

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมาบนโลกนั้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา และชีววิทยาก่อให้เกิดการหมุนเวียนของระบบสิ่งมีชีวิต ส่งผลให้เกิดทรัพยากรจำพวกฟอสซิลเก็บสะสมไว้เป็นจำนวนมากมานานหลายล้านปี แต่หลังจากที่ผ่านมาเกือบสองร้อยปีเศษจนถึงปัจจุบัน ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและความต้องการใช้พลังงานของมนุษย์ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้ปริมาณทรัพยากรเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีอยู่ เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้กระบวนการใช้ทรัพยากรฟอสซิลเป็นไปในลักษณะเผาไหม้ทางเคมี ส่งผลให้เกิดมลภาวะเป็นพิษในอากาศ และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศก็จะเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดชั้นบรรยากาศอุ่นรอบ ๆ โลก จะเป็นภัยต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกในระยะยาว

พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาด มีอยู่โดยทั่วไปตามธรรมชาติ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์หรือระบบโฟโตโวลตาอิก เป็นวิธีการหนึ่งที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ประโยชน์ โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ทำหน้าที่แปรรูปพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งพลังงานไฟฟ้าสามารถที่จะส่งจ่ายไปที่อื่น ๆ หรือแปรรูปเป็นพลังงานต่าง ๆ ต่อไปได้ง่าย ระบบโฟโตโวลตาอิกจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้พลังงานชนิดอื่น ๆ และลดมลภาวะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

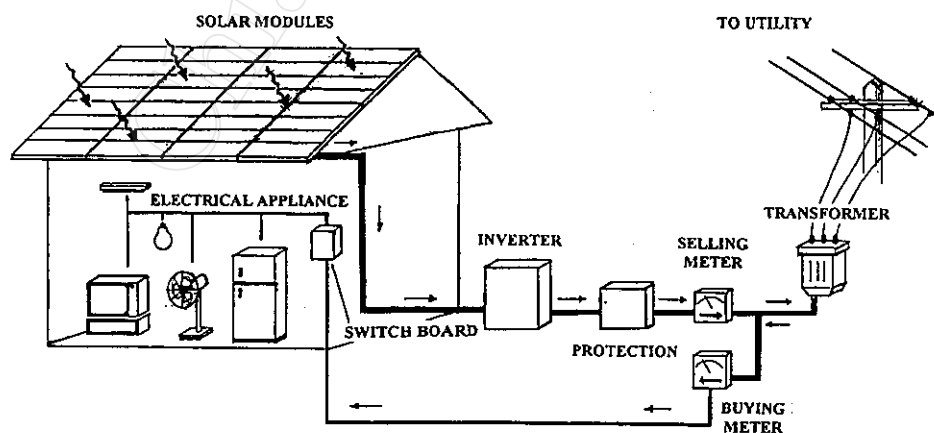
1.2 ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของประเทศ ได้เปลี่ยนจากช่วงเวลากลางคืน เป็นช่วงเวลากลางวัน อันเป็นผลจากการขยายตัวทางภาคอุตสาหกรรมและสูงขึ้นทุกปี[3] พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ส่วนใหญ่มาจากโรงไฟฟ้าที่ใช้ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันเตา เชื้อเพลิงเหล่านี้ในอนาคตราคาสูงขึ้นและจะหมดไปในที่สุด การสร้างโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ก็เกิดขึ้นได้ยากขึ้น เนื่องจากการต่อต้านจากกระแสอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เพื่อชะลอการก่อสร้างโรงไฟฟ้าแบบอื่น และลดการใช้งานเชื้อเพลิงดังกล่าว การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีความเหมาะสมที่จะช่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้ากับกริดระบบไฟฟ้า เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุดช่วงเวลากลางวัน ไม่มีต้นทุนเชื้อเพลิง เป็นหน่วยผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กสามารถกระจายไปได้ทุกพื้นที่ และราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีแนวโน้มถูกลงไปเป็นลำดับ

การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า การใช้งานจำเป็นต้องมีอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งเรียกว่าอินเวอร์เตอร์ โดยอินเวอร์เตอร์ต้องมีคุณลักษณะเฉพาะ คือสามารถต่อกับกริดระบบไฟฟ้าได้ ด้วยเหตุนี้การพัฒนาอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้าสำหรับระบบโฟโตโวลตาอิก จึงต้องมีการพัฒนาอินเวอร์เตอร์แบบนี้ขึ้นมา

ปัจจุบันต่างประเทศได้พัฒนาสร้างอินเวอร์เตอร์นี้ขึ้นมาในเชิงพาณิชย์แล้วเช่น อินเวอร์เตอร์รุ่น LINE BACK ของ Japan Storage Battery Co.,Ltd. แห่งประเทศญี่ปุ่น [21] มีขนาดเล็กประมาณ 3-5 กิโลวัตต์ นำไปใช้งานในที่อยู่อาศัย สามารถรับพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับกริดระบบไฟฟ้าได้

ส่วนในประเทศไทย การไฟฟ้าฝ่ายผลิต แห่งประเทศไทย ได้นำอินเวอร์เตอร์จากต่างประเทศ มาทดสอบใช้งานตามภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศ เช่น ที่สถานีพลังงานแสงอาทิตย์สันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ โรงไฟฟ้าคลองซ่องกล้า จังหวัดปราจีนบุรี สถานีทดลองพลังงานทดแทนพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต [1,2] ซึ่งอินเวอร์เตอร์เหล่านี้มีขนาดกำลังไฟฟ้า 8-20 กิโลวัตต์ อยู่ระหว่างทดสอบใช้งานและเก็บข้อมูลต่าง ๆ ส่วนอินเวอร์เตอร์ขนาดเล็กที่ใช้ตามที่อยู่อาศัยทั่วไปนั้น สำนักงานวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย มีโครงการสาธิตระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน[3] เป็นโครงการส่งเสริมธุรกิจด้านการอนุรักษ์พลังงาน โดยนำอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาบ้านให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายเข้ากับกริดระบบไฟฟ้า โดยผ่านมิเตอร์ขายไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ซึ่งขณะนี้กำลังอยู่ในระหว่างทดสอบใช้งานและเก็บข้อมูลต่าง ๆ และคาดว่าจะในอนาคตมีแนวโน้มที่จะนำไปใช้งานได้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 1.1 แผนภาพสาธิตระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน[3]

อินเวอร์เตอร์ที่นำมาใช้ทดสอบต่อกับกริดระบบไฟฟ้านั้น ยังต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาแพง เนื่องจากมูลค่าทางเทคโนโลยีสูง ดังนั้นการพัฒนาอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้าสำหรับระบบโฟโตโวลตาอิก จึงเป็นส่วนที่สำคัญที่ต้องมีการวิจัยและพัฒนาอินเวอร์เตอร์ชนิดนี้ขึ้นเองภายในประเทศ ซึ่งจะพบปัญหาแตกต่างจากอินเวอร์เตอร์ทั่วไป คือ

- 1) ภาคอินพุตของอินเวอร์เตอร์ ต้องรับไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้โดยตรง ไม่จำเป็นต้องผ่านแบตเตอรี่ เนื่องจากอินเวอร์เตอร์แบบนี้นำมาต่อกับกริดระบบไฟฟ้า
- 2) ภาคเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ จะต้องจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเข้ากับกริดระบบไฟฟ้าได้
- 3) ระบบป้องกันการต่อกับกริดระบบไฟฟ้า อินเวอร์เตอร์ต้องมีการป้องกันข้อผิดพลาดเมื่ออินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า

1.3 แนวทางการแก้ปัญหา

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการออกแบบสร้างอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า รวมถึงการทดสอบใช้งานอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า เพื่อแก้ปัญหาดังต่อไปนี้

- 1) ภาคอินพุตของอินเวอร์เตอร์ ออกแบบอินเวอร์เตอร์ให้มีคุณสมบัติสามารถรับไฟฟ้าได้โดยตรงจากเซลล์แสงอาทิตย์ กำหนดช่วงแรงดันอินพุต 85-136 โวลต์
- 2) ภาคเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ ออกแบบให้สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อกับกริดระบบไฟฟ้า สามารถควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้มีค่าตัวประกอบกำลังสูงกว่า 0.95 ขนาดแรงดันที่ต่อกับกริดระบบไฟฟ้าคือ 230 โวลต์ ± 5 เปอร์เซ็นต์ 50 เฮิร์ตซ์ ± 1 เปอร์เซ็นต์
- 3) ระบบป้องกัน ระบบป้องกันต้องออกแบบให้มีความเชื่อถือได้สูง สามารถตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกริดระบบไฟฟ้าได้

1.4 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Tsujini, N และคณะได้นำเสนอผลงาน “Residential Photovoltaic Power Generating System Connected to Utility Line” [20] โดยทดลองผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้าโดยตรง ที่เมืองโอซาก้าประเทศญี่ปุ่น ปี ค.ศ. 1993 โดยมีขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 1.8 kW ติดตั้งบนหลังคาบ้านที่อยู่อาศัย ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 3 kVA (ความถี่ 60 ± 0.6 Hz, ประสิทธิภาพ 90%) เชื่อมต่อกับกริดระบบไฟฟ้าโดยผ่านมิเตอร์ซื้อและมิเตอร์ขาย ผลการทดสอบพบว่าสามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ตั้งแต่เวลา 7:00-17:00 น. ในหนึ่งวันผลิตไฟฟ้าได้ทั้งสิ้น 8.2 kWh จ่ายให้แก่กริดระบบไฟฟ้า 5.3 kWh พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ระหว่างเวลา 10:00-14:00 น.

ร้อยละ 77 จ่ายให้แก่กริดระบบไฟฟ้า ในระยะเวลาหนึ่งเดือนทดสอบคือ เดือนพฤษภาคม ค.ศ. 1993 สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 180kWh จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ระบบจำหน่ายได้ 110 kWh หรือคิดเป็นร้อยละ 61 จากพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแสงอาทิตย์

กองพัฒนาและวางแผนงานพิเศษ ฝ่ายพัฒนาและแผนงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย “พลังงานทดแทนและเทคโนโลยีใหม่” [1,2] ได้นำเสนอผลงานการพัฒนานำพลังงานแสงอาทิตย์ใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตามภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศ ดังนี้ สถานีพลังงานแสงอาทิตย์สันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ขนาดกำลังผลิต 14 กิโลวัตต์ ต่อกับกริดระบบไฟฟ้าตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2536 โรงไฟฟ้าคลองช่องกล้า อำเภอดอนจาน จังหวัดปราจีนบุรี ขนาดกำลังผลิต 20 กิโลวัตต์ โดยจ่ายไฟฟ้าต่อร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาด 20 กิโลวัตต์ และต่อกับกริดระบบไฟฟ้าตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2531 สถานีทดลองพลังงานทดแทน พรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต ขนาดกำลังผลิต 8 กิโลวัตต์ โดยจ่ายไฟฟ้าต่อร่วมกับกังหันลมขนาด 20 กิโลวัตต์ และต่อกับกริดระบบไฟฟ้าตั้งแต่เดือนกันยายน 2533 ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล การจ่ายกำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ต่อเข้ากับกริดระบบไฟฟ้าเฉลี่ยวันละประมาณ 4 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลวัตต์ติดตั้ง ปัจจุบันการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย มีโครงการสาธิตและกำลังทดสอบอินเวอร์เตอร์เพื่อผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน[3] ซึ่งกำลังทดสอบและเก็บข้อมูลอยู่

Yamaguchi, M. และคณะนำเสนอผลงาน “Development of a New Utility-Connected Photovoltaic Inverter LINE BACK” [21] ผลงานพัฒนาอินเวอร์เตอร์รุ่น LINE BACK เป็นอินเวอร์เตอร์ขนาดเล็ก 3-5 กิโลวัตต์ สามารถต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้านอินพุตได้โดยตรงและจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้ากริดระบบไฟฟ้า การควบคุมใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นหน่วยประมวลผล การตรวจสอบสถานะ Islanding มีการตรวจสอบ 2 วิธีคือวิธีแรกตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสลับปลั๊กใช้เวลาตรวจสอบพบความผิดพลาดประมาณ 0.17 วินาที และวิธีที่สองปรับความถี่แรงดันเอาต์พุตใช้เวลาตรวจสอบพบความผิดพลาดประมาณ 0.5-1 วินาที

Yuyama, S. นำเสนอผลงาน “A High Speed Frequency Shift Method as a Protection for Islanding Phenomena of Utility Interactive PV System” [22] เสนอหลักการตรวจสอบอินเวอร์เตอร์ต่อกับระบบกริดไฟฟ้าโดยวิธีแอคทีฟ (Active Method) คือการปรับความถี่แรงดันอินเวอร์เตอร์ โดยวิเคราะห์หาขอบเขตการปรับความถี่ และทดสอบกับโหลดต่าง ๆ เช่น มอเตอร์ พบว่าสามารถตรวจสอบการต่อกับกริดระบบไฟฟ้าได้ถูกต้องและเชื่อถือได้สูง

Satish, Ranade j. และคณะนำเสนอผลงาน “A Study of Islanding in Utility-Connected Residential Photovoltaic System” [17,18] ได้ศึกษากรณีที่อินเวอร์เตอร์ต่อกับระบบไฟฟ้าและ

ทำงานสภาวะ Islanding พบว่าสภาวะ Islanding อินเวอร์เตอร์จะทำงานไม่มีเสถียรภาพ และในสภาวะที่โหลดมีค่าน้อยอินเวอร์เตอร์จะสร้างแรงดันสูงเกินชั่วขณะ ทำให้อุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าเสียหายได้ ซึ่งจำเป็นต้องออกแบบการตรวจสอบแรงดันและความถี่ เพื่อป้องกันความผิดปกติที่เกิดขึ้น

1.4.2 ผลกระทบอินเวอร์เตอร์ของต่างประเทศ

อินเวอร์เตอร์ของต่างประเทศที่ผลิตขึ้นมา ใช้สำหรับผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยสามารถต่อกับกริดระบบไฟฟ้าได้ แสดงในตารางที่ 1.1 แสดงรายละเอียดผลกระทบอินเวอร์เตอร์ของต่างประเทศ 4 รายการดังต่อไปนี้ Static Power Pack 3.0 (Australia)[16], Helionetics Model 61300-11 (U.S.A)[6], LINE BACK (Japan) [21] และ Sun Power Sinewave Inverter (Germany) [19] ซึ่งผลกระทบอินเวอร์เตอร์แต่ละรุ่นจะมีคุณลักษณะ ต่าง ๆ พอสรุปได้ดังต่อไปนี้

อินเวอร์เตอร์รุ่น Helionetics Model 61300-11 ควบคุมการทำงานโดยระบบแอนะล็อก โดยใช้ทรานซิสเตอร์กำลังเป็นสวิตช์ และใช้เครื่องวัดไฟฟ้าจากภายนอกเพื่อแสดงค่าแรงดัน กระแสและกำลังไฟฟ้า ด้านอินพุตสามารถต่อกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้โดยตรง

อินเวอร์เตอร์รุ่น Static Power Pack 3.0 มีจุดเด่นการใช้งานคือได้ออกแบบระบบควบคุม และแสดงผลค่าแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้า เป็นระบบดิจิทัลและสามารถเก็บข้อมูลได้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหน่วยประมวลผลหลัก ไม่มีฟังก์ชัน Maximum Power Point Tracking การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถทำได้โดยการต่ออุปกรณ์ควบคุมภายนอกเพิ่มเติม

อินเวอร์เตอร์รุ่น LINE BACK เป็นอินเวอร์เตอร์ขนาดเล็ก 3-5 กิโลวัตต์ สามารถใช้งานต่อกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้โดยตรง สำหรับติดตั้งในที่พักอาศัยไม่มีส่วนแสดงผลตรวจวัดค่าทางไฟฟ้า ต้องใช้เครื่องวัดจากภายนอกเพื่อแสดงค่าแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้า มีฟังก์ชัน Maximum Power Point Tracking และ Power Factor Control, Automatic Operation With Photovoltaic Power, Detection of Islanding Operation

ส่วนอินเวอร์เตอร์ที่ออกแบบสร้างในวิทยานิพนธ์นี้ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหน่วยประมวลผลร่วมกับชิพดีบิตเบิกลูเอ็่ม วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ไอจีบีทีเป็นสวิตช์กำลัง ฟังก์ชันการใช้งานสามารถต่อด้านอินพุตกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้โดยตรง มีฟังก์ชันการทำงานที่สำคัญคือ Maximum Power Point Tracking, Power Factor Control และ Islanding Detection ส่วนแสดงผลตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าได้แก่ แรงดัน กระแส และความถี่ แสดงผลบนจอแอลซีดี ไม่ต้องใช้อุปกรณ์เครื่องวัดภายนอก ตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบข้อกำหนดอินเวอร์เตอร์ของต่างประเทศกับอินเวอร์เตอร์ที่จะออกแบบสร้างในวิทยานิพนธ์นี้

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบข้อกำหนดผลิตภัณฑ์อินเวอร์เตอร์ของต่างประเทศ 4 รายการ

Item	Static Power Pace 3.0 (AES)	Helionetics Model 61300-11	Sun Power Sinewave Inverter	LINE BACK INVERTER
Switching Device	not provided	BJT	IGBT	IGBT
Control Methods	Pulse Width Modulation	Pulse Width Modulation	Pulse Width Modulation	Pulse Width Modulation
DC Input Voltage	21-36 VDC	190-250 VDC	200-300 VDC	120-350 VDC
Output Voltage	230 VAC	220 VAC	240 VAC	202 VAC
Capacity Rate	2.0 kVA	2.5 kw	15 kVA	3 kW / 5kW
Freq,Phase,wire	50 Hz,1 Phase, 2 Wire	50 Hz,1 Phase, 2 Wire	50 Hz,3 Phase, 4 Wire	50/60 Hz,1 Phase, 2 Wire
Operation Mode	- Grid-connected - Stand Alone	- Grid-connected	- Grid-connected - Stand Alone	- Grid-connected
Power Control	- Power Factor Tracking	- Peak Power Tracking - Power Factor Tracking	- Maximum Power Point Tracking - Power Factor Tracking	- Maximum Power Point Tracking - Power Factor Tracking
Protection	- Overload, Short Circuit - Over Temperature - Over/Under Voltage	- Over/Under Line Voltage - Over/Under Line Frequency - Array Over Voltage - Internal Temperature	- Over Temperature - Over/Under Voltage	- AC Over Current, Sync. Failure - Over/Under DC Voltage, - Control Voltage Failure - Temperature Failure
Harmonic Distortion	5% Max	< 2%	< 3%	< 5%
Maximum Efficiency	92%	> 91%	90-94%	> 90%
Power Factor	0.1-Unity	> 0.98 (full load)	> 0.95 (full load)	> 0.95
Company	Power Search Ltd. Australia	DECC U.S.A	Sun Power Solartechnik, Germany	Japan Storage Battery Co.,Ltd.

ตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบข้อกำหนดอินเวอร์เตอร์ของต่างประเทศกับอินเวอร์เตอร์ในวิทยานิพนธ์นี้

Item	Static Power Pace 3.0	HELIONETICS 61300-11	Sun Power Inverter	LINE BACK	in this thesis
Control Methods	Pulse Width Modulation	Pulse Width Modulation	Pulse Width Modulation	Pulse Width Modulation	Pulse Width Modulation
DC Input Voltage	21-36 VDC	190-250 VDC	200-300 VDC	120-350 VDC	85-136 VDC
Output Voltage	230 VAC	220 VAC	240 VAC	202 VAC	230 VAC
Capacity Rate	2.0 kVA	2.5 kw	15 kVA	3 kw	1.0 kW
Freq,Phase,wire	50 Hz,1 Phase, 2 Wire	50 Hz,1 Phase, 2 Wire	50 Hz,3 Phase, 4 Wire	50 Hz,1 Phase, 2 Wire	50 Hz,1 Phase, 2 Wire
Operation Mode	- Grid-Connected - Stand Alone	- Grid-Connected	- Grid-Connected - Stand Alone	- Grid-Connected	- Grid-Connected
Power Control	- Power Factor Tracking	- Peak Power Tracking - Power Factor Tracking	- Maximum Power Point Tracking - Power Factor Tracking	- Maximum Power Point Tracking - Power Factor Tracking	- Maximum Power Point Tracking - Power Factor Control
Protection	- Overload, Short Circuit - Over Temperature - Over/Under Voltage	- Over/Under Line Voltage - Over/Under Line Frequency - Array Over Voltage	- Over Temperature - Over/Under Voltage	- AC Over Current, - Over/under DC Voltage, - Control Voltage Failure - Temperature Failure	- Over/Under Line Voltage - Over/Under Line Frequency - Over/Under DC Voltage
Manual Control	Key Pad, Microcomputer	Switch	Switch	Switch	Keypad
Power Factor	0.1-Unity	> 0.98 (Full Load)	> 0.95 (fullload)	> 0.95	> 0.95 (Full Load)
Monitor	LCD Display	-	-	LED	LCD Display
Data Monitoring	Voltage, Current, Power,	Temp, Operating Condition	-	-	Voltage, Current, Power, Frequency

1.5 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.5.1 เพื่อออกแบบและสร้างวงจรกำลังและระบบควบคุมของอินเวอร์เตอร์ให้มีคุณลักษณะต่อกับกริดระบบไฟฟ้าได้
- 1.5.2 เพื่อพัฒนาการผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในลักษณะจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อกับกริดระบบไฟฟ้าได้โดยตรง

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 อินเวอร์เตอร์ที่สร้างขึ้นสามารถต่อกับกริดระบบไฟฟ้าและใช้งานได้จริงและเป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อไป
- 1.6.2 นำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้ประโยชน์ได้มากยิ่งขึ้น
- 1.6.3 ส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ภายในประเทศ
- 1.6.4 เสริมสร้างศักยภาพทางเทคโนโลยีด้วยตนเอง

1.7 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

ออกแบบและพัฒนาสร้างต้นแบบอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้าสำหรับระบบโฟโตโวลตาอิก ขนาดไม่ต่ำกว่า 1 กิโลวัตต์ 230 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ โดยมีข้อกำหนดการออกแบบดังตารางที่ 1.3-1.5

ตารางที่ 1.3 ข้อกำหนดพิกัดอินพุตและเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์

รายการ (Item)		ข้อกำหนด (Specification)
AC Voltage Rating	(Grid)	Single-Phase 230VAC $\pm$ 5%
DC Voltage Rating	(Solar Cell Array)	85-136 VDC (96 VDC. Normal)
Output Rating for Grid-Connected	Voltage	Single-Phase 230VAC , $\pm$ 5%
	Frequency	50 Hz , $\pm$ 1%
	Power	1.0 kW

ตารางที่ 1.4 ข้อกำหนดระบบควบคุมของอินเวอร์เตอร์

รายการ (Item)		ข้อกำหนด (Specification)
Inverter Specificaion	Control System	PWM (Sinusoidal)
	Switching Device	IGBT
	Voltage	Single-Phase 58VAC
	Frequency	50 Hz , $\pm 1\%$
	Isolation Method	Power Transformer, 230/58VAC
Function Operating		Grid-Connected
Power Control	- Power Factor Control (>0.95 at full load) - Maximum Power Point Tracking control (MPPT)	

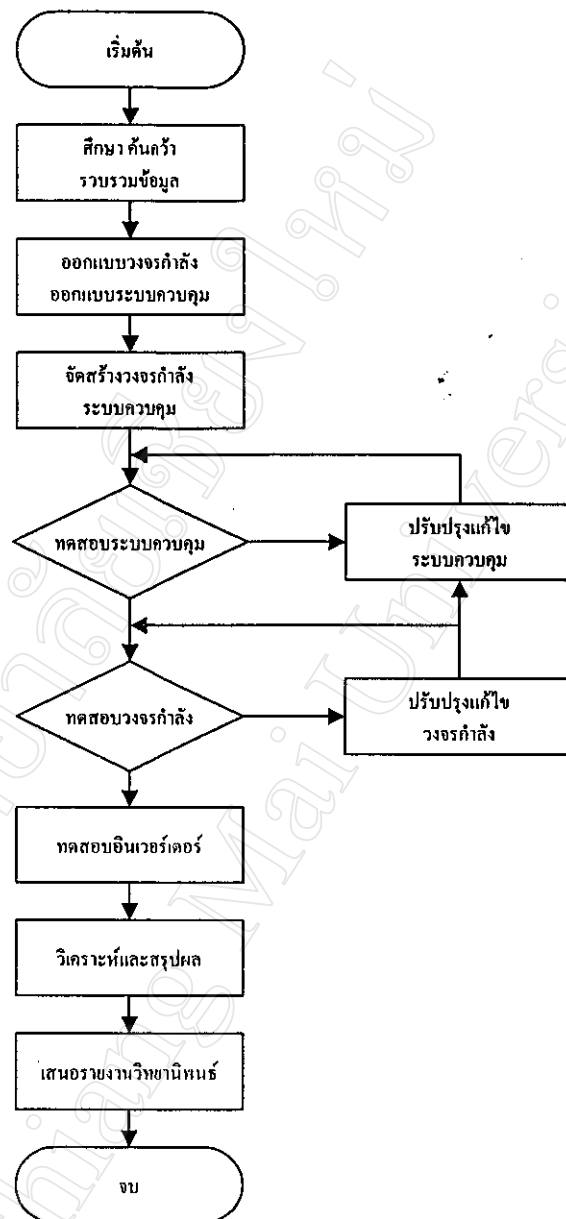
ตารางที่ 1.5 ข้อกำหนดในการแสดงผลและการป้องกันอินเวอร์เตอร์

รายการ (Item)		ข้อกำหนด (Specification)
Monitoring	Grid	Votage, Current, Frequency Power
	DC Source	Votage, Current
Detection for Islanding Operation		- Sudden Phase Shift Detection - Frequency Variation Method
Protection by Electronic Method		- Overload Shutdown - Over/Under Voltage Shutdown

1.8 วิธีการทำวิจัย

พัฒนาออกแบบสร้างและทดสอบการใช้งานอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า แสดงเป็นแผนผังวิธีการทำวิจัยในรูปที่ 1.2 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.8.1 ออกแบบวงจรกำลังอินเวอร์เตอร์ ออกแบบวงจรกำลังโดยใช้ไอจีบีทีเป็นสวิทช์กำลัง หม้อแปลงกำลัง และตัวเหนี่ยวนำ ขั้นตอนนี้จะต้องศึกษา ออกแบบ และทดสอบวงจรกำลังขึ้นเอง จนสามารถใช้งานได้



รูปที่ 1.2 แผนผังวิธีการทำวิจัย

1.8.2 ออกแบบระบบควบคุมอินเวอร์เตอร์ การออกแบบระบบควบคุมใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และชิปพีดีบีเบิลยูเอ็ม ขั้นตอนนี้จะต้องออกแบบระบบควบคุมขึ้นเอง และเขียนโปรแกรมระบบควบคุม จนสามารถใช้งานได้ ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือ การซิงโครไนซ์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า โปรแกรมควบคุมกำลังไฟฟ้า โปรแกรมตรวจสอบสถานะ Islanding

1.8.3 ทดสอบการใช้งานอินเวอร์เตอร์ มีการทดสอบดังนี้

- ทดสอบการจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด โดยใช้แรงดันกระแสตรงจากแบตเตอรี่หรือแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับค่าได้ ในกรณีที่ไม่สามารถจัดหาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ตามพิกัด
- ทดสอบการควบคุมตัวประกอบกำลัง โดยการปรับแรงดันกระแสตรงหรือแรงดันกริกระบบไฟฟ้าให้แตกต่างจากปกติ ตรวจสอบวัดค่าตัวประกอบกำลังของอินเวอร์เตอร์ที่ต่อกับกริกระบบไฟฟ้าต้องมีค่าสูงกว่าหรือเท่ากับ 0.95 ที่พิกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุด
- ทดสอบการตรวจสอบสถานะ Islanding -โดยวิธีการปลดกริกระบบไฟฟ้าออกขณะที่อินเวอร์เตอร์จ่ายกำลังไฟฟ้าต่อกับกริกระบบไฟฟ้า

1.8.4 นำข้อมูลที่ได้ออกแบบและพัฒนาสร้าง และผลการทดสอบมาวิจารณ์ สรุปผล และเสนอรายงานวิทยานิพนธ์