

บทที่ 4

การจำลองและผลการจำลองการทำงาน

4.1 บทนำ

จากการศึกษาโครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องปรับแก้ตัวประกอบกำลังของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้คอนเวอร์เตอร์แบบบัค-บูสต์ได้กล่าวมาในบทที่ 3 เพื่อยืนยันความเป็นไปได้ของหลักการและทฤษฎีที่ได้กล่าวมา ในบทนี้จึงได้กล่าวถึงการออกแบบและผลการจำลองทางคณิตศาสตร์ของการปรับแก้ตัวประกอบกำลังของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้คอนเวอร์เตอร์แบบบัค-บูสต์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม PSIM ทั้งหลักการออกแบบตัวเหนี่ยวนำ การคำนวณค่าคัตไจเคลิ ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำและค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ เพื่อยืนยันความถูกต้องของทฤษฎี หลักการและสามารถนำไปออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบต่อไป

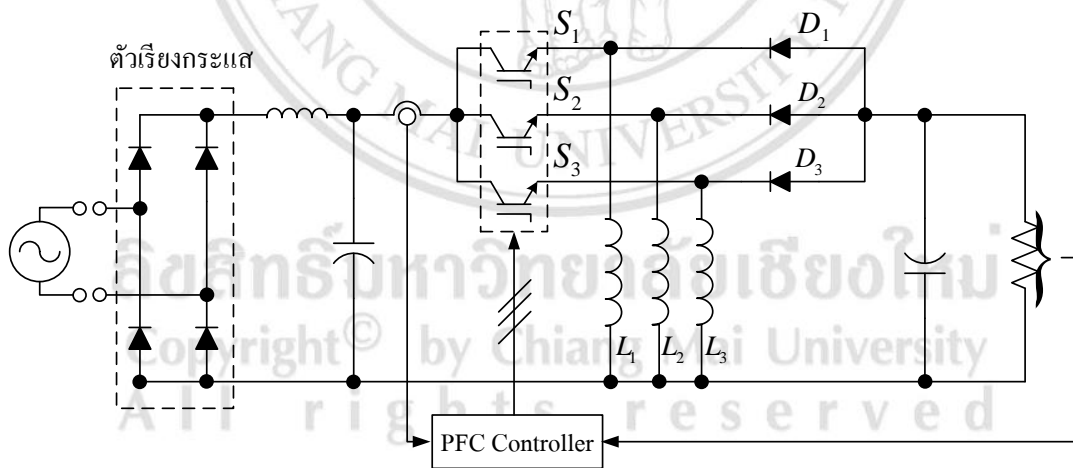
4.2 การจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การออกแบบค่าพารามิเตอร์ต่างๆของคอนเวอร์เตอร์แบบบัค-บูสต์สำหรับการปรับแก้ตัวประกอบกำลังถือเป็นส่วนสำคัญ หากมีการออกแบบที่ผิดหรือออกแบบไม่เหมาะสมแล้ว จะส่งผลให้ระบบมีการทำงานที่ผิดพลาดหรือมีการทำงานที่ไม่เป็นไปตามความต้องการ โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลังของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้คอนเวอร์เตอร์แบบบัค-บูสต์ ซึ่งมีการแสดงโหมคการทำงานของอินเวอร์เตอร์ที่มีอยู่เดิมของโครงสร้างรถไฟฟ้าทั่วไปให้ทำงานในโหมคการทำงานเป็นคอนเวอร์เตอร์แบบบัค-บูสต์ และใช้ขดลวดเหนี่ยวนำภายในมอเตอร์ไฟฟ้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการสะสมและส่งผ่านพลังงานของระบบชาร์จ โดยการจำลองคอนเวอร์เตอร์แบบบัค-บูสต์ จะใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆได้ดังตารางที่ 4.1 โดยค่าตัวเหนี่ยวนำจะพิจารณาค่าความเหนี่ยวนำจากมอเตอร์ซึ่งจะต้องให้ได้ค่า $L_{motor} \geq L_{min}$ และเพื่อให้ได้พิกัดด้านชาร์จหรือพิกัดทางด้านเอาต์พุตจึงใช้ตัวต้านทานที่หาค่ามาจากสมการที่ (3.21) มาเป็นโหลดทางด้านเอาต์พุต

การจำลองเครื่องชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้คอนเวอร์เตอร์แบบบัค-บูสต์ จะประกอบไปด้วยวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier) วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass filter) ตัวเหนี่ยวนำ (L_1, L_2, L_3) สวิตช์กำลัง (S_1, S_2, S_3) ไดโอดกำลัง (D_1, D_2, D_3) และส่วนของการควบคุมสวิตช์กำลัง (Controller) ดังแสดงในภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางพิกัดและพารามิเตอร์สำหรับระบบชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้บัค-บูสต์คอนเวอร์เตอร์

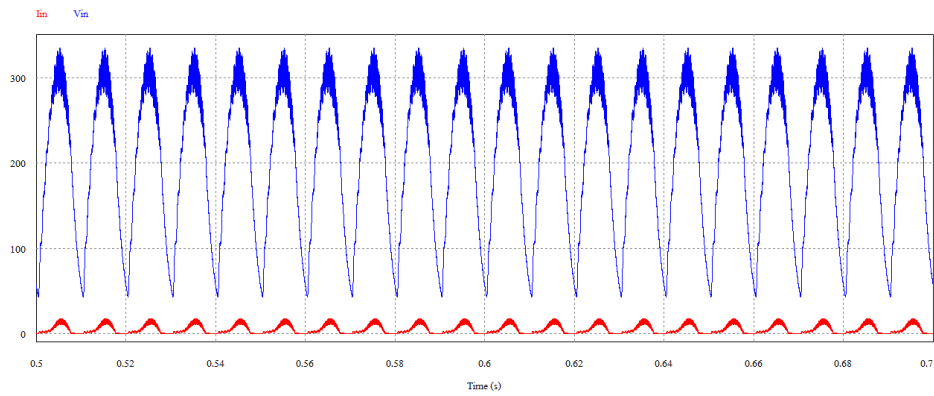
พารามิเตอร์		ค่า	
แรงดันอินพุต (rms)	v_s	220	V
ความถี่แรงดันอินพุต	f	50	Hz
ความถี่สวิตช์	f_s	20	kHz
แรงดันเอาต์พุต	V_B	60	V
พิกัดระบบชาร์จ	P_o	1	kW
ค่าตัวเหนี่ยวนำ	L	1.5	mH
ค่าตัวต้านทาน	R	3.6	Ω



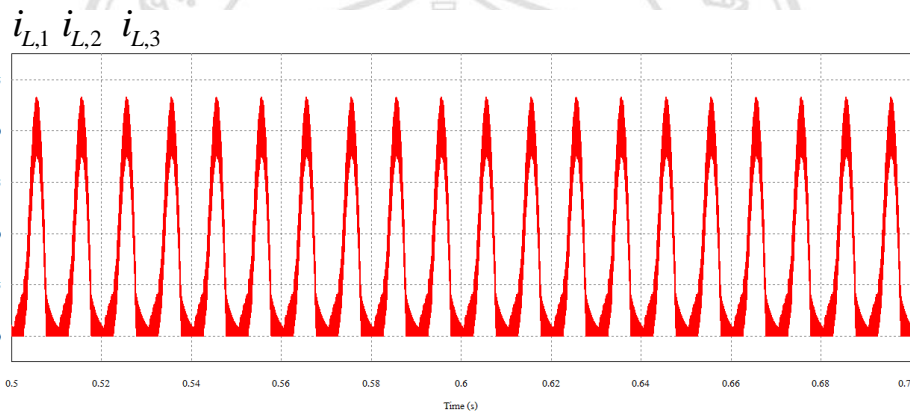
ภาพที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมการจำลองการทำงาน

จากบล็อกไดอะแกรมในภาพที่ 4.1 สามารถนำมาสร้างแบบจำลองการทำงานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้คอนเวอร์เตอร์แบบบัค-บูสต์ ด้วยโปรแกรม PSIM

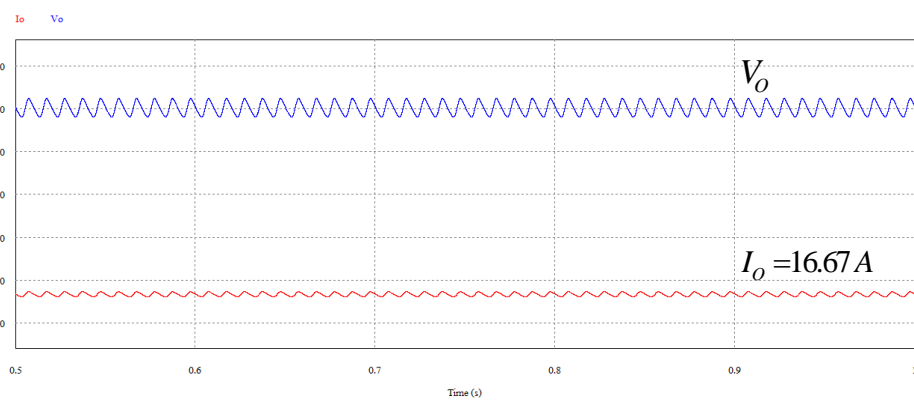
4.3 ผลการจำลองการทำงานแบบไม่มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลัง



(ก)

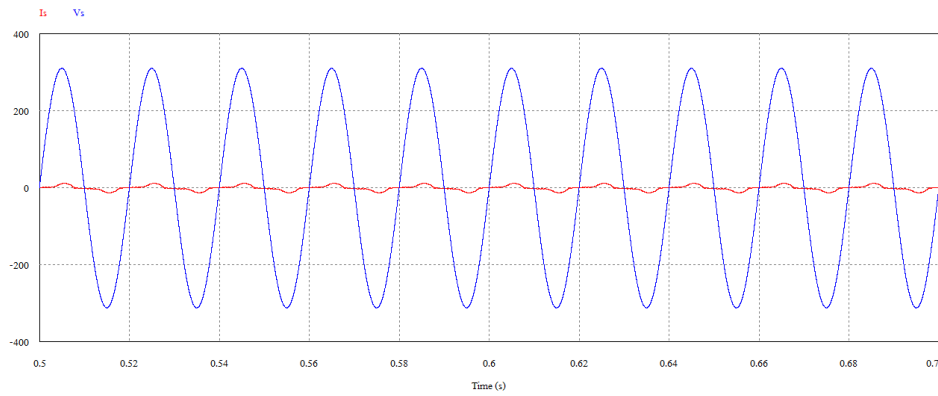


(ข)

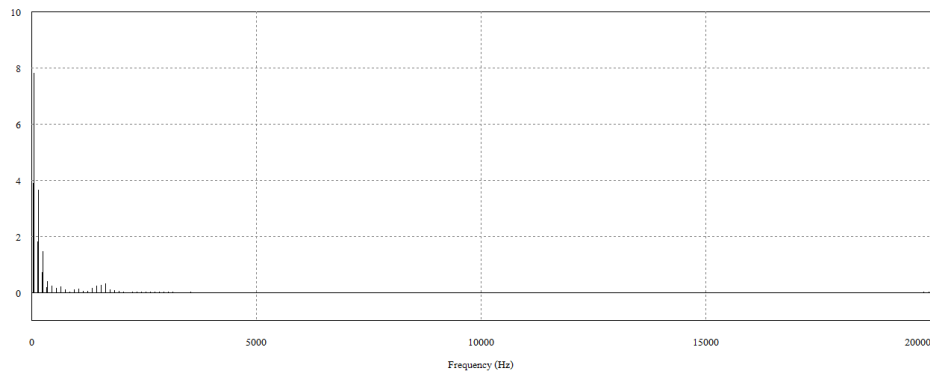


(ค)

ภาพที่ 4.2 ผลการจำลองการทำงานแบบไม่มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 100%



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.3 กระแสและแรงดันด้านอินพุตของการทำงานแบบไม่มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 100% และสเปกตรัมฮาร์โมนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุต

4.3.1 ผลการจำลองการทำงานแบบไม่มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 100%

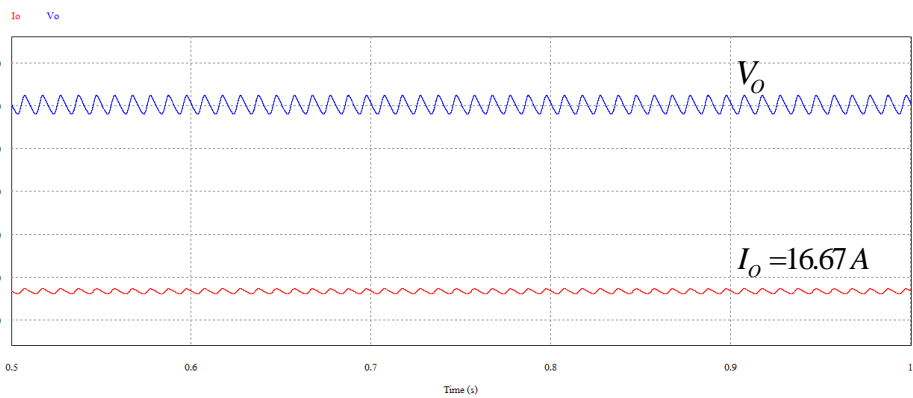
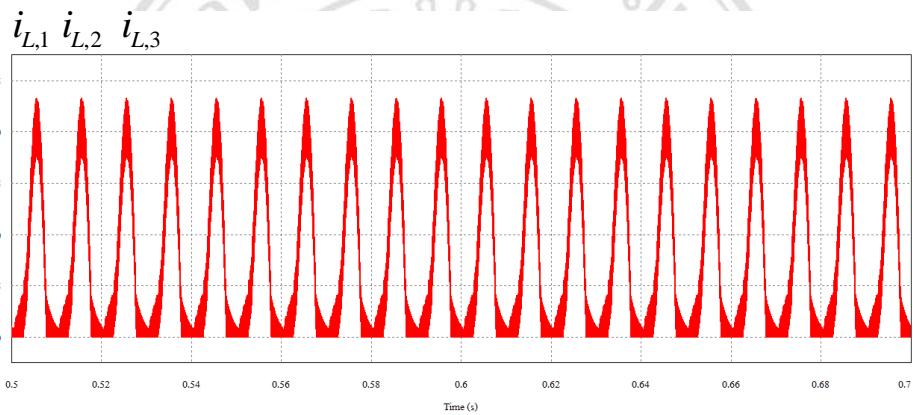
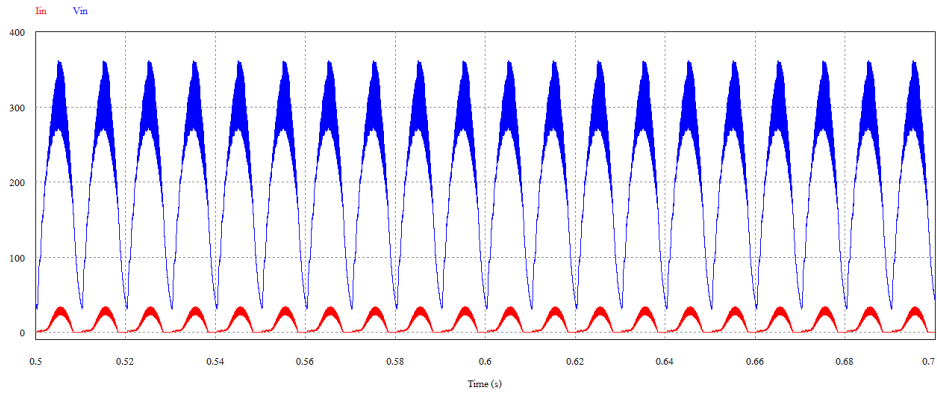
จากภาพที่ 4.2 เป็นผลการจำลองในกรณีที่ไม่มี การปรับแก้ตัวประกอบกำลังของระบบหรือกล่าวได้ว่าเป็นการทำงานแบบระบบเปิด (Open Loop) โดยภาพที่ 4.2 (ก) แสดงผลการจำลองในส่วน ของแรงดันและกระแสด้านอินพุตที่ผ่านตัวเรียงกระแสมาแล้วซึ่งผลจากตัวเรียงกระแสส่งผลให้คลื่นที่ไหลผ่านเป็นลักษณะสัญญาณไซน์สับบอร์น ภาพที่ 4.2 (ข) จะแสดงในส่วนของกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ โดยในที่นี้กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทั้ง 3 มีค่าเท่ากัน และสุดท้ายในภาพที่ 4.2 (ค) จะเป็นกระแสและแรงดันด้านเอาต์พุตของระบบที่ได้ ซึ่งมีค่าตรงตามพิกัดที่ต้องการคือได้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 60 V และกระแสด้านเอาต์พุตเท่ากับ 16.67 A ซึ่งส่งผลทำให้กำลังไฟฟ้าเอาต์พุตที่ได้คือ 1 kW ตามพิกัดที่ต้องการ

ภาพที่ 4.3 (ก) แสดงในส่วนของกระแสและแรงดันของการทำงานแบบไม่มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 100% จะเห็นว่ากระแสมีความผิดเพี้ยนไปจากสัญญาณคลื่นรูปไซน์ อันเนื่องมาจากระบบมีการสวิตซ์ และมิอุปกรณ์ที่มีความไม่เป็นเชิงเส้น จึงส่งผลให้กระแสมีฮาร์มอนิกปะปนอยู่ ซึ่งสามารถแสดงค่าสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุตได้ดังภาพที่ 4.3 (ข)

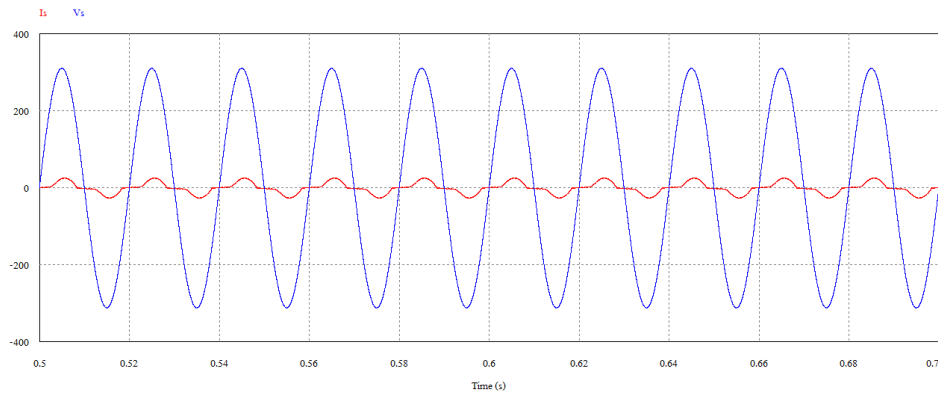
4.3.2 ผลการจำลองการทำงานแบบไม่มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 50%

ภาพที่ 4.4 แสดงผลการจำลองในกรณีที่ไม่มีมีการปรับแก้ตัวประกอบกำลังของระบบขณะที่โหลดอยู่ที่ 50% จากขนาดโหลดพิกัดของระบบ โดยในภาพที่ 4.4 (ก) แสดงผลการจำลองในส่วนของแรงดันและกระแสด้านอินพุตที่ผ่านตัวเรียงกระแสมาแล้วซึ่งผลจากตัวเรียงกระแสส่งผลให้คลื่นที่ไหลผ่านเป็นลักษณะสัญญาณไซน์สมบูรณ์ ในส่วนของภาพที่ 4.4 (ข) จะแสดงในส่วนของกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำโดยในที่นี้กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทั้ง 3 ยังคงมีค่าเท่ากันอยู่ แต่ขนาดของกระแสมีค่าที่สูงขึ้น ไปจากเดิม และภาพที่ 4.4 (ค) จะเห็นว่าขนาดของแรงดันด้านเอาต์พุตที่ได้มีค่าตรงตามพิกัดที่ต้องการคือ 60 V แต่กระแสด้านเอาต์พุตที่ได้มีค่าสูงขึ้นเป็น 2 เท่าจากผลการจำลองที่โหลด 100 % หรือที่ขนาดโหลดพิกัด

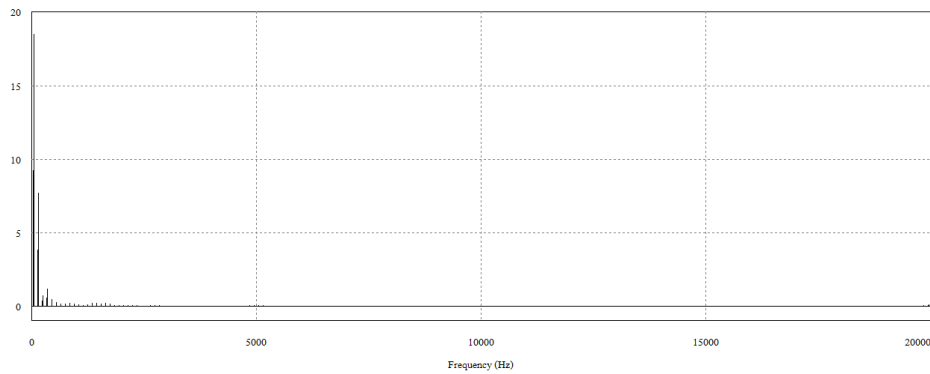
ส่วนของทางภาคอินพุตแสดงในภาพที่ 4.5 เป็นผลกระแสและแรงดันด้านอินพุตของการทำงานแบบไม่มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 50% และสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุต โดยภาพที่ 4.5 (ก) จะเห็นกระแสมีความผิดเพี้ยนไปจากสัญญาณคลื่นรูปไซน์ อันเนื่องมาจากระบบมีการใช้อุปกรณ์จำพวกอุปกรณ์สวิตซ์หรือมีการสวิตซ์ซึ่งมีความถี่สูง และมีอุปกรณ์ที่มีความไม่เป็นเชิงเส้นเป็นส่วนประกอบของระบบ จึงส่งผลให้กระแสของระบบมีฮาร์มอนิกปะปนอยู่ โดยสามารถแสดงค่าสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุตได้ดังภาพที่ 4.5 (ข) ซึ่งจากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นในส่วนของปัญหาความผิดเพี้ยนของกระแสด้านอินพุตที่เกิดขึ้น และการปะปนของฮาร์มอนิกที่กระแสด้านอินพุต จึงต้องมีในส่วนของการปรับแก้ตัวประกอบกำลังมาเพื่อควบคุมกระแสด้านอินพุตของวงจรให้มีค่าใกล้เคียงสัญญาณ ไซน์และเพื่อลดค่าความผิดเพี้ยนของกระแส โดยที่ยังทำให้คอนเวอร์เตอร์คงค่าแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตที่ต้องการ ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการควบคุมช่วงเวลานำกระแสของอุปกรณ์สวิตซ์ของคอนเวอร์เตอร์ดังกล่าวงานวิจัยที่ได้นำเสนอ ซึ่งจะแสดงผลของการจำลองการทำงานของการปรับแก้ตัวประกอบกำลังของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้คอนเวอร์เตอร์แบบบัค-บูสต์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้าในส่วนต่อไป



ภาพที่ 4.4 ผลการจำลองการทำงานแบบไม่มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 100%



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.5 กระแสและแรงดันด้านอินพุตของการทำงานแบบไม่มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลัง
ที่โหลด 50% และสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

4.4 ผลการจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลังโดยให้สวิตช์กำลังทั้ง 3 ตัวทำงานพร้อมกัน

4.4.1 ผลการจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 100%

ในภาพที่ 4.6 เป็นผลการจำลองการทำงานของระบบโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตามตารางที่ 4.1 และจำลองผลการทำงานที่ภาวะ โหลดเต็มตามพิกัดที่ต้องการหรือโหลด 100% โดยภาพที่ 4.6 (ก) แสดงผลการจำลองการทำงานในส่วนของแรงดันและกระแสของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อผ่านวงจรเรียงกระแสทำให้คลื่นที่ได้มีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์สมบูรณ์โดยค่าที่ได้จากวงจรเรียงกระแสจะมีค่าเท่ากับ $v_{in} = \sqrt{2}v_s$ การทำงานของคอนเวอร์เตอร์ทำงานในโหมดกระแสไหลต่อเนื่องจะพิจารณาจากภาพที่ 4.6 (ข) ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_1, L_2, L_3 ทั้งสามค่า

ได้แก่ $i_{L,1}$, $i_{L,2}$ และ $i_{L,3}$ จะเห็นว่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีลักษณะเป็นคลื่น ไซน์ซั่มบูรณ์ เนื่องมาจากแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าที่ผ่านตัวเรียงกระแสและจากเทคนิคในการควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ โดยค่ากระแสที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ L_1, L_2, L_3 มีขนาดของกระแสที่มีค่าเท่ากันหรือซ้อนกันอยู่เนื่องจากการจำลองนี้กำหนดให้การทำงานของสวิตช์ทั้ง 3 ตัวทำงานพร้อมกันจึงส่งผลให้ภาวะในการส่งถ่ายพลังงานหรือกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทั้ง 3 มีค่าเท่ากัน สุดท้ายในส่วนของภาพที่ 4.6 (ค) จะแสดงค่ากระแสและแรงดันทางด้านเอาต์พุต ซึ่งได้ค่าของแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 60 V ถูกต้องตรงตามที่กำหนดไว้ และกระแสเอาต์พุตได้เท่ากับ 16.67 A ซึ่งเมื่อนำค่ากระแสและแรงดันเอาต์พุตที่ได้ไปคำนวณกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตจะได้ 1 kW ($P_o = I_o V_o$) ซึ่งตรงตามพิกัดกำลังไฟฟ้าที่ต้องการ

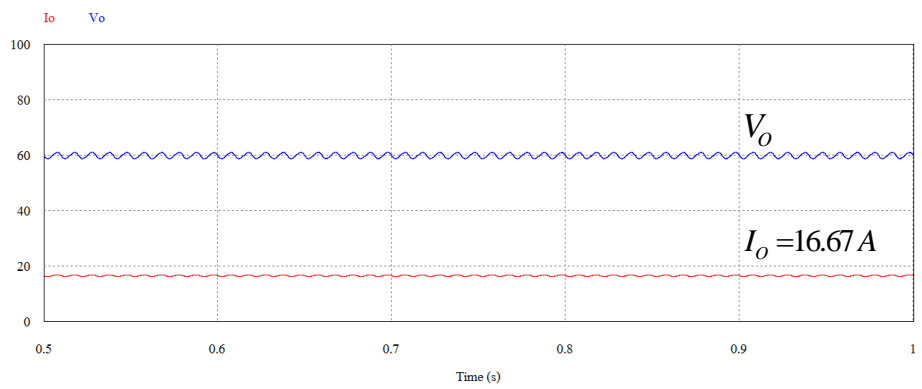
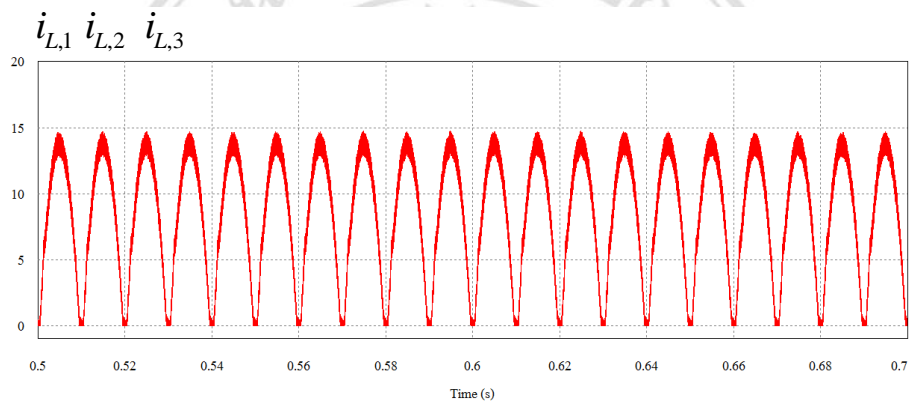
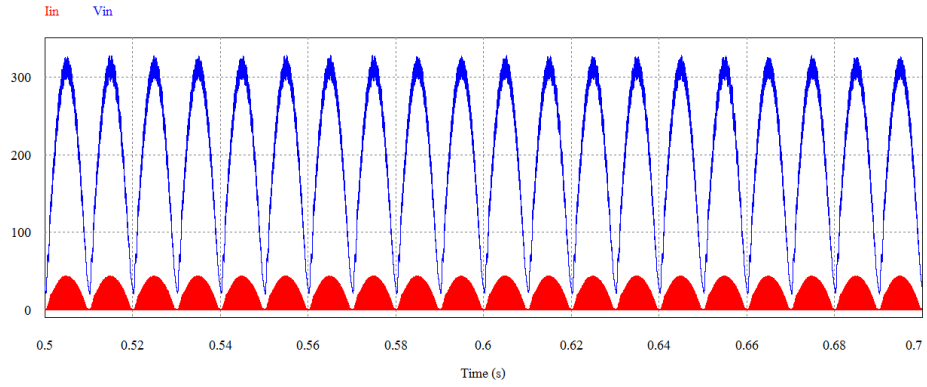
ภาพที่ 4.7 (ก) แสดงกระแสและแรงดันทางด้านอินพุตจะเห็นว่าค่าของกระแส i_s มีลักษณะค่อนข้างเป็นรูปคลื่นสัญญาณ ไซน์และมีความผิดเพี้ยนน้อยมาก เนื่องจากในส่วนของภาคควบคุมได้มีการรับค่าต่างๆในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงมาออกดูเลตความกว้างพัลส์เพื่อสร้างสัญญาณสำหรับขับนำสวิตช์ของคอนเวอร์เตอร์ จึงส่งผลให้กระแส i_s มีลักษณะใกล้เคียงรูปคลื่นสัญญาณ ไซน์ ซึ่งจะแสดงสเปกตรัมฮาร์โมนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุตดังภาพที่ 4.7 (ข) โดยตัวชี้วัดคุณภาพของสัญญาณคลื่นที่ไม่ใช่สัญญาณ ไซน์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้าคือ ความเพี้ยนฮาร์โมนิกรวม (Total Harmonic Distortion: THD) ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนระหว่างค่ารากที่สองของผลบวกกำลังสองของค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของส่วนประกอบฮาร์โมนิก กับค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของส่วนประกอบของความถี่หลักมูลเทียบเป็นร้อยละ โดยสามารถหาค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิกรวมของกระแสไฟฟ้าได้จากสมการที่ (2.14)

$$THD_I (\%) = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_{n,rms}^2}}{I_{1,rms}} \cdot 100$$

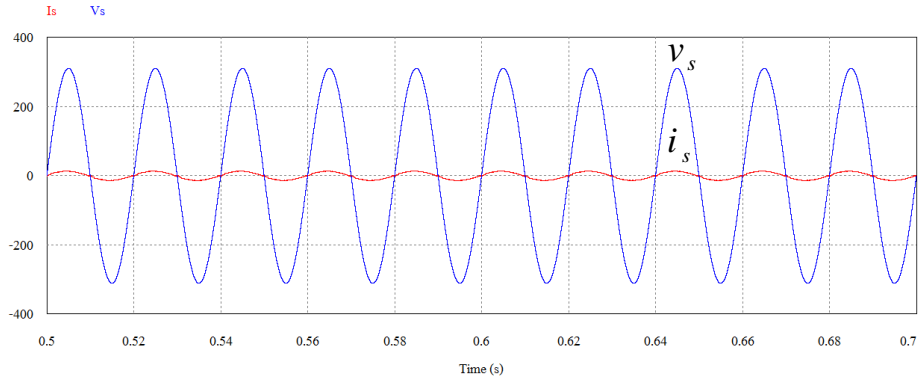
ซึ่งถ้าหากค่าความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกรวมเท่ากับศูนย์ก็จะหมายความว่ารูปคลื่นสัญญาณดังกล่าวมีความเป็น ไซน์และไม่มีฮาร์โมนิกปะปน และเมื่อนำค่ากระแสและแรงดันด้านอินพุตมาคำนวณตัวประกอบกำลังจากสมการที่ (2.19)

$$PF = \frac{P_{1,avg}}{V_{1,rms} I_{1,rms}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{THD_I}{100}\right)^2}}$$

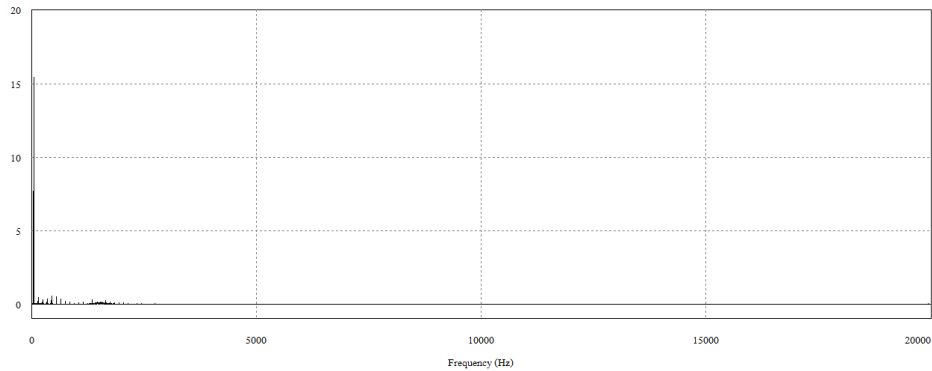
จะได้ค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับ 0.99



ภาพที่ 4.6 ผลจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 100%



(ก)

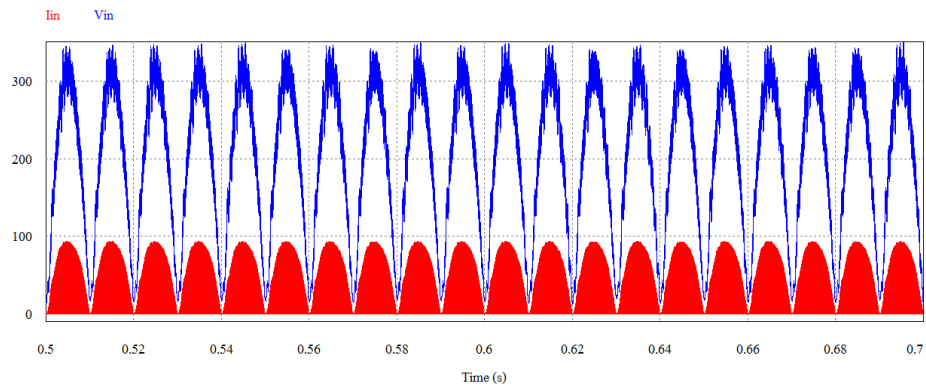


(ข)

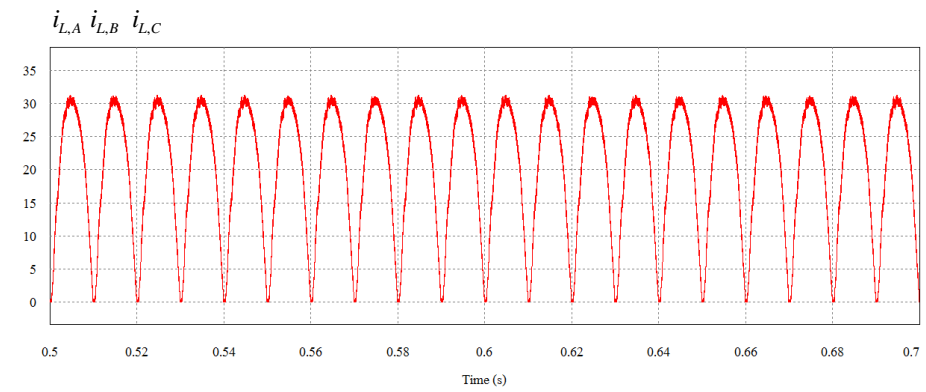
ภาพที่ 4.7 กระแสและแรงดันด้านอินพุตของผลจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลัง
ที่โหลด 100% และสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุต

ซึ่งตัวชี้วัดคุณภาพของสัญญาณคลื่นที่ไม่ใช่สัญญาณไซน์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้าคือ อัตราส่วนระหว่างค่ารากที่สองของผลบวกกำลังสองของค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของส่วนประกอบฮาร์มอนิก กับค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของส่วนประกอบของความถี่หลักมูลเทียบเป็นร้อยละ ซึ่งถ้าหากค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมเท่ากับศูนย์ก็จะหมายความว่ารูปคลื่นสัญญาณดังกล่าวมีความเป็นไซน์และไม่มีการบิดเบี้ยว ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการจำลองในขณะที่ยังไม่ได้มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลังจะเห็นว่าค่าความผิดเพี้ยนของกระแสด้านอินพุตดีขึ้นอย่างชัดเจน จนส่งผลให้ค่าตัวประกอบกำลังของระบบสูงขึ้น

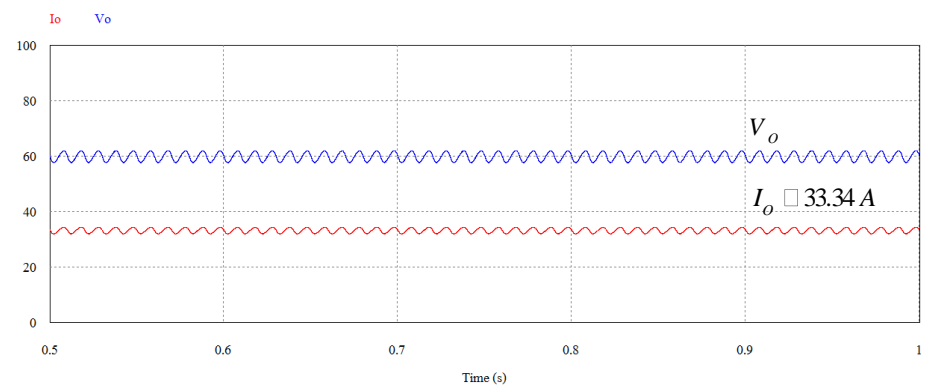
4.4.2 ผลการจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 50%



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.8 ผลการจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 50%

ภาพที่ 4.8 เป็นผลการจำลองผลการทำงานที่ภาวะครึ่งโหลดจากโหลดเต็มของระบบหรือที่โหลด 100% โดยในภาพที่ 4.8 (ก) แสดงกระแสและแรงดันทางด้านอินพุตที่ผ่านตัวเรียงกระแสเข้ามาเมื่อมีการทำงานที่ภาวะโหลดเป็นครึ่งหนึ่งของโหลดพิกัดหรือมีขนาดเป็นครึ่งหนึ่งของการจำลองในหัวข้อที่ 4.4.1 ซึ่งจะเห็นว่ากระแสในส่วนนี้เพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 1 เท่าตัวจากการจำลองในหัวข้อดังกล่าว ส่วนภาพที่ 4.8 (ข) แสดงกระแส $i_{L,1}, i_{L,2}$ และ $i_{L,3}$ ที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ L_1, L_2, L_3 จะเห็นว่าขนาดกระแสของขดลวดทั้ง 3 มีการเพิ่มขึ้นเช่นกันแต่ขนาดกระแสของขดลวดเหนี่ยวนำทั้ง 3 มีค่าที่เท่ากันเหมือนเดิมเนื่องจากการควบคุมให้สวิตช์ทั้ง 3 ตัวยังคงให้ทำงานพร้อมกัน และสุดท้ายในภาพที่ 4.8 (ค) ได้ค่าของแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 60 V ตามที่ต้องการแต่กระแสเอาต์พุตที่ได้เท่ากับ 33.34 A และเมื่อนำไปคำนวณกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตจะทำให้ได้กำลังไฟฟ้าเอาต์พุตเท่ากับ 2 kW ซึ่งจะเห็นว่ากระแสและกำลังไฟฟ้าของด้านเอาต์พุตนั้น มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของการจำลองที่ภาวะเต็มโหลดหรือโหลดตามพิกัด เนื่องจากเมื่อภาวะโหลดมีค่าที่ลดลงและการทำงานที่ต่ำกว่าค่าของแรงดันเอาต์พุตให้ตรงตามที่ต้องการ โหลดจึงจำเป็นต้องมีการดึงกระแสเพิ่มขึ้น ไปจากเดิมเพื่อคงไว้ซึ่งแรงดันตามที่ต้องการ

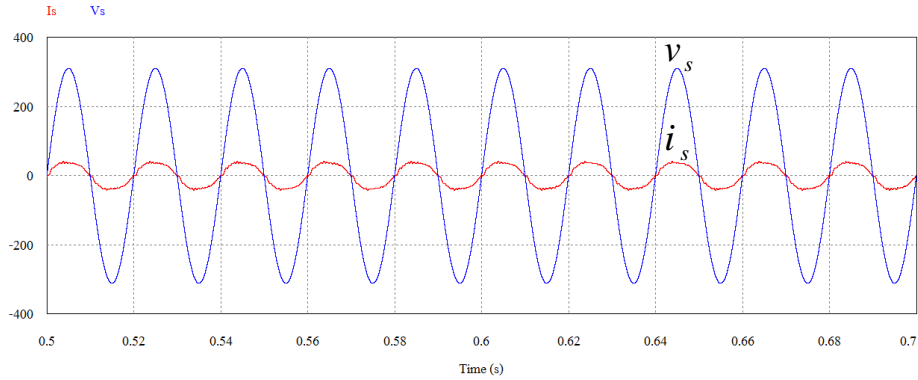
ภาพที่ 4.9 (ก) แสดงกระแสและแรงดันทางด้านอินพุตจะเห็นว่าค่าของกระแส i_s มีลักษณะค่อนข้างเป็นรูปคลื่นสัญญาณไซน์และมีความผิดเพี้ยนน้อยมาก เนื่องจากในส่วนของภาคควบคุมได้มีการรับค่าต่างๆในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงมามอดูเลตความกว้างพัลส์เพื่อสร้างสัญญาณสำหรับขับนำสวิตช์ของคอนเวอร์เตอร์ จึงส่งผลให้กระแส i_s มีลักษณะใกล้เคียงรูปคลื่นสัญญาณไซน์ส่วนสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุตจะแสดงในภาพที่ 4.9 (ข) และเมื่อนำค่ากระแสและแรงดันด้านอินพุตมาคำนวณตัวประกอบกำลังตามสมการที่ (2.14) และ (2.19) จะได้

$$THD_I (\%) = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_{n,rms}^2}}{I_{1,rms}} \cdot 100$$

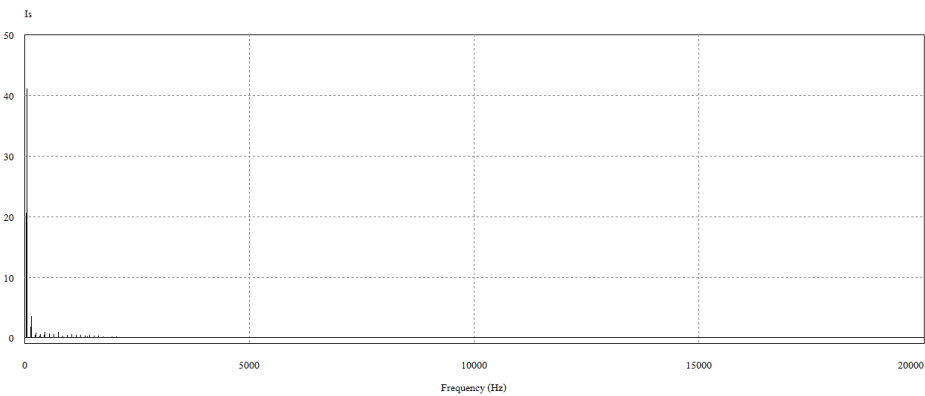
และ

$$PF = \frac{P_{1,avg}}{V_{1,rms} I_{1,rms}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{THD_I}{100}\right)^2}}$$

ซึ่งจะได้ค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับ 0.99 เช่นเดียวกับการจำลองที่โหลด 100% หรือโหลดพิกัด



(ก)



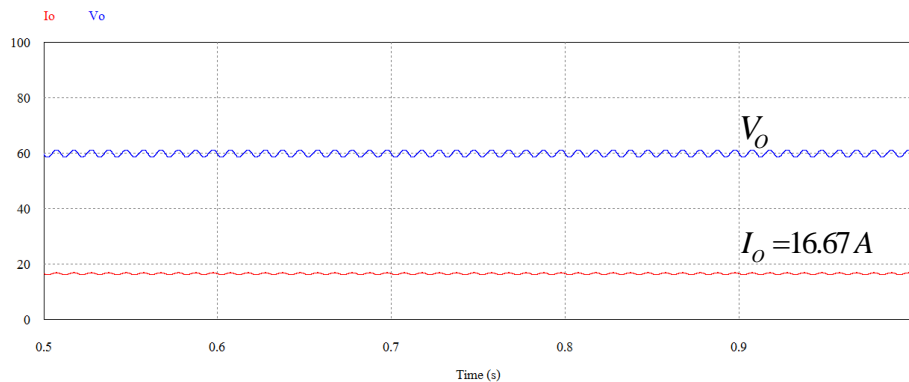
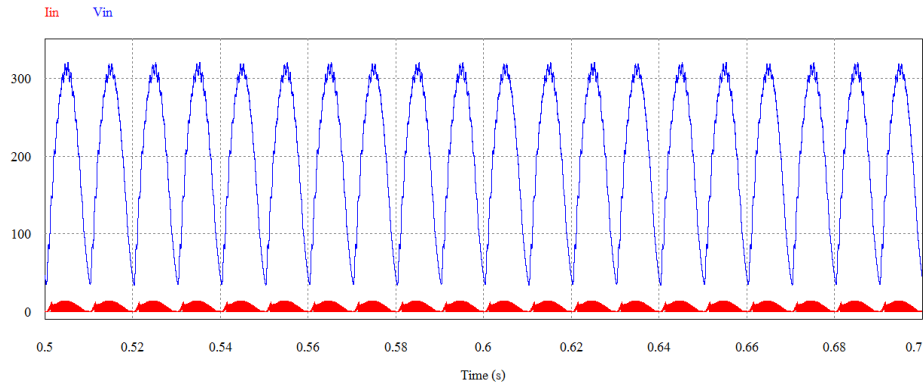
(ข)

ภาพที่ 4.9 กระแสและแรงดันด้านอินพุตของผลจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลัง
ที่โหลด 50% และสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุต

จากผลการจำลองของการปรับแก้ตัวประกอบกำลังทั้งขณะที่โหลดเต็มหรือโหลด 100% และ โหลด 50% จะเห็นว่าผลของแรงดันทางด้านเอาต์พุตของทั้ง 2 ผลการจำลองมีค่าเท่ากับซึ่งตรงตามพิกัดของแรงดันตามที่ต้องการ แต่เนื่องจากการจำลองที่โหลด 50% มีการลดขนาดของโหลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของพิกัดโหลดระบบ จึงทำให้โหลดมีการดึงกระแสเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้กระแสภายในระบบทั้ง กระแสด้านเอาต์พุต กระแสด้านอินพุต และกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าสูงขึ้นไปจากเดิม และเนื่องจากระบบดังกล่าวได้ถูกออกแบบสำหรับพิกัดระบบซาร์จที่ 1 kW และแรงดันเอาต์พุตที่ 60 V ค่าพารามิเตอร์ต่างๆภายในระบบจึงไม่สามารถตอบสนองการทำงานได้ในระดับที่โหลดลดลงมากๆ จนทำให้กระแสของระบบมีค่าสูงจนเกิดพิกัดการทำงานของระบบได้

4.5 ผลการจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลังโดยให้สวิตช์กำลังทำงานแบบอินเตอร์ลีฟ (Interleaved Technique)

4.5.1 ผลการจำลองการทำงานแบบอินเตอร์ลีฟที่โหลด 100%



(ก)

(ข)

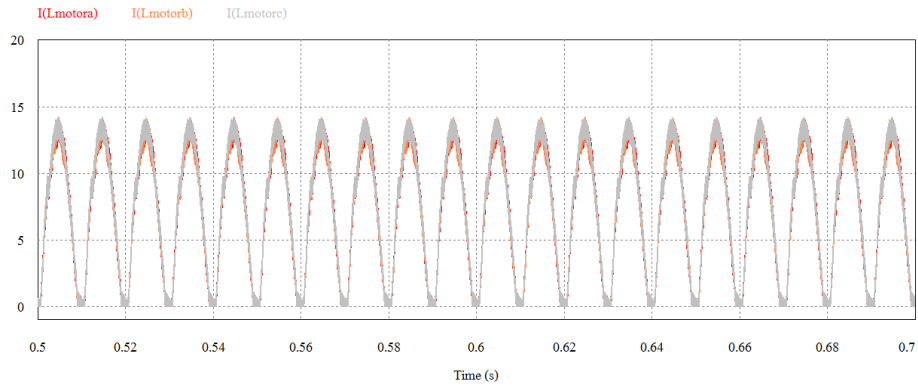
Copyright © by Chiang Mai University
All Rights Reserved

ภาพที่ 4.10 ผลการจำลองการทำงานแบบอินเตอร์ลีฟที่โหลด 100%

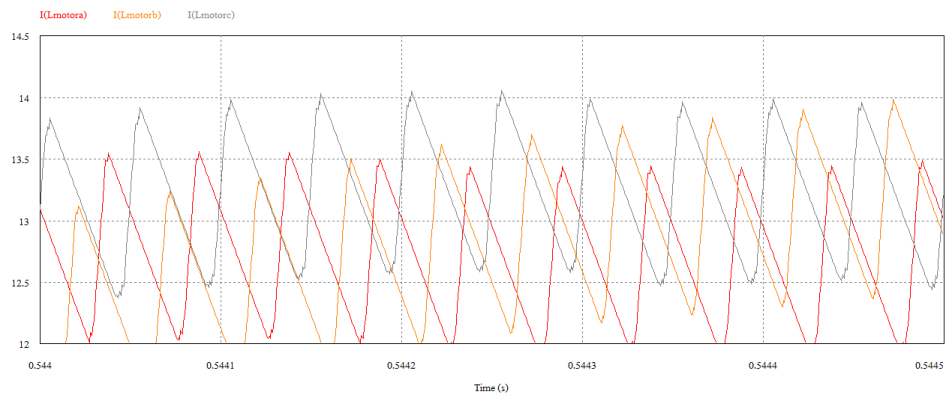
ภาพที่ 4.10 เป็นผลการจำลองโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตามตารางที่ 4.1 และจำลองผลการทำงานแบบอินเตอร์ลีฟที่ภาวะเต็มพิกัดโหลดหรือโหลด 100% ภาพที่ 4.10 (ก) แสดงผลการจำลองของแรงดันและกระแสของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อผ่านวงจรเรียงกระแสทำให้คลื่นที่ได้มีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์สมบูรณ์โดยค่าที่ได้จากวงจรเรียงกระแสจะมีค่าเท่ากับ $v_{in} = \sqrt{2}v_s$ และในส่วนของภาพที่ 4.6 (ข) จะแสดงค่ากระแสและแรงดันทางด้านเอาต์พุต ซึ่งได้ค่าของแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 60 V ถูกต้องตรงตามที่กำหนดไว้ และกระแสเอาต์พุตได้เท่ากับ 16.67 A ซึ่งเมื่อนำค่ากระแส

และแรงดันเอาต์พุตที่ได้ไปคำนวณกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตจะได้ 1 kW ($P_o = I_o V_o$) ซึ่งตรงตาม พิกัดกำลังไฟฟ้าที่ต้องการ

เมื่อพิจารณากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ



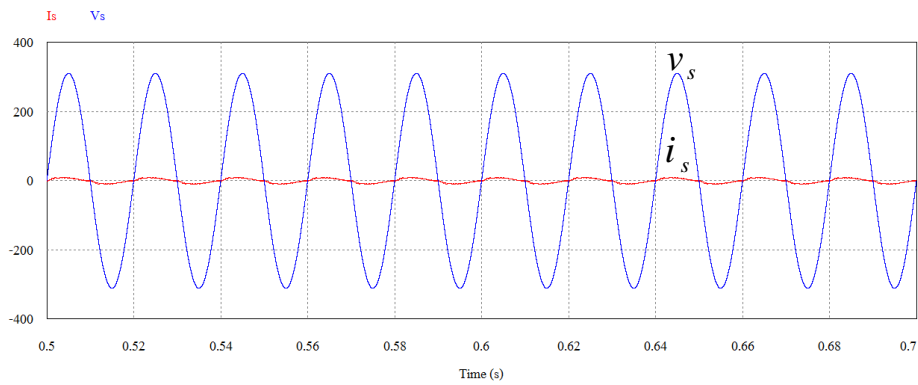
(ก)



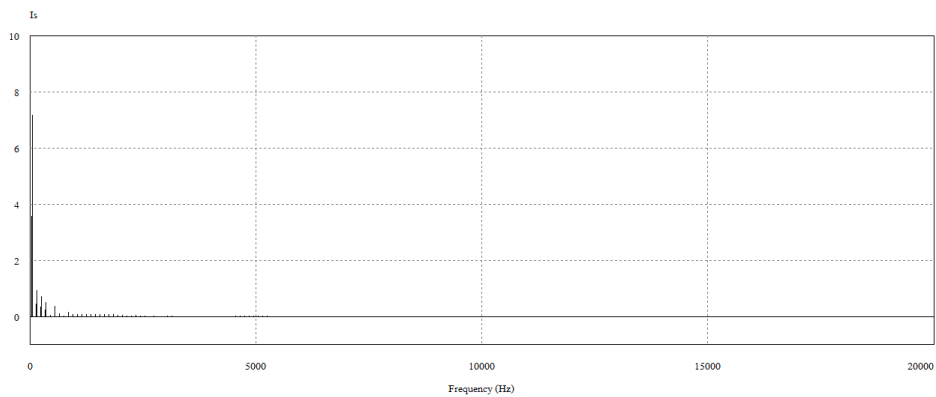
(ข)

ภาพที่ 4.11 กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำของการจำลองการทำงาน แบบอินเวอร์ตัสที่โหลดเต็ม

การทำงานของคอนเวอร์เตอร์ทำงานในโหมดกระแสไหลต่อเนื่องจะพิจารณาจากภาพที่ 4.11 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_1, L_2, L_3 ทั้งสามค่าได้แก่ $i_{L,1}, i_{L,2}$ และ $i_{L,3}$ จะเห็นว่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าเป็นบวกเสมอซึ่งถูกต้องตามหลักการ และกระแสที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ L_1, L_2, L_3 มีขนาดของกระแสที่มีค่าเท่ากัน เพียงแต่มีการเลื่อนกันอยู่ เนื่องจากการจำลองแบบอินเวอร์ตัสนี้กำหนดให้การทำงานของสวิตช์ทั้ง 3 ตัวทำงานแบบเลื่อนเฟสการทำงานกันจึงส่งผลให้กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเลื่อนเฟสกันอยู่



(ก)



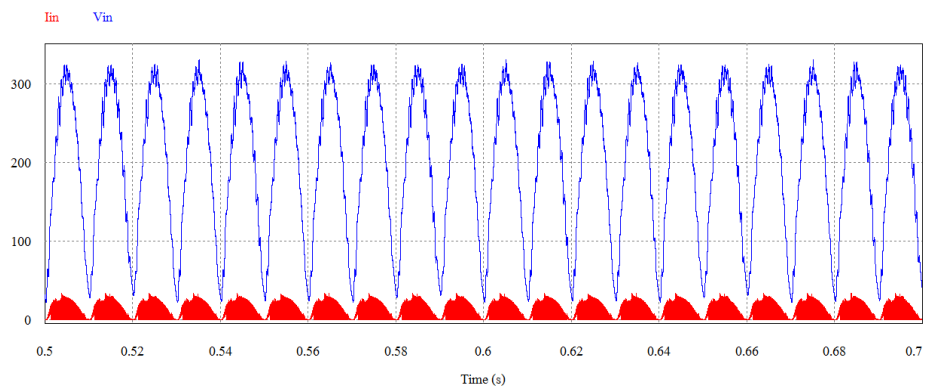
(ข)

ภาพที่ 4.12 กระแสและแรงดันอินพุตของการจำลองการทำงานแบบอินเทอร์ลิฟ ที่โหลด 100% และสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุต

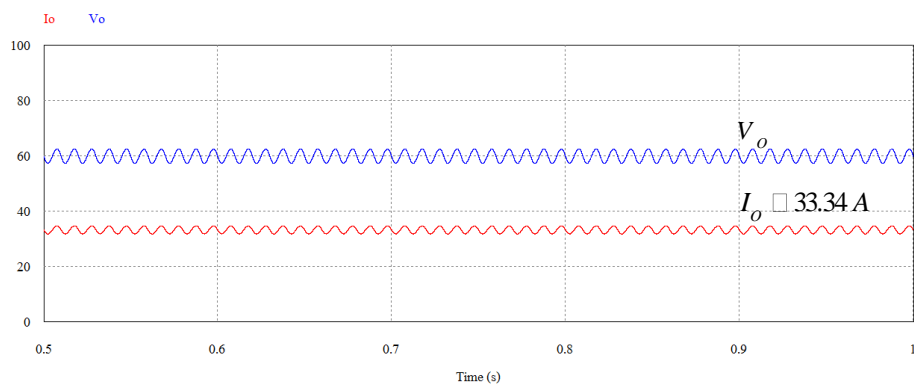
ภาพที่ 4.12 (ก) แสดงกระแสและแรงดันทางด้านอินพุตจะเห็นว่าค่าของกระแส i_s มีลักษณะค่อนข้างเป็นรูปคลื่นสัญญาณไซน์และมีความผิดเพี้ยนน้อยมาก เนื่องจากในส่วนของภาคควบคุมได้มีการรับค่าต่างๆในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงมาออกดูเลคความกว้างพัลส์เพื่อสร้างสัญญาณสำหรับขับนำสวิตช์ของคอนเวอร์เตอร์ จึงส่งผลให้กระแส i_s มีลักษณะใกล้เคียงรูปคลื่นสัญญาณไซน์ มีความผิดเพี้ยนของกระแสลดลง และมีฮาร์มอนิกปะปนน้อย ซึ่งจะแสดงสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุตในภาพที่ 4.12 (ข) และเมื่อนำค่ากระแสและแรงดันด้านอินพุตมาคำนวณตัวประกอบกำลังจะได้ค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับ 0.99

4.5.2 ผลการจำลองการทำงานแบบอินเทอร์ลิฟที่โหลด 50%

ในภาพที่ 4.13 เป็นผลการจำลองการทำงานแบบอินเทอร์ลิฟที่ภาวะครึ่งโหลดหรือที่โหลด 50% จากขนาดของโหลดเต็ม โดยในภาพที่ 4.13 (ก) แสดงกระแสและแรงดันทางด้านอินพุตที่ผ่านตัวเรียงกระแสเข้าทำให้คลื่นที่ได้มีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์สมบูรณ์โดยค่าที่ได้จากวงจรเรียงกระแสจะมีค่าเท่ากับ $v_{in} = \sqrt{2}v_s$ ขณะที่มีการทำงานที่ภาวะโหลดครึ่งหนึ่งหรือลดลงไป 50% ของการจำลองที่ 4.4.1 ซึ่งจะเห็นว่ากระแสในส่วนนี้ทั้งในส่วนของกระแสด้านอินพุตและกระแสด้านเอาต์พุตก็เพิ่มขึ้นจากเดิมเป็นสองเท่าตัวจากการจำลองที่โหลด 100% หรือเต็มพิกัดโหลดที่ต้องการ และในภาพที่ 4.13 (ข) ซึ่งจะเห็นว่าค่าของแรงดันเอาต์พุตที่ได้มีค่าเท่ากับ 60 V ตามที่ต้องการหรือได้ออกแบบไว้ หากแต่กระแสทางด้านเอาต์พุตที่ได้มีค่าสูงขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 33.34 A ซึ่งมีค่าเป็นสองเท่าของการจำลองแบบเต็มโหลด



(ก)

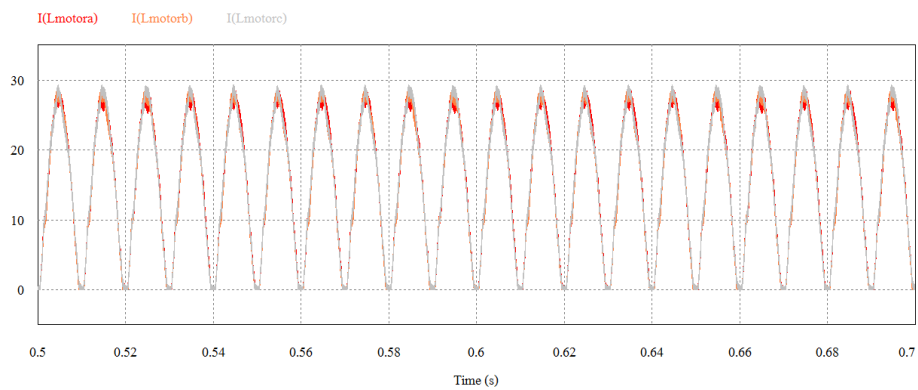


(ข)

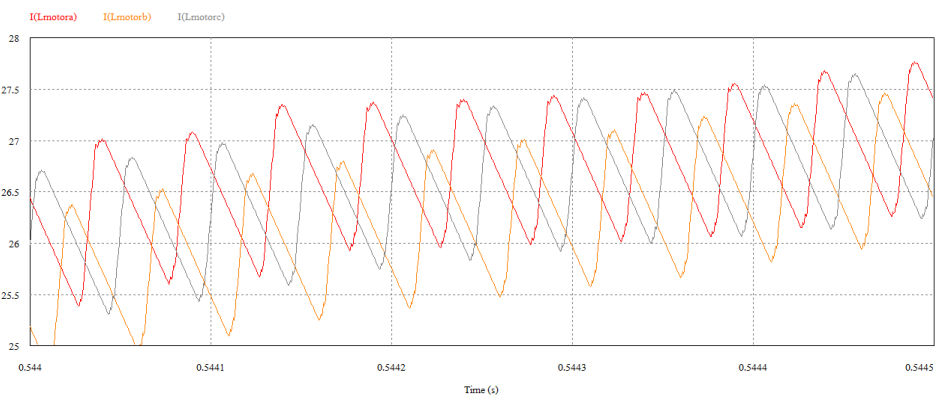
ภาพที่ 4.13 ผลการจำลองการทำงานแบบอินเทอร์ลิฟที่โหลด 50%

เมื่อนำค่ากระแสและแรงดันเอาต์พุตที่ได้ไปคำนวณเพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตจะได้ค่ากำลังไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตเท่ากับ 2,000 วัตต์ หรือ 2 kW ซึ่งจะเห็นว่ากระแสและกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของการจำลองที่ภาวะเต็มโหลด เนื่องจากเมื่อภาระโหลดมีการลดลง และเพื่อให้ได้ซึ่งการคงค่าของแรงดันเอาต์พุตให้ตรงตามที่ต้องการ โหลดจึงมีการดึงกระแสเพิ่มขึ้นจากเดิม เพื่อคงไว้ซึ่งแรงดันตามที่ต้องการ ส่วนในภาพที่ 4.10 แสดงกระแส $i_{L,1}$, $i_{L,2}$ และ $i_{L,3}$ ที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ L_1, L_2, L_3 จะเห็นว่าขนาดกระแสของขดลวดทั้ง 3 มีการเพิ่มขึ้นเท่ากันเพียงแต่มีการเหลื่อมกันอยู่ เนื่องจากการจำลองแบบอินเตอร์ลิฟนี้กำหนดให้การทำงานของสวิตช์ทั้ง 3 ตัวทำงานแบบเลื่อนเฟสการทำงานกันจึงส่งผลให้กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเลื่อนเฟสกันอยู่

เมื่อพิจารณากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ

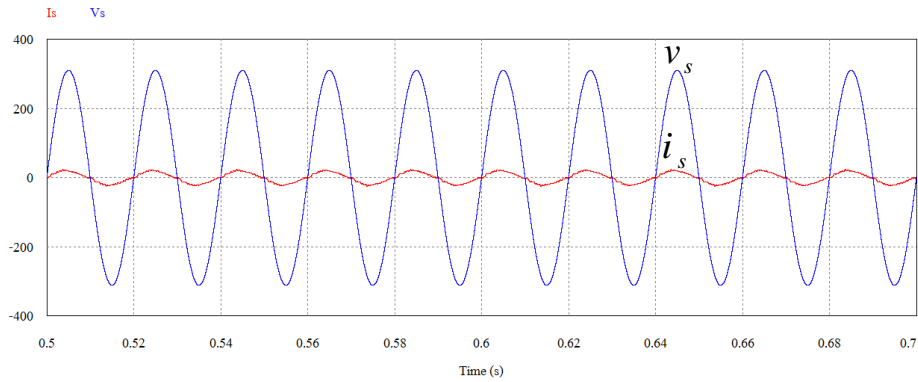


(ก)

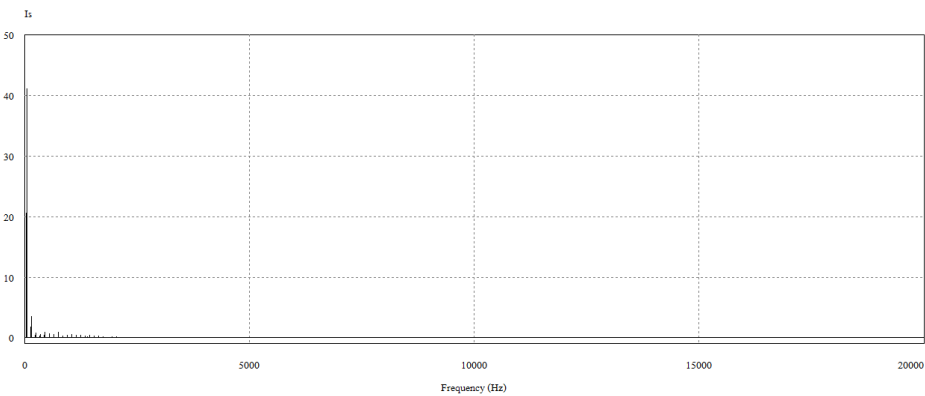


(ข)

ภาพที่ 4.14 กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำของการจำลองการทำงานแบบอินเตอร์ลิฟที่ครึ่งโหลด



(ก)



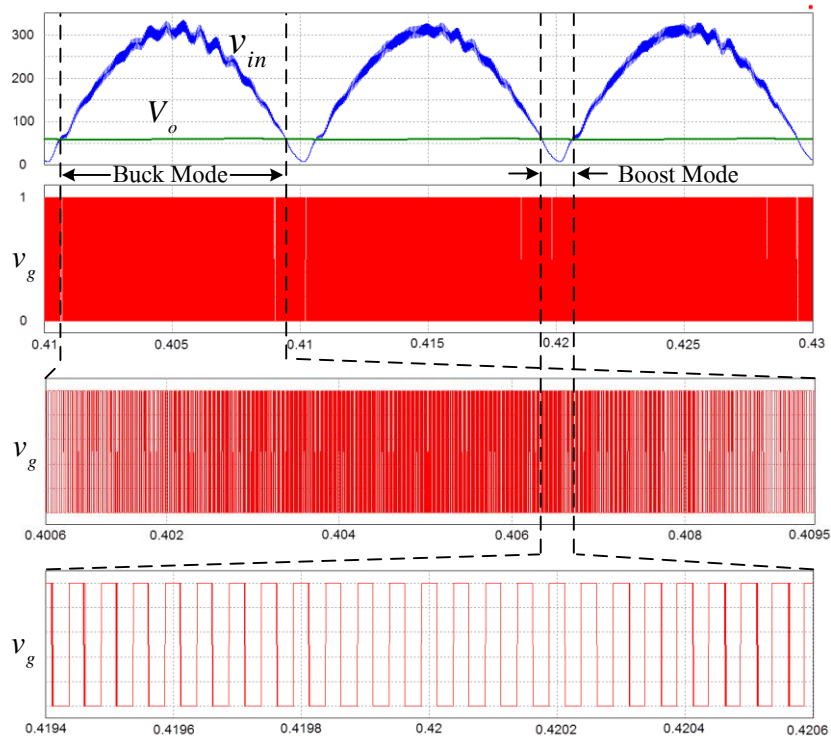
(ข)

ภาพที่ 4.15 กระแสและแรงดันอินพุตของการจำลองการทำงานแบบอินเทอร์ลิฟ
ที่โหลด 50% และสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุต

ภาพที่ 4.15 (ก) แสดงกระแสและแรงดันทางด้านอินพุตของการจำลองแบบอินเทอร์ลิฟที่ภาวะครึ่งโหลตจะเห็นว่าค่าของกระแส i_s มีลักษณะค่อนข้างเป็นรูปคลื่นสัญญาณไซน์และมีความผิดเพี้ยนน้อยมาก เนื่องจากในส่วนของภาคควบคุมได้มีการรับค่าต่างๆในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงมาמודูเลตความกว้างพัลส์เพื่อสร้างสัญญาณสำหรับขับนำสวิตช์ของคอนเวอร์เตอร์ จึงส่งผลให้กระแส i_s มีลักษณะใกล้เคียงรูปคลื่นสัญญาณไซน์ ซึ่งจะแสดงสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุตในภาพที่ 4.15 (ข) และเมื่อนำค่ากระแสและแรงดันด้านอินพุตมาคำนวณตัวประกอบกำลังจะได้ค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับ 0.99

4.6 การวิเคราะห์ผลการจำลอง

การวิเคราะห์ผลการจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลังของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ โดยใช้คอนเวอร์เตอร์แบบบัค-บูสต์จะพิจารณาจากสถานะการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.16 วิเคราะห์ผลการจำลองการทำงานของบัค-บูสต์คอนเวอร์เตอร์

จากภาพที่ 4.16 เปรียบเทียบแรงดันด้านอินพุตซึ่งในที่นี้คือ แรงดันจากวงจรเรียงกระแสที่มีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์สมบูรณ์ v_{in} กับแรงดันทางด้านเอาต์พุต V_o จะเห็นว่าในขณะที่แรงดันอินพุตมีค่ามากกว่าแรงดันเอาต์พุต ($v_{in} > V_o$) จะส่งผลให้บัค-บูสต์คอนเวอร์เตอร์ทำงานในโหมดบัคเพื่อลดระดับของแรงดันให้เป็นไปตามต้องการ และในทางกลับกันเมื่อแรงดันอินพุตมีค่าน้อยกว่าแรงดันเอาต์พุต ($v_{in} < V_o$) ก็จะส่งผลให้บัค-บูสต์คอนเวอร์เตอร์ทำงานในโหมดบูสต์เพื่อยกกระดับของแรงดันให้สูงขึ้น โดยทั้งหมดนี้เป็นผลที่เกิดจากสัญญาณขับนำสวิตช์ v_g ที่ถูกสร้างมาจากวงจรภาคควบคุมที่ได้รับการป้อนกลับค่าต่างๆของระบบ โดยเอาต์พุตที่ได้จากวงจรภาคควบคุมจะมีลักษณะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม ซึ่งมีคาบเวลาคงที่เท่ากับคาบเวลาของแรงดันรูปฟันเลื่อยและมีความกว้างของพัลส์เปลี่ยนแปลงไปตามความกว้างของแรงดันที่ได้จากวงจรเปรียบเทียบ ซึ่งค่าความกว้างของพัลส์ที่ได้นี้จะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาการนำกระแสของสวิตช์กำลังในบัค-บูสต์คอนเวอร์เตอร์ และจากการ

จำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลังของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ โดยใช้คอนเวอเตอร์แบบบัค-บูสต์ ด้วยโปรแกรม PSIM และเมื่อนำผลการจำลองของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ โดยใช้คอนเวอเตอร์แบบบัค-บูสต์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามหลักการและทฤษฎี

4.7 สรุป

จากการสร้างแบบจำลองและผลการจำลองของการปรับแก้ตัวประกอบกำลังของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ โดยใช้คอนเวอเตอร์แบบบัค-บูสต์ ด้วยโปรแกรม PSIM จะเห็นว่าคอนเวอเตอร์ที่นำเสนอมีความสามารถในการเพิ่มหรือลดระดับภาระ โหลดด้านเอาต์พุต แล้วยังสามารถคงค่าพิกัดแรงดันและกำลังไฟฟ้าตรงตามที่ต้องการอยู่ได้ นอกจากนี้รูปคลื่นกระแสและแรงดันในภาคส่วนต่างๆ มีลักษณะรูปคลื่นเป็นไปตามหลักการและทฤษฎีที่นำเสนอ โดยตัวชี้วัดคุณภาพของสัญญาณคลื่นที่ไม่ใช่สัญญาณไซน์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้าคือ อัตราส่วนระหว่างค่ารากที่สองของผลบวกกำลังสองของค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของส่วนประกอบฮาร์มอนิก กับค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของส่วนประกอบของความถี่หลักมูลเทียบเป็นร้อยละซึ่งถ้าหากค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมเท่ากับศูนย์ก็จะหมายความว่ารูปคลื่นสัญญาณดังกล่าวมีความเป็นไซน์และไม่มีฮาร์มอนิกปะปน ซึ่งเมื่อนำผลการจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลังเปรียบเทียบกับผลการจำลองในขณะที่ยังไม่ได้มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลังจะเห็นว่าค่าความผิดเพี้ยนของกระแสด้านอินพุตดีขึ้นอย่างชัดเจน จนส่งผลให้ค่าตัวประกอบกำลังของระบบสูงขึ้น และจากผลการจำลองของการปรับแก้ตัวประกอบกำลังทั้งขณะที่โหลดเต็มพิกัดหรือโหลด 100% และ โหลด 50% จะเห็นว่าผลของแรงดันทางด้านเอาต์พุตของทั้ง 2 ผลการจำลองมีค่าเท่ากันซึ่งตรงตามพิกัดของแรงดันที่ต้องการ แต่เนื่องจากการจำลองที่โหลด 50% มีการลดขนาดของโหลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของพิกัดโหลดระบบ จึงทำให้โหลดมีการดึงกระแสเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้กระแสภายในระบบทั้ง กระแสด้านเอาต์พุต กระแสด้านอินพุต และกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าสูงขึ้นไปจากเดิม และเนื่องจากระบบดังกล่าวได้ถูกออกแบบสำหรับพิกัดระบบชาร์จที่ 1 kW และแรงดันเอาต์พุตที่ 60 V ค่าพารามิเตอร์ต่างๆภายในระบบจึงไม่สามารถตอบสนองการทำงานได้ในระดับที่โหลดลดลงมากๆ จนทำให้กระแสของระบบมีค่าสูงจนเกิดพิกัดการทำงานของระบบได้ ส่วนการจำลองการทำงานแบบอินเตอร์ลิฟนั้นจะส่งผลให้กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ มีการเลื่อนเฟสกันไปเนื่องจากการควบคุมการทำงานของสวิทช์กำลัง แต่ผลที่ได้จากการควบคุมแบบอินเตอร์ลิฟส่งผลให้กระแสทางด้านอินพุตมีค่าความผิดเพี้ยนน้อยลงกว่าการควบคุมแบบให้สวิทช์กำลังทั้ง 3 ตัวทำงานพร้อมกัน