บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

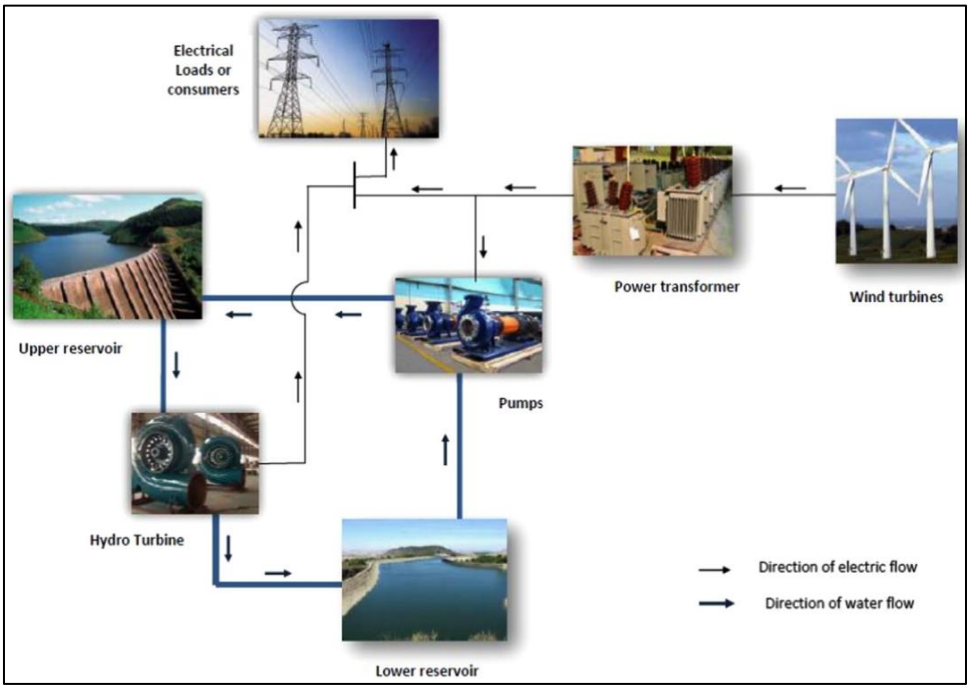
2.1 บทนำ

การศึกษาและวิจัยที่หลากหลายในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีการศึกษาการกักเก็บพลังงานในรูปแบบของแบตเตอรี่ (BESS) และพลังงานน้ำแบบสูบกลับ (Pumped-Storage) อย่างหลากหลาย เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ระบบกักเก็บพลังงานโดยแรงโน้มถ่วง บทนี้นำเสนอการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีการศึกษามาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยดังกล่าวได้นำมาใช้เป็นตัวอย่าง และเป็นแนวทางในการประยุกต์ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้

2.2 ระบบการกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System: ESS)

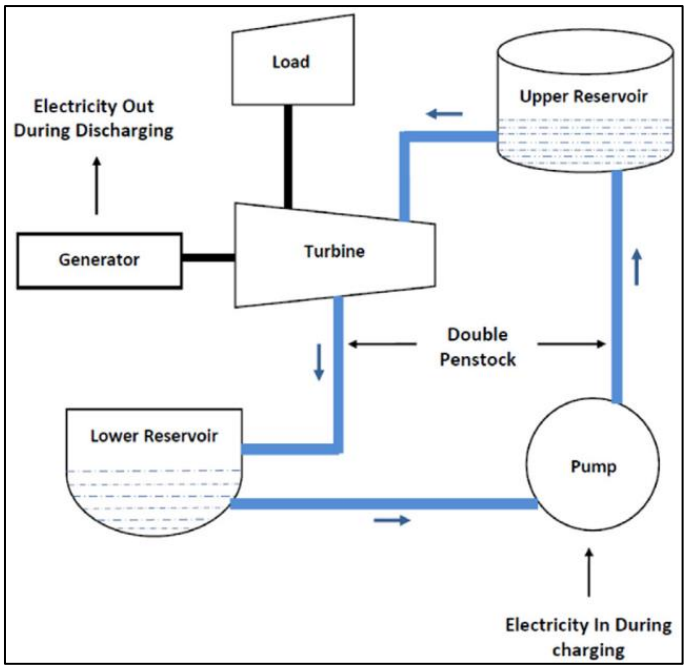
การเก็บพลังงานโดยใช้การปั๊มน้ำเก็บไว้ (Pumped hydro energy storage : PHES) เป็นเทคโนโลยีการเก็บพลังงานในรูปของพลังงานศักย์โดยอาศัยความแตกต่างของระดับน้ำภายในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ในการเก็บและคายพลังงาน การทำงานของระบบ PHES คือ ในช่วงที่มีความต้องการใช้พลังงานต่ำ (off-peak) ระบบจะใช้พลังงานในการปั๊มน้ำจากอ่างเก็บน้ำที่อยู่ในระดับต่ำขึ้นไปยังอ่างเก็บน้ำที่อยู่ระดับสูง เมื่อมีความต้องการใช้พลังงานในปริมาณที่มากน้ำจะถูกปล่อยให้ไหลผ่านกังหันเพื่อสร้างพลังงาน โดยปริมาณของพลังงานที่เก็บได้จะขึ้นอยู่กับระดับที่แตกต่างกันของอ่างเก็บน้ำทั้ง 2 และปริมาณน้ำที่สามารถเก็บไว้ได้ ซึ่ง PHES เป็นที่ยอมรับในเชิงพานิชย์สำหรับการจัดเก็บไฟฟ้าในระดับสาธารณูปโภค พลังงานน้ำไม่ได้เป็นเพียงแหล่งพลังงานหมุนเวียนและยั่งยืนเท่านั้น แต่ความยืดหยุ่นและความจุของพลังงานยังทำให้สามารถปรับปรุงความเสถียรของกริดและสนับสนุนการใช้งานแหล่งพลังงานหมุนเวียนอื่นๆ ที่ไม่ต่อเนื่อง เช่น พลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากพลังงานหมุนเวียนมีลักษณะที่มีความผันผวนไม่สามารถรักษาหรือควบคุมการจ่ายพลังงานอย่างต่อเนื่องได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดเก็บไฟฟ้าจำนวนมาก การศึกษาปัจจุบันมีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาเทคโนโลยีและระบบไฮบริด (พลังงานลม-พลังงานน้ำ, พลังงานแสงอาทิตย์-พลังงานน้ำ และพลังงานลม-พลังงานแสงอาทิตย์-พลังงานน้ำ) จากการรวบรวมข้อมูลพบว่าการเก็บพลังงานโดยใช้การปั๊มน้ำเก็บไว้เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเกาะอิสระที่มีขนาดเล็ก และมีการจัดเก็บพลังงานขนาดใหญ่ โดยที่ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของการเก็บพลังงานโดยใช้การปั๊มน้ำเก็บไว้นั้นแตกต่างกันไปในทางปฏิบัติระหว่าง 70% ถึง 80% โดยบางส่วนอ้างว่าสูงถึง 87% โดยทั่วโลกขนาดการเก็บ

พลังงานโดยการใช้ปั๊มน้ำเก็บไว้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 1,000–3000 MW ในทางกลับกัน ระบบการจัดเก็บแบบสูบน้ำด้วยไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ได้ถูกนำมาใช้สำหรับพื้นที่ที่มีขนาดเล็กมาก (จำนวนบ้านไม่กี่หลัง) เท่านั้น ระบบ PHES ในรูปแบบพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการถ่ายโอนน้ำจากอ่างเก็บน้ำล่างขึ้นบน ดังรูปที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ (Shafiqur Rehman et al., 2015)



รูปที่ 2.1 แนวคิดระบบการจัดเก็บกำลังไฟฟ้าพลังงานน้ำในรูปแบบพลังงานลม

ที่มาภาพ: (Shafiqur Rehman et al., 2015)



รูปที่ 2.2 ไดอะแกรมการทำงานของระบบการจัดเก็บกำลังไฟฟ้าพลังงานน้ำในรูปแบบพลังงานลม
ที่มาภาพ: (Shafiqur Rehman et al., 2015)

ปัจจุบันมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนโดยเฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Home System, SHS) ซึ่งการกระจายของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นี้สามารถแก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงานทั่วโลกได้ โดยปกติแล้วแบตเตอรี่เป็นส่วนสำคัญของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แต่แบตเตอรี่นั้นมีราคาค่อนข้างสูงและต้องมีการดูแลระบบของแบตเตอรี่ให้เป็นอย่างดี การประมาณอายุการใช้งานแบตเตอรี่สามารถช่วยในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และตัดสินใจเลือกชนิดของแบตเตอรี่ที่นำมาใช้ แต่การประมาณอายุการใช้งานแบตเตอรี่มักเป็นงานที่ซับซ้อนซึ่งต้องใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการไฟฟ้าเคมีภายในแบตเตอรี่ก่อน ดังนั้นจึงมีวิธีการประมาณอายุการใช้งานแบตเตอรี่อย่างง่าย คือ การจำลองด้วยแอพลิเคชัน SHS โดยมีข้อมูลแบตเตอรี่ที่มีอยู่จากผู้ผลิตและโปรไฟล์โหลดพารามิเตอร์แบตเตอรี่ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ประมาณพลังงานแบตเตอรี่ ค่า Depth-of-Discharge (DOD) และค่า DOD ที่ใช้งานอยู่ สำหรับขนาดของ SHS ที่เลือกไว้ในการจำลองสามารถประเมินอายุการใช้งานสำหรับแบตเตอรี่ตะกั่วกรดปิดผนึกอยู่ที่ 5.3 ปี และ15.7 ปี สำหรับแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์อิทธิพลของการปรับขนาดแบตเตอรี่ใน SHS ต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีค่าใช้จ่ายล่วงหน้าที่สูงขึ้นเนื่องจากขนาดแบตเตอรี่ขนาดใหญ่โดยหลักการแล้วสามารถนำมาใช้เพื่อชดเชยต้นทุนการเปลี่ยนตลอดอายุการใช้งานของ SHS วิธีการที่ได้

อธิบายไว้ยังถูกนำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่นพบว่าค่าประมาณค่าตลอดอายุการใช้งานอยู่ภายใน 3.85% ของแบบจำลองอื่น ๆ จากแบตเตอรี่การทดลอง (Nishant Narayan et al., 2017)

ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ (Battery Energy Storage Systems: BESSs) ถือเป็นหัวใจสำคัญในการบริหารจัดการการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนให้ดียิ่งขึ้นจัดเป็นสินทรัพย์ใหม่สำหรับการควบคุมความถี่หลัก (Primary Frequency Regulation: PFR) ซึ่งเป็นการปรับปรุงความเสถียรของกริด มีการศึกษามากมายเกี่ยวกับการประมาณค่าอายุการใช้งานสำหรับ BESS ที่ดำเนินการตาม PFR ได้พิจารณาเฉพาะการจัดเก็บไฟฟ้าเคมี โดยไม่คำนึงถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE) การวิเคราะห์อายุการใช้งานของระบบจัดเก็บพลังงานแบตเตอรี่ โดยให้กฎความถี่หลักที่พิจารณาจากโมดูล IGBT ตัวเก็บประจุด้วยไฟฟ้า และความเสื่อมโทรมของการจัดเก็บไฟฟ้าเคมี ซึ่งข้อมูลอายุการใช้งานมีไว้เพื่อประมาณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net-Present-Value: NPV) ของระบบจัดเก็บพลังงานแบตเตอรี่ เพื่อประเมินประโยชน์ของการปรับใช้ระบบจัดเก็บพลังงานแบตเตอรี่แบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังในกริดของยุโรป มีการเปรียบเทียบระหว่างประเทศต่าง ๆ โดยพิจารณาจากการนำ PFR ไปใช้ จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ากลยุทธ์การจัดการระบบจัดเก็บพลังงานแบตเตอรี่สามารถยืดอายุการใช้งานได้ และส่วนประกอบที่มีอายุการใช้งานสั้นที่สุดคือการจัดเก็บไฟฟ้าเคมี แต่ส่วนประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังอาจมีการสึกหรอต่ำ เนื่องจากการใช้พลังงานต่ำ ดังนั้นจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนเล็กน้อยขณะทำ PFR โดยสรุป การจัดหา PFR โดยใช้ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่พบว่ามีกำไรในทั้งสามประเทศ (Marco Stecca et al., 2021)

ในปัจจุบันการจัดเก็บพลังงานมีความโดดเด่นในด้านความสามารถในการจัดหาพลังงานสำรองให้กับเครือข่ายไฟฟ้า จึงมีการศึกษาและวิเคราะห์สินทรัพย์หลักของเทคโนโลยีชั้นนำของระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage: ES) ประเด็นการวิจัย ได้แก่ ตัวเลขตลาดโลก ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ และการประยุกต์ใช้ทางเทคนิค แม้จะมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่สำคัญในเทคโนโลยี ES แต่ก็ยังมีความท้าทายมากมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานของเกาะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อการทำงานของระบบที่แยกออกมารวมกับพลังงานหมุนเวียนที่เพิ่มสูงขึ้น แม้แต่เทคโนโลยีการเก็บพลังงานโดยใช้การปั๊มน้ำเก็บไว้ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาเต็มที่ที่สุด ก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับการวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบ ระบบกักเก็บพลังงานเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับพลังงานลม โดยเฉพาะอย่างยิ่งบนเกาะที่มีแหล่งพลังงานลมสูง และระบบกักเก็บพลังงานมีความสำคัญต่อคุณภาพไฟฟ้ามากกว่า และเหนือสิ่งอื่นใดคือความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้า ดังนั้นการจ่ายไฟฟ้าในกริดแบบธรรมดาและแบบกระจายศูนย์โดยใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียนต้องการกลไกการจัดการพลังงานที่ราคาไม่แพงและเชื่อถือได้ ซึ่งรวมถึงระบบจัดเก็บที่ยั่งยืน แม้จะมีข้อเสียบางประการในระบบการจัดเก็บที่ใช้กับไฟฟ้า ซึ่งเกี่ยวข้องกับประเภทของเทคโนโลยีและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ผู้เขียน (E.M.G. Rodrigues et al., 2014) ได้ทำการศึกษาและรวบรวมเทคโนโลยีการจัดเก็บหลายอย่างได้รับการ

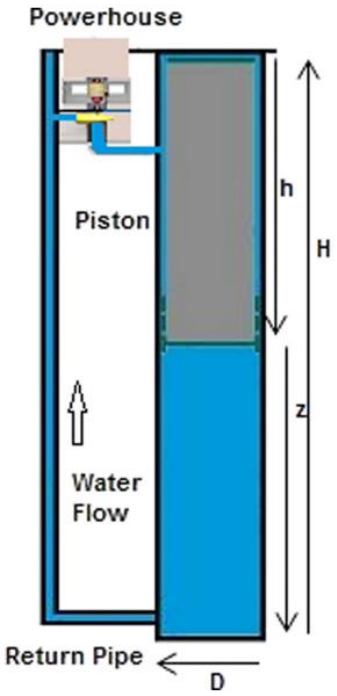
พัฒนาโดยมีลักษณะการตอบสนองที่แตกต่างกัน และความทันสมัยของระบบกักเก็บพลังงาน ประโยชน์และการใช้งาน

2.3 ระบบการกักเก็บพลังงานแรงโน้มถ่วง (Gravity Energy Storage System: GESS)

จากบทความ (Mathew Aneke, 2016) ได้รวบรวมแนวคิดของการจัดเก็บพลังงานเทคโนโลยีต่างๆ สำหรับการจัดเก็บพลังงานโดยเน้นที่การจัดเก็บพลังงานรูปแบบรอง คือ พลังงานไฟฟ้าและความร้อนมากขึ้น ตลอดจนการวิเคราะห์โดยละเอียดของโครงการจัดเก็บพลังงานต่างๆ ทั่วโลก เทคโนโลยีการเก็บพลังงานบางอย่าง เช่น ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ เทอร์โมเคมี และแรงโน้มถ่วง อยู่ในขั้นตอนสาธิตหรือวิจัย ดังนั้นจึงยังไม่มีโครงการขนาดใหญ่ในชีวิตจริงที่จะตรวจสอบความสามารถในการใช้กักเก็บพลังงาน การวิจัยเพิ่มเติมจึงมีความจำเป็น เนื่องจากไม่มีเทคโนโลยีการเก็บพลังงานแบบใดแบบหนึ่งที่มีคุณสมบัติครบถ้วนที่จำเป็นสำหรับการทำงานที่เหมาะสมที่สุด เทคโนโลยีที่เกิดขึ้นใหม่เช่น การเก็บพลังงานด้วยอากาศเหลว (Liquid Air Energy Storage: LAES) โมดูลพลังงานแรงโน้มถ่วง (Gravity Power Module: GPM) และการเก็บพลังงานจากรางขั้นสูง (Advanced Rail Energy Storage: ARES) มีศักยภาพสำหรับการใช้งานในพื้นที่ขนาดใหญ่ หากโมดูลพลังงานแรงโน้มถ่วงมีประสิทธิภาพที่ 75–80% ก็อาจเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการเก็บพลังงานโดยใช้การปั๊มน้ำเก็บไว้ในสถานที่ที่ไม่มีภูมิประเทศที่เอื้ออำนวย การเก็บพลังงานจากรางขั้นสูงสามารถเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการเก็บพลังงานโดยใช้การปั๊มน้ำเก็บไว้เพื่อการใช้งานในพื้นที่ขนาดใหญ่มีภูมิประเทศที่เอื้ออำนวย แต่ไม่มีน้ำประปาเพียงพอ อีกทั้งจำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนาเพิ่มเติมสำหรับการจัดเก็บพลังงานไฮโดรเจน (Hydrogen Energy Storage: HES) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการเดินทางไปกลับ และสุดท้ายสารละลายเกลือ (molten salt) ยังคงเป็นส่วนสำคัญในการจัดเก็บพลังงานความร้อนสำหรับการใช้งานในพื้นที่ขนาดใหญ่ (Mathew Aneke, 2016)

การจัดเก็บพลังงานน้ำแบบปั๊มเป็นเทคโนโลยีที่มีการติดตั้งอย่างกว้างขวางที่สุดในปัจจุบัน รูปแบบการจัดเก็บนี้มีข้อเสียบางประการซึ่งรวมถึงการจัดเตรียมเทคโนโลยี เนื่องจากไม่สามารถนำไปใช้ได้ทุกที่ ผู้เขียน (A. Berrada et al., 2016) เสนอวิธีการปรับขนาดเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานแรงโน้มถ่วงอย่างเหมาะสมที่สุดแบบไม่เชิงเส้นเพื่อลดต้นทุนระบบกักเก็บพลังงานแรงโน้มถ่วงในขณะที่ตอบสนองข้อจำกัดทั้งหมด และหลีกเลี่ยงความล้มเหลวในการออกแบบระบบ โดยทำการตรวจสอบขนาดที่เหมาะสมที่สุดและคำนวณต้นทุนพลังงานที่ปรับระดับสำหรับการผลิตกำลังการผลิต 20 MWh โดยใช้เวลาปล่อย 4 ชั่วโมง ผู้เขียนได้เลือกความสูงของภาชนะให้มีความสูง 500 ม. มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.21 ม. เพื่อให้ได้พลังงานที่กำหนด การปรับให้เหมาะสมนี้แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความสูงของคอนเทนเนอร์นั้นประหยัดกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางสำหรับความจุเฉพาะ ขนาดของการ

จัดเก็บที่ใช้ในกรณีศึกษานี้ถูกกำหนดโดยการวิเคราะห์เชิงพาราเมตริก งานนี้แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีนี้มีต้นทุนพลังงานในระดับที่น่าสนใจมากเมื่อเทียบกับการจัดเก็บพลังน้ำแบบสูบกลับและการจัดเก็บพลังงานอัดอากาศ

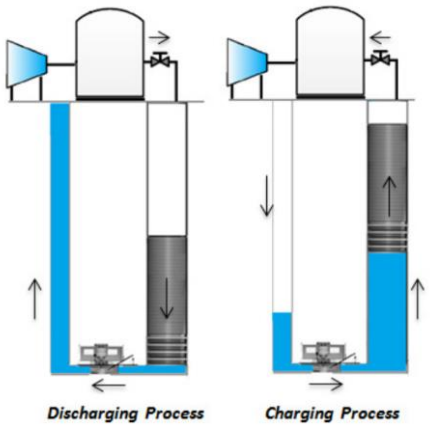


รูปที่ 2.3 ระบบกักเก็บพลังงานแรงโน้มถ่วง

ที่มาภาพ: (A. Berrada et al., 2016)

ในปีต่อมาได้มีการเสนอแนวคิดใหม่ที่เรียกว่า ระบบกักเก็บพลังงานจากแรงโน้มถ่วงของอากาศอัดโดยการรวมหลักการทำงานของทั้งสองระบบเข้าด้วยกัน คือ PHES และ การจัดเก็บพลังงานอัดอากาศ (Compressed air energy storage: CAES) แสดงดังรูปที่ 2.4 มีการใช้แบบจำลองในการคำนวณความจุพลังงานสะสม พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของภาชนะบรรจุมีอิทธิพลต่อปริมาณความจุพลังงานที่อาจเกิดขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มแรงดันต้านทานจะเพิ่มการผลิตพลังงานของระบบ ความจุพลังงานของการจัดเก็บแรงโน้มถ่วงของอากาศอัดสามารถปรับปรุงได้โดยการเพิ่มปริมาณอากาศและน้ำ โดยการเพิ่มความจุสูงสุดจะกำหนดอัตราส่วนนี้เท่ากับ 1 การจัดเก็บพลังงานตามแรงโน้มถ่วงของอากาศอัดแสดงให้เห็นถึงโอกาสที่ดีสำหรับปริมาณความจุในการจัดเก็บที่อาจเกิดขึ้นที่สามารถเก็บพลังงานได้ค่อนข้างมากด้วยการผสมผสานระหว่างการจัดเก็บพลังงานอัดอากาศและการจัดเก็บพลังงานจากแรงโน้มถ่วง อีกทั้งการผลิตพลังงานของเทคโนโลยีนี้ถูกนำไปเปรียบเทียบกับการเก็บพลังงานจากแรงโน้มถ่วงโดยไม่ใช้อากาศอัด ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้อากาศอัดช่วยเพิ่มความจุของระบบได้อย่างมาก ดังนั้น การจัดเก็บแรงโน้มถ่วงของอากาศอัด

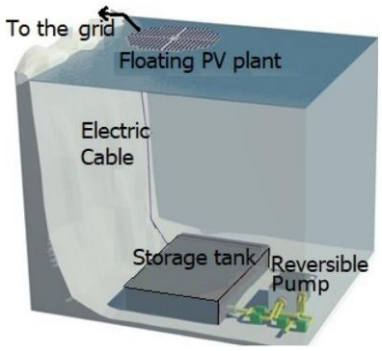
จึงถือได้ว่าเป็นวิธีที่น่าสนใจในการรวมพลังงานหมุนเวียนขนาดใหญ่ที่ไม่ต่อเนื่องเข้าด้วยกัน (Asmae Berrada et al., 2017)



รูปที่ 2.4 กระบวนการชาร์จและคายประจุของการจัดเก็บด้วยแรงโน้มถ่วงของอากาศอัดที่เหมาะสมที่สุด

ที่มาภาพ: (Asmae Berrada et al., 2017)

การจัดเก็บพลังงานความโน้มถ่วงด้วยพลังน้ำได้ขยายไปสู่บริบทของมหาสมุทรลึกเทคนิคนี้ มีชื่อว่า Deep Ocean Gravitational Energy Storage (DOGES) ความแตกต่างระหว่างการเก็บพลังงานความโน้มถ่วงในมหาสมุทรลึกกับระบบไฟฟ้าพลังน้ำ คือ สายเคเบิลและเทอร์ไบน์ของการเก็บพลังงานความโน้มถ่วงในมหาสมุทรลึกอยู่ใต้น้ำ และไม่จำเป็นต้องใช้ท่อส่งน้ำทั้งขาเข้าและขาออก การไม่มีท่อส่งน้ำขาออกและขาเข้า จะทำให้ไม่มีการกระจายพลังงานที่เกี่ยวข้อง จึงเอื้อต่อประสิทธิภาพของระบบประมาณ 90% ในส่วนของการจัดเก็บพลังงานอัดอากาศจะมีกระบวนการที่ไม่สามารถย้อนกลับได้เสมอไปเนื่องจากมีการแลกเปลี่ยนความร้อนเกิดขึ้นด้วยในกระบวนการ ในขณะที่ DOGES ปราศจากข้อเสียเหล่านี้ อย่างไรก็ตามพลังงานที่เก็บไว้จะเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามความลึก เพื่อให้อุปกรณ์มีราคาถูกสำหรับความลึกที่มากกว่า 500 ม. ในทางปฏิบัติได้พูดถึงโมดูลความจุ 1 MWhซึ่งโมดูลนี้มีขนาดและน้ำหนักอยู่ในช่วงที่เป็นมาตรฐานสำหรับเครื่องจักรท่าเรือ (R. Cazzaniga et al., 2017) โดยแผนผังของการเก็บพลังงานความโน้มถ่วงในมหาสมุทรลึกแสดงดังรูปที่ 2.5 ซึ่งมีหลักการทำงานของระบบ คือ เมื่อพลังงานจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบลอยตัวจะจ่ายพลังงานให้กับปั๊ม/กังหันที่จะบังคับให้น้ำออกจากถัง เมื่อใดก็ตามที่จำเป็นต้องนำพลังงานกลับมาจากการจัดเก็บ น้ำจากภายนอกจะไหลกลับเข้าไปในถังเปล่าผ่านกังหัน ทำให้เกิดพลังงาน



รูปที่ 2.5 แผนผังของการเก็บพลังงานความโน้มถ่วงในมหาสมุทรลึก

ที่มาภาพ: (R. Cazzaniga et al., 2017)

ผู้เขียน (P. Nikolaidis et al., 2018) ได้ศึกษาการจัดเก็บพลังงานในรูปแบบต่างๆ ให้ประโยชน์ด้านเทคนิค เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม เช่น การเก็งกำไร การปรับสมดุลและแหล่งพลังงานสำรอง การควบคุมแรงดันไฟฟ้าและความถี่ การจัดการต้นทุน และการกำหนดรูปแบบโหลดและการปรับระดับ เป็นต้น ซึ่งสำหรับการใช้งานขนาดใหญ่การจัดการพลังงานโดยใช้การปั๊มน้ำเก็บไว้เป็นทางเลือกในการจัดเก็บพลังงานที่เชื่อถือได้มากกว่าทางเลือกของอากาศอัด ในขณะที่การจัดเก็บพลังงานแบบล้อตุนกำลัง และการจัดเก็บพลังงานในรูปแบบของแม่เหล็กไฟฟ้ายังคงมุ่งเน้นไปที่การใช้งานระยะสั้นรวมถึงการควบคุมความถี่ เครื่องสำรองไฟ การหมุน สำรอง ฯลฯ ในการเก็บพลังงานขนาดกลางถึงขนาดใหญ่แบตเตอรี่ Pb-acid และ molten-salt นั้นถือว่าสามารถจัดเก็บไฟฟ้าแบบกระจายได้ โดยให้ข้อดีของการปรับระดับโหลดของทั้งเครือข่ายอุปทานและโรงงานผลิต ส่วนในแง่ของความปลอดภัยและความเรียบง่าย ระบบ Pb-acid และ Li-ion เป็นตัวเลือกที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในที่พักอาศัยขนาดเล็ก ทำให้ผู้บริโภคสามารถลดค่าใช้จ่ายได้

ผู้เขียน (C.D. Botha et al., 2019) นำเสนอวิธีการกักเก็บพลังงานศักย์โน้มถ่วง มีการทบทวนวิธีการกักเก็บปัจจุบันที่ใช้หลักการของพลังงานศักย์โน้มถ่วง โดยเปรียบเทียบในแง่ของกำลังระดับพลังงาน และประสิทธิภาพการเดินทางไปกลับ ซึ่งหนึ่งในวิธีการจัดเก็บพลังงานโน้มถ่วงที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายมวลของแข็งในแนวตั้งขึ้นและลง โดยมีวิธีการยกที่แตกต่างกันสองวิธี วิธีแรกคือรอกม้วนแบบดรัมแบบดั้งเดิมซึ่งคล้ายกับรอกที่ใช้ในเหมือง ลิฟต์ และรอกเรือ และวิธีที่สองคือรอกแบบหลายลูกสูบที่ได้นำเสนอโดยอิงจากการใช้เครื่องจักรไฟฟ้าเชิงเส้น ผลลัพธ์ที่ได้คือวิธีการรอกทั้งสองวิธีสร้างระบบการจัดเก็บที่มีคุณสมบัติและการใช้งานการจัดเก็บที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ในขณะเดียวกันการกักเก็บพลังงานศักย์โน้มถ่วงแบบรอกหลายลูกสูบมีข้อได้เปรียบของการทำงานแบบไม่ใช้เชือก สิ่งนี้จะเพิ่มความจุในการจัดเก็บพลังงานอย่างมาก ในปีเดียวกันมีการวิเคราะห์ศักยภาพของการใช้แหล่งกักเก็บพลังงานแรงโน้มถ่วงพร้อมตุ้มน้ำหนักแบบแขวน ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่สำหรับการพัฒนาปล่องเหมืองลึกที่ถูกทิ้งร้างขึ้นใหม่ เทคโนโลยีนี้มีความหนาแน่นของพลังงานค่อนข้างต่ำ

แต่มีข้อดีที่ power capacity แยกจาก energy capacity ไม่มีการจำกัดรอบการทำงาน และศักยภาพที่จะใช้ร่วมกับการจัดเก็บพลังงานลมอัด การปรับขนาดน้ำหนักที่แขวนลอยเพื่อเพิ่มความจุในการจัดเก็บพลังงานสูงสุด โดยพิจารณาจากขนาดทางกายภาพของเพลาของทุ่นระเบิด นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ในระบบและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังกำหนดอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงสุด (T. Morstyn et al., 2019)

เซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาสั้น ๆ ในช่วงเวลาที่มีความต้องการต่ำและมีความไม่สม่ำเสมอหนึ่งในวิธีแก้ปัญหาที่รู้จักกันดีคือการจัดเก็บพลังงานและแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่เสถียรยิ่งขึ้น เพื่อแปลงเป็นไฟฟ้าอีกครั้งในช่วงเวลาที่มีความต้องการสูง กระบวนการนี้ให้ความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจสำหรับโครงการจัดเก็บพลังงานส่วนใหญ่ แม้จะมีประสิทธิภาพน้อยที่สุดและพบได้บ่อยที่สุด เช่น แบตเตอรี่ ผู้เขียน (Ana Cristina Ruoso et al., 2019) เสนอระบบการจัดเก็บที่ทำงานด้วยพลังงานศักย์โน้มถ่วงโดยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยพิจารณาจากการใช้งานเพียงเล็กน้อย ขนาดของระบบที่พิจารณาคือเพลา 12 ม. ความสูงลูกสูบ 5 ม. และเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เมตร นำเสนอการจัดเก็บพลังงาน 11 kWh อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพประมาณ 90% อายุการใช้งาน 50 ปี และความหนาแน่นของการจัดเก็บที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ

ประสิทธิภาพเชิงทิศทางเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบหุ่นยนต์ โดยที่อิมพีแดนซ์ทางกลของเกียร์ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อไดนามิกของการโต้ตอบทางกายภาพกับสิ่งแวดล้อม โดยคุณสมบัติของเฟืองตรงนั้นค่าสัมประสิทธิ์ของประสิทธิภาพที่ขึ้นกับแรงบิดเป็นฟังก์ชันของทิศทางการไหลของกำลัง ประสิทธิภาพในทิศทางการ step-up จะแตกต่างจากการ step-down ความสามารถในการขับย้อนกลับสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพทิศทางบนตัวกระตุ้นหุ่นยนต์ที่มีอัตราทดเกียร์สูง กระปุกเกียร์เซอร์โวอุตสาหกรรม และกลุ่มเฟือง แบบจำลองจลนศาสตร์แสดงให้เห็นว่าเกียร์คู่เดียวทำงานอย่างมีประสิทธิภาพในช่วง step-down มากกว่าแบบ step-up จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพทิศทางแบบ step-down และ step-up อยู่ที่ 98% และ 96% ตามลำดับสำหรับกระปุกเกียร์ PIC DESIGNS 6:1 ในช่วงความเร็วที่ทดสอบ นอกจากนี้ ประสิทธิภาพด้านพลังงานโดยรวมของซอร์โวมอเตอร์ Dynamixel จาก Robotis ที่มีอัตราทดเกียร์ 248:1 อยู่ที่ประมาณ 75% และ 70% โดยประมาณสำหรับการ step-down และ step-up ตามลำดับในช่วงความเร็วที่ทดสอบ สำหรับตัวกระตุ้นเซอร์โว Dynamixel นั้นการสร้างแบบจำลองด้วยค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพเชิงทิศทางจะลดข้อผิดพลาดในแรงเอาต์พุตที่คาดการณ์ไว้เป็น 2-4% เมื่อเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพเดียวที่ 4-8% และ 30% สำหรับรุ่นที่ไม่มีแรงเสียดทาน (Albert Wang et al., 2015)

ระบบรอกเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการขนส่งอุปกรณ์ บุคลากร แร่ที่ขุดได้ หรือสำหรับผลผลิตของเหมือง โดยมีส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่ เครื่องม้วน เชือก และมอเตอร์ไฟฟ้า ความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือของรอกขึ้นอยู่กับการออกแบบ ดังนั้นผู้เขียน (Tawanda Mushiri etal., 2017) จึงทำ

การออกแบบรอกที่เหมาะสมและแม่นยำเพื่อให้ได้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น พารามิเตอร์การออกแบบและวัสดุได้รับการคัดเลือกมาอย่างดีเพื่อลดต้นทุนและยืดอายุการใช้งานของส่วนประกอบของระบบรอก โดยพิจารณาและเปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบรอกกับเหมืองขนาดเล็ก

ผู้เขียน (T. C. S. Tagulao et al., 2018) ได้ทำการออกแบบและทดสอบอุปกรณ์แรงโน้มถ่วงขนาดเล็ก โดยมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 5V ขนาดเล็กติดอยู่กับระบบเกียร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเพิ่มความเร็วด้วยอัตราทดเกียร์ 94.6224:1 เครื่องมือนี้ทำงานด้วยระบบกำหนดค่าไฟฟ้าสามระบบของโหลดไฟฟ้า ได้แก่ ไม่มีโหลด, 100 โอห์ม และ 500 โอห์ม โดยมีค่าน้ำหนักต่างกันตั้งแต่ 250 ถึง 2000 กรัม เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบขับเคลื่อนด้วยแรงโน้มถ่วงโดยเฉพาะกับโหลดที่ใช้กำลังขับ กระแสเหนี่ยวนำ และวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพ และแรงบิดเอาต์พุตของระบบเพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับการแก้ปัญหาด้านพลังงานที่ยั่งยืน อุปกรณ์พลังงานศักย์โน้มถ่วงที่ควบคุมพลังงานจากมวลที่ตกลงมาอาจเป็นทางเลือกในการแก้ปัญหาเป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้ ต้นแบบพลังงานขับเคลื่อนด้วยแรงโน้มถ่วงพบว่ามีประสิทธิภาพตั้งแต่ประมาณ 7% ถึง 28% ตามผลการทดลอง ซึ่งต่ำกว่าที่คาดไว้ 45% จากประสิทธิภาพที่คำนวณทางทฤษฎีตามแบบจำลองที่เสนอ ความคลาดเคลื่อนในประสิทธิภาพที่วัดได้เทียบกับการคำนวณที่คำนวณได้นั้นมาจากความเรียบง่ายของแบบจำลองที่เสนอ การปรับปรุงโมเดลนี้เพิ่มเติมและการกำหนดลักษณะเฉพาะของระบบอย่างละเอียดยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการสูญเสียที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงอาจสามารถประมาณผลการทดลองจริงได้ดีกว่า

2.4 ระบบการทำงานของลิฟต์

สำหรับการประหยัดพลังงาน ในกรณีที่มีเพลาลิฟต์จำนวนมากในอาคาร สามารถป้องกันการเสื่อมประสิทธิภาพของลิฟต์ได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามเมื่อเปิดใช้งานเพียงหนึ่งเพลาจากสองเพลาเวลารอและระยะเวลาในการให้บริการผู้โดยสารจะนานเกินไป ผู้เขียน (Kentaro Nakayama et al., 2013) เสนอวิธีการที่สามารถรักษาประสิทธิภาพการบริการด้วยการตัดไฟสูงสุดในระบบลิฟต์สองเพลา คือ กำลังสูงสุดจะเท่ากับการทำงานของเพลาเดียว และประสิทธิภาพการบริการเกือบเท่ากับการทำงานของเพลาสองอัน

ในปีถัดมาได้มีการเสนอกลไกการยกพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งจะใช้เป็นทางเลือกแทนกำลังคนในการยกน้ำจากแหล่งใต้ดินโดยกลไกนี้ขับเคลื่อนโดยระบบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพตามที่ต้องการทั้งในด้านการใช้แบตเตอรี่และกำลังในการยก ผู้เขียน (Divina Gracia D. Ronquillo et al., 2014) ได้ทำการออกแบบและใช้มอเตอร์ปัดน้ำฝนแรงบิดสูง 12 V เพื่อจ่ายกำลังให้กับทั้งชุด ซึ่งการออกแบบมีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้งานปั๊มระหว่างอัตราคงที่ 60 ถึง 120 รอบต่อนาที

เนื่องจากเป็นความเร็วที่มีประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ของระบบลูกสูบโดยไม่ทำลายทั้งการติดตั้ง อีกทั้งการเชื่อมโยงกลไกกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่มีข้อได้เปรียบคือมีต้นทุนที่ถูกและสามารถติดตั้งร่วมกับปั๊มมือได้

การเคลื่อนย้ายในแนวดิ่งที่มีประสิทธิภาพเป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาและก่อสร้างอาคารสูง ผู้เขียน (Kheir Al-Kodmany, 2015) ได้นำเสนอความก้าวหน้าในเทคโนโลยีลิฟต์และแสดงให้เห็นถึงการใช้งานในโครงการสำคัญๆ ทั่วโลก โดยจัดทำแผนที่ จัดระเบียบ และเปรียบเทียบความสำเร็จที่สำคัญในด้านต่างๆ ของการออกแบบลิฟต์ รวมถึงความเร็วที่เพิ่มขึ้น ประหยัดพลังงาน ลดเวลารอ ลดต้นทุน ซึ่งเทคโนโลยีลิฟต์ใหม่ใช้ประโยชน์จากเบรกทนความร้อน ลดการสั่นสะเทือนที่มากเกินไป และปรับความดันอากาศเพื่อป้องกันอาการหูอื้อ นอกจากนี้ได้นำเสนอบริบทของนวัตกรรมทางเทคโนโลยีล่าสุดโดยตรวจสอบการใช้งานในโครงการสำคัญๆ ได้แก่ One World Trade Center ในนิวยอร์ก Shanghai Tower ในเซี่ยงไฮ้ Burj Khalifa ในดูไบ Kingdom Tower ในเจดดาห์ ซาอุดีอาระเบีย และโครงการปรับปรุงสีเขียวของ Empire State ในนิวยอร์ก อีกทั้งยังกล่าวถึงโมเดลการขนส่งแนวตั้งในอนาคต ซึ่งรวมถึงแนวคิดรถไฟใต้ดินแนวตั้ง การยกพื้นที่และเทคโนโลยีการลอยด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ลิฟต์เป็นอุปกรณ์ขนส่งแนวตั้งที่สำคัญหากเกิดความไม่สมดุลขึ้นเนื่องจากน้ำหนักรวมของผู้โดยสารและตัวลิฟต์หนักขึ้นขณะลงจากที่สูงมอเตอร์ลากจะสร้างพลังงานไฟฟ้าขึ้นมาใหม่ ในทำนองเดียวกันหากน้ำหนักรวมของผู้โดยสารและตัวลิฟต์เบาลงในขณะที่กำลังขึ้น มอเตอร์ลากจะสร้างพลังงานไฟฟ้าขึ้นมาใหม่ด้วย สำหรับลิฟต์ทั่วไปพลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่เกิดจากมอเตอร์ลากอาจใช้ในขดลวดของมอเตอร์หรือในตัวต้านทานเบรก พลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่ใช้ในตัวต้านทานเบรกส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในห้องเครื่องของลิฟต์จึงจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพิ่มเติม ซึ่งจะเป็นการเพิ่มการใช้พลังงาน แนวคิดเทคโนโลยีที่นำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ หรือ Regenerative energy feedback ของลิฟต์เป็นวิธีที่สำคัญในการลดการใช้พลังงาน โดยเทคโนโลยีที่นำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ของลิฟต์ประกอบด้วยโครงสร้างระบบป้อนกลับพลังงานและวิธีการเก็บพลังงานป้อนกลับ ผู้เขียน (P. Gao et al., 2016) แนะนำโครงสร้างระบบป้อนกลับและวิธีการเก็บพลังงาน มีการวิเคราะห์และหาข้อสรุประหว่างวงจร PWM แบบคู่ที่นำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ และระบบ plug-in regenerative ที่นำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ นอกจากนี้ลิฟต์ที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ป้อนกลับพลังงานของบัส DC เข้าสู่กริดผ่านอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ที่เพิ่มเข้ามาเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้พลังงานป้อนกลับโดยตรงจากความต้านทานการคายประจุในฝั่ง DC ทำให้ประหยัดพลังงานของลิฟต์ อีกทั้งได้มีการพัฒนา supercapacitor หรือระบบเก็บพลังงานจากแบตเตอรี่ เมื่อ

เปรียบเทียบกับระบบลิฟต์ทั่วไป ลิฟต์ที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ป้อนกลับพลังงานมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และยังลดพลังงานย้อนกลับเข้ากริดได้อีกด้วย

Regenerative มอเตอร์จะผลิตพลังงานเมื่อมอเตอร์อยู่ในสภาพยกเครื่อง (overhaul) ส่วนในรอกจะเกิดขึ้นเมื่อมอเตอร์เหนี่ยวนำถูกใช้เพื่อเบรกยูนิตจากมากไปน้อย อีกทั้งพลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นถูกส่งผ่านตัวต้านทานที่กระจายพลังงานไฟฟ้าไปเป็นความร้อน โดยที่ Regenerative drives และการเชื่อมโยงการสร้างพลังงานช่วยให้ส่งพลังงานเบรกกลับเข้าสู่แหล่งจ่ายหลักได้ จากผลการศึกษาและพัฒนาระบบขับเคลื่อนแบบประหยัดพลังงานสำหรับกลไกที่ทำงานในโหมดเบรกแบบฟื้นฟูเป็นเวลานาน ซึ่งหมายถึงกลไกการยกและการขนย้าย รอก เครน แสดงให้เห็นว่ามีความแม่นยำสูงมากในกระแสสเตเตอร์ แรงบิดแม่เหล็กไฟฟ้า และกระแสฟื้นฟูระหว่างโหมดการทำงานการสร้างใหม่ (Ivanov A.S. et al., 2016)

2.5 วงจรแปลงพลังงานในระบบ

ปัจจุบันความต้องการทางด้านพลังงานมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าที่มีความจำเป็นในชีวิตประจำวัน รวมทั้งภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม สาเหตุนี้จึงทำให้มีการค้นคว้าศึกษาหาวิธีการผลิตพลังงานทดแทน เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการในปัจจุบัน เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ กังหันลม เป็นต้น แต่การที่จะจ่ายพลังงานไฟให้มีความเสถียรเข้าสู่ระบบไฟฟ้าทั่วไป และให้ได้กระแสไฟชนิดเดียวกัน จำเป็นต้องมีการแปลงพลังงานไฟเพื่อให้สามารถจ่ายเข้าสู่ระบบ

Critical braking method คือ วิธีการเบรกมอเตอร์แบบใหม่ สำหรับชนิดมอเตอร์เหนี่ยวนำ ถ้าต้องการคืนพลังงานในช่วงเบรกมอเตอร์ต้องอาศัยการใช้การควบคุมสลิปของมอเตอร์ และยังสามารถนำมาใช้กับระบบขับเคลื่อนของลิฟต์ได้อีกด้วย วิธีการนี้มีปัญหาตรงกระแสค่อนข้างสูงทำให้อุปกรณ์การกึ่งตัวนำมีพิกัดสูงตามไปด้วย (Nomura et al., 1988)

การเพิ่มวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรงแบบชุค (Cuk) สามารถช่วยปรับปรุงวงจรเรียงกระแสที่ใช้ไธริสเตอร์ (Thyristor) นำมาขั้นกลางระหว่างวงจรอินเวอร์เตอร์ และวงจรเรียงกระแสทำให้กระแสที่ได้จะมีลักษณะใกล้เคียงไซน์เพิ่มมากขึ้นแล้วป้อนคืนกลับไปยังแหล่งจ่าย แต่จะเกิดผลที่ทำให้ค่าสูญเสียเพิ่มขึ้นจากเดิมจากวงจรที่ต่อเพิ่มเข้าไป (Saha et al., 1996) ต่อมามีการพัฒนาวงจรเรียงกระแสแบบ PWM ด้วยการนำสวิตช์ไฟมาแทนไดโอด ทำให้สามารถควบคุมกระแสด้านอินพุทให้มีลักษณะเป็นไซน์ และสามารถคืนพลังงานกลับไปยังแหล่งจ่ายได้ด้วย (Rodriguez et al., 2005)

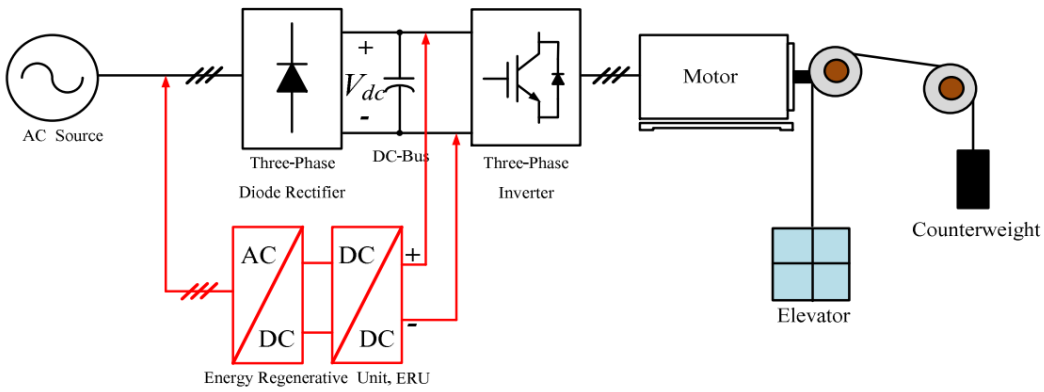
นำระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ไม่สามารถคืนพลังงานได้ (non-regenerative brake unit) มาประยุกต์ใช้กับวงจรเรียงกระแสแบบ PWM ด้วยการต่อขนานเข้ากับวงจรเรียงกระแสเดิมที่ใช้ไดโอด กรณีนี้จะเรียกว่า external regenerative brake unit ปัญหาอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นสำหรับการขนานใน

ลักษณะนี้จะทำให้มีกระแสไหลวน (circulating current) ระหว่างวงจรที่ต่อเพิ่มเข้าไปกับวงจรเรียงกระแสเดิม แต่การต่อแบบนี้จะทำให้พลังงานไฟฟ้าจากมอเตอร์สามารถส่งคืนพลังงานกลับไปยังแหล่งจ่ายไฟได้ (Blasko, 1998)

นำเสนอการวิเคราะห์และเสนอแนวทางแก้ไขด้วยการเพิ่มตัวเหนี่ยวนำแทรกระหว่างบัสไฟตรง (DC bus) กับด้านอินพุทของระบบชุดคืนพลังงานวงจรแปลงผันช่วย (auxiliary converter) (Cheng et al. , 2008)

นำเสนอมอเตอร์ซิงโครนัสแม่เหล็กถาวรสามารถกลายเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานในระบบลิฟต์ โดยช่วงมอเตอร์ทำงานในโหมดรีเจนเนอเรติงของลิฟต์ สามารถผลิตไฟฟ้าแล้วป้อนคืนพลังงานคืนให้กับระบบของการไฟฟ้า เพื่อช่วยในการประหยัดไฟของระบบขับเคลื่อนของลิฟต์ (สิทธิชัย และคณะ, 2555)

ลิฟต์ที่ใช้มอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวร สามารถผลิตไฟฟ้าคืนระบบของการไฟฟ้าได้ จากวิธีการรีเจนเนอเรทีฟ อินเวอร์เตอร์ที่ไม่สามารถคืนพลังงานได้ในระบบขับเคลื่อนลิฟต์แบบเดิม สามารถใช้วงจร energy regenerative unit (ERU) เข้ามาต่อร่วม โดยการทำงานของวงจร ERU ลักษณะการทำงานเป็นแบบสองสเตจ (two stage) ดังรูปที่ 2.6 ประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์ (PWM inverter) และวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง แบบทบแรงดัน (boost converter) โดยนำวงจร ERU ต่อเข้ากับบัสไฟตรงของอินเวอร์เตอร์ (สิทธิชัย และบุญยัง ,2556-2557)



รูปที่ 2.6 ระบบขับเคลื่อนลิฟต์หมุนเวียนโดยใช้ ERU

ที่มา : Plangklang et al., 2014

นำลิฟต์ที่อาคารเรียนมาประยุกต์ใช้กับวงจร ERU แบบสองสเตจ ทำให้ระบบลิฟต์เดิมสามารถคืนพลังงานในช่วงรีเจนเนอเรติงของมอเตอร์ได้ เมื่อนำมาเทียบกับลิฟต์ที่ไม่ได้ติดตั้งวงจร ERU ระบบที่ติดตั้งสามารถประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 43 (ธนิศร์ ,2555) โดยสอดคล้องกับระบบลิฟต์ทั่วไปที่จ่ายคืนพลังงานได้อยู่ที่ร้อยละ 35 (มิตซูบิชิ เอลเลเวเตอร์ (ประเทศไทย), 2559)

2.6 การลดความต้องการสูงสุดในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน

การเติบโตของอุตสาหกรรมเป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับการเติบโตของประเทศต่างๆ ซึ่งอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับพลังงานไฟฟ้า แต่ทว่าแหล่งที่มาของพลังงานไฟฟ้ากำลังหมดลง ดังนั้นช่องว่างระหว่างซัพพลายเออร์และโหลดจึงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผลลัพธ์ของการใช้เทคนิคการจัดการด้านอุปสงค์บางประการพร้อมกับแบตเตอรี่ที่ใช้กับอุตสาหกรรม โดยลดความต้องการสูงสุดในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน และประหยัดค่าพลังงานโดยการหลีกเลี่ยงค่าปรับสำหรับความต้องการสูงสุด การใช้เทคนิคการจัดการด้านอุปสงค์และแบตเตอรี่เพียงเล็กน้อยส่งผลให้จุดสูงสุดลดลงและเติมจุดต่ำสุดที่ทำให้เส้นโค้งโหลดของอุตสาหกรรมมีลักษณะราบเรียบขึ้น ดังนั้นจึงเป็นการปรับปรุงที่ดีในปัจจัยด้านโหลดและการประหยัดค่าพลังงานสำหรับผู้บริโภค อีกทั้งประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดการด้านอุปสงค์อาจเป็นได้ทั้งระยะสั้นและระยะยาว คือ คุณภาพของอุปทานที่ดีขึ้นในแง่ของขนาดแรงดันไฟฟ้า สามารถลดการหยุดชะงักที่ไม่ได้กำหนดไว้ได้ สามารถลดค่าไฟลงได้มาก ช่วยปรับรูปทรงของโหลดให้เรียบขึ้น สามารถลดต้นทุนการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงวิกฤต มีการลงทุนที่ลดลงและสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอุปกรณ์ของซัพพลายเออร์ได้ (P.Ravibabu et al., 2008)

พลังงานไฟฟ้ามีความสำคัญต่อคุณลักษณะของประเทศกำลังพัฒนาเพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นแนวทางที่จะแก้ปัญหาความขาดแทนเชื้อเพลงคือการใช้แหล่งพลังงานที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด มีการเสนอวิธีการเพื่อแก้ปัญหาด้วยการจัดการโหลดในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน โดยมุ่งเป้าไปที่การลดช่องว่างระหว่างอุปสงค์และอุปทาน เพื่อให้ทั้งผู้บริโภคและซัพพลายเออร์ได้รับประโยชน์พร้อมกัน ผู้เขียน (Ravi Babu P et al., 2013) นำเสนอการประยุกต์ใช้ตัวควบคุมโหลดและเทคนิคการจัดการด้านอุปสงค์ที่ใช้กับโหลดในประเทศ ซึ่งสามารถจำกัดการใช้พลังงานในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน และเพิ่มความน่าเชื่อถือของพลังงานโดยการลดการตัดไฟลง ระบบฮาร์ดแวร์อัจฉริยะที่เรียกว่า Maximum Demand Limiter ได้รับการออกแบบมาเพื่อควบคุมการโหลดภายในประเทศ ที่ให้อุปทานสำหรับโหลดพื้นฐานเฉพาะในช่วงเวลาที่ไฟฟ้าขาดแคลน ดังนั้นอัตราการตัดไฟจะลดลงและอาจเลื่อนการลงทุนเพื่อติดตั้งโครงการไฟฟ้าขึ้นใหม่อีกทั้งยังสามารถลดวิกฤตพลังงานไฟฟ้าในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนได้อีกด้วย

ในปี 2015 มีงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าสามารถลดการใช้ไฟฟ้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะที่โหลดสูงสุด โดยคาดการณ์ความต้องการพลังงานของสถานีฐานที่ใช้ใน Green Power Controller เป็นเทคนิคที่พัฒนาขึ้นสำหรับ Green Base Station ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าของสถานีฐานที่ใช้สำหรับการบรรเทาภัยพิบัติและลดต้นทุนด้านพลังงาน ความต้องการพลังงานที่ลดลงและการเพิ่มประสิทธิภาพ

การสำรองพลังงานสำหรับการสื่อสารแบบไร้สายจึงมีความสำคัญมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งแบตเตอรี่สามารถลดความต้องการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยการควบคุมการชาร์จและการคายประจุของแบตเตอรี่ทำให้สามารถควบคุมการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ได้ ดังนั้นวิธีการควบคุมแบบพีคคัทที่ลดความต้องการพลังงานสูงสุดโดยใช้แบตเตอรี่ซึ่งผลลัพธ์สุดท้ายคือการควบคุมพีคคัทช่วยให้เราสามารถระงับกระแสสูงสุดของสถานีฐานวิทยุและลดค่าไฟฟ้าได้ (M. Nakamura et al., 2015)

ผู้เขียน (Dedi Zhang et al., 2018) ศึกษากลยุทธ์ที่เหมาะสมที่สุดของฟังก์ชันการลดพีคและการเติมจุดต่ำสุดที่ใช้ในแหล่งจ่ายไฟโทรคมนาคม และแบบจำลองรายได้การลดพีคและการเติมจุดต่ำสุดที่มี daily income สูงสุดแก้ปัญหาด้วยวิธีการ Particle Swarm Optimization ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าความจุของแบตเตอรี่คงที่หรือไม่ โดยโมเดลแบ่งออกเป็นสองประเภทคือการกำหนดค่าแบตเตอรี่ถูกกำหนดและความลึกของการคายประจุของแบตเตอรี่ที่สามารถรับได้ อีกอย่างคือแบตเตอรี่ที่มีความไม่แน่นอนและสามารถหาความจุของแบตเตอรี่สูงสุดได้

2.7 สรุป

บทที่ 2 นี้ได้นำเสนอการสืบค้นปริทัศน์วรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่ดำเนินการ ซึ่งทำให้ทราบถึงแนวทางการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ระเบียบวิธีการที่ผู้วิจัยอื่น ๆ ได้นำผลการวิจัย ข้อเสนอต่าง ๆ มาประยุกต์และพัฒนาปรับใช้กับงานวิจัย โดยในบทถัดไปนำเสนอถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในวิทยานิพนธ์เล่มนี้