

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ไฟฟ้าเป็นสาธารณูปโภคที่มีความสำคัญสำหรับชุมชน ทั้งในระดับผู้อยู่อาศัยและเจ้าของกิจการต่าง ๆ การจัดหาพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอแก่ความต้องการของผู้บริโภคจึงเป็นสิ่งสำคัญ อันจะนำมาซึ่งคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ไม่ว่าจะเป็นด้านการสาธารณสุข การคมนาคมขนส่ง การสื่อสาร และด้านอื่น ๆ

ปัจจุบันการจัดหาพลังงานไฟฟ้าให้ครัวเรือนชนบทของประเทศไทยยังไม่ทั่วถึงนัก ประมาณ 800 หมู่บ้าน จากทั้งหมด 67,167 หมู่บ้านทั่วประเทศยังไม่มีไฟฟ้าใช้ สาเหตุหลักเนื่องจากอยู่ห่างไกลแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้า บางหมู่บ้านมีความหนาแน่นประชากรน้อยและอยู่ห่าง ๆ กันทำให้การลงทุนขยายสายส่งกระแสไฟฟ้ามีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง จึงมักจัดให้มีสถานีผลิตและจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับแต่ละ พื้นที่ โดยพิจารณาจากขนาดความต้องการพลังงานไฟฟ้าของแต่ละชุมชน สถานีส่วนใหญ่ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล

แม้ว่าการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลจะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มต้นต่ำและสะดวกในการจัดหา แต่มีค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงและการดูแลรักษาค่อนข้างสูง อีกทั้งในช่วงที่ผ่านมาเกิดวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจในประเทศและปัญหาค่าเงินบาทลอยตัว มีผลให้ราคาน้ำมันดีเซลซึ่งประเทศไทยต้องนำเข้าจากต่างประเทศส่วนหนึ่ง มีราคาสูงขึ้นอีกด้วย

ในขณะเดียวกันได้มีการศึกษาทดลองใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Cell หรือ PV) แปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งไม่มีค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง มีค่าบำรุงรักษาต่ำ และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติยังมีอุปสรรคในด้านค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มต้นที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่สำหรับสำรองพลังงาน

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการลงทุนสร้างสถานีผลิตกระแสไฟฟ้าคือ ขนาดความต้องการพลังงานไฟฟ้าของชุมชนซึ่งเป็นตัวกำหนดขนาดของระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งหากสามารถลดขนาดความต้องการพลังงานไฟฟ้าลงได้ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างคุ้มค่าแล้วจะทำให้ขนาดระบบเล็กลง และมีผลให้ค่าใช้จ่ายในการลงทุนลดลงด้วย หากใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ดีเซลก็จะช่วยลดปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลและยังช่วยลดมลพิษจากการเผาไหม้ หรือหากใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ก็มีส่วนช่วยลดขนาดและ/หรือจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลง

ภาระไฟฟ้าของครัวเรือนชนบทมักประกอบไปด้วยภาระไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่าง เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในครัวเรือน อาทิ หม้อหุงข้าวไฟฟ้า พัดลม วิทยุ โทรทัศน์ เป็นต้น โดยมีสัดส่วนแตกต่างกันตามลักษณะของชุมชนและสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามภาระไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างถือเป็นภาระไฟฟ้าที่ทุกชุมชนมีความต้องการและจำเป็นต้องใช้ หากมีการจัดการด้านความต้องการไฟฟ้า (Demand Side Management) สำหรับอุปกรณ์ส่องสว่างที่เหมาะสม จะสามารถลดขนาดสถานีผลิตไฟฟ้าของชุมชนลงได้ โดยการใช้อุปกรณ์ส่องสว่างชนิดประหยัดพลังงานหรือชนิดประสิทธิภาพสูง ได้แก่ หลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent Lamp) หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ปริมาณภาระไฟฟ้าส่องสว่างของหมู่บ้านยังเป็นตัวแปรสำคัญในการพิจารณาความเหมาะสมในการจัดการด้านความต้องการพลังงานไฟฟ้าของแต่ละหมู่บ้าน กล่าวคือหากหมู่บ้านใดมีภาระไฟฟ้าส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ส่องสว่าง การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแบบธรรมดาเป็นแบบประหยัดพลังงาน จะสามารถลดขนาดความต้องการพลังงานไฟฟ้าของหมู่บ้านนั้นลงได้ อันจะทำให้ขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าเล็กลง และค่าใช้จ่ายในการลงทุนลดลง ในด้านผู้ใช้เองก็จะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายในแต่ละเดือนลงด้วย

อย่างไรก็ตามการตัดสินใจในแง่การลงทุนยังต้องคำนึงถึงมูลค่าการลงทุนในการใช้หลอดประหยัดพลังงาน ว่าคุ้มกับค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าที่ลดลงมากน้อยเพียงไร โดยอาจพิจารณาจากมูลค่าการลงทุนตลอดอายุโครงการ (Life Cycle Cost) และต้นทุนการผลิตไฟฟ้า (Cost of Energy) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงมูลค่าเงินที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยหรือกิโลวัตต์-ชั่วโมง(kWh) และสามารถเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าแบบต่าง ๆ ได้

จากปัญหาในการตัดสินใจข้างต้นทำให้เกิดโครงการวิจัยนี้ขึ้น เพื่อทำการศึกษาผลของการจัดการด้านความต้องการไฟฟ้าของครัวเรือนชนบท ที่มีต่อการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบแยกอิสระ ได้แก่ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล ระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ และระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมพลังแสงอาทิตย์/เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล โดยใช้หลอดประหยัดพลังงาน ทำการศึกษาหมู่บ้านที่มีสัดส่วนภาระไฟฟ้าส่องสว่างต่อภาระไฟฟ้าทั้งหมดปริมาณต่าง ๆ รวมถึงทำการวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์ในการตัดสินใจนำไปใช้ โดยอาศัยตัวบ่งชี้เชิงเศรษฐศาสตร์คือ ค่าใช้จ่ายการลงทุนตลอดอายุโครงการ และต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย

## 1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

วรวิทย์ ทายะติ (2543) ได้รายงานการพัฒนากระบวนการผลิตและจ่ายกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนแบบผสมของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ประกอบด้วยการสำรวจพื้นที่ การออกแบบทางวิศวกรรม การติดตั้งและทดสอบ รวมทั้งการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินของระบบ รวม 4 สถานี ได้แก่ สถานีไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์แบบต่อกับกริด กำลังผลิตติดตั้ง 60 kW จำนวน 2 สถานี (ที่บ้านเด่นไม้ซุง จังหวัดตาก และบ้านแม่กะลี จังหวัดนครสวรรค์) สถานีไฟฟ้าพลังงานทดแทนแบบผสมระหว่างพลังน้ำ / พลังแสงอาทิตย์ / ดีเซล / แบตเตอรี่ ขนาดกำลังผลิตติดตั้งรวม 157.2 กิโลวัตต์ (ที่โครงการหลวงขุนแปะ จังหวัดเชียงใหม่) และสถานีไฟฟ้าพลังงานทดแทนแบบผสมระหว่างพลังแสงอาทิตย์ / ดีเซล / แบตเตอรี่ ขนาดกำลังผลิตติดตั้งรวม 188 กิโลวัตต์ (ที่เกาะกูด จังหวัดตราด) พบว่าสถานีบ้านเด่นไม้ซุง บ้านแม่กะลี เกาะกูด และที่โครงการหลวงขุนแปะ สามารถประหยัดน้ำมันดีเซลได้ปีละ 21,671 14,579 11,654 และ 5,824 ลิตรต่อปีตามลำดับ (คิดปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลในการผลิตไฟฟ้า 0.35 ลิตร/หน่วย) อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวมีต้นทุนค่อนข้างสูง และยังมีปัญหาทางเทคนิคที่เป็นผลสืบเนื่องมาจากการเพิ่มโหลดอย่างรวดเร็ว รวมถึงปัญหาการไม่สมดุลของโหลดสถานีไฟฟ้าที่ติดตั้งระบบจำหน่ายแรงสูงแบบ 3 สาย

Lazou and Papatsoris (2000) ได้ออกแบบและประเมินราคาระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนขนาดกลาง แถบประเทศแถบยุโรปและเมดิเตอร์เรเนียน รวม 23 แห่ง (ละติจูดตั้งแต่ 33 - 56 องศาเหนือ) ระบบที่ศึกษาได้แก่ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์แบบแยกอิสระที่มีแบตเตอรี่สำหรับสะสมพลังงาน (Stand-Alone PV-Battery System) และระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมแผงเซลล์แสงอาทิตย์/เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล (Stand-alone hybrid system) เปรียบเทียบระหว่างปี ค.ศ.1998 และ ปี ค.ศ. 2005 จากการสำรวจราคาอุปกรณ์และวิเคราะห์ข้อมูลสถิติย้อนหลังเพื่อประมาณราคาในอนาคตพบว่าราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในปี ค.ศ. 1998 และ 2005 เฉลี่ยเท่ากับ 6.22 และ 4.0 เหรียญ/วัตต์สูงสุด ตามลำดับ ส่วนราคาอุปกรณ์อื่นๆ ไม่เปลี่ยนแปลงนัก กล่าวคือ ราคาอินเวอร์เตอร์ 1 เหรียญ/วัตต์สูงสุด แบตเตอรี่ 150 เหรียญ/กิโลวัตต์-ชั่วโมง อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ 0.5 เหรียญ/วัตต์สูงสุด และอุปกรณ์ร่วมต่างๆ เฉลี่ย 0.2 เหรียญ/วัตต์สูงสุด Lazou and Papatsoris ประมาณการว่าในปี ค.ศ. 2005 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์แบบแยกอิสระจะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนลดลงเหลือประมาณ 80% เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายในการลงทุนของปี ค.ศ. 1998 อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวมีความน่าสนใจในการลงทุนสำหรับพื้นที่ละติจูดประมาณ 45 องศาเหนือหรือต่ำกว่า ซึ่งจัดว่ามีปริมาณแสงอาทิตย์มากพอ โดยมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าประมาณ

1.0-2.2 เหรียญ/หน่วย ส่วนพื้นที่ที่มีละติจูดสูงกว่า 45 องศาขึ้นไประบบที่เหมาะสมจะเป็นระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าร่วมด้วย โดยมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าประมาณ 1.5-2.5 เหรียญ/หน่วย (ถ้าเป็นระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์แบบแยกอิสระ จะมีต้นทุนประมาณ 3.9-7.8 เหรียญ/หน่วย สำหรับพื้นที่ละติจูดสูงกว่า 45 องศาเหนือ) Lazou and Papatsoris แสดงความเห็นว่าเป็นอนาคต ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2005 เป็นต้นไป หากมีการคิดค่าใช้จ่ายในการจัดการสิ่งแวดล้อมร่วมด้วย ระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์แบบแยกอิสระ จะมีความน่าสนใจในการลงทุนมากขึ้นเมื่อเทียบกับระบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าร่วมผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งก่อมลภาวะจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง นอกจากนี้ควรมีการพัฒนาอุปกรณ์อื่น ๆ ในระบบให้มีราคาลดลง อันจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของระบบรวมลดลงด้วย

Durisch and Aebli (2000) ได้ศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์แบบแยกอิสระสำหรับหมู่บ้านห่างไกลบริเวณตอนใต้ของประเทศจอร์แดน (ถ่านหินไฟฟ้าเฉลี่ยรายวัน 33 หน่วย) โดยศึกษาระบบที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline) โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline) และอะมอร์ฟัส (Amorphous) ทั้งแบบติดตั้งอยู่กับที่และแบบปรับแกนตามดวงอาทิตย์ คำนวณพื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานที่ผลิตได้ (พิกัดกำลังสูงสุด 50-150 กิโลวัตต์) และขนาดแบตเตอรี่ พบว่าสำหรับพื้นที่ซึ่งมีปริมาณแสงอาทิตย์มาก ระบบที่ใช้แผงเซลล์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ที่มีระบบติดตามดวงอาทิตย์ มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าระบบอื่น คือ 60 เซนต์/หน่วย สำหรับพื้นที่ที่มีปริมาณแสงอาทิตย์น้อยนั้น ควรใช้ระบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลทำงานร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะสามารถลดขนาดระบบแบตเตอรี่สำรองพลังงานลงได้ ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง 30% จากกรณีใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์อย่างเดียว และพบว่ากรณีใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยไม่ใช้แบตเตอรี่ จะมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่ำสุด คือประมาณ 20 เซนต์/หน่วย จากการศึกษาของ Durisch and Aebli ยังพบว่า ขนาดในการคายประจุจากแบตเตอรี่มาใช้ (State of Charge หรือ SOC) มีผลต่อขนาดระบบแบตเตอรี่สำรองพลังงาน ระบบที่มีการคายประจุแบตเตอรี่ด้วยขนาดในการคายประจุต่ำ ๆ สามารถใช้แบตเตอรี่ขนาดเล็กกว่าระบบที่มีการคายประจุแบตเตอรี่ด้วยขนาดในการคายประจุสูง ๆ แต่อายุการใช้งานของแบตเตอรี่จะสั้นลง จากการวิเคราะห์พบว่าค่าขนาดในการคายประจุที่เหมาะสมคือไม่ต่ำกว่า 0.8

Borowy and Salameh (1995) ได้นำเสนอระเบียบวิธีการหาจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ ที่เหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสม พลังแสงอาทิตย์/พลังงานลม เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ผู้ใช้ไฟฟ้าในเขต Massachusetts โดยอาศัยข้อมูลความเร็วลมและความเข้มแสง

อาทิตย์ นำมาคำนวณพลังงานที่สามารถผลิตได้โดยใช้โปรแกรมภาษาปาสคาลคำนวณ Borrowy and Salameh สามารถหาจุดที่ค่าใช้จ่ายการลงทุนน้อยที่สุด กล่าวคือ จุดที่เส้นกราฟค่าใช้จ่ายการลงทุนตัดกับเส้นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ โดยใช้สมมติฐานให้ค่าใช้จ่ายการลงทุนของระบบมีความสัมพันธ์กับจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ในแบบเชิงเส้น นอกจากนี้ได้สรุปว่าจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ที่เหมาะสมที่สุดหรือมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ขึ้นอยู่กับสถานที่ตั้งระบบ ลักษณะภาระไฟฟ้า (Load profile) และความต้องการสำรองพลังงาน

Hasan and Sayigh (1996) ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยการผลิตกระแสไฟฟ้าจากสถานีผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ในประเทศคูเวตโดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดรวม 100 เมกะวัตต์ สูงสุด วางท่ามุม 30 องศา กับพื้นระนาบ เมื่อกำหนดอัตราส่วนลดเท่ากับ 3% ราคาน้ำมัน 20 เหรียญ/บาร์เรล ราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 5 เหรียญ/วัตต์สูงสุด ช่วงความต้องการพลังงานสูงสุด (Peak hour) 3 ชั่วโมง/วัน เป็นระยะเวลา 8 เดือน/ปี พบว่าต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตโดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่า 0.108 เหรียญ/หน่วย โดยแปรผันตามราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอัตราส่วนลด เมื่อเปรียบเทียบกับกรผลิตกระแสไฟฟ้ากังหันแก๊ส พบว่าต้นทุนต่อหน่วยผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์มีความไวต่ออัตราส่วนลด มากกว่ากรณีการผลิตกระแสไฟฟ้ากังหันแก๊ส Hasan and Sayigh ได้เสนอว่าหากมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าแสงอาทิตย์ ต้นทุนการติดตั้งต่อวัตต์ควรต่ำกว่า 5 เหรียญ/วัตต์สูงสุด

Iskander and Scerri (1996) ได้วิเคราะห์ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าแสงอาทิตย์แบบแยกอิสระ (Stand-alone PV) ใน Malta ในเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยระบบมีขนาด 1.2 กิโลวัตต์ ติดตั้งบนหลังคา พบว่าสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 827 หน่วย/ปี ค่าลงทุนตลอดอายุโครงการมีค่าเท่ากับ 9657.15 Lm (1 Lm  $\sim$  2.8 เหรียญ, 1993) ณ อัตราดอกเบี้ย 4.2 % เมื่อกำหนดให้แผงเซลล์มีอายุการใช้งาน 20 ปี ระบบควบคุมการประจุแบตเตอรี่มีอายุการใช้งาน 10 ปี และแบตเตอรี่มีอายุการใช้งาน 3 ปี ค่าลงทุนตลอดอายุโครงการแปรผันตามตัวแปรอายุการใช้งาน ระยะเวลาโครงการ จำนวนและขนาดพิกัดของแบตเตอรี่ รวมทั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และแปรผกผันกับตัวแปรปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อราคาต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิต

Rosenthal et. al. (1997) รายงานการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์แบบแยกอิสระ สำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าให้พื้นที่ Pinnacle

National Monument ประเทศแคนาดา ทดแทนระบบเดิมที่ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าโพรเพน (2 x 100 กิโลวัตต์) ซึ่งหมดอายุการใช้งานลง พื้นที่ประกอบด้วยร้านบริการซ่อมบำรุง ตู้พักแรม 2 ตู้ ศูนย์บริการนักท่องเที่ยวและบริเวณตั้งแคมป์ มีภาระไฟฟ้าเฉลี่ย 81 หน่วย/วัน ระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 9.6 กิโลวัตต์ แบตเตอรี่ขนาด 4,200 แอมแปร์-ชั่วโมง อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (battery charge controller) และอินเวอร์เตอร์ขนาด 24 กิโลวัตต์ Rosenthal *et. al.* พบว่า เมื่อมีการจัดการด้านภาระไฟฟ้าบางประการ เช่น การใช้หลอดไฟประหยัดพลังงาน การใช้ปั้มน้ำอัตราการไหลต่ำ การแบ่งจ่ายกระแสไฟฟ้าเป็นเฟสเดียว 2 สาย โดยโหลดแต่ละเฟสต่ำกว่า 16 กิโลวัตต์ รวมถึงการออกแบบระบบอย่างเหมาะสม ทำให้ความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Energy requirement) ลดลง ค่าใช้จ่ายตลอดการลงทุนจึงต่ำกว่าระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโพรเพน แม้ว่าต้นทุนเริ่มต้นของระบบใหม่จะสูงกว่าอยู่ประมาณ 5 เท่า นอกจากนี้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ยังช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงโพรเพนได้กว่า 162,000 แกลลอน ในระยะเวลา 20 ปี และลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> SO<sub>2</sub> และ NO<sub>x</sub> คิดเป็นมูลค่าประมาณ 939 เหรียญ/ปี ค่าใช้จ่ายเทียบเท่าในการผลิตและปลดปล่อยก๊าซดังกล่าวจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโพรเพน เท่ากับ 8 เหรียญ/ตัน CO<sub>2</sub> 0.75 เหรียญ/ปอนด์ SO<sub>2</sub> และ 3.40 เหรียญ/ปอนด์ NO<sub>x</sub> (จากคำแนะนำของ National Park Service) ปริมาณก๊าซ CO<sub>2</sub> SO<sub>2</sub> และ NO<sub>x</sub> ที่ถูกปลดปล่อยคำนวณโดยใช้โปรแกรม BLCC ของสถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยีแห่งชาติ (The National Institute of Standard and Technology หรือ NIST)

Kellogg *et. al.* (1998) ได้นำเสนอการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์แบบแยกอิสระ พลังงานลมแบบแยกอิสระ และแบบผสมพลังงานลม/พลังแสงอาทิตย์ (Hybrid wind/PV) สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยทั่วไปที่อยู่ห่างไกลในเขต Montana พร้อมทั้งได้วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ระยะห่างของพื้นที่จากระบบสายส่ง (Grid) ที่เหมาะสมต่อการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าแบบแยกอิสระชนิดต่าง ๆ พบว่าระบบที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 53 วัตต์ ต้องใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนทั้งสิ้น 158 แผง โดยมีค่าใช้จ่ายทั้งหมดคิดเป็นรายปีเท่ากับ 8,677 เหรียญ/ปี การใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์แบบแยกอิสระดังกล่าวมีความเหมาะสมกับบริเวณซึ่งมีระยะห่างจากระบบสายส่งไม่ต่ำกว่า 2.41 ไมล์ โดยมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 0.38 เหรียญ/หน่วย

Akash *et. al.* (1999) ได้ใช้ระเบียบวิธี Analytical Hierarchy Process (AHP) ซึ่งมีการถ่วงน้ำหนักความสำคัญเชิงเปรียบเทียบสำหรับการหาค่าใช้จ่ายในการลงทุน ผลกำไรหรือมูลค่าที่

ประหยัดได้ และอัตราค่าลงทุนต่อผลกำไร (Cost-to-benefit ratio) ของระบบผลิตไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ในประเทศจอร์แดน ได้แก่ โรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิล โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ โรงไฟฟ้าพลังน้ำ สถานีผลิตกระแสไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ และสถานีผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานลม พบว่าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ให้ผลตอบแทนสูงสุด แต่ในขณะเดียวกันก็มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงเป็นอันดับสองรองจากโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิล นอกจากนี้พบว่า สถานีผลิตกระแสไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังน้ำ มีอัตราค่าลงทุนต่อผลกำไร (Cost-to-benefit ratio) ต่ำกว่าโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิล และโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ตามลำดับ Akash *et. al.* สรุปว่าการลงทุนสร้างสถานีผลิตกระแสไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับประเทศจอร์แดน รองลงมาคือ สถานีผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานลม และพลังน้ำ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภาระการถ่วงน้ำหนักว่าใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงเพียงไร เช่น ราคาน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

Su *et. al.* (1999) ได้ศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ที่ทำงานร่วมกับระบบแบตเตอรี่เก็บสะสมพลังงาน (Hybrid Photovoltaic and Battery Energy Storage หรือระบบ PV-BESS) เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ผู้บริโภคในเขตตอนใต้ของไต้หวัน รวมทั้งได้วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ระบบที่ศึกษาประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ อุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้าที่มีวงจรควบคุมการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ผลิตที่กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Boost chopper with maximum power point tracker) และอุปกรณ์แปลงผัน AC/DC แบบสองทิศทาง (Bilateral AC/DC converter) จากการศึกษา Wei-Fu Su *et. al.* สรุปได้ว่าในระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ที่ทำงานร่วมกับระบบแบตเตอรี่เก็บสะสมพลังงาน จะมีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของการใช้พลังงาน ได้แก่ ลักษณะภาระไฟฟ้า ขนาดระบบ อัตราค่าไฟฟ้า (Utility Rate) และประเภทอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ ตัวแปรที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการลงทุนมากที่สุดในส่วนของผู้ประกอบการคือ ราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ และในส่วนที่ไม่ใช่ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอุปกรณ์ พบว่าอัตราค่าพลังไฟฟ้า (Utility Demand Charge) และค่าดำเนินการและบำรุงรักษา เป็นตัวแปรที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการลงทุนมากที่สุด Wei-Fu Su *et. al.* ได้เสนอว่าระบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ที่ทำงานร่วมกับระบบแบตเตอรี่เก็บสะสมพลังงานเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับผู้ใช้งานจำเป็นต้องมีระบบสำรองการจ่ายกระแสไฟฟ้า (UPS) เนื่องจากระบบดังกล่าวให้ผลตอบแทนที่น่าพอใจ นอกจากนี้ยังได้มีการคาดการณ์ว่าหากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาลดลงมาที่ประมาณ 800 เหรียญ/กิโลวัตต์ จะทำให้การลงทุนในการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์มีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับผู้ใช้งานโดยทั่วไป

Endo and Kurokawa (1994) ได้นำเสนอระเบียบวิธีการวิเคราะห์ (Analytical methods) สำหรับออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์รูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ แบบแยกอิสระ แบบผสม และแบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่ง (Utility – Connected System) โดยอาศัยประสบการณ์ในการออกแบบจริง รวมถึงข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ และปริมาณหิมะตกของประเทศญี่ปุ่น ระเบียบวิธีวิเคราะห์ แบ่งวิธีการออกแบบได้เป็น 3 แบบตามข้อมูลที่ใช้ประกอบการออกแบบ คือ

- การออกแบบตามขนาดของพื้นที่ (Available area) ใช้สำหรับหาขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในบริเวณที่จำกัดบริเวณหนึ่ง ๆ เช่น ติดตั้งบนหลังคา วิธีนี้เหมาะสำหรับการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่งที่มีการไหลของกระแสไฟฟ้าได้สองทิศทาง (Bidirectional power flow)

- การออกแบบตามปริมาณภาระไฟฟ้า ใช้สำหรับหาขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ของระบบผลิตไฟฟ้า ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดปริมาณภาระไฟฟ้าส่วนที่ระบบไม่สามารถจ่ายค่าหนึ่ง (Loss of Load Probability หรือ LOLP) ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ วิธีนี้เหมาะสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ที่มีแบตเตอรี่ร่วมด้วย

- การออกแบบตามปริมาณภาระไฟฟ้าและปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ (Load and Irradiation) มีลักษณะผสมระหว่าง 2 วิธีแรก วิธีนี้สามารถหาขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ อินเวอร์เตอร์ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล เหมาะสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าทั้งแบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่ง และแบบแยกอิสระ ในการหาขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้อาศัยข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่นั้น ๆ และข้อมูลภาระไฟฟ้าประกอบกัน ส่วนการหาขนาดแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับระบบผลิตไฟฟ้าแบบแยกอิสระที่ศึกษาว่ามีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลด้วยหรือไม่ หากเป็นระบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าร่วมทำงานด้วย พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตได้เกินความต้องการจะถูกสะสมไว้ที่แบตเตอรี่ สำหรับจ่ายภาระไฟฟ้าในตอนกลางคืนในแต่ละวัน การหาขนาดอินเวอร์เตอร์แบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ กรณีของระบบแบบแยกอิสระ และกรณีระบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่ง

ในระเบียบวิธีการวิเคราะห์ที่ Endo and Kurokawa เสนอ ยังได้วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของระบบ ซึ่งประกอบด้วยค่าอุปกรณ์ ค่าบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและจัดการ ค่าเช่าที่ดิน และค่าน้ำมันเชื้อเพลิงไว้ด้วย



### 1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการจัดการด้านความต้องการไฟฟ้าที่ใช้หลอดประหยัดพลังงานที่มีต่อการเลือกขนาดระบบผลิตไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ สำหรับครัวเรือนชนบท การเลือกขนาดระบบผลิตไฟฟ้าพิจารณาทั้งทางด้านเทคนิควิศวกรรมและด้านเศรษฐศาสตร์

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 เป็นแนวทางในการจัดหาพลังงานไฟฟ้าให้แก่ครัวเรือนชนบท
- 1.4.2 ส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานที่ผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 1.4.3 ส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนมากขึ้นและลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

### 1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.5.1 การศึกษานี้จะพิจารณาระบบผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับหมู่บ้านชนบทในประเทศไทย ซึ่งมีอัตราการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 30 หน่วย/เดือน/ครัวเรือน หรือไม่เกิน 1 หน่วย/วัน/ครัวเรือน จำนวน 100 ครัวเรือน และกรณีศึกษาของหมู่บ้านมั่ง คอยปุ๋ย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

1.5.2 พิจารณาวิธีประหยัดพลังงานโดยใช้หลอดประหยัดพลังงาน ประเภทหลอดคอมแพคต์ ฟลูออโรสโคป ใน การลดขนาดความต้องการพลังงานไฟฟ้าเท่านั้น

1.5.3 ระบบผลิตไฟฟ้าที่จะศึกษาเป็นระบบผลิตไฟฟ้าแบบรวมศูนย์ (Centralized System) ประกอบด้วย

- ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล (Diesel Generator)
- ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล/แบตเตอรี่/อินเวอร์เตอร์ (Diesel/Battery/Inverter)
- ระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์/เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล/แบตเตอรี่/อินเวอร์เตอร์ (PV/Diesel/Battery/Inverter)
- ระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์/แบตเตอรี่/อินเวอร์เตอร์ (PV/Battery/Inverter)

1.5.4 การออกแบบส่วนของระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ ใช้ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ มีค่า 18.2 เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน หรือประมาณ 5 Peak sun hour (อ้างอิงจาก แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลดาวเทียมสำหรับประเทศไทย โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานร่วมกับมหาวิทยาลัยศิลปากร, 2542)

1.5.5 ค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ เช่น อัตราดอกเบี้ย ราคาเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล ราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ใช้ค่า ณ ปัจจุบัน (มิถุนายน พ.ศ. 2543)