บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

พลังงานนับเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชนทั่วไป และยังเป็นปัจจัยในการผลิตในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม ดังนั้น การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพย่อมส่งผลต่อความเป็นอยู่ที่ดีของประชาชนทั่วไป และทั้งยังสำคัญต่อภาพรวมทางเศรษฐกิจของประเทศ ประเทศที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพย่อมจะมีอำนาจในการต่อรองทางการค้าและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่มั่นคง จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการจัดการและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะประเทศที่มีแหล่งพลังงานภายในประเทศไม่เพียงพอ ต้องพึ่งการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นหลักอย่างเช่น ประเทศไทย

ในปี 2548 ประเทศไทยเจอวิกฤตทางราคาน้ำมันซึ่งส่งผลถึงราคาสินค้าและเศรษฐกิจอย่างชัดเจน ราคาน้ำมันไม่เพียงมีผลกระทบต่อผู้ที่ใช้รถเท่านั้นแต่ยังส่งผลต่อพลังงานไฟฟ้าซึ่งถือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งไม่ว่าจะเป็นประชาชนหรือภาคอุตสาหกรรมการผลิต การประหยัดพลังงานไฟฟ้าจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตอย่างเห็นได้ชัดเจน นอกจากนี้ทำให้มูลค่าการนำเข้าพลังงานของประเทศสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดปัญหาขาดดุลการค้าตามมา ดังนั้น เพื่อเป็นการเริ่มต้นประหยัดพลังงานอย่างจริงจัง คณะรัฐมนตรีได้มีมติเห็นชอบดำเนินตามแผนยุทธศาสตร์การแก้ไขปัญหาพลังงานของประเทศ เพื่อเร่งการใช้พลังงานทดแทนและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และกำหนดให้วันที่ 1 มิถุนายน 2548 เป็นวัน “Kick off” เริ่มต้นประหยัดพลังงานอย่างจริงจัง 3 วิธี คือ ปิดไฟฟ้าอย่างน้อย 1 ดวง พร้อมกันทุกบ้านเป็นเวลา 5 นาที ในช่วง 20.45-20.50 น.ปิดเครื่องปรับอากาศในช่วง 12.00 - 13.00 น. และขับรถไม่เกิน 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยสามารถสรุปผลความร่วมมือของประชาชนดังนี้ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2548)

1. ผลการประหยัดไฟฟ้าเป็นเวลา 5 นาที ในช่วง 20.45 - 20.50 น.สามารถประหยัดไฟฟ้าได้ 44,140 หน่วย คิดเป็นเงินค่าเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 118,700 บาท ซึ่งหากประชาชนปิดไฟ เช่นนี้ทุกๆ วัน (365 วัน) จะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 43 ล้านบาท/ปี

2. ผลการประหยัดไฟฟ้าจากการปิดเครื่องปรับอากาศในช่วง 12.00 - 13.00 น. สามารถประหยัดไฟฟ้าได้ 588,094 หน่วย คิดเป็นเงิน 1.6 ล้านบาท ซึ่งหากประชาชนปิดแอร์วันละ 1 ชั่วโมง ทุกวัน (365 วัน) ประเทศจะประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 578 ล้านบาท
3. ความร่วมมือของประชาชนในการขับรถไม่เกิน 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากการรายงานผลของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร สถานีวิทยุจราจร ถือว่าได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่ง

จะเห็นว่าวิธีการง่ายๆ ก็สามารถช่วยประหยัดรายจ่ายและช่วยประเทศชาติได้อย่างมาก เพราะภาคประชาชนให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี นอกจากนี้แล้วถ้าเราสามารถหาวิธีการที่จะทำให้ภาคการผลิตและอุตสาหกรรมสามารถประหยัดพลังงานด้านต่างๆ โดยไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตโดยรวม ก็จะสามารถช่วยประหยัดพลังงานและอัตราการนำเข้าพลังงานของประเทศเป็นอย่างมาก

ในภาคการผลิตนั้น โรงงานจะใช้พลังงานเกือบทั้งหมดไปกับการขับเคลื่อนมอเตอร์ มอเตอร์จึงเป็นเป้าหมายอันหนึ่งของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าวิธีการ เช่น การหยุดเดินมอเตอร์ที่ไม่จำเป็น มีมอเตอร์บางชุดไม่จำเป็นต้องเดินในบางเวลาเนื่องจากอุปกรณ์ต่างๆ มักจะถูกออกแบบมารองรับกับการใช้งานสูงสุด แต่ความต้องการในการใช้งานจริงๆ มักจะไม่สูงสุด และมักมีการเปลี่ยนแปลงภาระตลอด ดังนั้นควรทำการลดการเดินมอเตอร์ที่มีภาระน้อยๆ และแก้ไขโดยการทำระบบรวมศูนย์ เช่นระบบอัดอากาศ ระบบทำความเย็น แทนที่จะมีหลายเครื่องเดินเครื่องที่ภาระน้อยๆ เปลี่ยนมาเป็นการรวมศูนย์ระบบและเดินเครื่องให้เต็มพิกัดโดยมีชุดมอเตอร์อีกชุดคอยเดินเสริมเมื่อมอเตอร์ชุดหลักไม่สามารถรับภาระได้ หลักการนี้สามารถนำมาประยุกต์ได้อย่างแพร่หลาย สามารถใช้ได้กับระบบไฮบริด เช่น อาจมีมอเตอร์ชุดหลักใช้พลังงานจากแหล่งที่เป็นพลังงานทดแทนและมีราคาถูกเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น ส่วนอีกชุดจะคอยเสริมการทำงาน อาจใช้พลังงานที่มีราคาแพง เช่น พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ซึ่งจะเข้ามาทำงานเสริมเมื่อพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เพียงพอหรือ มอเตอร์ชุดหลักไม่สามารถรับภาระได้ ก็เป็นทางเลือกที่ดี และผู้ประกอบการก็ไม่ต้องทำการปรับปรุงระบบใหม่ทั้งหมดเพราะสามารถนำระบบเก่าซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้ามาทำงานร่วมด้วยไม่ต้องทำการติดตั้งระบบใหม่ทั้งหมด ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการนำพลังงานจากสองแหล่งมาใช้ประโยชน์และเกิดประสิทธิภาพ โดยจะใช้พลังงานที่มีราคาถูกและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเป็นแหล่งพลังงานหลัก ส่วนอีกแหล่งจะใช้พลังงานที่มีราคาแพงในที่นี้ก็คือ พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า โดยแหล่ง

พลังงานทั้งสองดังที่กล่าวไว้ จะถูกนำมาใช้กับมอเตอร์แต่ละชุด โดยมอเตอร์ตัวหลักจะใช้พลังงานจากแหล่งที่มีราคาถูกและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ ส่วนมอเตอร์ตัวเสริมจะใช้พลังงานจากการไฟฟ้า ในการควบคุมการทำงานของระบบมอเตอร์ทั้งสองจะต้องทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพและเน้นการประหยัดพลังงานที่สิ้นเปลือง ความเร็วของระบบขณะที่มีภาระและแหล่งพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลง จะต้องมีค่าคงที่ตามที่ผู้ใช้งานกำหนด

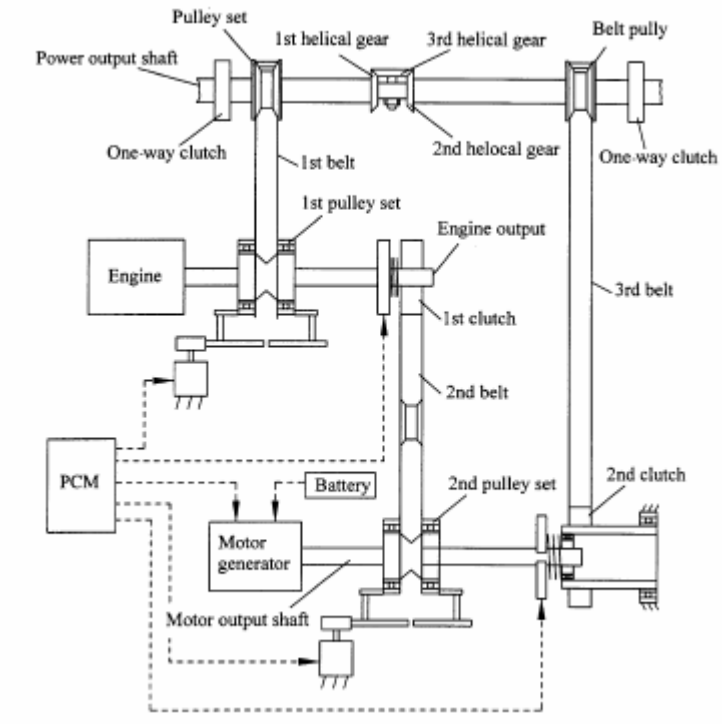
สำหรับในส่วนของการควบคุมการทำงานเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและเป็นไปตามเป้าหมายจะใช้การควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy Logic Control) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ควบคุมระบบอัตโนมัติที่มักจะมีความซับซ้อนยุ่งยากต่อการควบคุม โดยมีหลักการพื้นฐานอยู่บนฟัซซี่ลอจิก ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของตรรกศาสตร์ที่นำมาใช้นิยามเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่ไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจน โดยตรรกศาสตร์ชนิดนี้จะเป็นเซตของจำนวนจริงที่มีค่าอยู่ในช่วงจากศูนย์ถึงหนึ่งเรียกว่าฟัซซี่เซต (Fuzzy Set) การควบคุมแบบฟัซซีลอจิกนิยมนำมาใช้กับระบบที่ทำการหาสมการทางคณิตศาสตร์ของระบบได้ยาก จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับงานวิจัยนี้ที่ต้องทำการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ทั้งสองตัวที่อาจจะมีคุณสมบัติไม่เหมือนกันทั้ง 100 เปอร์เซ็นต์ ให้สามารถทำงานร่วมกันได้และได้ความเร็วของระบบคงที่ตามที่ผู้ใช้งานกำหนด

1.2 การตรวจเอกสาร

Chen และคณะ (Chen, *et. al*., 2001) ศึกษาการใช้งานมอเตอร์แบบ Switched Reluctance ในหัวรถจักรบรรทุกแร่โดยใช้มอเตอร์ขนาด 7.5 กิโลวัตต์, 1110 รอบต่อนาที จำนวน 2 ตัวทำงานแบบขนาน และได้นำเสนอการควบคุมแบบเปิด (Open Loop) แบบต่างๆ ในการทดลองนั้นที่ความเร็วต่ำจะใช้การควบคุมกระแส (Phase Current Chopping) และที่ความเร็วสูงจะใช้การควบคุมแบบ PWM จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าที่ความเร็วเท่ากันมอเตอร์ขนาดเดียวกันแรงบิดของมอเตอร์อาจมีค่าต่างกันอันเนื่องมาจากกระบวนการผลิตของมอเตอร์แต่ละตัว ดังนั้นการใช้งานมอเตอร์สองตัวมาทำงานแบบขนานกันเพื่อที่จะกระจายภาระให้กับมอเตอร์ทั้งสองเท่าๆ กันนั้นจะต้องเลือกมอเตอร์ที่มีคุณสมบัติทางกลที่มีค่าใกล้เคียงกัน ในการทดลองนี้ได้ใช้มอเตอร์สองตัวที่มีคุณสมบัติทางกลแตกต่างกัน 10 เปอร์เซ็นต์

Huang และ Tzeng (Huang and Tzeng, 2004) ได้ทำการเปรียบเทียบข้อดีและข้อได้เปรียบของรถยนต์แบบขนานเมื่อเทียบกับแบบอนุกรม แต่ทั้งนี้รถยนต์ไฮบริดแบบขนานก็ยังมีข้อจำกัด คือ การทำงานของเครื่องยนต์ยังขึ้นอยู่กับความต้องการกำลัง ทำให้ไม่สามารถกำหนดจุดหรือช่วงที่

ทำให้ให้เครื่องยนต์ทำงานได้ดีที่สุด ประหยัดพลังงานและปล่อยมลพิษออกมาน้อยที่สุด ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอ การขับเคลื่อนแบบขนานแบบใหม่ที่สามารถกำหนดค่าความเร็วและแรงบิดของเครื่องยนต์ที่เหมาะสม และเนื่องจากสามารถควบคุมมอเตอร์ได้ง่ายกว่าเครื่องยนต์ จึงกำหนดให้เครื่องยนต์ทำงานตามเงื่อนไขในช่วงนี้เท่านั้น โดยส่วนประกอบของระบบการขับเคลื่อนขนานแบบใหม่แสดงตาม



ภาพประกอบ 1-1 แสดงส่วนประกอบของระบบการขับเคลื่อนแบบขนานแบบใหม่

โดยได้นำเสนอการใช้เซอร์โวมอเตอร์ในการปรับเส้นผ่าศูนย์กลางของมู่เล่ เพื่อควบคุมกำลังของเครื่องยนต์ ในการทำการศึกษานั้นจะทำการจำลองเหตุการณ์โดยกำหนดกำลังที่ต้องการ โดยที่ในการควบคุมการทำงานของระบบขับเคลื่อนแบบขนานนั้น จะใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนเมื่อต้องการกำลังน้อยๆ และเมื่อต้องการกำลังปานกลางจะใช้เครื่องยนต์ในการขับเคลื่อน ถ้ากำลังของเครื่องยนต์เหลือก็จะนำมาขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อทำการประจุแบตเตอรี่ และจะใช้การขับเคลื่อนแบบไฮบริดเมื่อต้องการกำลังในการขับเคลื่อนมากๆ

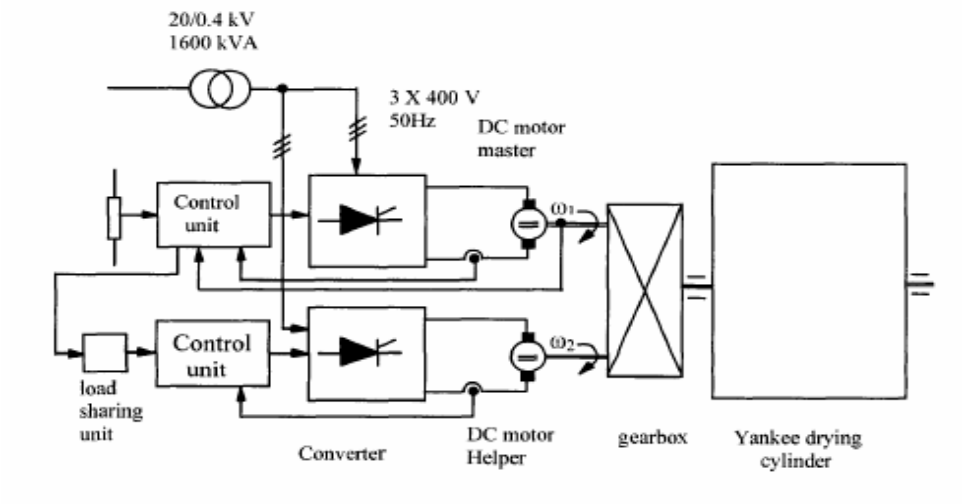
Sasaki และคณะ (Sasaki, *et. al*., 1997) ได้นำเสนอรถยนต์ไฮบริดที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำรถที่ขายในท้องตลาดมาดัดแปลงใช้เครื่องยนต์ขนาด 1200 ซีซี และมอเตอร์ขนาด 5.5 กิโลวัตต์ แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด 7.2 กิโลวัตต์ เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 180 วัตต์

วางบนหลังคาและฝากระโปรงหน้ารถ โดยรวมน้ำหนักประมาณ 1200 กิโลกรัม การควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์และมอเตอร์ทำโดยตอนแรกขณะที่รถมีความเร็วน้อยกว่า 20 กิโลเมตร/ชั่วโมง จะใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนหลังจากนั้นจะใช้เครื่องยนต์หากความเร็วของรถลดลงจนถึง 15 กิโลเมตร/ชั่งโมง จะกลับมาใช้มอเตอร์ โดยรถคันนี้จะใช้เซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1.6 กิโลวัตต์ในการประจุแบตเตอรี่ก่อนการนำไปใช้งาน

Tipsuwan และ Chow (Tipsuwan and Chow, 1999) ได้นำเสนอการควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยใช้ฟัซซีลอจิก ในการออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิกจะมีอินพุตจำนวน 2 ตัว คือ ค่าความผิดพลาด และค่าการเปลี่ยนแปลงค่าความผิดพลาด ส่วนเอาท์พุตของระบบจะเป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ขดลวดอาร์เมเจอร์ รายละเอียดในการออกแบบฟัซซีเซตและกฎการควบคุมนั้นจะมีพื้นฐานอยู่บนการทดลองการควบคุมแบบ PI ซึ่งได้ทำไว้ก่อนหน้า ส่วนในการประมวลผลต่างๆ จะใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ของโมโตโรลา 68HC12A4 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 16 บิตใช้สัญญาณนาฬิกาภายนอก 16 MHz คุณสมบัติพิเศษของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้คือ มีคำสั่งประมวลผลฟัซซีลอจิกทำให้สะดวกในการเขียนโปรแกรมและการควบคุม ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์นั้นจะใช้เทคนิค PWM (Pulse Width Modulation) มีความถี่คงที่ 14.5 KHz ความเร็วอ้างอิงในการควบคุม 93 เรเดียนต่อวินาที และได้ทำการทดลองในสองเงื่อนไข คือ ขณะที่ไม่มีภาระรบกวนระบบ และขณะที่มีภาระรบกวน ภาระที่ใช้ในการทดลองจะใช้แม่เหล็กติดกับจานที่ต่ออยู่กับเพลาของมอเตอร์ ในการทดลองได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีภาระมารบกวนระบบตัวควบคุมจะเพิ่มค่าวัฏจักรงาน (duty cycle) ทำให้ค่าความต่างศักย์ของขดลวดอาร์เมเจอร์มีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งจะส่งผลให้ความเร็วของมอเตอร์เพิ่มขึ้นจนเข้าสู่ระดับอ้างอิง

Liang และคณะ (Liang, *et al*., 1999) ได้นำเสนอวิธีการควบคุมรถไฮบริดแบบขนาน ในโหมดการทำงานแบบต่างๆ พร้อมทั้งเงื่อนไขในแต่ละโหมดการทำงาน ซึ่งประกอบไปด้วย โหมดการขับเคลื่อน(Propelling Mode)และ โหมดเบรก(Brake Mode) โดยโหมดการขับเคลื่อนประกอบด้วย การทำงานโดยใช้มอเตอร์ (Motor Only Mode) การทำงานแบบไฮบริด (Hybrid Mode) โหมดการประจุแบตเตอรี่ (Battery Charge Mode) และการทำงานโดยการใช้เครื่องยนต์เพียงอย่างเดี่ยว(Engine Only Mode) ส่วนในการทำงานในโหมดเบรกจะประกอบไปด้วยการเบรกทางกล(Mechanical brake) และการเบรกด้วยไฟฟ้า (Electric Regenerating Braking) นอกจากนี้ ยังได้นำเสนอการจำลองการทำงานของรถยนต์ไฮบริดแบบขนานด้วย

Michel และ Safacas (Michel and Safacas, 2003) ได้ทำการศึกษาเครื่องปั่นแห้งเนื้อเยื่อกระดาษที่ใช้มอเตอร์สองตัวทำงานแบบขนานกันโดยมอเตอร์สองตัวจะประกอบไปด้วย มอเตอร์ตัวหลัก (master motor) และมอเตอร์ตัวช่วย (helper motor)



ภาพประกอบ 1-2 แสดงการควบคุมเครื่องปั่นแห้ง

ในการควบคุมจะใช้การควบคุมแบบ PI ซึ่งการควบคุมนั้นจะควบคุมทั้งความเร็วของการปั่นแห้งและควบคุมการจ่ายภาระของมอเตอร์ทั้งสองตัวให้มีความเหมาะสมอีกด้วย ในการศึกษานั้นได้ทำการจำลองโดยใช้ซอฟท์แวร์ SIMULINK การศึกษานั้นจะแบ่งเป็นสองกรณี คือ กรณีที่มอเตอร์ทั้งสองตัวมีคุณสมบัติเหมือนกัน คือ 152 กิโลวัตต์, 1870 รอบต่อนาที, 420 โวลต์ ทำการศึกษาที่ความเร็ว1870 รอบต่อนาที และในกรณีที่มอเตอร์ทั้งสองมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน โดยที่มอเตอร์ตัวหลัก 183 กิโลวัตต์, 2020 รอบต่อนาที, 420 โวลต์ ส่วนมอเตอร์ตัวช่วยนั้น 117 กิโลวัตต์, 2140 รอบต่อนาที, 420 โวลต์ ได้ทำการศึกษาที่ความเร็ว 2020 รอบต่อนาที จากการศึกษาในกรณีแรกแรงบิดของมอเตอร์ทั้งสองจะมีค่าเท่ากัน กระแสอาร์เมเจอร์ที่ความเร็วต่างๆ นั้นมีค่าเท่ากันโดยมีค่าเพิ่มขึ้นขณะที่มอเตอร์มีความเร่งและจะเริ่มลดลงและมีค่าคงที่เมื่อความเร็วของมอเตอร์มีค่าคงที่ ในกรณีที่สองกระแสอาร์เจอร์จะมีลักษณะเดียวกับกรณีแรกคือมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมอเตอร์มีความเร่งและจะมีค่าคงที่เมื่อความเร็วของมอเตอร์มีค่าคงที่แต่กระแสอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ตัวหลักมีค่ามากกว่ามอเตอร์ตัวช่วยเนื่องจากในการทดลองได้ทำการทดลองที่ความเร็ว 2020 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วตามค่าที่ติดมากับมอเตอร์ซึ่งมีค่าต่ำกว่าของมอเตอร์ตัวช่วยซึ่งมีคุณสมบัติที่ 117 กิโลวัตต์, 2140 รอบต่อนาที, ที่ความต่างศักย์ 420 โวลต์ เท่ากัน

Monoh และ Ofoli (Monoh and Ofoli, 2001) เสนอการควบคุมการประจุแบตเตอรี่และควบคุมปริมาณภาระ(Load) โดยใช้การควบคุมแบบฟัซซีลอจิก ในงานวิจัยนี้ มีอินพุทของระบบการควบคุมแบบฟัซซี คือ สถานะประจุแบตเตอรี่(State of Charge) กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลด (Load Current) และกำลังที่เหมาะสมของเซลล์แสงอาทิตย์(Optimal Power) ณ เวลานั้นซึ่งได้จากการหาค่าที่เหมาะสมโดยวิธีการ เจเนติกอัลกอริทึม(Genetic Algorithm) ส่วนเอาท์พุทของระบบจะแบ่งเป็นสองส่วน คือ การควบคุมกระแสที่ประจุแบตเตอรี่โดยการปรับดิวตี้ไซเคิล ใช้เทคนิค PWM (Pulse Width Modulation) และส่วนที่สองเป็นการลดหรือเพิ่มภาระให้เหมาะสมกับความสามารถในการจ่ายกำลังของเซลล์แสงอาทิตย์

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาการนำพลังงานจากสองแหล่งมาใช้ร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ
2. เพื่อประยุกต์ใช้หลักการ การควบคุมแบบฟัซซีลอจิกมาใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบเสริมกำลังทางกลของเครื่องจักรที่ใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์
3. เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการของฟัซซี่ลอจิก