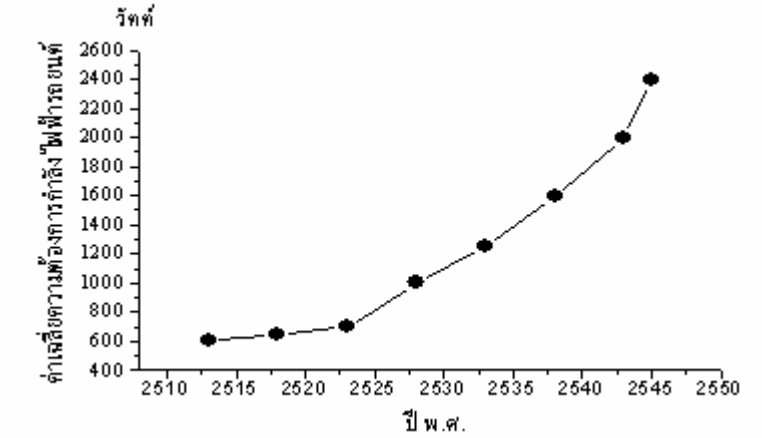
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหางานวิจัย

ช่วงปี พ.ศ. 2493 รถยนต์ใช้แหล่งจ่ายกำลังขนาด 6 โวลต์ แต่เมื่อความต้องการกำลังไฟฟ้าของรถยนต์เพิ่มสูงขึ้น โดยส่วนใหญ่เกิดจากระบบสตาร์ท ระบบไฟแสงสว่าง และระบบจุดระเบิด เป็นผลให้มีการเสนอใช้ ระบบ ไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ ขึ้นในปี พ.ศ. 2498 เช่นเดียวกันกับสถานการณ์ในปัจจุบัน การบริโภคพลังงานไฟฟ้าในรถยนต์มีความต้องการกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ตามจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งในรถยนต์ ประกอบกับอุปกรณ์หลายอย่างได้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากปัจจุบัน อาทิ พวงมาลัยเพาเวอร์ ปั๊มน้ำ ระบบเปิด-ปิดวาล์วใหม่ซึ่งล้วนแต่ต้องใช้ไฟฟ้าเพื่อควบคุมการทำงาน [1] อัตราความต้องการทางกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประมาณ 4% ต่อปี [2] ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ซึ่งพบว่า รถยนต์ระดับหรู (Luxury car) ที่ผลิตในปี พ.ศ. 2548 มีความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงถึง 2 กิโลวัตต์ หรือกระแสเฉลี่ยประมาณ 150 แอมป์ [3-4] ทำให้เกิดข้อจำกัดในเรื่องเทคโนโลยีการผลิตและการควบคุมกำลังไฟฟ้าแบบเดิม จึงเป็นแรงกระตุ้นในการพัฒนาอัลเทอร์เนเตอร์เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยให้สูงขึ้นจากระบบอัลเทอร์เนเตอร์-โวลต์เตจเร็กกูเลเตอร์แบบลันเดลล์ (Lundell Alternator)



รูปที่ 1.1 แนวโน้มความต้องการกำลังไฟฟ้าในรถยนต์

ดังจะเห็นได้จากเทคนิคการพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับอัลเทอร์เนเตอร์ในหลายๆ ด้าน ตัวอย่างเช่น การเสนอให้ใช้ระบบกำลังไฟฟ้า 42 โวลต์ ในรถยนต์แทนการใช้ระบบกำลังไฟฟ้า 14 โวลต์ อย่างที่ใช้

ในปัจจุบัน [2, 7, 8] แม้ว่าจะสามารถแก้ปัญหาความต้องการกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นได้ในอนาคต แต่สิ่งที่น่าสนใจ คือ จะควบคุมกำลังไฟฟ้าอย่างไรให้เกิดประสิทธิภาพทางด้านพลังงานมากสุดภายในรถยนต์

งานวิจัย [5] ได้เสนอให้ใช้วงจรเรียงกระแสที่ควบคุมได้ (switch mode rectifier) เพื่อให้เกิดเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมของอัลเทอร์เนเตอร์ โดยอาศัยเทคนิคการตัดผ่านศูนย์ (zero crossing) ระหว่างแรงดันเฟสกับแรงดันไฟฟ้าฮาร์โมนิคลำดับที่สาม (third harmonic voltage) และการเลื่อนเฟสแรงดันไฟฟ้า (shift phase voltage) ทำให้เกิดมุมกำลังไฟฟ้า (power angle) ที่อัลเทอร์เนเตอร์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตสูงสุดได้

งานวิจัย [6] ได้เสนอให้ปรับปรุงประสิทธิภาพขององค์ประกอบไฟฟ้าโดยการเปลี่ยนจำนวนรอบของขดลวดสเตเตอร์ให้มีการจัดโครงสร้างใหม่ด้วยจุดเชื่อมต่อกึ่งกลางและใช้วงจรเรียงกระแส 2 ชุดกับสวิตช์ 2 ตัวเพื่อให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุดทั้งที่ความเร็วรอบอัลเทอร์เนเตอร์ต่ำและสูงได้

งานวิจัย [7] ได้ประยุกต์ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังสำหรับการผลิตและควบคุมกำลังไฟฟ้าอัลเทอร์เนเตอร์รถยนต์โดยใช้เทคนิคการปรับตัวเข้ากับภาระ (load-matching technique) ด้วยวงจรเรียงกระแสแบบควบคุมได้เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูงสุดจากระบบกำลังไฟฟ้า 42 โวลต์

งานวิจัย [8] ได้เสนอระบบแรงดันไฟฟ้าร่วมในรถยนต์ 42/14 โวลต์ โดยการใช้วงจรเรียงกระแสแบบควบคุมได้เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมและใช้วงจรทอนแรงดันเพื่อเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้า 42 โวลต์เป็น 14 โวลต์ สำหรับระบบกำลังไฟฟ้า 14 โวลต์

งานวิจัย [9-10] ได้วิเคราะห์คุณลักษณะการทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มบริดจ์ไดโอดสามเฟสด้วยรีแอกแตนซ์ด้านไฟสลับแบบภาระแรงดันไฟฟ้าคงที่ในกรณีที่กระแสด้านไฟสลับมีความต่อเนื่อง และแสดงสมการที่ให้ผลใกล้เคียงกับการทดสอบมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองภาระกระแสคงที่

งานวิจัย [11-12] ได้สร้างแบบจำลองและทดสอบการทำงานของระบบกำลังไฟฟ้ารถยนต์ โดยจำลองการทำงานขององค์ประกอบทางไฟฟ้าหลัก คือ แบตเตอรี่ อัลเทอร์เนเตอร์ และภาระทางไฟฟ้าบนโปรแกรมเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงเพื่อประโยชน์ด้านการออกแบบระบบไฟฟ้า

เมื่อพิจารณาระบบประจุไฟฟ้าที่ใช้ในรถยนต์ปัจจุบัน พบว่าไม่สามารถควบคุมปริมาณการผลิตกำลังไฟฟ้าของอัลเทอร์เนเตอร์ได้ตามความต้องการของภาระงานทางไฟฟ้า การควบคุมอัลเทอร์เนเตอร์ในปัจจุบัน เป็นการควบคุมเพื่อรักษาระดับแรงดันบัสกำลังไฟฟ้าให้คงที่ใน

ขณะที่ผลิตกำลังไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ได้สะท้อนถึงความต้องการของภาระที่แท้จริง เป็นผลทำให้ระบบอัลเทอร์เนเตอร์ไม่สามารถทำงานตรงตำแหน่งค่าที่มีกำลังเอาต์พุตที่เหมาะสมกับภาระได้ ส่วนแบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าตามการเปิด-ปิดของภาระและจ่ายกำลังไฟฟ้าให้ในช่วงที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นสูงๆ ในรถยนต์ เพื่อรักษาเสถียรภาพด้านพลังงาน ดังนั้น ถ้าเปลี่ยนวิธีการคุมค่าแรงดันที่บัสกำลัง โดยใช้วิธีการควบคุมค่ากระแสเอาต์พุตอัลเทอร์เนเตอร์ร่วมกับการควบคุมค่าแรงดันบัสกำลัง จะสามารถทำให้กระแสเข้าขดลวดสนามโรเตอร์หรือกระแสฟิลด์ของอัลเทอร์เนเตอร์แปรค่าตามสภาวะความต้องการของภาระได้ และใช้ประโยชน์ความเป็นอิสระของแบตเตอรี่ที่มีต่ออัลเทอร์เนเตอร์ในการผลิตกำลังไฟฟ้า อันเป็นผลให้สามารถควบคุมการผลิตกำลังไฟฟ้าของอัลเทอร์เนเตอร์ให้ทำงานที่ตำแหน่งที่เหมาะสมตามสภาวะความต้องการของภาระและเพิ่มความยืดหยุ่นในการควบคุมกำลังไฟฟ้าได้ โดยทั่วไปแล้วอัลเทอร์เนเตอร์ในรถยนต์เชื่อมต่อกับเพลาเครื่องยนต์โดยตรงซึ่งกำลังไฟฟ้าที่อัลเทอร์เนเตอร์ผลิตได้ มีผลมาจากจุดการทำงานของเครื่องยนต์และพลังงานที่ใช้ในรถยนต์ มีหลายวิธีการที่งานวิจัยได้เสนอการควบคุมปริมาณกำลังไฟฟ้าโดยอาศัยข้อมูลต่างๆ ของเครื่องยนต์เพื่อสร้างกลไกควบคุม และตัวประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบควบคุมของอุปกรณ์ต่างๆ โดยตัวประเมินการใช้พลังงานจะใช้ข้อมูลจากการวัดสภาวะการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆ ในอดีตและปัจจุบัน ร่วมกับข้อมูลคำสั่งการทำงานจากระบบควบคุมรวมของอุปกรณ์ต่างๆ ของรถยนต์ และทำนายการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคต เพื่อให้ระบบกำเนิดไฟฟ้าผลิตพลังงานให้แบตเตอรี่ซึ่งเป็นส่วนเก็บพลังงาน เพื่อให้สามารถร่วมจ่ายพลังงานตามที่อุปกรณ์ต่างๆ ต้องการให้ได้มากที่สุด การพัฒนาตัวประเมินนี้สามารถใช้เทคโนโลยีต่างๆ จากทฤษฎีการประมาณค่า (estimation theory) เช่นการใช้ฟิลเตอร์ของคาลมาน (Kalman filter) การประมวลสัญญาณ และการใช้ระบบทางปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence) เป็นต้น [13] ระบบการจัดการพลังงานในขั้นนี้จะมีความเป็นอัตโนมัติ [14] แต่การพัฒนาเหล่านี้ต้องอาศัยการจัดการขั้นสูงสำหรับนำมาใช้กับรถยนต์ขับเคลื่อนไฟฟ้าร่วม (hybrid electric vehicles: HEV) ซึ่งเป็นรถยนต์ในอนาคต ตรงกันข้ามกับระบบไฟฟ้าของรถยนต์ในปัจจุบันส่วนใหญ่ ไม่มีระบบการจัดการกำลังไฟฟ้าใดๆ การอัด-คายประจุในแบตเตอรี่ กระทำโดยการควบคุมแบบเปิด-ปิดกระแสเข้าสนามโรเตอร์ตามระดับแรงดันที่บัสกำลัง โดยไม่ได้คำนึงว่า มีความต้องการกำลังไฟฟ้าของภาระจึงเป็นจุดที่น่าสนใจที่จะพัฒนาให้ระบบปัจจุบันให้สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าได้ภายใต้ความเป็นอิสระในการผลิตกำลังไฟฟ้าของอัลเทอร์เนเตอร์ เพราะโดยปกติการประจุไฟให้กับแบตเตอรี่จะให้ความสำคัญกับแรงดันบัสไฟฟ้าเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการอัดประจุไฟแบตเตอรี่ที่มากเกินไป

(Overcharging) และสร้างความเสียหายกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กระแสแบตเตอรี่ที่ไหลเข้าแบตเตอรี่มีผลโดยตรงกับแรงดันบัสไฟฟ้า เมื่อสามารถควบคุมกระแสไหลเข้าแบตเตอรี่ได้จึงเท่ากับว่าสามารถกำหนดกำลังไฟฟ้าที่ผลิตโดยอัลเทอร์เนเตอร์ได้ จึงถือว่าระบบประจุไฟแบตเตอรี่มีผลเกี่ยวข้องกับระบบการจัดการด้านพลังงานซึ่งในรถยนต์ปัจจุบันไม่ได้กล่าวถึงอย่างชัดเจน หากมีระบบประจุไฟแบตเตอรี่ที่ดีพอจะช่วยให้ระบบการจัดการด้านพลังงานสามารถประเมินความต้องการการใช้พลังงานจากภาระและกระตุ้นการผลิตกำลังไฟฟ้าเมื่อรถยนต์ใช้กำลังไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นได้ อีกทั้งยังส่งผลดีกับระบบประจุไฟของแบตเตอรี่โดยสามารถเก็บพลังงานอยู่ในระดับที่เพียงพอและมีประสิทธิภาพในการใช้งานได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาการทำงานของระบบอัลเทอร์เนเตอร์-โวลต์เตจเร็กกูเลเตอร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันเพื่อออกแบบควบคุมการผลิตกำลังไฟฟ้าของอัลเทอร์เนเตอร์

1.2.2 สร้างแบบจำลองการทำงานของระบบอัลเทอร์เนเตอร์เพื่อวิเคราะห์ผลของแรงดันบัสไฟฟ้าที่มีผลต่อการควบคุมกำลังไฟฟ้าของอัลเทอร์เนเตอร์

1.2.3 พัฒนาระบบกำลังไฟฟ้าในรถยนต์ด้วยการเพิ่มส่วนที่เป็นระบบการจัดการด้านพลังงานซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบประจุไฟแบตเตอรี่เพื่ออัลเทอร์เนเตอร์สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าตามสภาวะความต้องการกำลังไฟฟ้าของภาระ

1.2.4 วิเคราะห์การทำงานและข้อจำกัดของระบบอัลเทอร์เนเตอร์ที่สร้างขึ้นแทนระบบอัลเทอร์เนเตอร์-โวลต์เตจเร็กกูเลเตอร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

1.2.5 วิเคราะห์ความเป็นไปได้ที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับระบบในรถยนต์

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาวิเคราะห์วิธีการควบคุมระบบอัลเทอร์เนเตอร์-โวลต์เตจเร็กกูเลเตอร์แบบลันเดลล์ ขนาดไม่เกิน 1 กิโลวัตต์ที่ใช้ในรถยนต์นั่งทั่วไป

1.3.2 ดัดแปลงระบบประจุไฟในรถยนต์ให้สามารถควบคุมการผลิตกำลังไฟฟ้าของอัลเทอร์เนเตอร์ได้ตามความต้องการกำลังไฟฟ้าของภาระและการประจุไฟเข้าแบตเตอรี่รถยนต์

1.3.3 ประยุกต์เทคนิคการควบคุมอย่างง่ายเพื่อออกแบบระบบการจัดการด้านพลังงาน

1.3.4 สร้างระบบจำลองการทำงานของเครื่องยนต์เพื่อขับอัลเทอร์เนเตอร์สำหรับใช้ทดสอบการทำงานของระบบอัลเทอร์เตอร์-โวลต์เตจเร็กกูเลเตอร์และระบบอัลเทอร์เนเตอร์แบบใหม่

1.3.5 การทดสอบระบบอัลเทอร์เนเตอร์ให้สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าได้ ภายใต้ขอบเขตความเป็นอิสระในการผลิตกำลังไฟฟ้าของอัลเทอร์เนเตอร์ เพื่อให้ระบบประจุไฟของแบตเตอรี่สามารถเก็บพลังงานอยู่ในระดับเพียงพอต่อการใช้งานและเกิดประสิทธิภาพในแง่การใช้งานตามความต้องการกำลังไฟฟ้าของภาระ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.4.1 ประโยชน์เชิงวิชาการ คือ การศึกษาเพื่อพัฒนาระบบการประจุไฟฟ้าในรถยนต์นี้ มีส่วนช่วยให้ความรู้ทางวิศวกรรมยานยนต์แก่นักศึกษาหรือบุคคลทั่วไป โดยแสดงผลงานผ่านการตีพิมพ์บทความทางวิชาการทั้งงานประชุมใน และต่างประเทศ

1.4.2 ประโยชน์เชิงนโยบาย คือ การกระตุ้นการศึกษาเรื่องระบบประจุไฟในรถยนต์เพื่อเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาและการแข่งขันของตลาดรถยนต์ในประเทศ

1.4.3 ประโยชน์การพัฒนาสู่เชิงพาณิชย์ คือ แนวทางการศึกษาใหม่ๆ ที่เกี่ยวกับรถยนต์สามารถพัฒนาให้เป็นเทคโนโลยีที่นำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ได้

1.4.4 ประโยชน์ต่อการพัฒนาทางด้านระบบไฟฟ้าอัลเทอร์เนเตอร์ คือในงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการและแนวความคิดสำหรับควบคุมการผลิตกำลังไฟฟ้าอัลเทอร์เนเตอร์ด้วยการพิจารณาความต้องการของภาระและกระแสไฟฟ้าสำหรับประจุไฟเข้าแบตเตอรี่แทนการพิจารณาเฉพาะแรงดันบัสไฟฟ้าของอัลเทอร์เนเตอร์ ซึ่งจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการด้านพลังงานต่อไปได้