บทที่ 4
ออกแบบและควบคุมการทำงาน

4.1 บทนำ

ในการควบคุมการทำงานของวงจรเรียงกระแส 3 เฟสที่ใช้ไทรีสเตอร์นำกระแสจำเป็นจะต้องปรับมุมนำกระแสให้กับชุดของคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งในการสร้างชุด 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์แบบปรับปรุงใหม่ ที่ใช้ชุดหม้อแปลงอินเตอร์เฟสในการเพิ่มจำนวนพัลส์ร่วมกับวงจรไทรีสเตอร์ช่วยในระบบไฟฟ้ากระแสตรงนั้นได้มีการนำเสนอการออกแบบและการควบคุมดังนี้

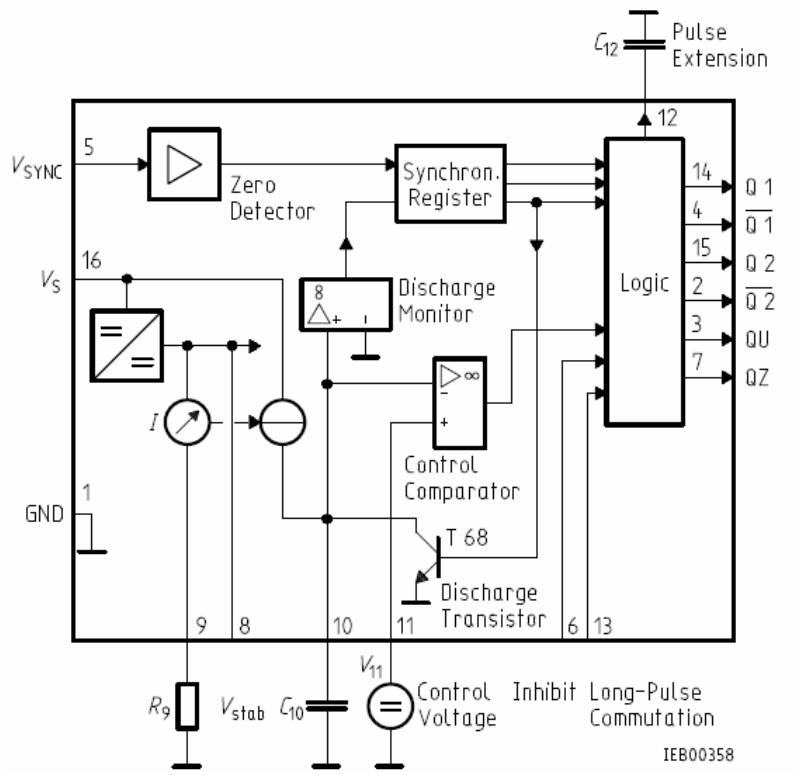
4.2 การควบคุมมุมนำกระแส

ในการควบคุมการนำกระแสของชุด 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์แบบปรับปรุงใหม่ ที่ใช้ชุดหม้อแปลงอินเตอร์เฟสในการเพิ่มจำนวนพัลส์ อุปกรณ์ที่ใช้เป็นไทรีสเตอร์ MODULE รุ่น SKKT 27/12E จากรูปที่ 4.1 พิกัดแรงดัน 1300V และกระแส 32A ที่พิกัดซึ่งมีรายละเอียดของไทรีสเตอร์อยู่ในภาคผนวก ข

รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ไทรีสเตอร์เบอร์ SKKT 27/12E

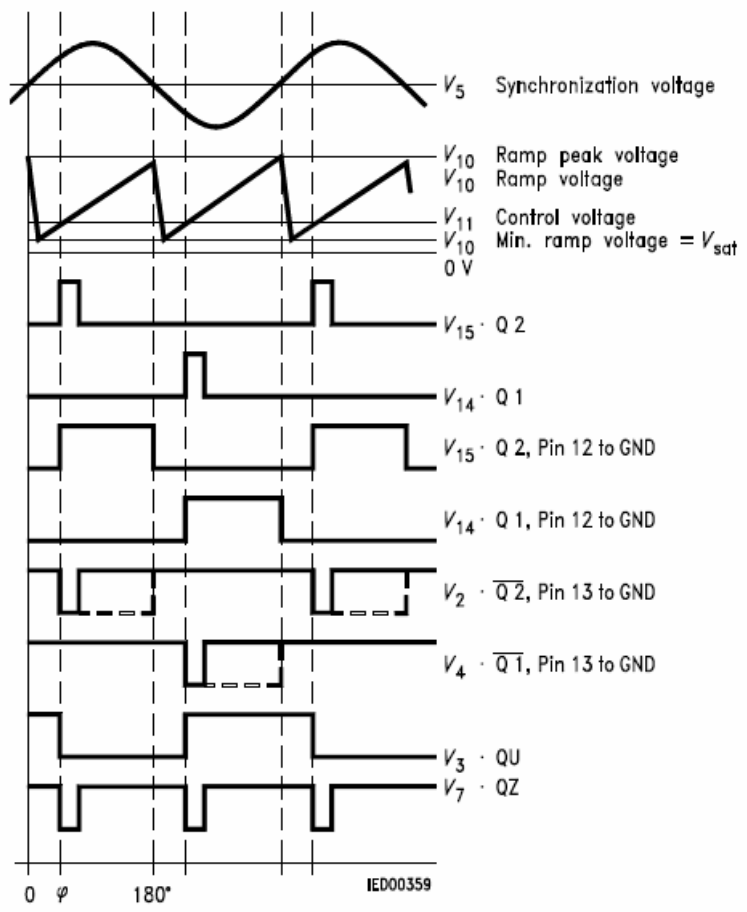
และได้ใช้ IC สำเร็จรูปเบอร์ TCA785 เป็นชุดกำเนิดสัญญาณพัลส์เพื่อจุดชนวนอุปกรณ์ไทรีสเตอร์ให้นำกระแสซึ่งสามารถปรับมุมนำกระแสของ SCR ได้โดยการปรับแรงดันควบคุมดีซีที่ขา 11 ของ IC ตามรูปที่ 4.2

โดยหลักการสร้างสัญญาณทริกเกจของ SCR เริ่มจากการทำให้ SCR ในวงจรคอนเวอร์เตอร์มีลำดับการทำงานให้ถูกต้องตามสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านอินพุท โดยนำสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้มาลดทอน ให้เท่ากับ ± 0.7 VAC เข้าที่ขา 5 ของ IC ตามรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 วงจรการทำงานภายในของ IC TAC 785

จากนั้นสัญญาณที่ได้จะผ่านวงจรตรวจจับแรงดันศูนย์ไปยังส่วนของวงจรซิงโครไนซ์รีจีสเตอร์ ซึ่งควบคุมการสร้างสัญญาณแรมพ์ที่เกิดจากการเก็บประจุของ C_{10} ด้วยกระแสคงที่ซึ่งกำหนดความชันของสัญญาณแรมพ์โดยการปรับตัวต้านทาน R_9 แล้วนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ขา 11 จากนั้นสัญญาณที่ขา 10 และขา 11 จะถูกนำไปสร้างสัญญาณพัลส์เพื่อนำไปจุดชนวนไทริสเตอร์ โดยที่สัญญาณพัลส์ที่สร้างขึ้นจะถูกส่งออกที่ขา 14 และขา 15 ของไอซีและมีมุมต่างเฟสกัน 180° ตามรูปที่ 4.3 ภาคผนวก ข



รูปที่ 4.3 สัญญาณที่ขาต่างๆ ของ TCA 785

ในการควบคุมการนำกระแสของ 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์แบบที่มีการปรับปรุงจะใช้ IC TCA785 ทั้งหมด 4 ชุดและทั้งหมดจะต้องเข้าหม้อแปลงสัญญาณกระตุ้นเพื่อเพิ่มกระในการจุดชนวนไทรีสเตอร์ โดยจะใช้หม้อแปลงกระตุ้นสัญญาณเบอร์ SKPT 27 ตามรูปที่ 4.4 สามสมารถเลือกขนาดได้โดยดูได้จากภาคผนวก ข

รูปที่ 4.4 หม้อแปลงกระตุ้นสัญญาณ

4.3 การออกแบบชุดหม้อแปลงอินเตอร์เฟส

ออกแบบหม้อแปลงอินเตอร์เฟสจากหัวข้อ 3.5.3 และการออกแบบหม้อแปลงจากสมการที่ 2.21 เมื่อ a เท่ากับอัตราส่วนของหม้อแปลงที่ $a \cong \frac{V_1}{V_2} \cong \frac{N_1}{N_2} \cong \frac{I_2}{I_1}$ ขณะที่แรงดัน V_d หาได้จาก $V_d = 1.35V_{LL}.cos(\alpha)$ จากสมการที่ 3.10 โดยที่กำหนดมุมนำกระแสให้กับชุดวงจรเรียงกระแส 3 เฟส 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์ที่มุม $\alpha = 30°$ โดยสมมติให้ค่าพารามิเตอร์ที่แรงดันด้านเข้าเท่ากับ $V_{LL} = 155$V, ที่โหลดเท่ากับ 400W จากสมการ V_d แทนค่า V_{LL} จะได้ว่า

$$V_d = 1.35 \text{ x } 155 \text{ x } cos(30°)$$

$$V_d = 181\text{V}$$

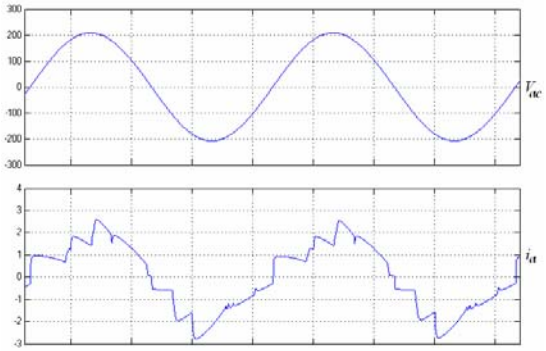
ที่แรงดันที่หม้อแปลงอินเตอร์เฟส $V_{TFpq} = V_d = V_{pq} = 181$V ค่าของกระแส I จากโหลด 400W

จะได้ว่า $I = 400/181 = 2.2\text{A}$

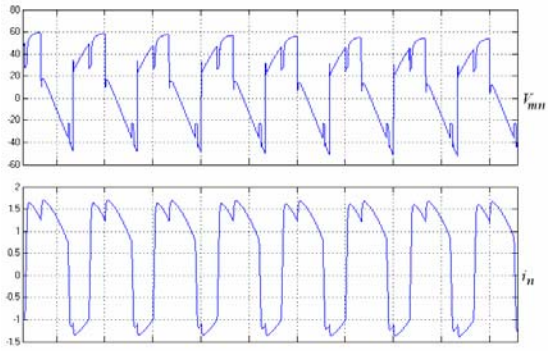
ดังนั้นพิกัดของหม้อแปลงอินเตอร์เฟสจะเท่ากับที่แรงดันทางเข้าของหม้อแปลงที่ 181V โดยออกแบบที่ 200V และขนาดของกระแสเท่ากับ 2.2A จากการที่กำหนดให้แรงดันที่หม้อแปลงอินเตอร์เฟสมีภาวะที่เฟสสมดุล

4.3.1 การทดสอบหม้อแปลงอินเตอร์เฟสเมื่อเกิดสภาวะไม่สมดุลที่ $k = 0.5:1$

ทำการทดสอบด้วยการจำลองระบบเมื่อกำหนดให้มุมนำกระแส $\alpha = 30°$, (β_p, $\beta_q = 30°$) ให้กับคอนเวอร์เตอร์โดยที่กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ $V_{LL} = 155$V, โหลด = 400W ให้อัตราส่วนของหม้อแปลงวงจรช่วยไทริสเตอร์เท่ากับ $a = 1:1:1$

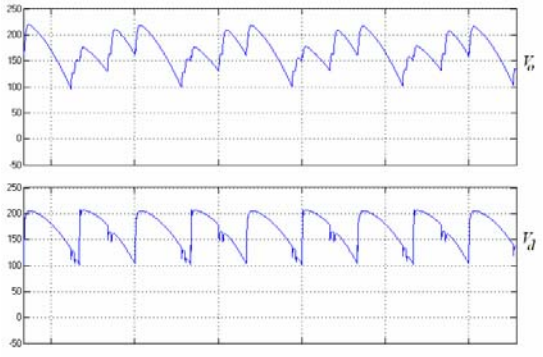


(ก) รูปสัญญาณ V_{ac}, i_a ที่ได้จากการจำลอง $V_{ac} = 100$V/div, $i_a = 1$A/div



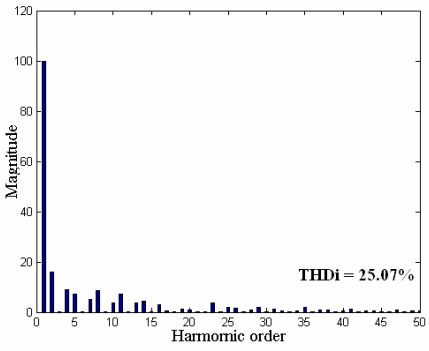
(ข) รูปสัญญาณ V_{mn}, i_n ที่ได้จากการจำลอง $V_{mn} = 20$V/div, $i_a = 0.5$A/div

รูปที่ 4.5 รูปสัญญาณ V_{ac}, i_a, V_{mn} และ i_n เมื่อเกิดเฟสไม่สมดุลที่แรงดัน V_{TFp} มีอัตราส่วนที่น้อยกว่า



(ก) รูปสัญญาณ V_o, V_d ที่ได้จากการจำลอง

V_o = 50V/div, V_d = 50V/div

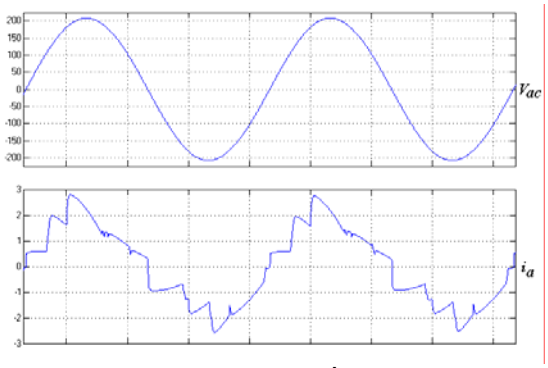


(ข) ค่า THDi ของกระแส i_a ได้จากการจำลอง

รูปที่ 4.6 รูปสัญญาณ V_o, V_d และ THDi เมื่อเกิดเฟสไม่สมดุลที่แรงดัน V_{TFp} มีอัตราส่วนที่น้อยกว่า

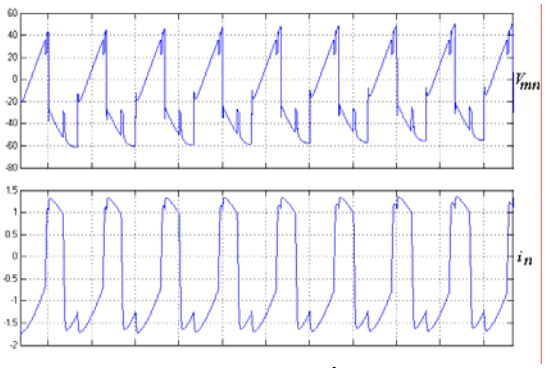
จากการจำลองระบบ เมื่อมีการกำหนดให้อัตราส่วนของหม้อแปลงอินเตอร์เฟสที่เฟสไม่สมดุลจากรูปที่ 4.5 (ก) และ รูปที่ 4.6 (ข) กระแส i_a จะผิดเพี้ยนไปจากคลื่นรูปไซน์มากทำให้เกินฮาร์มอนิกสูง และจากรูปที่ 4.5 (ข) การปรับมุมนำกระแสที่วงจรช่วยไทริสเตอร์ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากแรงดัน V_{mn} มีการแบ่งแรงดันที่ไม่เท่ากันและการฉีดกระแส i_n ที่ไม่สมดุล ส่วนแรงดันเอาท์พุทจะเกิดริปเปิ้ลที่สูงขึ้นและไม่ราบเรียบดูได้จากรูปที่ 4.6 (ก)

4.3.2 การทดสอบหม้อแปลงอินเตอร์เฟสเมื่อเกิดสภาวะไม่สมดุลที่ k = 1:0.5



(ก) รูปสัญญาณ V_{ac}, i_a ที่ได้จากการจำลอง

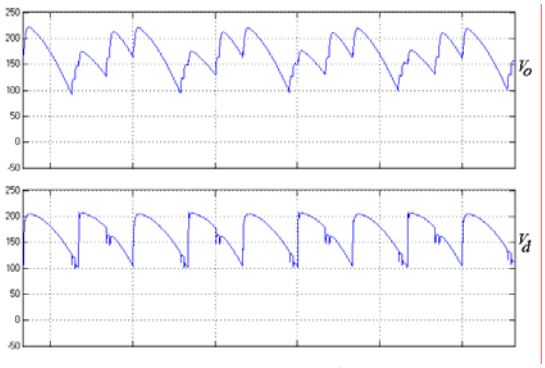
V_{ac} = 50V/div, i_a = 1A/div



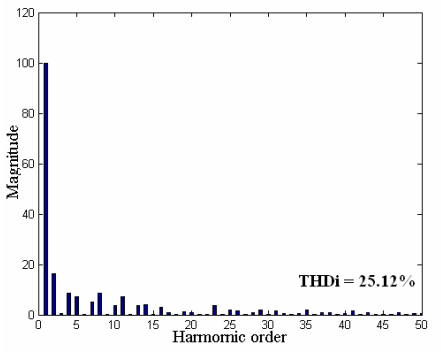
(ข) รูปสัญญาณ V_{mn}, i_n ที่ได้จากการจำลอง

V_{mn} = 20V/div, i_a = 0.5A/div

รูปที่ 4.7 รูปสัญญาณ V_{ac}, i_a, V_{mn} และ i_n เมื่อเกิดเฟสไม่สมดุลที่แรงดัน V_{TFq} มีอัตราส่วนที่น้อยกว่า



(ก) รูปสัญญาณ V_o, V_d ที่ได้จากการจำลอง V_o = 50V/div, V_d = 50V/div



(ข) ค่า THDi ของกระแส i_a ได้จากการจำลอง

รูปที่ 4.8 รูปสัญญาณ V_o, V_d และ THDi เมื่อเกิดเฟสไม่สมดุลที่แรงดัน V_{TFq} มีอัตราส่วนที่น้อยกว่า

จากการจำลองจากรูปที่ 4.7 และ 4.8 เมื่อกำหนดให้ k = 1:0.5 ที่แรงดัน V_q มีค่าอัตราส่วนที่น้อยกว่า V_p จะเห็นว่าการทำงานจะคล้ายกันเพียงแต่สัญญาณรูปคลื่น V_{mn}, i_n และ i_a จากรูปที่ 4.5 และ 4.7 จะกลับกัน แต่ที่แรงดันเอาท์พุท V_o จะมีค่าเท่ากัน

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าจากการจำลองระบบในรูปที่ 4.5 ถึง 4.8 ได้แสดงถึงการทำงานที่หม้อแปลงอินเตอร์เฟสเมื่อเฟสไม่สมดุลจะมีผลกระทบกับการทำงานที่ 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์แบบปรับปรุง ดังนั้นการออกแบบอัตราส่วน k ที่หม้อแปลงอินเตอร์เฟส จะต้องออกแบบให้มีขนาดของอัตราส่วนที่เท่ากัน k = 1:1 เพื่อให้เกิดเฟสสมดุลและการแบ่งแรงดันระหว่างหม้อแปลงต้องเท่ากัน

4.4 การออกแบบชุดหม้อแปลงวงจรช่วยไทริสเตอร์

จากหัวข้อ 4.3 เมื่อนำค่ามาคำนวณหาค่าการออกแบบหม้อแปลงวงจรช่วยไทริสเตอร์สามารถที่จะนำค่าแรงดัน V_p, V_q ที่ไหลออกจากหม้อแปลงอินเตอร์เฟสจะได้ว่า

$$V_p = V_d/2 \tag{4.1}$$

และ V_q

$$V_q = V_d/2 \tag{4.2}$$

ที่หม้อแปลงวงจรไทริสเตอร์จากแรงดัน V_{pm}, V_{qm} มีการแบ่งแรงดันให้เป็นเฟสสมดุล V_p และ V_q จากสมการที่ (4.1) และ (4.2) จะได้เท่ากับ

$$V_p, V_q = 181/2 = 90.5\text{V}$$

จาก V_p และ V_q เท่ากับ 90.5V ดังนั้นการออกแบบให้ค่าแรงดันด้านเข้าชุดหม้อแปลงวงจรช่วยไทริสเตอร์ V_{mn} ให้มีค่าประมาณ 100V การหาค่าของกระแสขึ้นอยู่กับสภาวะโหลด จากการที่

กำหนดให้โหลดมีค่าเท่ากัน ดังนั้นค่าของกระแสที่หม้อแปลงวงจรช่วยไทริสเตอร์จะมีค่าเท่ากันกับค่าของหม้อแปลงอินเตอร์เฟส การหาอัตราส่วนที่หม้อแปลงวงจรไทริสเตอร์ช่วยก็จะออกแบบเช่นเดียวกันกับหม้อแปลงอินเตอร์เฟสที่สภาวะเฟสสมดุล อัตราส่วน a ที่แรงดันทางด้านออกที่หม้อแปลงวงจรช่วยไทริสเตอร์จะต้องมีขนานอัตราส่วนที่เท่ากัน ซึ่งได้แสดงผลการทดลองในบทถัดไป

4.5 สรุป

จากการออกแบบหม้อแปลงอินเตอร์เฟสจะเห็นว่าที่แรงดันอินพุท จะหาค่าได้จากแรงดัน V_d และจากรูปที่ 4.5 ถึง 4.8 จะเห็นว่าการออกแบบเฟสไม่สมดุลนั้นมีผลกระทบต่อระบบจึงไม่สามารถนำมาใช้งานได้จึงจำเป็นจะต้องออกแบบให้อัตราส่วน k มีค่าเท่ากัน k = 1:1 และการออกแบบหม้อแปลงวงจรช่วยไทริสเตอร์หาค่าได้ที่ $V_d/2$ ซึ่งผลกระทบที่เกิดจากอัตราส่วน a ของหม้อแปลงวงจรช่วยไทริสเตอร์ได้แสดงอยู่ในบทถัดไป ส่วนของกระแสที่หม้อแปลงจะขึ้นอยู่ที่สภาวะโหลด จากหัวข้อที่ 4.3 สามารถนำไปหาค่าพิกัดของไทริสเตอร์