

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวนำขนาดลดลงเดียวและแบบ 2 ขนาด ขนาดกำลัง 50 W ให้แรงดันไฟ เอาต์พุตคงที่ 100 V พร้อมวงจรป้องกันแรงดันไฟเอาต์พุตสูงเกิน โดยทำการเปรียบเทียบรูปคลื่น แรงดันและกระแสจากการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปกับวงจรใช้งานจริง ซึ่งผลการวิจัย สรุปได้ดังนี้

ผลการสร้างวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวนำขนาดลดลงเดียวและแบบ 2 ขนาด ขนาดกำลัง 50 W พร้อมวงจรป้องกันแรงดันไฟเอาต์พุตสูงเกิน

ผลจากการสร้างทำให้ได้ชุดวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์ 2 รูปแบบคือ วงจrtัวเหนี่ยวนำแบบ ขนาดลดลงเดียวสวิตซ์ด้วยเพาเวอร์มอสเฟต และวงจrtัวเหนี่ยวนำแบบ 2 ขนาดสวิตซ์ด้วยเพาเวอร์ ทรานซิสเตอร์ โดยทั้ง 2 วงจรใช้ค่าปารามิเตอร์ และตัวความต้านทานร่วมกับขนาดลดลงเดียวและแบบ 2 ขนาด ในการคำนวณได้โดยประมาณ ค่าความถี่อย่างอิสระเพื่อใช้ควบคุมการสวิตซ์ในการลดตอนแรงดันไฟสูงให้ต่ำลง และควบคุมแรงดันไฟออกทางเอาต์พุตให้คงที่ 100 V ด้วยวงจรเออร์เรอร์แอมป์ เมื่อทดสอบกับแรงดันไฟสลับ 220 V พบร้า วงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวนำขนาดลดลงเดียวและแบบ 2 ขนาด ได้ แรงดันไฟเอาต์พุตคลาดเคลื่อนเพียง 0.40 % และ 0.16 % ตามลำดับ และผลจากการปรับค่าความต้านทานโหลดทางเอาต์พุตลดลงอย่างต่อเนื่อง พบร้า กระแสไฟโหลดมากกว่า 0.5 A ขึ้นไปจะให้กำลังไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตมากกว่า 50 W ส่วนผลการทดสอบวงจรป้องกันแรงดันไฟเอาต์พุตสูงเกิน พบร้า วงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวนำขนาดลดลงเดียวและแบบ 2 ขนาด จะทำงานที่ระดับแรงดันไฟทางเอาต์พุตสูงกว่า 135 V และ 147 V ตามลำดับ ซึ่งการทำงานของวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์ ทั้ง 2 รูปแบบดังกล่าว เป็นไปตามขอบเขตของงานวิจัย

ผลการเปรียบเทียบรูปคลื่นแรงดันและกระแสจากการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปกับวงจรที่ใช้งานจริง เมื่อใส่ชุดควบคุมแรงดันไฟคงที่

การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปจำลองการทำงานเพื่อเปรียบเทียบรูปคลื่นแรงดันและกระแสที่ตัวเหนี่ยวนำของวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวนำขนาดลดลงเดียวและแบบ 2 ขนาด กับวงจรใช้งานจริง โดยกำหนดให้แรงดัน VDC(i/p) เท่ากับ 295V ความต้านทานโหลด 200 Ω พบร้า วงจรใช้งานจริงของบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวนำขนาดลดลงเดียว มีรูปคลื่นแรงดันที่ตกลงร่วมกัน

เห็นได้ว่าที่คล้ายกันกับการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป กล่าวคือ รูปคลื่นแรงดันที่ตัวเหนี่ยวนามีลักษณะเป็นพลังสี่เหลี่ยมตามลักษณะการสวิตช์ ส่วนกระแสที่ขดลวดเหนี่ยวนามีลักษณะที่ไม่เหมือนกัน กล่าวคือ รูปคลื่นกระแสที่ตัวเหนี่ยวนามาจากการจำลองด้วยโปรแกรมจะมีลักษณะเป็นพลังสี่เหลี่ยมแบบๆ ที่ลาดชันสูงในช่วงสุดท้ายก่อนที่สวิตช์จะหยุดนำกระแส และทำงานอยู่ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง ส่วนรูปคลื่นกระแสที่ได้จากการใช้งานจริงจะมีลักษณะของขอบกระแสที่เกาะกลุ่มกันและมีแรงดันสูงสุดช่วงเริ่มต้นในจังหวะที่ขดลวดพยายามออกมานอกมา ในส่วนวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ชดลวด พบร้า รูปคลื่นแรงดันและกระแสที่ขดลวดตัวเหนี่ยวน้ำที่ได้จากการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปกับผลที่ได้จากการใช้งานจริงมีลักษณะคล้ายกันตรงตามทฤษฎี กล่าวคือ ในส่วนของแรงดันต่อกำลังที่ตัวเหนี่ยวนามีลักษณะเป็นพลังสี่เหลี่ยม ส่วนรูปคลื่นกระแสมีลักษณะเป็นพลังสี่เหลี่ยม และทำงานอยู่ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่องเช่นเดียวกัน

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ (η) วงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวน้ำ ชดลวดเดียวและแบบ 2 ชดลวด ขนาดกำลัง 50 W เมื่อใส่ชุดควบคุมแรงดันไฟคงที่

ผลการทดสอบเมื่อคงที่แรงดันไฟฟ้าลับ AC 220 V ด้านขาเข้า พบร้า ประสิทธิภาพ (η) ของวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวน้ำชดลวดเดียวและแบบ 2 ชดลวด มีการเปลี่ยนแปลงขึ้น-ลงไม่คงที่ตลอดย่างการเปลี่ยนแปลงความต้านทานโหลด โดยประสิทธิภาพ (η) สูงสุดของบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวน้ำชดลวดเดียว เท่ากับ 90.87 % ที่ความต้านทานโหลด 190 Ω รองลงมา เท่ากับ 90.52 % ที่ความต้านทานโหลด 130 Ω และต่ำสุด เท่ากับ 88.71 % ที่ความต้านทานโหลด 230 Ω โดยประสิทธิภาพ (η) ของวงจรมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 90.04 % ในขณะที่วงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ชดลวด พบร้า ประสิทธิภาพ (η) ของวงจรสูงสุด เท่ากับ 90.84 % ที่ความต้านทานโหลด 170 Ω รองลงมา เท่ากับ 90.34 % ที่ความต้านทานโหลด 200 Ω และต่ำสุดเท่ากับ 88.60 % ที่ความต้านทานโหลด 130 Ω โดยประสิทธิภาพ (η) ของวงจรมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 89.66 % สำหรับค่าเพาเวอร์เพิกเตอร์ (cosφ) ของบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวน้ำชดลวดเดียวและแบบ 2 ชดลวด มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในทิศทางเดียวกันเมื่อค่าความต้านทานโหลดเพิ่มขึ้น ในขณะที่ วงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวน้ำชดลวดเดียว มีค่าเพาเวอร์เพิกเตอร์ (cosφ) เฉลี่ยสูงกว่าแบบ 2 ชดลวดเล็กน้อยอยู่ที่ 0.62 และ 0.61 ตามลำดับ ส่วนความถี่ในการสวิตช์ (f_s) ของวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวน้ำชดลวดเดียวและแบบ 2 ชดลวด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในทิศทางเดียวกันเมื่อความต้านทานโหลดเพิ่มขึ้น โดยที่วงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวน้ำ แบบชดลวดเดียว มีความถี่ในการสวิตช์เฉลี่ย เท่ากับ 41.16 kHz สูงกว่าประมาณ 6 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับความถี่ในการสวิตช์ของวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ชดลวด และแรงดันริปเปิล ($V_{(p-p)}$) ทางเอาต์พุตของวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวน้ำชดลวดเดียวและแบบ 2 ชดลวดนั้น จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อความต้านทานโหลดลดลง โดยที่วงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบ

ตัวเหนี่ยวนำขดลวดเดียว มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าแบบ 2 ขดลวดเล็กน้อย เท่ากับ $1.8 \text{ V}_{\text{p-p}}$ และ $1.4 \text{ V}_{\text{p-p}}$ ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบรูปคลื่นแรงดันและกระแสที่ตัวขดลวดเหนี่ยวนำ จากการจำลองการทำนายโดยโปรแกรมสำเร็จรูปกับวงจรใช้งานจริง และการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ (η) วงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวนำขดลวดเดียวและแบบ 2 ขดลวด ขนาดกำลัง 50 W เมื่อใส่ชุดควบคุมแรงดันไฟคงที่ ได้พบประเด็นที่น่าสนใจสามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

ผลการสร้างวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวนำขดลวดเดียวและแบบ 2 ขดลวด ขนาดกำลัง 50 W พร้อมวงจรป้องกันแรงดันไฟເອົາຕຸພຸດສູງເກີນ

ผลจากการทดสอบเมื่อจ่ายแรงดันไฟสลับ 220 V ด้านขาเข้าให้กับวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยวนำขดลวดเดียวและแบบ 2 ขดลวด โดยกำหนดให้วงจรควบคุมแรงดันไฟເອົາຕຸພຸດคงที่ไว้ 100 V พบร่วม วงจรบัค คอนเวอร์เตอร์ทั้ง 2 รูปแบบให้แรงดันไฟເອົາຕຸພຸດคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.40 % สำหรับวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบขดลวดเดียว และ 0.16 % สำหรับวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ขดลวด ไม่เกินขอบเขตของงานวิจัยที่ได้ระบุไว้ ซึ่งนับได้ว่า วงจรควบคุมแรงดันไฟເອົາຕຸພຸດคงที่หรือวงจรເອົາຕຸພຸດคงที่ 100 V ไว้ได้ ทั้งนี้เป็นเพร率为ว่า วงจรบัค คอนเวอร์เตอร์ทั้ง 2 แบบได้ถูกออกแบบไว้ให้มีสมรรถนะในการจ่ายกระแสสูงได้อย่างต่อเนื่อง และมีความสอดคล้องกับวงจรເອົາຕຸພຸດคงที่ 100 V ที่ได้เป็นอย่างดี ส่วนการทำงานของวงจรป้องกันแรงดันไฟເອົາຕຸພຸດคงที่ 135 V สำหรับวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ขดลวด เดียว ซึ่งต่ำกว่า แรงดันไฟ 147 V ของวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ขดลวด ทั้งนี้เป็น เพราะว่า แรงดันไฟกระแสเพื่อมหรือแรงดันริบเปิด ($V_{\text{p-p}}$) ของวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบขดลวดเดียวมีค่าสูงกว่า (เมื่อเทียบกับแรงดันไฟเฉลี่ยที่มีค่าเท่ากัน) ดังนั้น แรงดันค่ายอดถึงยอดสูงสุดของแรงดันกระแสเพื่อมจึงไปกระตุนให้ SCR ในรูปแบบของ IC ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรป้องกันแรงดันไฟເອົາຕຸພຸດສູງເກີນนำกระแสได้ที่ระดับแรงดันไฟต่ำกว่า นั่นเอง

ผลการเปรียบเทียบรูปคลื่นแรงดันและกระแสจากการจำลองการด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปกับวงจรที่ใช้งานจริง เมื่อใส่ชุดควบคุมแรงดันไฟคงที่

ผลการเปรียบเทียบรูปคลื่นแรงดันและกระแสที่ขดลวดตัวเหนี่ยวนำที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปกับวงจรใช้งานจริง พบร่วม รูปคลื่นแรงดันและกระแสที่ตัวขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรบัค-คอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ขดลวด มีส่วนคล้ายกันและตรงตามทฤษฎีที่กล่าวไว้ ส่วนวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์แบบขดลวดเดียว พบร่วม รูปคลื่นแรงดันที่ตัวขดลวดเหนี่ยวนามีลักษณะเป็นพัลส์

สีเหลี่ยมตรงตามทฤษฎีและตรงกับผลการจำลองด้วยโปรแกรม ส่วนรูปคลื่นกระแสจากวงจรใช้งานจริงมีลักษณะที่ไม่ตรงกับการจำลองด้วยโปรแกรม กล่าวคือ รูปกระแสที่เกิดจากการจำลองด้วยโปรแกรมจะมีลักษณะคล้ายรูปสามเหลี่ยมตรงตามทฤษฎี แต่ลักษณะของกระแสจากวงจรใช้งานจริงกลับมีลักษณะเกากรุ่มและมีส่วนในช่วงแรกมีลักษณะไม่เป็นรูปสามเหลี่ยม ทั้งนี้เป็น เพราะว่า การจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมจะกำหนดสัญญาณพัลส์ที่มีคาบเวลาคงที่แน่นอนกว่างจริง จริงที่สร้างขึ้นที่มีการกำหนดพัลส์ความถี่อย่างอิสระ ประกอบกับสวิตซ์ทำงานที่ความถี่สูง จึงทำเกิดความถี่าร์โนนิกส์อื่นแทรกปนเข้ามาส่งผลต่อรูปคลื่นกระแสเกากรุ่มกันไม่เห็นเป็นลักษณะคลื่นสามเหลี่ยม นอกจากนี้กระแสที่แหล่งผ่านชุด漉ตในวงจรใช้งานจริงของบีบี คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยววนชุด漉ตเดียวและแบบ 2 ชุด漉ต จะทำงานอยู่ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่องทั้งสองวงจร ทั้งนี้ เป็น เพราะว่า ค่าความเนียนนำของชุด漉ตในวงจรใช้งานจริงมีค่าต่ำกว่าที่คำนวณไว้ นั่นเอง

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ (ท) วงจรบีบี คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยววนนำชุด漉ตเดียวและแบบ 2 ชุด漉ต ขนาดกำลัง 50 W เมื่อใส่ชุดควบคุมแรงดันไฟคงที่

ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ (ท) วงจรบีบี คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยววนนำชุด漉ตเดียวและแบบ 2 ชุด漉ต ขนาดกำลัง 50 W เมื่อใส่ชุดควบคุมแรงดันไฟคงที่ พบร้า ประสิทธิภาพ (ท) ของวงจรบีบี คอนเวอร์เตอร์ทั้งสองรูปแบบมีค่าไม่คงที่ โดยมีการเปลี่ยนแปลงขึ้น-ลงเล็กน้อยเมื่อเปลี่ยนแปลงความต้านทานโหลด เป็น เพราะว่า ค่ากำลังงานไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุต power_(o/p) ต่อ กำลังงานไฟฟ้าทางด้าน power_(i/p) นั้นไม่คงที่ สาเหตุอาจเกิดจากความไม่เสถียรของวงจร เนื่องจาก การสวิตซ์ ที่มีคาบเวลาที่ไม่คงที่ เมื่อกับการใช้อิซิสำเร็จรูปในการกำหนดความถี่ในการสวิตซ์ที่ แน่นอนกว่าและค่าความร้อนที่เกิดขึ้นกับตัวความต้านทานที่นำมาเป็นโหลดทดสอบด้วย อย่างไร ก็ตาม ประสิทธิภาพ (ท) ของวงจรบีบี คอนเวอร์เตอร์ทั้งสองรูปแบบยังคงมีค่าเฉลี่ย มากกว่า 80 % ส่วนค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ (cosφ) ที่ลดลงเมื่อเปลี่ยนแปลงความต้านทานโหลดเพิ่มขึ้น เกิดเนื่องจาก ความต้านทานโหลดส่งผลโดยตรงต่อความถี่ในการสวิตซ์ในวงจรบีบี คอนเวอร์เตอร์ ดังสมการ

$$f_S = \frac{(1-D)R_L}{2L_{min}} \quad \text{นอกจากนี้ แรงดันริบเปิล (V_{(p-p)}) ของแรงดันไฟตรงทางเอาต์พุตที่เพิ่มขึ้นนั้น เป็นผลมาจากการความต้านทานโหลดที่ลดลง ทำให้มีการดึงกระแสและแรงดันจากภาคปั๊มเตอร์ทางเอาต์พุตมากขึ้น จึงส่งผลให้เกิดการกระแสเพิ่มของแรงดันริบเปิลสูงขึ้นได้}$$

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. วงจรบีบี คอนเวอร์เตอร์แบบตัวเหนี่ยววนนำชุด漉ตเดียวและแบบ 2 ชุด漉ต เมื่อใช้กับ วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V, 50 Hz ทำให้ได้ค่าตัวประกอบกำลังหรือเพาเวอร์แฟกเตอร์ (cosφ) มีค่าไม่สูงมากนักประมาณ 0.59 - 0.64 เท่านั้น การเพิ่มวงจรค่าตัวประกอบกำลังแบบแยกตัว (Active PFC) และวงจร EMI Filter เข้าไปในวงจรส่วนหน้าจะช่วยให้ค่าตัวประกอบกำลังมีค่าสูงขึ้น ได้ และสามารถลดาร์โนนิกส์ลงได้ระดับหนึ่ง

2. การใช้อีซีสำเร็จรูปในการกำเนิดความถี่พัลส์รูปสี่เหลี่ยม เพื่อใช้ควบคุมการสวิตช์ด้วยเทคนิคพัลส์-วิด-มอตูเลชัน จะทำให้ควบคุมการสวิตช์ง่ายได้ดีกว่าการใช้วงจรกำเนิดความถี่อิสระแบบป้อนกลับด้วยขดลวด

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครึ่งต่อไป

หลอด Eco LED แบบ Super Bright ได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง สามารถใช้แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 W และ 36 W ได้ ดังนั้นการใช้วงจรบัค คอนเวอร์เตอร์กำเนิดแรงดันไฟสูงแต่กระแสต่ำเพื่อใช้กับหลอด Eco LED จึงนับว่าเป็นเรื่องที่สนใจและพัฒนาต่อไป