

## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนางจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์ ขนาดกำลัง 50 W เพื่อใช้ขับหลอด LED กำลังสูง ให้ค่าตัวประกอบกำลังเป็น 1 นั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) ของ วงจรบูสต์ คอนเวอร์เตอร์และวงจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์ โดยใช้ความต้านทานเป็นโหลด และหาประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) ของชุดวงจรคอนเวอร์เตอร์เมื่อขับหลอด LED กำลังสูงแบบแฟคคู่ นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ( $\text{COS}\phi$ ) และค่ากำลังไฟฟ้าจริงด้านขาเข้า (Real Power) ระหว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W กับหลอด LED กำลังสูงแบบแฟคคู่ ผลการทดลองงานวิจัยสรุปได้ดังนี้

#### 1. ผลการทดสอบประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) วงจรบูสต์ คอนเวอร์เตอร์โดยใช้ความต้านทานเป็นโหลด

การทดสอบวงจรบูสต์ คอนเวอร์เตอร์ ขนาดกำลัง 100 W ที่แรงดันไฟเอาต์พุต +390 V ด้วยการปรับค่าความต้านทานโหลดและเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ AC ทางด้านอินพุตตั้งแต่ 180 V - 240 V พบว่า ประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) ของวงจรสูงกว่า 80 % เป็นไปตามสมมติฐาน (1) ที่ตั้งไว้ 80 % และเพาเวอร์แฟกเตอร์ ( $\text{COS}\phi$ ) สูงกว่า 0.87 เข้าใกล้ 1 ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ VA (W) ใกล้เคียงกับค่ากำลังไฟฟ้าจริง Power AC (W) แสดงให้เห็นว่า เกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในระบบต่ำ ส่วนขนาดกำลังไฟฟ้า Power ( $\text{O/P}$ ) ทางด้านเอาต์พุตค่อนข้างคงที่และสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้มากกว่า 70 W ดังนั้น วงจรบูสต์ คอนเวอร์เตอร์นี้สามารถนำไปขับวงจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์ ขนาดกำลัง 50 W ได้อย่างเหมาะสมต่อไป และเมื่อพิจารณาที่ระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ AC 160 V - 170 V จะเห็นว่า ประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) ของวงจรลดต่ำลง 2 - 3 เท่า

## 2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) วงจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์โดยใช้

ความต้านทานเป็นโหลด

การทดสอบวงจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์ ขนาดกำลัง 50 W ที่แรงดันไฟเอาต์พุต +150 V ด้วยการปรับค่าความต้านทานโหลดและเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ AC ทางด้านอินพุตตั้งแต่ 160 V - 240 V พบว่า ประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) ของวงจรสูงกว่า 80 % เป็นไปตามสมมติฐาน (1) ที่ตั้งไว้ 80 % แต่เพาเวอร์แฟกเตอร์ ( $\cos\phi$ ) ต่ำกว่า 0.64 ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ VA (W) แตกต่างกับค่ากำลังไฟฟ้าจริง Power AC (W) ค่อนข้างมาก แสดงให้เห็นว่าเกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในระบบค่อนข้างสูง ส่วนกำลังไฟฟ้า  $Power_{(o/p)}$  ทางด้านเอาต์พุตสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้มากกว่า 50 W ดังนั้น จึงสามารถนำไปขับหลอด LED กำลังสูงแบบแพ็คเกจที่ออกแบบใช้กำลังไฟฟ้าเพียง 45 W ได้เป็นอย่างดี

## 3. ผลการทดสอบหลอด LED กำลังสูงแบบแพ็คเกจขับด้วยชุดวงจรคอนเวอร์เตอร์

การทดสอบหลอด LED กำลังสูงแบบแพ็คเกจ ขับด้วยชุดวงจรคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งประกอบด้วยวงจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์ ขนาดกำลัง 50 W เพื่อใช้ขับหลอด LED กำลังสูง โดยมีวงจรบูสต์ คอนเวอร์เตอร์ ขนาดกำลัง 100 W ใส่ไว้ในวงจรส่วนหน้า พบว่า เมื่อคงที่แรงดันไฟสลับ AC 220 V, 50Hz ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ( $\cos\phi$ ) เท่ากับ 0.94 ส่วนประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) ของวงจรชุดคอนเวอร์เตอร์ เท่ากับ 73.94 % ต่ำกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ 80 %

## 4. ผลการเปรียบเทียบค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ( $\cos\phi$ ) และค่ากำลังไฟฟ้าจริงด้านขาเข้า (Real Power) ระหว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์กับหลอด LED กำลังสูงแบบแพ็คเกจ

4.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ( $\cos\phi$ ) เมื่อคงที่แรงดันไฟสลับ 220 V, 50 Hz พบว่า วงจรหลอด LED กำลังสูงแบบแพ็คเกจขับด้วยชุดวงจรคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งประกอบด้วยวงจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์โดยมีบูสต์ คอนเวอร์เตอร์ เป็นวงจรส่วนหน้า วัดค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ( $\cos\phi$ ) ได้ เท่ากับ 0.94 ต่ำกว่า 0.98 จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W ที่ขับด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ทรอนิกส์บัลลาสต์ เพียง 4.08 % แต่มีค่ามากกว่า 0.54 จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W ที่ขับด้วยแมกเนติกส์ บัลลาสต์ อยู่ถึง 42.55 %

4.2 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าจริงด้านขาเข้า (Real Power) เมื่อคงที่ค่าแรงดันไฟสลับ AC 220 V, 50 Hz พบว่า วงจรหลอด LED กำลังสูงแบบแพ็คคู่ขับด้วยวงจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์โดยมีบูสต์ คอนเวอร์เตอร์เป็นวงจรส่วนหน้า ใช้กำลังไฟฟ้าจริง Power AC (W) เท่ากับ 57.00 W เท่านั้น ซึ่งน้อยกว่า 96.10 W และ 66.10 W จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W ที่ขับด้วยแมกเนติกส์บัลลาสต์และอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ อยู่ 40.68 % และ 13.77 % ตามลำดับ

### อภิปรายผลการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนางจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์ ขนาดกำลัง 50 W เพื่อใช้ขับหลอด LED กำลังสูง ให้ค่าตัวประกอบกำลังเป็น 1 ได้พบประเด็นที่น่าสนใจสามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

#### 1. ผลการทดสอบประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) วงจรบูสต์ คอนเวอร์เตอร์โดยใช้ความต้านทาน

##### เป็นโหลด

การทดสอบวงจรบูสต์ คอนเวอร์เตอร์ ขนาดกำลัง 100 W ด้วยการเปลี่ยนค่าความต้านทาน โหลดและเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ AC ทางด้านอินพุต 180 V - 240 V พบว่า ประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) ของวงจรสูงมากกว่า 80 % ทั้งนี้เป็นเพราะว่า อัตราส่วนกำลังไฟฟ้า  $Power_{(o/p)}$  ต่ำกว่ากำลังไฟฟ้าจริง Power AC (W) ไม่มากนัก ส่วนค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ( $\cos\phi$ ) มากกว่า 0.87 ขึ้นไปจนเข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นถึงการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในระบบต่ำซึ่งเป็นผลดีในด้านการประหยัดกำลังงานไฟฟ้า ทั้งนี้เป็นเพราะว่า วงจรบูสต์ คอนเวอร์เตอร์ได้ใช้ไอซีเฉพาะที่มีคุณสมบัติในการแก้ไขเพาเวอร์แฟกเตอร์ (PFC) ให้สูงขึ้น ด้วยการใช้ความถี่สูงในการสวิตช์กระแสให้สอดคล้องกับแรงดันไฟสลับ AC ทางด้านขาเข้าจึงส่งผลทำให้กระแสและแรงดันไฟสลับ AC ไม่เกิดมูมต่างเฟสและมีรูปร่างใกล้เคียงรูปคลื่นไซน์ และนั่นคือปัจจัยหลักที่ทำให้เพาเวอร์แฟกเตอร์ ( $\cos\phi$ ) มีค่าสูงเข้าใกล้ 1 สอดคล้องกับงานวิจัยของพงศ์เทพ โกศลสมบัติ และสุรพล ฉันทวีโรจน์ (2548) ที่กล่าวว่า กระแส

อินพุตเป็นรูปคลื่นไซน์เหมือนแรงดันและไม่เกิดมมต่างเฟสทำให้ค่าตัวประกอบกำลังเป็น 1 ส่วนแรงดันไฟสลับ AC ที่ระดับ 160 V-170 V นั้น ประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) ของวงจรบูสต์ คอนเวอร์เตอร์ลดต่ำลง 2-3 เท่า ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ผลจากการออกแบบคุณลักษณะของวงจรโดยเมื่อระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ AC ต่ำกว่าที่กำหนดจะทำให้เกิดการดีงกระแส  $I_{DC(i/p)}$  มากกว่าปกติทำให้แรงดันไฟ  $V_{DC(i/p)}$  ทางด้านอินพุตลดลง แต่ด้วยคุณสมบัติของไอซีสวิตซ์ในวงจรบูสต์ คอนเวอร์เตอร์ยังคงสามารถรักษากำลังไฟฟ้า Power  $(o/p)$  ทางด้านเอาต์พุตไว้ได้อย่างคงที่แต่ก็ยังส่งผลให้ประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) ของวงจรลดลงไป

## 2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) วงจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์โดยใช้

ความต้านทานเป็นโหลด

การทดสอบวงจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์ ขนาดกำลัง 50 W ด้วยการเปลี่ยนค่าความต้านทานโหลดและเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ AC ทางด้านอินพุต พบว่า ประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) ของวงจรสูงมากกว่า 80 % เป็นเพราะว่า อัตราส่วนกำลังไฟฟ้า Power $(o/p)$  นั้นต่ำกว่ากำลังไฟฟ้า Power $(i/p)$  เพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากวงจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์ ทำงานในโหมดสวิตซ์ซึ่งที่ความถี่สูง ทำให้ลดการสูญเสียกำลังงานของอุปกรณ์กำลังต่างๆ ได้เป็นอย่างมาก สามารถจ่ายกำลังงานได้อย่างต่อเนื่องและไม่สูญเสียกำลังในรูปแบบของความร้อนมากนัก

ส่วนเพาเวอร์แฟกเตอร์ ( $\cos\phi$ ) ต่ำกว่า 0.64 ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เป็นเพราะว่า การใช้เรียงกระแสแบบบริดจ์ในส่วนหน้าที่ทำงานทั้งเฟสลบและเฟสบวกโดยสัมพันธ์กับการดีงกระแสของหม้อแปลงสวิตซ์ในวงจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์ซึ่งเป็นโหลด แต่เนื่องจากไฟฟ้ากระแสสลับ AC ขาเข้าความถี่ต่ำ 50 Hz ทำให้กระแสที่จ่ายออกจากวงจรบริดจ์แต่ละครึ่งไซเคิลทั้งเฟสบวกและลบเป็นไปตามเท่าที่โหลดต้องการ จึงเห็นรูปคลื่นของกระแสมีความสัมพันธ์กับแรงดันตามความเป็นจริง แต่รูปคลื่นของกระแสไม่มีลักษณะที่เป็นรูปคลื่นไซน์ที่ชัดเจน ดังนั้น จึงส่งผลทำให้เพาเวอร์แฟกเตอร์ ( $\cos\phi$ ) มีค่าต่ำ สอดคล้องกับทฤษฎีดังสมการ  $\lambda = \frac{P}{U} = \frac{V_s I_s \cos\theta_1}{V_s I_s}$  หรือ  $\lambda = Kd \times DP$  นั่นคือ กระแสที่ไม่ใช่รูปคลื่นไซน์จะไม่ได้ประกอบไปด้วยกระแสที่มีความถี่มูลฐานเท่านั้น แต่ประกอบด้วยกระแสที่ความถี่เป็นจำนวนทวีคูณของความถี่มูลฐาน เรียกว่า กระแสฮาร์โมนิกส์ ดังนั้นถึงแม้ว่าค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ( $\cos\phi$ ) จากการคำนวณจะมีค่าเป็น 1 แต่ถ้ากระแสมีความผิดเพี้ยนมากค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ก็จะมีค่าน้อยกว่า 1 ได้เช่นกัน

### 3. ผลการทดสอบหลอด LED กำลังสูงแบบแพ็คเกจ ชับด้วยชุดวงจรคอนเวอร์เตอร์

การทดสอบหลอด LED กำลังสูงแบบแพ็คเกจ ชับด้วยชุดวงจรคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งประกอบด้วยวงจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์ ขนาดกำลัง 50 W โดยมีบูสต์ คอนเวอร์เตอร์ ขนาดกำลัง 100 W ใส่ไว้ในวงจรส่วนหน้า พบว่า เมื่อคงที่แรงดันไฟสลับ AC 220 V, 50Hz ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ (COS $\phi$ ) เท่ากับ 0.94 มีค่าสูงใกล้เคียง 1 เนื่องจากวงจรบูสต์ คอนเวอร์เตอร์ ได้ใช้ไอซีเฉพาะที่มีคุณสมบัติในการแก้ไขเพาเวอร์แฟกเตอร์ (PFC) ให้สูงขึ้น คือ เบอร์ FAN7528 ในการสร้างรูปคลื่นกระแสทางอินพุตให้เหมือนกับรูปคลื่นไซน์ของแรงดันและไม่ทำให้เกิดมูตางเฟส จึงส่งผลให้เพาเวอร์แฟกเตอร์ (COS $\phi$ ) สูงขึ้นได้ ดังสมการ  $P = V_s I_s \cos\phi$  ส่วนประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) ของวงจรชุดคอนเวอร์เตอร์ เท่ากับ 73.94 % ที่ลดลงต่ำกว่า 80 % นั้น ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ชุดวงจรคอนเวอร์เตอร์มีลักษณะการต่อวงจรเป็นแบบสองขั้นตอนจึงส่งผลให้การสูญเสียกำลังในระบบชุดคอนเวอร์เตอร์ในภาพรวมมีมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงทำให้ประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) ของวงจรชุดคอนเวอร์เตอร์ ลดลงนั่นเอง

### 4. ผลการเปรียบเทียบค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ (Cos $\phi$ ) และค่ากำลังไฟฟ้าจริงด้านขาเข้า (Real Power) ระหว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์กับหลอด LED กำลังสูงแบบแพ็คเกจ

4.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ (COS $\phi$ ) เมื่อคงที่แรงดันไฟสลับ AC 220 V, 50 Hz พบว่า วงจรหลอด LED กำลังสูงแบบแพ็คเกจ ชับด้วยชุดวงจรคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งประกอบด้วยวงจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์ โดยมีบูสต์ คอนเวอร์เตอร์เป็นวงจรส่วนหน้า วัดค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ (COS $\phi$ ) ได้เท่ากับ 0.94 ใกล้เคียงกับ 0.98 จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ โดยที่ภายในตัวบัลลาสต์ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำให้การสูญเสียกำลังไฟฟ้าต่ำ อย่างไรก็ตามวงจรหลอด LED กำลังสูงแบบแพ็คเกจยังคงให้ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ (COS $\phi$ ) สูงกว่า 0.54 จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W ที่ขับเคลื่อนด้วยแมกเนติกส์บัลลาสต์ ทั้งนี้เป็นเพราะว่า แมกเนติกส์บัลลาสต์มีโครงสร้างทำมาจากขดลวดพันบนแกนเหล็ก เมื่อใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ AC 220 V, 50 Hz ด้วยคุณสมบัติที่เป็น L จึงทำให้กระแส (I) ล้าหลังแรงดัน (V) เป็นมุม  $\theta$  จึงส่งผลให้ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำ นั่นเอง

4.2 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าจริงด้านขาเข้า (Real Power) เมื่อคงที่แรงดันไฟสลับ AC 220 V, 50 Hz พบว่า วงจรหลอด LED กำลังสูงแบบแพ็คเกจ ชับด้วยชุดวงจรคอนเวอร์เตอร์

ซึ่งประกอบด้วยวงจร ฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์โดยมีบูสต์ คอนเวอร์เตอร์เป็นวงจรส่วนหน้าใช้ กำลังไฟฟ้าจริง Power AC (W) เท่ากับ 57.00 W เท่านั้น ซึ่งน้อยกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W ที่ซั้บด้วยแม็กเนติกส์บัลลาสต์และอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ อยู่ 40.68 % และ 13.77 % ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะว่า หลอด LED กำลังสูงซั้บด้วยชุดวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่มีประสิทธิภาพ ค่อนข้างสูงประการหนึ่ง ประกอบกับหลอด LED กำลังสูงที่ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าในขณะที่ให้ ค่าความเข้มแสงใกล้เคียงกัน ส่วนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W ที่ซั้บด้วยอิเล็กทรอนิกส์ บัลลาสต์นั้นจะประหยัดกำลังงานไฟฟ้ารองลงมา เนื่องจากอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ได้ถูกพัฒนาขึ้นมา แทนแม็กเนติกส์บัลลาสต์ ด้วยการใช้อุปกรณ์สวิทซ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ความเร็วสูงและใช้ขดลวด เหนียวหนาที่เล็กกว่า ดังนั้นจึงสามารถลดความสูญเสียในขดลวดและความร้อนที่เกิดขึ้นได้

### ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. โครงการวิจัย การพัฒนางจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์ ขนาดกำลัง 50 W เพื่อใช้ซั้บ หลอด LED กำลังสูงให้ค่าตัวประกอบกำลังเป็น 1 นั้นเป็นวงจรแบบสองขั้นตอน ดังนั้นวงจรจึงแยก ออกจากกันอย่างอิสระ การนำวงจรทั้งสองประกอบเข้าด้วยกันและออกแบบแผ่นระบายความร้อนใน แนวนอนให้เหมาะสมติดแผ่น PCB จะทำให้ขนาดพื้นที่ของวงจรเล็กลง
2. ควรมีการวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เมื่อนำหลอด LED กำลังสูงมาใช้แทน หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W ที่ซั้บด้วยแม็กเนติกส์บัลลาสต์และอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ เพื่อใช้ เป็นข้อมูลในการประกอบการตัดสินใจ

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาข้อมูลหลอด LED กำลังสูงรุ่นใหม่ๆ ที่มีคุณสมบัติหรือประสิทธิภาพในการ ส่องสว่างที่สูงมากกว่า มีราคาที่เหมาะสมและหาได้ง่ายตามท้องตลาด
2. การพัฒนางจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์แบบขั้นตอนเดียว โดยทำงานร่วมกับไอซี เฉพาะที่มีคุณสมบัติในการแก้ไขเพาเวอร์แฟกเตอร์ (COS $\phi$ ) ให้มีค่าสูงขึ้น (Power Factor Correction ; PFC) ที่มีขนาดแรงดันไฟและกำลังวัตต์เหมาะสมกับหลอด LED กำลังสูง จะทำให้ ประสิทธิภาพของวงจรสูงขึ้นและลดการใช้พลังงานลงได้อีก