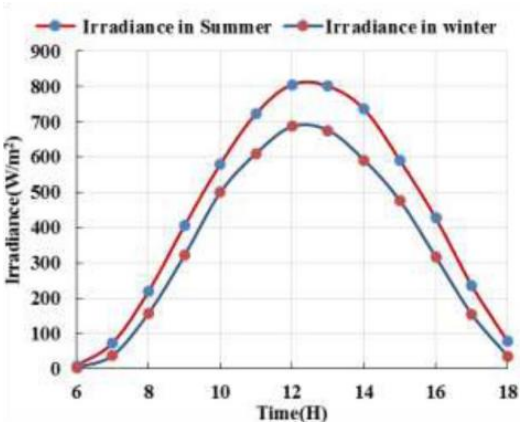
บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

บทนี้นำเสนอปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมพลังงานทดแทนมาใช้กับสถานีอัดประจุไฟฟ้าแบบเร็วเพื่อลดการใช้กำลังไฟฟ้าจากระบบโครงข่ายไฟฟ้า และงานวิจัยที่เกี่ยวกับข้องกับการจัดสรรพลังงานและการออกแบบการจัดสรรพลังงานสำหรับสถานีอัดประจุไฟฟ้า ดังรายละเอียดต่อไปนี้

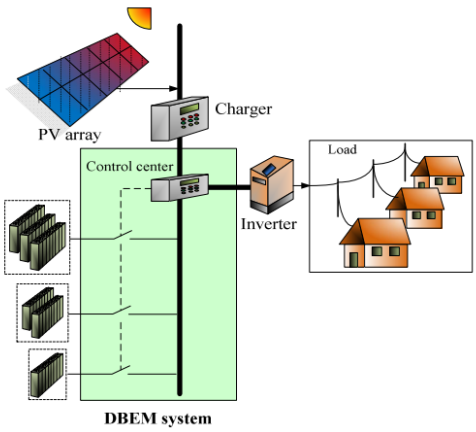
2.2 การผสมผสานพลังงาน

ปัจจุบันพลังงานทดแทนเริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมากในการลดการใช้พลังงานจากระบบโครงข่ายไฟฟ้า เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่ไม่ก่อให้เกิดการเผาไหม้และบางแหล่งพลังงานยังเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วไม่มีวันหมดไป ยกตัวอย่างเช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้น ทั้งนี้หากต้องการนำแหล่งพลังงานทดแทนมาใช้ร่วมกับแหล่งพลังงานทดแทนด้วยกันหรือแม้กระทั่งการนำมาใช้ร่วมกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าต้องอาศัยการผสมผสานพลังงานเพื่อจัดสรรพลังงานให้เพียงพอต่อความต้องการของระบบ ซึ่งแหล่งพลังงานทดแทนที่ได้รับความนิยมในการเลือกใช้เป็นอย่างมาก คือ แหล่งพลังงานจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แหล่งพลังงานลม และระบบเซลล์เชื้อเพลิง โดยพบว่าแหล่งพลังงานจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่มีความผันผวนตามความเข้มแสงหรือสภาพภูมิอากาศของสถานที่นั้น ๆ ดังรูปที่ 2.1 โดยการใช้กำลังไฟฟ้าจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องผ่านวงจรแปลงผันแรงดันที่มีการใช้ระบบควบคุมการตามรอยจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดเพื่อแปลงผันระดับแรงดันให้มีค่าเท่ากับแรงดันของระบบและเพื่อให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงที่สุดที่ระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถผลิตได้ (Naik et al., 2012, Almi et al., 2014, Sangpanich et al., 2014, Reddy et al., 2015, Kumar et al., 2016, Rao et al.,2021)



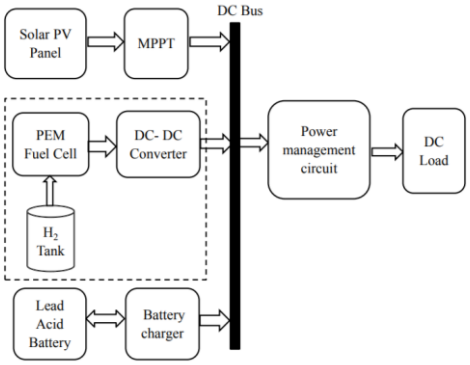
รูปที่ 2.1 ความผันผวนของความเข้มแสงตามสภาพภูมิอากาศ
ที่มาภาพ: (Reddy et al., 2015)

โดยการนำระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งพลังงานควรนำมาใช้ควบคู่กับระบบกักเก็บพลังงานแบบแบตเตอรี่เพื่อรองรับความผันผวนของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Naik et al., 2012, Sangpanich et al., 2014, Rao et al.,2021) ทั้งนี้การติดตั้งระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์และระบบกักเก็บพลังงานแบบแบตเตอรี่ต้องคำนึงถึงโหลดของระบบ ซึ่งค้นพบว่าการเลือกใช้งานระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานแบบแบตเตอรี่สามารถเลือกใช้ขนาดของแบตเตอรี่ที่ต่างกันได้ด้วยวิธีการควบคุมระบบกักเก็บพลังงานแบบกระจาย (Decentralized Battery Storage Control :DBSC) เพื่อแยกการทำงานของแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 2.2 โดยเชื่อว่าจะทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบที่ใช้แบตเตอรี่กลุ่มเดียว เนื่องจากระบบพลังงานทดแทนแบบสแตนด์อโลน (Standalone)จะใช้ตัวควบคุมการชาร์จเพียงตัวเดียวโดยจัดกลุ่มแบตเตอรี่ทั้งหมดต่อขนานกัน โดยที่แบตเตอรี่ชุดนั้นต้องมีความจุและสถานะการชาร์จเริ่มต้นเท่ากัน หากไม่เท่ากันส่งผลให้อายุการใช้งานแบตเตอรี่ลดลง (Sangpanich et al., 2014)



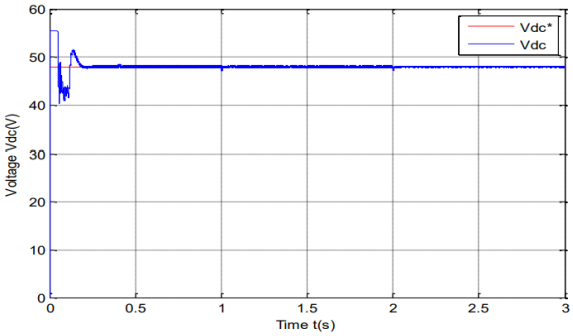
รูปที่ 2.2 ระบบที่ใช้แบตเตอรี่ขนาดต่างกัน
ที่มาภาพ: (Sangpanich et al., 2014)

ในปัจจุบันยังพบว่ามีแหล่งพลังงานสะอาดที่ได้รับความนิยม คือ ระบบเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell system) เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ไม่มีความผันผวนทำงานโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีเปลี่ยนไฮโดรเจนให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยมีพฤติกรรมการทำงานคล้ายกับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าซึ่งการเลือกพิกัดในการติดตั้งต้องมีการคำนึงโหลดของระบบและยังพบว่าเซลล์เชื้อเพลิงนั้นเป็นแหล่งพลังงานที่เริ่มมีการพัฒนาและจะได้รับความนิยมมากในอนาคต (Stambouli., 2011, Ghoniem et.al., 2023) โดยมีการนำเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงมาใช้งานร่วมกับระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์และระบบกักเก็บพลังงานแบบแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งโดยปกติแล้วระบบเซลล์เชื้อเพลิงหากต้องการนำไปใช้งานจะต้องผ่านวงจรแปลงผันแรงดันเพื่อควบคุมแรงดันทางด้านเอาท์พุตให้คงที่ (Naik et al., 2012, Reddy et al., 2015, Kumar et al., 2016, Rao et al.,2021) โดยพบว่าการนำระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งานร่วมกับระบบเซลล์เชื้อเพลิงและระบบกักเก็บพลังงานต้องทำการออกแบบระบบการจัดสรรพลังงานที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากจะต้องมีค่าแรงดันที่บัสเท่ากัน ดังรูปที่ 2.4 เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของกระแสและแรงดันไฟฟ้า โดยในช่วงแรกของการเริ่มต้นระบบพบแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อมประมาณ 15 V_{dc}



รูปที่ 2.3 ไดอะแกรมของระบบที่มีการใช้พลังงานร่วมกันขอแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานเซลลล์เชื้อเพลิงและระบบกักเก็บพลังงานร่วมกัน

ที่มาภาพ: (Reddy et al., 2015)



รูปที่ 2.4 แรงดันไฟฟ้าที่บัสบาร์ (DC Bus)

ที่มาภาพ: (Almi et al., 2014)

นอกจากนี้ยังมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาทำงานร่วมกับพลังงานลม โดยใช้วิธี neuro-fuzzy เพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานลม (Almi et al., 2014) ทั้งนี้ยังพบว่ามีการนำระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แหล่งพลังงานลมและระบบเซลล์เชื้อเพลิงมาใช้ร่วมกัน โดยมีการออกแบบอัลกอลิทึมเพื่อควบคุมการจัดสรรพลังงานในสภาวะโหลดที่แตกต่างกันเพื่อให้เกิดการจัดสรรพลังงานที่ดีที่สุด (Rao et al.,2021)

2.3 การจัดการพลังงานสำหรับสถานีอัดประจุไฟฟ้า

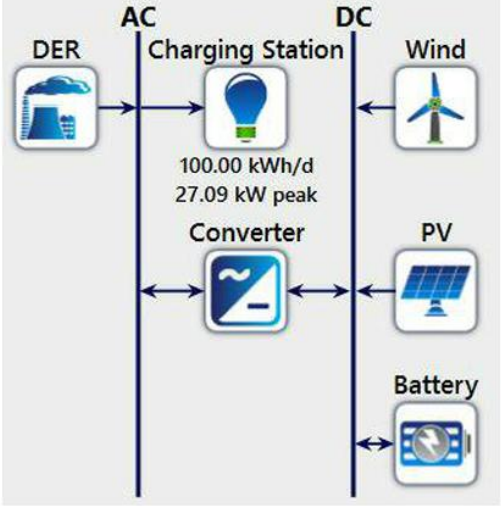
ในปัจจุบันเริ่มมีการนำพลังงานทดแทนมาใช้เป็นแหล่งพลังงานสำคัญให้แก่สถานีอัดประจุไฟฟ้าเพื่อลดการใช้พลังงานจากกริดไฟฟ้า ทั้งนี้การนำแหล่งพลังงานทดแทนมาใช้สำหรับสถานีอัดประจุไฟฟ้าจะต้องมีการออกแบบการจัดสรรพลังงานให้เพียงพอต่อพฤติกรรมการนำยานยนต์ไฟฟ้าเข้ามาชาร์จประจุเนื่องจากเป็นโหลดทางไฟฟ้าที่มีการผันผวนตามพฤติกรรมการใช้งาน โดยพบว่าหากต้องนำระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งพลังงานให้กับสถานีอัดประจุไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงความพร้อมของสถานที่ อาทิเช่น สภาพภูมิอากาศในสถานที่นั้น ๆ หรือแม้แต่พื้นที่ในการติดตั้ง ตัวอย่างงานวิจัยที่มีการนำแหล่งพลังงานทดแทนมาใช้เพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับสถานีอัดประจุดังนี้

Lu et al., 2014 นำเสนอการจำลองสถานีอัดประจุไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่มีการผสมผสานพลังงานระหว่างระบบโครงข่ายไฟฟ้า ระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์และระบบกักเก็บพลังงานเพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับยานยต์ไฟฟ้า โดยมีการยกตัวอย่างเปรียบเทียบ 2 กรณี คือ กรณีที่สถานีอัดประจุใช้ระบบกักเก็บพลังงาน พิกัด 200 kWh และกรณีที่สถานีอัดประจุใช้ระบบกักเก็บพลังงาน พิกัด 500 kWh พบว่าในกรณีที่ใช้ระบบกักเก็บพลังงาน 500 kWh สามารถลดการใช้พลังงานจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าในช่วงเวลากลางคืนได้มากกว่าแต่ใช้ต้นทุนในการติดตั้งสูงกว่าสถานีที่ใช้ระบบกักเก็บพลังงาน 200 kWh ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบโหลดของสถานีและระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

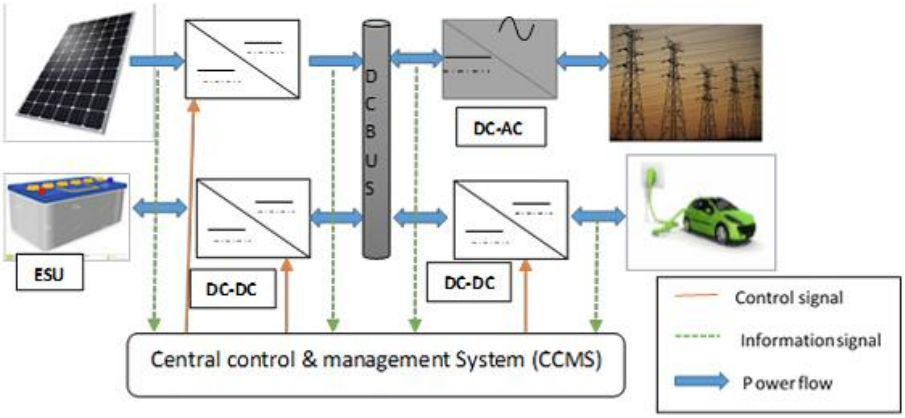
Nizam and FX Rian., 2018 นำเสนอโครงสร้างที่ดีที่สุดของระบบไฟฟ้าไฮบริดสำหรับสถานีอัดประจุไฟฟ้าแบบกระแสสลับในพื้นที่ชนบท โดยยกตัวอย่างที่ Labuan bajo ประเทศอินโดนีเซีย โดยกล่าวว่า ความพร้อมของพลังงานหมุนเวียนในพื้นที่ชนบทเป็นกุญแจสำคัญในการกระจายเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าและเพิ่มอัตราส่วนการใช้ไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียน การใช้พลังงานจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานจากลมและพลังงานไฟฟ้าจากระบบโครงข่ายขนาดเล็ก พบว่าหากสถานที่ที่ได้ทำงานวิจัยมีพลังงานที่อุดมสมบูรณ์มาก สามารถรองรับการใช้พลังงานของสถานีอัดประจุได้ ทั้งนี้ต้องอาศัยการออกแบบการควบคุมรวมไปถึงผังการทำงานให้ครอบคลุมทั้งระบบจึงจะก่อให้เกิดการนำพลังงานมาใช้อย่างคุ้มค่าที่สุด แสดงแผนภาพการจัดการพลังงาน ดังรูปที่ 2.5

Youssef et al., 2018 นำเสนอสถานีอัดประจุไฟฟ้าด้วยกระแสตรงแบบ 2 ประเภท คือ สถานีอัดประจุที่ใช้แหล่งพลังงานจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าร่วมกับระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์และสถานีอัดประจุที่ใช้แหล่งพลังงานจากระบบพลังงานจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน พบว่าการออกแบบการทำงานของสถานีอัดประจุที่ใช้แหล่งพลังงานจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นหลักต้องมีการคำนึงถึงโหลดและมีความซับซ้อนในการออกแบบมากกว่าสถานีอัดประจุไฟฟ้าที่มีการใช้พลังงานจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าเป็นหลักเนื่องจากพลังงานที่ได้จากระบบแผง

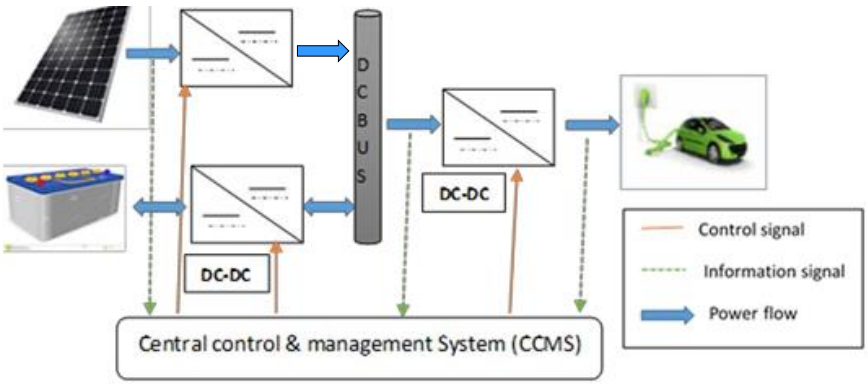
เซลล์แสงอาทิตย์มีความไม่คงที่จึงต้องมีการออกแบบพิกัดการติดตั้งระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์และระบบกักเก็บพลังงานเพื่อให้มีพลังงานเพียงพอสำหรับรองรับจำนวนยานยนต์ไฟฟ้าที่จะเข้ามาใช้บริการ สามารถแสดงรูปโครงสร้างของระบบดังรูปที่ 2.6 และ 2.7 ตามลำดับ โดยคาดคะเนว่าในอนาคตการอัดประจุด้วยไฟฟ้ากระแสตรงจะได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากใช้เวลาในการอัดประจุเร็วกว่าการอัดประจุด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ



รูปที่ 2.5 แผนภาพการจัดการพลังงานของ Nizam and FX Rian
ที่มาภาพ: (Nizam and FX Rian)



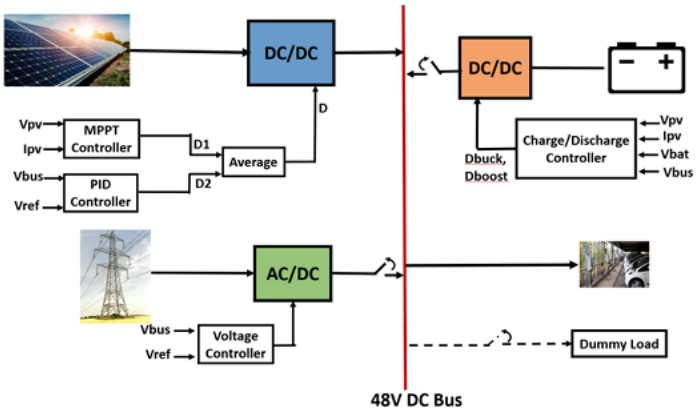
รูปที่ 2.6 ไดอะแกรมของสถานีอัดประจุที่ใช้แหล่งพลังงานจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าร่วมกับระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ที่มาภาพ: (Youssef et al., 2018)



รูปที่ 2.7 ไดอะแกรมของสถานีอัดประจุที่ใช้แหล่งพลังงานจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน

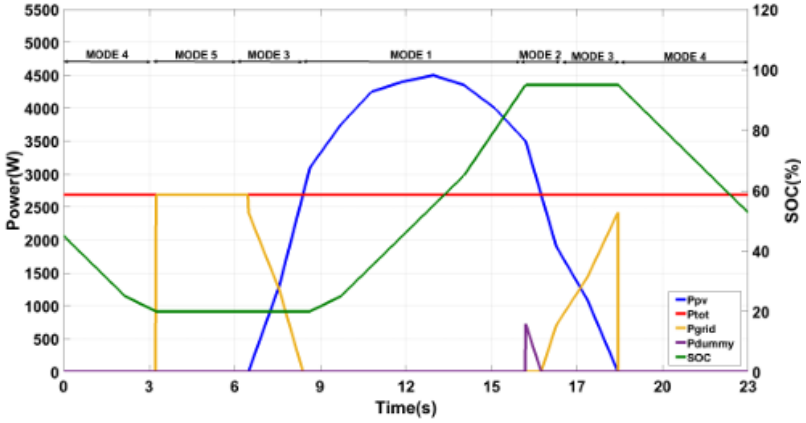
ที่มาภาพ: (Youssef et al., 2018)

Biya et al., 2019 นำเสนอแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการออกแบบและการจัดการพลังงานของสถานีอัดประจุที่ขับเคลื่อนด้วยระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์และระบบจัดเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESS) พร้อมกริดไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้ตัวควบคุมแบบ Proportional Integral Derivative (PID) ในการควบคุมกระแสไฟไฟฟ้าและแรงดันไฟที่ต้องการ โดยพิจารณาอัลกอริธึมเพื่อควบคุมการทำงานที่แตกต่างกัน 5 โหมด โดยมีการผสมผสานพลังงานและผลลัพธ์ ดังรูปที่ 2.8 และ 2.9



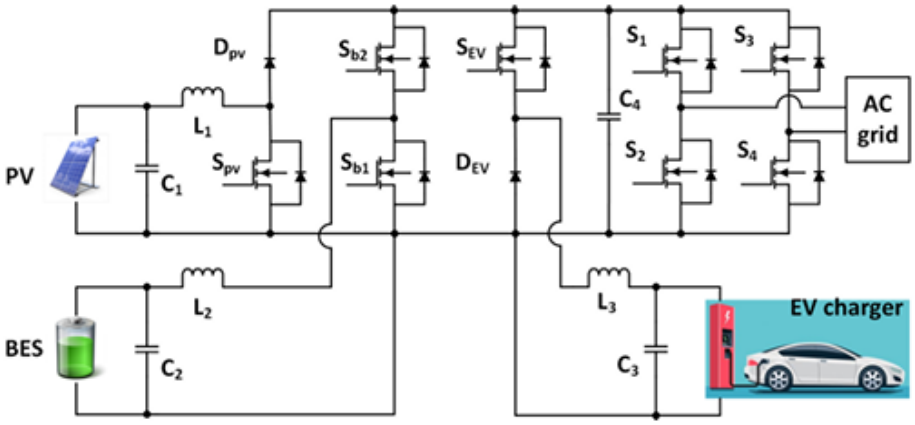
รูปที่ 2.8 แผนภาพการจัดการพลังงานของ Biya et al

ที่มาภาพ: (Biya et al., 2019)



รูปที่ 2.9 ผลลัพธ์การจัดการพลังงานของ Biya et al
ที่มาภาพ: (Biya et al., 2019)

Zhang et al., 2019 นำเสนอสถานีอัดประจุไฟฟ้าแบบกระแสตรง โดยสร้างแบบจำลองสถานีอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าแบบหลายพอร์ตคอนเวอร์เตอร์ที่ผสานรวมกับการผลิตไฟฟ้าจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และระบบจัดเก็บพลังงานแบตเตอรี่โดยใช้โปรแกรม ANSYS Twin Builder มีการควบคุมและการทำงานร่วมกันของการผลิตไฟฟ้าจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า และการจัดเก็บพลังงานแบตเตอรี่ให้มีการรักษาเสถียรภาพที่ดีขึ้น การทำงานของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีความไม่แน่นอนโดยผันผวนตามความเข้มของแสง ทั้งนี้ต้องเกิดการออกแบบพิกัดการติดตั้งของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้เพียงพอต่อจำนวนยานยนต์ไฟฟ้าที่จะเข้ามารับบริการเพื่อใช้ลดจากใช้พลังงานจากระบบโครงข่ายไฟฟ้า ทั้งนี้ยังนำเสนอผลการจำลองเพื่อยืนยันผลประโยชน์ในโหมดต่างๆ ขอการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า แบบหลายพอร์ตที่เสนอนี้พร้อมการกำหนดค่า PV-BES โดยมีการจัดการพลังงาน ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แผนภาพการจัดการพลังงานของ Zhang et al
ที่มาภาพ: (Zhang et al., 2019)

Bhadra et al., 2020 นำเสนอการออกแบบและการพัฒนาสถานีอัดประจุไฟฟ้าแบบไฮบริดสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า สถานีอัดประจุไฟฟ้าใช้พลังงานจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์และพลังงานจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าร่วมกัน ระบบทำงานร่วมกันเพื่อลดการใช้พลังงานจากระบบโครงข่ายไฟฟ้า โดยสถานีอัดประจุจะใช้พลังงานจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า โดยตรงเมื่อมีพลังงานจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แต่เมื่อไม่มีพลังงานจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สถานีอัดประจุจะใช้พลังงานจากระบบโครงข่ายไฟฟ้า แต่ถ้าไม่มียานยนต์ไฟฟ้าเข้ามาใช้บริการ สถานีอัดประจุจะส่งพลังงานจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังระบบโครงข่ายไฟฟ้า โดยที่ผลลัพธ์ของบทความนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบภายใต้สภาวะการทำงานต่าง ๆ ที่ได้ดำเนินการออกแบบการควบคุมระบบการจัดสรรพลังงาน โดยพบว่ารูปแบบการชาร์จแบบไฮบริดที่พัฒนาแล้วสามารถใช้ได้และเป็นตัวเลือกการชาร์จที่ประหยัดพลังงานสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

Verma et al., 2020 นำเสนอสถานีอัดประจุไฟฟ้าที่ใช้ระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์และระบบแปลงพลังงานลมเป็นแหล่งพลังงานหลัก โดยมีชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลและพลังงาน จากระบบโครงข่ายไฟฟ้าเป็นพลังงานสำรองเพื่อให้สามารถให้พลังงานแก่ยานยนต์ไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง โดยที่สถานีอัดประจุไฟฟ้าเป็นโหมดกระแสตรง โดยควบคุมการออกแบบเพื่อให้ใช้แหล่งพลังงานแต่ละแหล่งอย่างมีประสิทธิภาพไม่กระทบต่อการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าและการจ่ายโหลดในครัวเรือน

จากการทบทวนปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของการผสมผสานพลังงานและการออกแบบการจัดสรรพลังงานสำหรับสถานีอัดประจุไฟฟ้า พบว่ามีงานวิจัยมากมายที่ให้ข้อสนับสนุนถึงความเป็นไปได้ของการผสมผสานพลังงาน โดยพบว่าการผสมผสานพลังงานนั้นสามารถทำได้แต่ต้องมีการควบคุม กล่าวคือ หากมีการนำระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งพลังงานควรมีการใช้ร่วมกับ Maximum Power Point Tracking (MPPT) เพื่อแปลงผันแรงดันให้เหมาะสมกับโหลดและเพื่อเป็นการใช้พลังงานให้คุ้มค่าที่สุด เช่นเดียวกับระบบเซลล์เชื้อเพลิงหากมีการนำมาใช้งานแบบผสมสานจะต้องมีการแปลงผันแรงดันให้มีความเหมาะสมกับแหล่งพลังงานอื่นของระบบก่อน และหากมีการนำแหล่งพลังงานหลายแหล่งมาผสมผสานกันทุกแหล่งพลังงานจะต้องมีพิกัดของแรงดันเท่ากันที่แรงดันของบัสบาร์เพื่อป้องกันการไหลย้อนของกระแสไฟฟ้า ทั้งนี้หากมีการใช้งานร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน พบว่า ระบบกักเก็บพลังงานแบบแบตเตอรี่สามารถรองรับความผันผวนของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้โดยทำหน้าที่กักเก็บพลังงานจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในตอนที่ระบบไม่มีโหลดมาใช้งานและตอนที่ระบบมีโหลดได้ และพบว่าแหล่งพลังงานดังกล่าวที่กล่าวมานั้นสามารถนำมาประยุกต์เป็นแหล่งพลังงานให้กับสถานีอัดประจุไฟฟ้าได้ทั้งแบบกระแสตรงและกระแสสลับ

2.4 สรุป

บทที่ 2 นี้ได้นำเสนอปริทัศน์วรรกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิทยานิพนธ์ ซึ่งทำให้ทราบถึงแนวทางและองค์ความรู้ที่เกี่ยวของเพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้จิวัยที่จะนำมาปรับใช้ในวิทยานิพนธ์และส่งผลให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการนำแหล่งพลังงานสะอาด นั่นคือ แหล่งพลังงานจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์และระบบเซลล์เชื้อเพลิงมาใช้เป็นแหล่งพลังงานโดยมีระบบกักเก็บพลังงานเพื่อรองรับความผันผวนของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาเป็นแหล่งพลังงานหลักให้กับสถานีอัดประจุไฟฟ้าแบบกระแสตรง โดยในบทถัดไปนำเสนอถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้