดีขึ้นยังทำให้ลดการระเหยของน้ำในอ่างเก็บน้ำได้ทั้งยังช่วยลดการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อีกด้วย [9]

ภาพที่ 2 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำที่ไม่มีระบบติดตามแสงอาทิตย์ [9]

ภาพที่ 3 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำที่มีระบบติดตามแสงอาทิตย์ [9]

2.3 โปรแกรมจำลองการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

โปรแกรม PVsyst [10] เป็นโปรแกรมใช้ในการจำลองความสามารถในการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์โดยมีข้อมูลอุตุนิยมวิทยาทั่วโลกที่ส่งผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และยังมีฐานข้อมูลของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์สายไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้าจากผู้ผลิตที่มีการใช้งานให้เลือกใช้ในการจำลองและยังมีลักษณะการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลักษณะต่าง ๆ ให้เลือกใช้งานได้หลากหลาย โดยโปรแกรมมีความสามารถในการคำนวนลักษณะการติดตั้งที่เหมาะสมหรือเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่หรือกำลังการผลิตที่เราต้องการรวมถึงสามารถวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

3. พื้นที่ศึกษาและกรณีศึกษา

3.1 พื้นที่ในการศึกษา

จากแนวโน้มความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ภาคตะวันออกที่เพิ่มมากขึ้นการศึกษานี้จึงเลือกพื้นที่อ่างเก็บน้ำบางพระดังภาพที่ 4 ในการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แผงผลิตไฟฟ้าแบบลอยน้ำเนื่องจากพื้นที่ผิวของอ่างเก็บน้ำเป็นพื้นที่ว่างกว้างและไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์อื่นใดมีความเหมาะสมต่อการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าซึ่งต้องการพื้นที่ในการติดตั้งแผง

ภาพที่ 4 อ่างเก็บน้ำบางพระ

การศึกษานี้จึงไม่กำหนดต้นทุนเกี่ยวกับค่าที่ดินเนื่องจากเป็นการนำพื้นผิวที่ว่างที่ไม่ได้มีการใช้ประโยชน์อื่นมาเป็นพื้นที่ของระบบผลิตไฟฟ้าข้อมูลเฉพาะของอ่างเก็บน้ำบางพระได้แก่ ตำแหน่งที่ตั้งอยู่ที่หลังเขาฉลาก ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชาจังหวัดชลบุรีมีพื้นที่ประมาณ11,600ไร่ สามารถกักเก็บน้ำได้สูงถึง 110 ล้านลูกบาศก์เมตร มีความสูงจากระดับน้ำทะเลระหว่าง 12-35 เมตร โดยน้ำที่กักเก็บได้จะนำไปใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร อุตสาหกรรม และผลิตน้ำประปาเพื่อการบริโภค

3.2 กรณีศึกษา

ในงานวิจัยนี้ทำการจำลองแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำซึ่งมีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ลักษณะการกระจายและสะท้อนแสงอาทิตย์และการเกิดเงาบดบังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่แตกต่างจากการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนผิวดินหรือบนหลังคาอาคารรวมถึงการพิจารณาการเลือกสายไฟในวงจรลักษณะการต่อวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำซึ่งจะส่งผลต่อพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์และพลังงานไฟฟ้าที่เข้าระบบ

ในการศึกษากำหนดกำลังการผลิตติดตั้งของระบบผลิตไฟฟ้าให้มีขนาดไม่เกิน 1 MW ทุกกรณีศึกษาโดยในการวิเคราะห์ได้ทำการปรับเปลี่ยนขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อแผงและพิกัดของอินเวอร์เตอร์ให้สอดคล้องกับกำลังการผลิตทำการเลือกรูปแบบการติดตั้งแผงผลิตไฟฟ้าเอียง 15 องศาหันไปทางทิศใต้แผงผลิตไฟฟ้าติดตั้งแบบเคลื่อนที่ไม่ได้โดยมีการใช้ระบบติดตามพลังงานสูงสุด (Maximum Power Point Tracking, MPPT) ในระบบควบคุมของอินเวอร์เตอร์ระบบผลิตไฟฟ้าที่ศึกษานี้ไม่

ได้ใช้ระบบการกักเก็บพลังงานและมีการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเพื่อขายไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมดโดยตรงพื้นที่ที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในอ่างเก็บน้ำแสดงดังภาพที่ 5 การศึกษานี้แบ่งการจำลองออกเป็น 6 กรณีศึกษา ตามตารางที่ 1 ประกอบด้วย

กรณีที่ 1 กำหนดให้ใช้ขนาดเซลล์แสงอาทิตย์ 250 W/แผง และขนาดของอินเวอร์เตอร์ เท่ากับ 250 kW

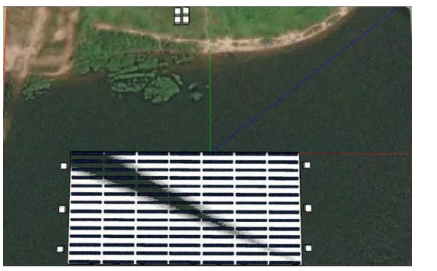
กรณีที่ 2 กำหนดให้ใช้ขนาดเซลล์แสงอาทิตย์ 250 W/แผง และขนาดของอินเวอร์เตอร์เท่ากับ 500 kW

กรณีที่ 3 กำหนดให้ใช้ขนาดเซลล์แสงอาทิตย์ 250 W/แผง และขนาดของอินเวอร์เตอร์ เท่ากับ 1,000 kW

กรณีที่ 4 กำหนดให้ใช้ขนาดเซลล์แสงอาทิตย์ 340 W/แผง และขนาดของอินเวอร์เตอร์ เท่ากับ 250 kW

กรณีที่ 5 กำหนดให้ใช้ขนาดเซลล์แสงอาทิตย์ 340 W/แผง แลขนาดของอินเวอร์เตอร์เท่ากับ 500 kW

กรณีที่ 6 กำหนดให้ใช้ขนาดเซลล์แสงอาทิตย์ 340 W/แผง แลขนาดของอินเวอร์เตอร์ เท่ากับ 1,000 kW

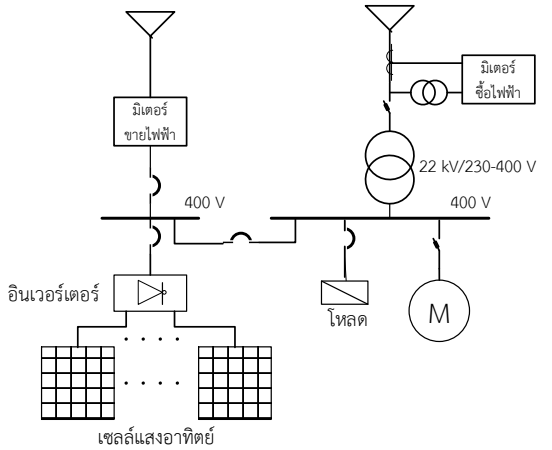


ภาพที่ 5 พื้นที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในอ่างเก็บน้ำ

ตารางที่ 1 อุปกรณ์ที่เลือกใช้ในกรณีศึกษา

ข้อมูล	กรณีที่					
	1	2	3	4	5	6
รุ่นแผงเซลล์แสงอาทิตย์	JT250Ple			S 340-K		
พิกัดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อแผง (W)	250			340		
รุ่นอินเวอร์เตอร์	Protect-PV 250	Sepsa Solar 500/5 mod-ID	Sinvert PVS1000US	Protect-PV 250	Sepsa Solar 500/5 mod-ID	Sinvert PVS1000US
พิกัดอินเวอร์เตอร์ (kW)	250	500	1,000	250	500	1,000

ระบบไฟฟ้าผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำ ตามกรณีศึกษาเหมาะที่จะใช้กับระบบไฟฟ้าของการผลิตน้ำประปาของอ่างเก็บน้ำ ที่มีใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3.2 กิจการขนาดกลาง โดยใช้อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU) ซึ่งมีค่าพลังงานไฟฟ้าขณะ peak เท่ากับ 4.2097 บาท/kWhเมื่อยังไม่รวมอัตราค่าไฟฟ้าผันแปรและภาษีมูลค่าเพิ่มหากสามารถผลิตไฟฟ้าใช้เองในระบบผลิตน้ำประปาในช่วงเวลากลางวันโดยหากมีพลังงานที่เหลือส่วนเกินจากการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำสามารถขายไฟฟ้าต่อการไฟฟ้าตามระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก ประเภทสัญญา Non-Firm รูปแบบการต่อระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ใช้อินเวอร์เตอร์แบบรวมศูนย์เข้ากับระบบไฟฟ้าในการผลิตน้ำประปาแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การต่อระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ใช้อินเวอร์เตอร์แบบรวมศูนย์เข้ากับระบบไฟฟ้า

4. ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนประกอบ ได้แก่ผลการจำลองและการออกแบบทางด้านวิศวกรรม ผลการศึกษาด้านอัตราพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ และผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุนซึ่งอธิบายให้หัวข้อต่อไปนี้

4.1ผลการจำลองและออกแบบทางด้านวิศวกรรม

ในการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำตามกรณีศึกษาที่ได้กำหนด ผู้วิจัยต้องทำการออกแบบตัวแปรต่าง ๆ ประกอบรูปแบบการต่อวงจร จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ขนาดพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งขนาดอินเวอร์เตอร์ที่เหมาะสมและขนาดสายไฟที่ใช้ในระบบทั้งหมด ผลจากการออกแบบตัวแปรสามารถแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

กรณีศึกษาที่ 1 ถึง 3 สามารถออกแบบให้ใช้ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 250 W/แผง จำนวน 4,224 แผง ทำการต่อวงจรแบบอนุกรม 22 โมดูล และต่อวงจรแบบขนาน 192 สตริง ใช้พื้นที่ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสิ้น 6,794 ตร.ม.

กรณีศึกษาที่ 4 และ 6 สามารถออกแบบให้ใช้ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 340 W/แผง จำนวน 3,040 แผง ทำการต่อวงจรแบบอนุกรม 10 โมดูล และต่อวงจรแบบขนาน 304 สตริง ใช้พื้นที่ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสิ้น 8,191 ตร.ม.

กรณีศึกษาที่ 5 สามารถออกแบบให้ใช้ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 340 W/แผง จำนวน 3,050 แผง ทำการต่อวงจรแบบอนุกรม 10 โมดูล และต่อวงจรแบบขนาน 305 สตริง ใช้พื้นที่ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสิ้น 8,218 ตร.ม. เนื่องจากต้องทำการปรับตัวแปรให้มีความสอดคล้องกับขนาดของอินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้

นอกจากตัวแปรที่กำหนดไว้ข้างต้นการกำหนดจำนวนอินเวอร์เตอร์ขนาดและความยาวสายไฟให้เหมาะสมเพื่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานในระบบผลิตไฟฟ้าให้น้อยที่สุดเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณา สายไฟในแต่ละส่วนถูกกำหนดความยาวไว้ดังนี้สายไฟที่เชื่อมต่อระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 22 เมตร/วงจร

ตารางที่ 2 ผลการออกแบบและกำหนดตัวแปรต่าง ๆ

ข้อมูล	กรณีที่					
	1	2	3	4	5	6
ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อแผง (W)	250	250	250	340	340	340
จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (แผง)	4,224	4,224	4,224	3,040	3,050	3,040
จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในวงจรอนุกรม (โมดูล)	22	22	22	10	10	10
จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในวงจรขนาน (สตริง)	192	192	192	304	305	304
พื้นที่ใช้ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ตร.ม.)	6,794	6,794	6,794	8,191	8,218	8,191
ขนาดอินเวอร์เตอร์ (kW)	250	500	1,000	250	500	1,000
จำนวนอินเวอร์เตอร์ (ชุด)	4	2	1	4	2	1
จำนวนวงจรขนานต่ออินเวอร์เตอร์ (สตริง)	48	96	192	76	(1x152) + (1x153)	304
ขนาดสายไฟที่เชื่อมต่อระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ตร.มม.)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
ขนาดสายไฟในวงจรขนานสู่จุดเชื่อมต่อหลัก (ตร.มม.)	120	150	150	120	120	120
ขนาดสายไฟที่เชื่อมต่อจากจุดเชื่อมต่อหลักสู่อินเวอร์เตอร์ (ตร.มม.)	240	500	3x400	300	2x240	3x400

ส่วนสายไฟในวงจรขนานสู่จุดเชื่อมต่อหลัก (main box) กำหนดให้มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 45 เมตร/วงจร และสำหรับสายไฟที่เชื่อมต่อจากจุดเชื่อมต่อหลักสู่อินเวอร์เตอร์ กำหนดความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 254 เมตร/วงจร โดยทุกกรณีศึกษามีการกำหนดจำนวนอินเวอร์เตอร์และขนาดสายไฟ ดังนี้

กรณีที่ 1 กำหนดให้ใช้ขนาดอินเวอร์เตอร์ 250 kW จำนวน 4 ชุด แต่ละชุดรับพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 48 สตริง ขนาดสายไฟที่เชื่อมต่อระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ 1.5 ตร.มม. ขนาดสายไฟในวงจรขนานสู่จุดเชื่อมต่อหลัก เท่ากับ 120 ตร.มม. และขนาดสายไฟที่เชื่อมต่อจากจุดเชื่อมต่อหลักสู่อินเวอร์เตอร์ เท่ากับ 240 ตร.มม.

กรณีที่ 2 กำหนดให้ใช้ขนาดอินเวอร์เตอร์ 500 kW จำนวน 2 ชุด แต่ละชุดรับพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 96 สตริง ขนาดสายไฟที่เชื่อมต่อระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ 1.5 ตร.มม. ขนาดสายไฟในวงจรขนานสู่จุดเชื่อมต่อหลัก (main box) เท่ากับ 150 ตร.มม.และขนาดสายไฟที่เชื่อมต่อจากจุดเชื่อมต่อหลักสู่อินเวอร์เตอร์ เท่ากับ 500 ตร.มม.

กรณีที่ 3 กำหนดให้ใช้ขนาดอินเวอร์เตอร์ 1,000 kW จำนวน 1 ชุด แต่ละชุดรับพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 192 สตริง ขนาดสายไฟที่เชื่อมต่อระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ 1.5 ตร.มม. ขนาดสายไฟในวงจรขนานสู่จุดเชื่อมต่อหลัก (main box) เท่ากับ 150 ตร.มม. และขนาดสายไฟที่เชื่อมต่อจากจุดเชื่อมต่อหลักสู่อินเวอร์เตอร์ เท่ากับ 400 ตร.มม. จำนวน 3 ชุดต่อวงจร

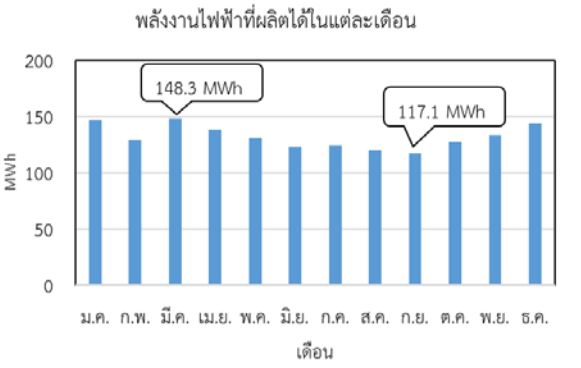
กรณีที่ 4 กำหนดให้ใช้ขนาดอินเวอร์เตอร์ 250 kW จำนวน 4 ชุด แต่ละชุดรับพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 76 สตริง ขนาดสายไฟที่เชื่อมต่อระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ 1.5 ตร.มม. ขนาดสายไฟในวงจรขนานสู่จุดเชื่อมต่อหลัก (main box) เท่ากับ 300 ตร.มม. และขนาดสายไฟที่เชื่อมต่อจากจุดเชื่อมต่อหลักสู่อินเวอร์เตอร์ เท่ากับ 300 ตร.มม.

กรณีที่ 5 กำหนดให้ใช้ขนาดอินเวอร์เตอร์ 500 kW จำนวน 2 ชุด โดยอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 รับพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 152 สตริง และอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 รับพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 153 สตริง ขนาดสายไฟที่เชื่อมต่อระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ 1.5 ตร.มม. ขนาดสายไฟในวงจรขนานสู่จุดเชื่อมต่อหลัก (main box) เท่ากับ 120 ตร.มม. และขนาดสายไฟที่เชื่อมต่อจากจุดเชื่อมต่อหลักสู่อินเวอร์เตอร์ เท่ากับ 240 ตร.มม. จำนวน 3 ชุดต่อวงจร

กรณีที่ 6 กำหนดให้ใช้ขนาดอินเวอร์เตอร์ 1,000 kW จำนวน 1 ชุด แต่ละชุดรับพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 304 สตริง ขนาดสายไฟที่เชื่อมต่อระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ 1.5 ตร.มม. ขนาดสายไฟในวงจรขนานสู่จุดเชื่อมต่อหลัก (main box) เท่ากับ 120 ตร.มม. และขนาดสายไฟที่เชื่อมต่อจากจุดเชื่อมต่อหลักสู่อินเวอร์เตอร์เท่ากับ 400 ตร.มม. จำนวน 3 ชุดต่อวงจร

4.2 ผลศึกษาด้านอัตราพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

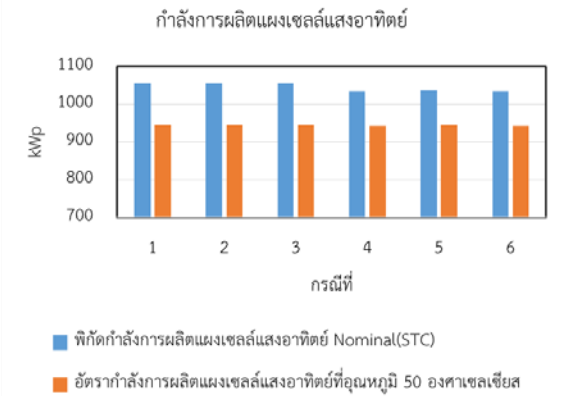
ในการศึกษานี้ใช้การจำลองระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโปรแกรม PVsyst โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากฐานข้อมูล Meteonorms ซึ่งประกอบด้วยตำแหน่งที่ตั้งและระดับความสูงของพื้นที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิความชื้นและข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ในแต่ละเดือนซึ่งจากการจำลองทุกกรณีศึกษาพบว่าจากตำแหน่งที่ตั้งของโครงการสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงที่สุดในช่วงเดือนมีนาคมของทุกปีและได้น้อยที่สุดในช่วงเดือนกันยายน ตัวอย่างการจำลองการผลิตกำลังไฟฟ้าในรอบปีของกรณีศึกษาที่ 1 แสดงดังภาพที่ 7



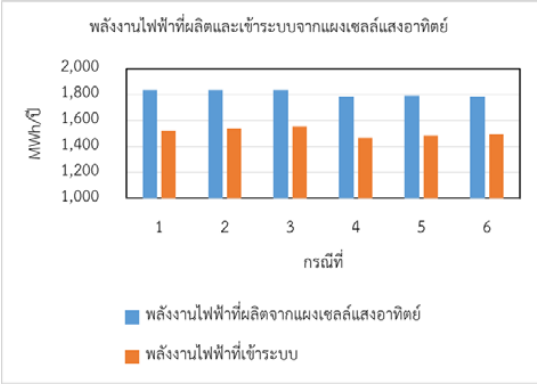
ภาพที่ 7 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละเดือน กรณีศึกษาที่ 1

หลังจากทำการออกแบบและกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังแสดงในหัวข้อที่ผ่านมา จึงทำการวิเคราะห์อัตราพลังงานไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าแต่ละกรณี ในด้านต่าง ๆ ประกอบด้วย พิกัดกำลังการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Nominal STC) อัตรากำลังการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์พลังงานไฟฟ้าที่เข้าระบบไฟฟ้า อัตราส่วนประสิทธิภาพ (Performance Ratio: PR) และอัตราค่าพลังงาน (Energy cost) โดยค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์และพลังงาน

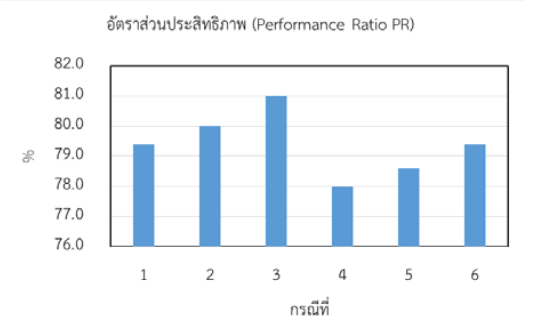
ไฟฟ้าที่เข้าระบบไฟฟ้าที่ได้จากการวิเคราะห์เป็นค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 10 ปี ผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 8 ถึง 11



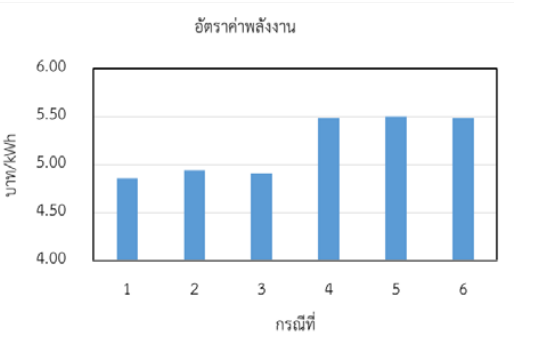
ภาพที่ 8 กำลังการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพที่ 9 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตและเข้าระบบจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพที่ 10 อัตราส่วนประสิทธิภาพ



ภาพที่ 11 อัตราค่าพลังงาน

กรณีที่ 1 พิกัดกำลังการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 1,056 kWp อัตรากำลังการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 945 kWp พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 1,832 MWh/ปี พลังงานไฟฟ้าที่เข้าระบบไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 1,525 MWh/ปี อัตราส่วนประสิทธิภาพ มีค่าเท่ากับ 79.4% และอัตราค่าพลังงานมีค่าเท่ากับ 4.86 บาท/kWh

กรณีที่ 2 พิกัดกำลังการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 1,056 kWp อัตรากำลังการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 945 kWp พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 1,832 MWh/ปี พลังงานไฟฟ้าที่เข้าระบบไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 1,538 MWh/ปี อัตราส่วนประสิทธิภาพ มีค่าเท่ากับ 80.0% และอัตราค่าพลังงานมีค่าเท่ากับ 4.94 บาท/kWh

กรณีที่ 3 พิกัดกำลังการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 1,056 kWp อัตรากำลังการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 945 kWp พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 1,832 MWh/ปี พลังงานไฟฟ้าที่เข้าระบบไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 1,558 MWh/ปี อัตราส่วนประสิทธิภาพ มีค่าเท่ากับ 81.0% และอัตราค่าพลังงานมีค่าเท่ากับ 4.91 บาท/kWh

กรณีที่ 4 พิกัดกำลังการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 1,034 kWp อัตรากำลังการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 943 kWp พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 1,783 MWh/ปี พลังงานไฟฟ้าที่เข้าระบบไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 1,468 MWh/ปี อัตราส่วนประสิทธิภาพ มีค่าเท่ากับ 78.0% และอัตราค่าพลังงานมีค่าเท่ากับ 5.49 บาท/kWh

กรณีที่ 5 พิกัดกำลังการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 1,037 kWp อัตรากำลังการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 946 kWp พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 1,789 MWh/ปี พลังงานไฟฟ้าที่เข้าระบบไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 1,484 MWh/ปี อัตราส่วนประสิทธิภาพ มีค่าเท่ากับ 78.6% และอัตราค่าพลังงานมีค่าเท่ากับ 5.50 บาท/kWh

กรณีที่ 6 พิกัดกำลังการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 1,034 kWp อัตรากำลังการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 943 kWp พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 1,783 MWh/ปี พลังงานไฟฟ้าที่เข้าระบบไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 1,493 MWh/ปี อัตราส่วนประสิทธิภาพ มีค่าเท่ากับ 79.4% และอัตราค่าพลังงานมีค่าเท่ากับ 5.49 บาท/kWh

4.3 ผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุน

จากการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าในลักษณะติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ให้ลอยอยู่บนพื้นที่อ่างเก็บน้ำในการศึกษานี้ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นสำคัญคือความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ของแต่ละกรณีศึกษาที่แสดงเป็นการพิจารณาในด้านเงินลงทุนครั้งแรกของระบบการผลิตไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วย เงินลงทุนค่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ สายไฟ ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและการเดินสายไฟ ค่าเตรียมพื้นที่ในการก่อสร้าง ค่าล้างทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ค่าขนส่ง และภาษีมูลค่าเพิ่ม (7%) พร้อมทั้งกำหนดอัตราดอกเบี้ยเงินกู้เท่ากับ 7% เพื่อคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้า ระยะเวลาการคืนทุน และกำไรที่คาดว่าจะได้รับหลังจากดำเนินโครงการเป็นระยะเวลา 10 ปี ตารางที่ 3 แสดงเงินลงทุนครั้งแรกในส่วนต่าง ๆ โดยสามารถอธิบายรายละเอียดการลงทุนแต่ละกรณีศึกษาดังนี้

กรณีที่ 1 ใช้เงินลงทุนครั้งแรกเท่ากับ 27,531,100 บาท กรณีที่ 2 ใช้เงินลงทุนครั้งแรกเท่ากับ 28,795,318 บาท กรณีที่ 3 ใช้เงินลงทุนครั้งแรกเท่ากับ 29,167,196 บาท กรณีที่ 4 ใช้เงินลงทุนครั้งแรกเท่ากับ 32,003,914 บาท กรณีที่ 5 ใช้เงินลงทุนครั้งแรกเท่ากับ 32,740,996 บาท กรณีที่ 6 ใช้เงินลงทุนครั้งแรกเท่ากับ 33,028,011 บาท ซึ่งมูลค่าการลงทุนส่วนใหญ่เป็นค่าใช้จ่ายในส่วนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อทำการพิจารณาระยะเวลาดำเนินการของโครงการที่กำหนดไว้เท่ากับ 10 ปี เพื่อคำนวณระยะเวลาคืนทุนทุกกรณีศึกษามีค่าใช้จ่ายในส่วนของการดำเนินงานโครงการเท่ากับ 3,500,000 บาท/ปี แต่ละกรณีศึกษาต้องมีการจ่ายคืนเงินต้นที่นำมาใช้ในการลงทุนพร้อมดอกเบี้ยในอัตราร้อยละ 7 รายละเอียดการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของแต่ละโครงการ แสดงดังตารางที่ 4 โดยกรณีที่ 1 ต้องทำการชำระเงินกู้พร้อมดอกเบี้ยเป็นจำนวนเงิน 3,919,809 บาท/ปี จะทำให้ระยะเวลาคืนทุนมีค่าเท่ากับ 6 ปี และเมื่อครบระยะเวลาการดำเนินงานในปีที่ 10 การลงทุนนี้จะมีกำไรจากการดำเนินงานเท่ากับ 20,270,810 บาท

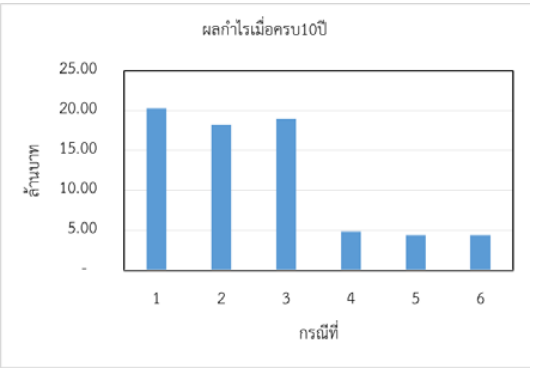
กรณีที่ 2 ต้องทำการชำระเงินกู้พร้อมดอกเบี้ยเป็นจำนวนเงิน 4,099,805 บาท/ปี และระยะเวลาคืนทุนของกรณีนี้มีค่าเท่ากับ 7 ปี และเมื่อครบระยะเวลาการดำเนินงานในปีที่ 10 จะได้รับกำไรจากการดำเนินงานเท่ากับ 18,246,633 บาท

กรณีที่ 3 ต้องทำการชำระเงินกู้พร้อมดอกเบี้ยเป็นจำนวนเงิน 4,152,753 บาท/ปี และมีระยะเวลาคืนทุนมีค่าเท่ากับ 7 ปี เช่นเดียวกับกรณีที่ 2 จากนั้นเมื่อครบระยะเวลาการดำเนินงานในปีที่ 10 การลงทุนจะมีกำไรจากการดำเนินงานเท่ากับ 18,945,274 บาท

กรณีที่ 4 ต้องทำการชำระเงินกู้พร้อมดอกเบี้ยเป็นจำนวนเงิน 4,556,637 บาท/ปี ในกรณีนี้ระยะเวลาคืนทุนมีค่าเท่ากับ 9 ปี และเมื่อครบระยะเวลาการดำเนินงานในปีที่ 10 การลงทุนนี้จะมีกำไรจากการดำเนินงานเท่ากับ 4,869,716 บาท

กรณีที่ 5 ต้องทำการชำระเงินกู้พร้อมดอกเบี้ยเป็นจำนวนเงิน 4,661,581 บาท/ปี และระยะเวลาคืนทุนมีค่าเท่ากับ 9 ปี เช่นเดียวกับกรณีที่ 4 โดยเริ่มมีกำไรจากการลงทุนในปีดังกล่าวเท่ากับ 652,775 บาทและเมื่อครบระยะเวลาการดำเนินงานในปีที่ 10 การลงทุนนี้จะมีกำไรจากการดำเนินงานเท่ากับ 4,363,194 บาท

กรณีที่ 6 ต้องทำการชำระเงินกู้พร้อมดอกเบี้ยเป็นจำนวนเงิน 4,702,446 บาท/ปี และจะทำให้ระยะเวลาคืนทุนมีค่าเท่ากับ 9 ปี โดยเริ่มมีกำไรจากการลงทุนในปีดังกล่าวเท่ากับ 645,975 บาทและเมื่อครบระยะเวลาการดำเนินงานในปีที่ 10 การลงทุนนี้จะมีกำไรจากการดำเนินงานเท่ากับ 4,387,529 บาท โดยภาพที่ 12 แสดงผลกำไรเมื่อครบ 10 ปีของทุกกรณี



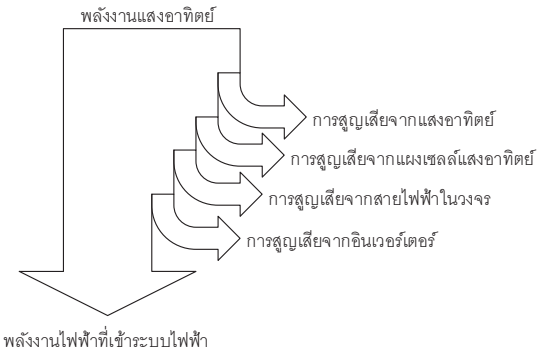
ภาพที่ 12 ผลกำไรเมื่อครบ 10 ปี

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ เงินลงทุนครั้งแรกของโครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำ

ข้อมูล	กรณีที่					
	1	2	3	4	5	6
ราคารวมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (บาท)	16,896,000	16,896,000	16,896,000	21,280,000	21,350,000	21,280,000
ราคาติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (บาท)	3,000,000	3,000,012	3,000,012	3,000,000	3,009,862	3,000,000
ราคารวมของอินเวอร์เตอร์ (บาท)	1,584,000	1,914,000	1,917,300	1,584,000	1,914,000	1,917,300
ราคารวมของสายไฟฟ้า (บาท)	1,500,000	2,351,500	2,695,750	1,296,200	1,575,200	1,920,000
ราคารวมของค่าใช้จ่ายอื่น ๆ (บาท)	2,750,000	2,750,000	2,750,000	2,750,000	2,750,000	2,750,000
ภาษี (บาท)	1,801,100	1,883,806	1,908,134	2,093,714	2,141,934	2,160,711
เงินลงทุนทั้งหมด (บาท)	27,531,100	28,795,318	29,167,196	32,003,914	32,740,996	33,028,011

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ รายละเอียดการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของโครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำ

ข้อมูล	กรณีที่					
	1	2	3	4	5	6
ค่าใช้จ่ายในส่วนของการดำเนินงานโครงการ (บาท/ปี)	3,500,000	3,500,000	3,500,000	3,500,000	3,500,000	3,500,000
ชำระเงินกู้พร้อมดอกเบี้ย(บาท/ปี)	3,919,809	4,099,805	4,152,753	4,556,637	4,661,581	4,702,446
รวมค่าใช้จ่ายต่อปี (บาท/ปี)	7,419,809	7,599,805	7,652,753	8,056,637	8,161,581	8,202,446
ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)	6	7	7	9	9	9
กำไรที่เหลือในปีที่คืนทุน (บาท)	1,150,046	4,134,048	4,511,533	1,182,353	652,775	645,975
กำไรเมื่อครบ 10 ปี (บาท)	20,270,810	18,246633	18,945,274	4,869,716	4,363,194	4,387,529



ภาพที่ 13 การสูญเสียในระบบไฟฟ้าผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์

5. วิเคราะห์และอภิปรายผลการศึกษา

การสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำมาจาก 4 ปัจจัย ดังแสดงในภาพที่ 13 คือ

1)การสูญเสียจากพลังงานแสงอาทิตย์เนื่องจากอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ลักษณะการกระจายและสะท้อนแสงอาทิตย์และการเกิดเงาบดบังแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากเมฆและชั้นบรรยากาศโดยในการจำลองระบบจำเป็นต้องใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาข้างต้นของพื้นที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

2)การสูญเสียที่เกิดขึ้นในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งมีผลมาจากการเลือกขนาด ชนิด ลักษณะการต่อวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อุณหภูมิที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์และการเกิดเงาบดบังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งอุณหภูมิที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำตาม กรณีศึกษานี้มีค่าอุณหภูมิที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่ำกว่าการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดินหรือบนหลังคาของอาคาร 5 – 15 องศาเซลเซียส ตามฤดูกาลและในส่วนของการเกิดเงาบดบังแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อติดตั้งในพื้นที่ศึกษาจะมีเพียงเงาจากเมฆบดบังแสงอาทิตย์เท่านั้น เพราะไม่มีเงาบดบังที่เกิดจากอาคาร ต้นไม้ หรือสิ่งปลูกสร้างอื่น ๆ จะไม่เกิดขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามกรณีศึกษามีค่าสูงขึ้น

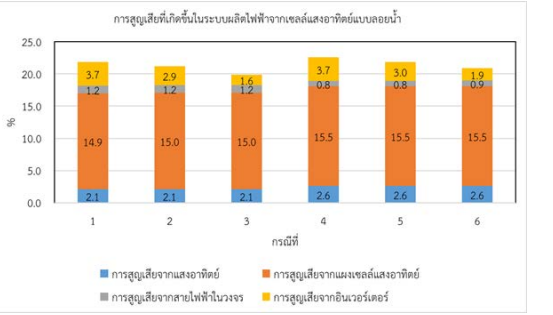
3)การสูญเสียจากสายไฟฟ้าในวงจรซึ่งขึ้นอยู่กับการเลือกชนิดสายไฟฟ้า ขนาดสายไฟฟ้าการต่อวงจรของอุปกรณ์และความยาวของสายไฟฟ้า

4)การสูญเสียจากอินเวอร์เตอร์ขึ้นอยู่กับชนิดของอินเวอร์เตอร์ขนาดพิกัดของอินเวอร์เตอร์และจำนวนของอินเวอร์เตอร์ในระบบ

จากผลการจำลองแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ

บางพระ จังหวัดชลบุรี เพื่อให้มีกำลังการผลิตติดตั้งของระบบผลิตไฟฟ้าให้มีขนาดไม่เกิน 1 MW พบว่าอัตราส่วนต้นทุนค่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์พร้อมติดตั้งเทียบกับมูลค่าการลงทุนรวมของกรณีศึกษาที่ 1 ถึง 6 มีค่าเท่ากับ 72.27% 69.09% 68.21% 75.87% 74.40% และ 73.51% ตามลำดับ ซึ่งต้นทุนดังกล่าวเป็นต้นทุนส่วนใหญ่ในการลงทุนระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์จึงส่งผลให้เงินลงทุนรวมในกรณีที่ 4 ถึง 6 มีมูลค่าสูงกว่ากรณีที่ 1 ถึง 3 และผลกำไรจากการลงทุนเมื่อครบระยะเวลา 10 ปี ของกรณีที่ 4 ถึง 6 มีค่าน้อยกว่ากรณีที่ 1 ถึง 3 เนื่องจากมีการเปลี่ยนขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์จาก 250 W/แผง เป็นขนาด 340 W/แผง นอกจากนั้นการเลือกใช้ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 340 W/แผง ยังใช้พื้นที่ในการติดตั้งมากกว่าอีกด้วย

ในส่วนของการปรับเปลี่ยนขนาดของอินเวอร์เตอร์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งต้องปรับขนาดสายไฟให้มีขนาดเหมาะสมกับขนาดของอินเวอร์เตอร์ ซึ่งส่งผลให้มูลค่าการลงทุนเพิ่มมากขึ้นในสัดส่วนไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับมูลค่าที่เพิ่มขึ้นจากการปรับเปลี่ยนขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อแผง แต่การปรับเปลี่ยนขนาดของอินเวอร์เตอร์ส่งผลให้อัตราส่วนประสิทธิภาพ มีค่าสูงขึ้น ดังนั้นเมื่อพิจารณากรณีศึกษาทั้ง 6 กรณี พบว่า การเลือกระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ตามกรณีที่ 1 เป็นกรณีที่มีความเหมาะสมที่สุดในเชิงเศรษฐศาสตร์ เมื่อพิจารณาที่อัตราค่าพลังงานที่ต่ำที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.86 บาท/kWh ซึ่งเป็นต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำที่ต่ำที่สุดเมื่อนำพลังงานที่ผลิตได้ไปใช้ในการผลิตน้ำประปาในช่วงเวลากลางวันจะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่จะลงทุน อย่างไรก็ตามอัตราค่าพลังงานของระบบผลิตไฟฟ้านี้ยังมีค่าสูงกว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ซื้อจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ดังนั้น หากต้องการลงทุนในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำนี้จำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนเพิ่มเติมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 14 การสูญเสียที่เกิดขึ้นในกรณีศึกษาที่ 1- 6

เมื่อพิจารณาผลการจำลองในเชิงวิศวกรรมโดยการสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำแสดงในภาพที่ 14 พบว่าระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำในกรณีที่ 3 มีความเหมาะสมในเชิงวิศวกรรมที่ดีที่สุด โดยมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพที่ดีที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 81.0% และค่าการสูญเสียรวม 19.9% ซึ่งมีค่าต่ำที่สุดจากทุกกรณีศึกษา เป็นผลจากการเลือกใช้อินเวอร์เตอร์แบบรวมศูนย์โดยใช้อินเวอร์เตอร์ขนาดใหญ่เพียง 1 ชุด จึงทำให้เกิดการสูญเสียรวมในอินเวอร์เตอร์ต่ำ ส่วนในกรณีที่ 4 เป็นระบบที่มีความเหมาะสมทางวิศวกรรมน้อยที่สุด มีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเท่ากับ 78.0% และค่าการสูญเสียรวม 22.6% เนื่องจากการเลือกใช้อินเวอร์เตอร์แบบกระจายใช้อินเวอร์เตอร์ย่อยจำนวน 4 ชุด ซึ่งมีการสูญเสียรวมในอินเวอร์เตอร์สูง รวมถึงการเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละเซลล์ที่มีขนาดใหญ่จึงมีโอกาสเกิดการสูญเสียจากแสงอาทิตย์และการสูญเสียจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อพื้นที่ติดตั้งสูงขึ้นเนื่องจากการบดบังแสงอาทิตย์ของเมฆและบรรยายกาศต่อพื้นที่เท่ากันการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละเซลล์ที่มีขนาดใหญ่จะทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้าลดลงมากกว่าการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละเซลล์ที่มีขนาดเล็ก

6. บทสรุป

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำโดยเลือกพื้นที่ในการศึกษาคือ อ่างเก็บน้ำบางพระ จังหวัดชลบุรี การจำลองระบบผลิตไฟฟ้าใช้โปรแกรม PVSyst และใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากฐานข้อมูล Meteornorms แบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 6 กรณี ที่มีความแตกต่างกันตามขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อแผงและขนาดอินเวอร์เตอร์ กำหนดกำลังการผลิตติดตั้งของระบบผลิตไฟฟ้าให้มีขนาดไม่เกิน 1 MW ทุกกรณีศึกษา ผลการศึกษา พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่สำคัญคือ การเลือกชนิด ขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อแผงและลักษณะการต่อวงจรของเซลล์แสงอาทิตย์ในส่วนปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่สำคัญคือ การเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์และขนาดสายไฟฟ้าในวงจร ดังนั้นผู้ออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำควรคำนึงถึงปัจจัยทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์และวิศวกรรมให้เกิดความเหมาะสมที่สุด

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ดวงกมล อิศรางพร (2560). แนวทางการผลิตพลังงานหมุนเวียนเพื่อความยั่งยืนของชุมชนในจังหวัดสุรินทร์. วิทยานิพนธ์. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

[2] สามารถ วงษ์ฤทธิ์ และปฐมาภรณ์ ศรีผดุงธรรม (2555). การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยโดยใช้ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแผนที่ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50: สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์,หน้า 158-165.

[3]สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (2562).แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580. แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย, กระทรวงพลังงาน.

[4] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2559). แผนงานพัฒนาเศรษฐกิจภาคตะวันออก (พ.ศ. 2560-2564).

[5] Conibeer G. and Willoughby A. (2014). Solar Cell Materials Developing Technologies. John Wiley & Sons, Ltd.

[6] Jain S. and Vivek Agarwal V. (2007). A Single-Stage Grid Connected Inverter Topology for Solar PV Systems with Maximum Power Point Tracking. IEEE Transactions on Power Electronics, 22(5): 1928-1940.

[7] Luft W. (1976). Radiation Effects on High Efficiency Silicon Solar Cells. IEEE Transactions on Nuclear Science, NS-23(6): 1995-1802.

[8] Yadav N., Gupta M. and Sudhakar K. (2016). Energy Assessment of Floating Photovoltaic System. International Conference on Electrical Power and Energy Systems (ICEPES), Maulana Azad National Institute of Technology, Bhopal, India, pp. 264-269.

[9] Mittal D., Saxena B.K. and Rao K.V.S. (2017). Floating Solar Photovoltaic Systems: An Overview and their Feasibility at Kota in Rajasthan. International Conference on Circuits Power and Computing Technologies (ICCPCT), Baselios Mathew II College of Engineering, Sasthancotta, Kollam district, India.

[10] Kandasamy C. P., Prabu P. and Niruba K. (2013). Solar potential assessment using PVSYST software. International Conference on Green Computing, Communication and Conservation of Energy (ICGCE), Chennai, pp. 667-672.