

บทที่ 3

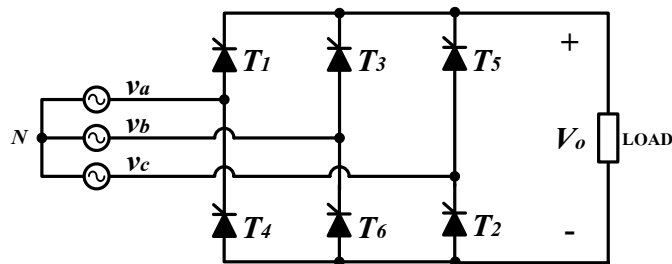
6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์แบบปรับปรุง

3.1 บทนำ

การออกแบบคอนเวอร์เตอร์แบบปรับปรุง โดยใช้หม้อแปลงอินเตอร์เฟสในการช่วยนั้น ในการทำวิทยานิพนธ์นี้จะนำคอนเวอร์เตอร์ 3 เฟส 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์แบบเต็มคลื่นที่สามารถควบคุมได้โดยใช้อุปกรณ์ไทรสเตอร์ (SCR) เป็นอุปกรณ์ในการควบคุมมุมนำกระแสจากรูปที่ 3.1 นำมาทำการปรับปรุงใหม่ ซึ่งในบทที่ 3 นี้จะกล่าวถึงการทำงานที่ 3 เฟส 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์แบบปรับปรุงโดยใช้หม้อแปลงอินเตอร์เฟสช่วยในเพิ่มจำนวนพัลส์ ตามรูปที่ 3.6

3.2 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้า 3 เฟส 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์

ซึ่งได้กล่าวไปบ้างแล้วในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.4.3 วงจรเรียงกระแส 3 เฟสแบบควบคุมเฟส โดยใช้ไทรสเตอร์จากรูป 3.1 ไทรสเตอร์จะยังไม่นำกระแสไฟฟ้าจนกว่าไทรสเตอร์จะได้รับการไบอัสไปด้านหน้าและมีกระแสที่ขาเกตของไทรสเตอร์[6] ดังนั้นการแปลงแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตจะเป็นค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสของแหล่งจ่าย สามารถกำหนดช่วงเวลาได้โดยค่าของช่วงเวลา คือมุม (α) จะถูกอ้างอิงค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตเฉลี่ยจะมีความสัมพันธ์กับมุม (α) นำกระแสและค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟส ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตเฉลี่ยจะได้ว่า



รูปที่ 3.1 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น 3 เฟสที่ใช้ไทรสเตอร์ (SCR) ในการควบคุม

โดยแรงดัน Line-Neutral

$$v_{an} = V_m \sin(\omega t) \quad (3.1)$$

$$v_{bn} = V_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) \quad (3.2)$$

$$v_{cn} = V_m \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3}) \quad (3.3)$$

และแรงดัน Line-to-Line

$$v_{ab} = v_{an} - v_{bn} = \sqrt{3}V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{6}) \quad (3.4)$$

$$v_{bc} = v_{bn} - v_{cn} = \sqrt{3}V_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \quad (3.5)$$

$$v_{ca} = v_{cn} - v_{an} = \sqrt{3}V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad (3.6)$$

แรงดันทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงหาได้โดยไม่คิดผลกระทบจากอินดักแตนซ์ในหม้อแปลง (L_s)

$$V_{dc} = \frac{3}{\pi} \int_{\pi/6 + \alpha}^{\pi/2 + \alpha} V_{ab} d(\omega t) \quad (3.7)$$

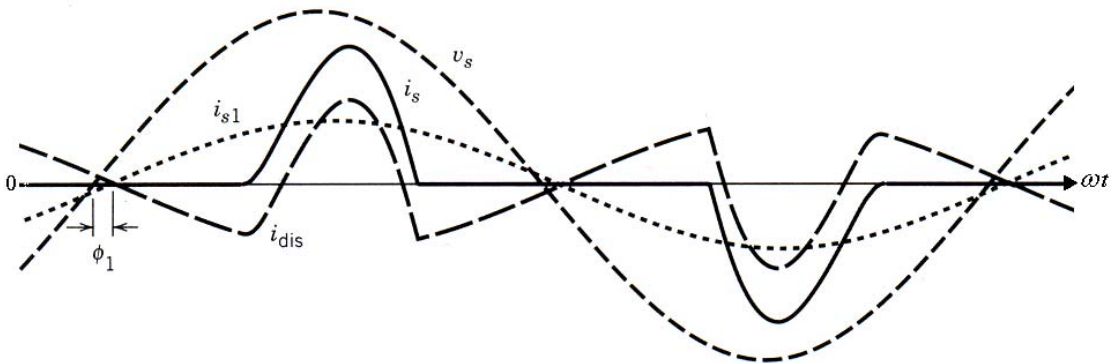
$$V_{dc} = \frac{3}{\pi} \int_{\pi/6 + \alpha}^{\pi/2 + \alpha} \sqrt{3}V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{6}) d(\omega t) \quad (3.8)$$

$$V_{dc} = 3 \frac{\sqrt{3}}{\pi} V_m \cos \alpha, \text{ หรือ } V_{dc} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_{LL} \cos \alpha \quad (3.9)$$

หรือ $V_{dc} = 1.35 V_{LL} \cos \alpha \quad (3.10)$

3.3 ตัวประกอบกำลัง

ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ เป็นการบ่งบอกถึงความสามารถในการนำกำลังไฟฟ้ามาใช้งานให้เกิดประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใดเมื่อเทียบกับกำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ให้กับระบบ หรือสามารถนิยามว่าเป็นอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าจริง (Real power, P) ต่อกำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent power, S) ในกรณีที่กระแสและแรงดันทางด้านอินพุทของระบบเป็นรูปสัญญาณไซน์[6] สามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ 3.11



รูปที่ 3.2 สัญญาณแรงดันและกระแสที่ไม่เป็นสัญญาณไซน์

$$Power\ factor = \frac{P}{S} \quad (3.11)$$

ในกรณีที่สัญญาณกระแสทางด้านอินพุตไม่เป็นสัญญาณไซน์ ตามรูปที่ 3.2 เราสามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าจริงได้จาก

$$P = \frac{1}{T_I} \int_0^{T_I} P(t) dt \quad (3.12)$$

$$P = \frac{1}{T_I} \int_0^{T_I} v_s(t) i_s(t) dt \quad (3.13)$$

เมื่อ T_I = คาบเวลาที่ความถี่ 50Hz

$P(t)$ = กำลังไฟฟ้าจริง

และถ้าสัญญาณแรงดันเป็นสัญญาณไซน์เราสามารถหาค่า v_s ได้จากสมการที่ 3.14

$$v_s = \sqrt{2} V_s \sin \omega t \quad (3.14)$$

เนื่องจากกระแสทางด้านอินพุต (i_s) เกิดการบิดเบี้ยว (Distortion) ซึ่งสามารถแยกองค์ประกอบของกระแสออกเป็นสองส่วนคือกระแส Fundamental (i_{s1}) หรือ Line frequency (f_1) และองค์ประกอบกระแสฮาร์มอนิกเป็นจำนวนเท่าของความถี่หลัก $f_h = hf_1$

$$i_s(t) = i_{s1}(t) + \sum_{h \neq 1} i_{sh}(t) \quad (3.15)$$

สามารถจัดรูปสมการใหม่ได้เป็น

$$i_s(t) = \sqrt{2} I_{s1} \sin(\omega_1 t - \phi_1) + \sum_{h \neq 1} \sqrt{2} I_{sh} (\sin \omega_h t - \phi_h) \quad (3.16)$$

เมื่อให้ ϕ_1 เป็นมุมต่างเฟสระหว่างกระแสกับแรงดันอินพุตที่เป็นสัญญาณไซน์ซึ่งจากสมการที่ 3.13 ถึง 3.14 และ 3.16 สามารถเขียนสมการของกำลังไฟฟ้าจริงได้จาก

$$P = \frac{1}{T_I} \int_0^{T_I} \sqrt{2}V_s \sin \omega_I t \cdot \sqrt{2}I_{sh} \sin(\omega_I t - \phi_I) dt \quad (3.17)$$

$$P = V_s I_{sI} \cos \phi_I \quad (3.18)$$

จาสมการที่ 3.11 สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$PF = \frac{V_s I_{sI}}{V_s I_s} \cos \phi_I \quad (3.19)$$

$$PF = \frac{I_{sI}}{I_s} \cos \phi_I \quad (3.20)$$

สามารถหาค่าตัวประกอบกำลังในกรณีกระแสที่ไม่เป็นไซน์จาก

$$PF = \frac{I_{sI}}{I_s} DPF \quad (3.21)$$

โดยที่ $DPF = \cos \phi_I$ โดยย่อมาจาก Displacement power factor และ

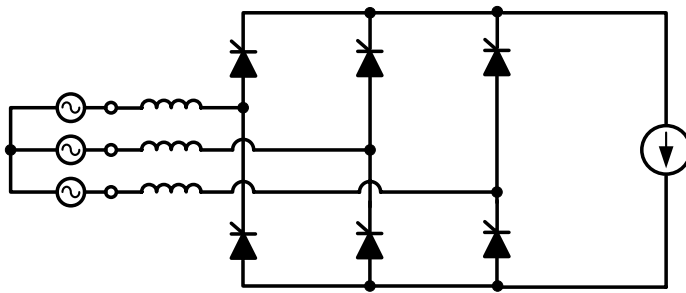
$$\%THDi = 100 * \sqrt{\sum_{h \neq 1} \left(\frac{I_{sh}}{I_s} \right)^2} \quad (3.22)$$

3.4 ผลกระทบอินดักแตนซ์ด้านระบบเอซี (L_s)

โดยปกติทั่วไประบบไฟฟ้ากระแสสลับจะมีค่าอินดักแตนซ์ที่แฝงอยู่ในหม้อแปลง ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งค่า L_s โดยประมาณไม่เกิน 5% ของความต้านทานทั้งหมด

$$\omega L_s \geq 0.05 \frac{V_{LL}/\sqrt{3}}{I_{sI}} \quad (3.23)$$

เมื่อพิจารณาช่วงการหยุดนำกระแสของไทรสเตอร์ที่แสดงตามรูปที่ 3.3 โดยลำดับการทำงานของไทรสเตอร์เริ่มจาก T_s กำลังหยุดนำกระแสและในขณะเดียวกัน T_I กำลังเริ่มนำกระแส โดยที่ T_o ยังนำกระแสอยู่จะมีผลของ L_s เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยดังรูปที่ 3.4

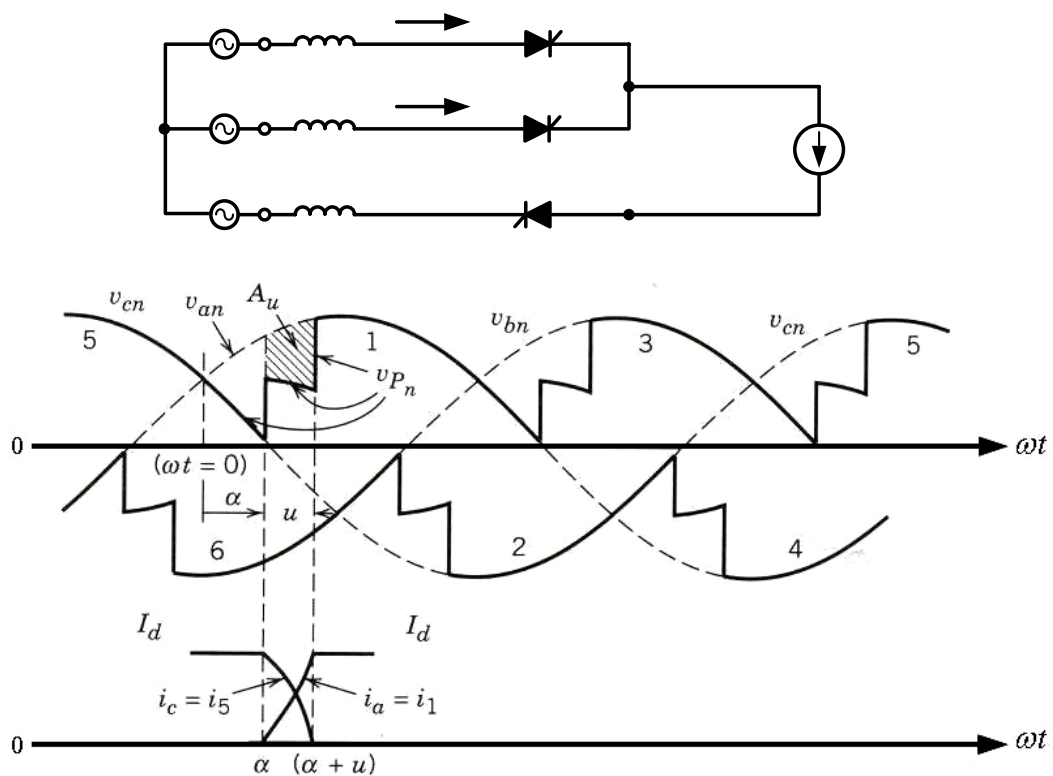


รูปที่ 3.3 วงจรสมมูลของแหล่งจ่ายที่มี L_s ต่อกับชุดคอนเวอร์เตอร์

L_s T_1

มีผลให้แรงดันเอาต์พุตน้อยลงเท่ากับพื้นที่ใต้กราฟของ A_u และช่วงเวลาหยุดนำกระแสของ T_s ใช้เวลานานมากขึ้นเท่ากับ $\alpha+u$ และช่วงเวลานำกระแสของ T_i เท่ากับ $\alpha+u$ โดยที่ช่วงเวลาคอมมิวเตชันจะเท่ากับ $\alpha < \omega t < \alpha+u$ จากรูปที่ 3.4 ซึ่งทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้นได้และแรงดันทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงลดลงอีกทั้งยังทำให้ค่า %THDv ของระบบสูงขึ้นดังรูปที่ 3.4 เป็นการแสดงผลกระทบของ L_s ที่มีต่อระบบ โดยสามารถคำนวณค่า A_u ได้จากสมการ (3.26)

T_4



รูปที่ 3.4 ช่วงเวลาหยุดนำกระแสที่มีผลมาจาก L_s

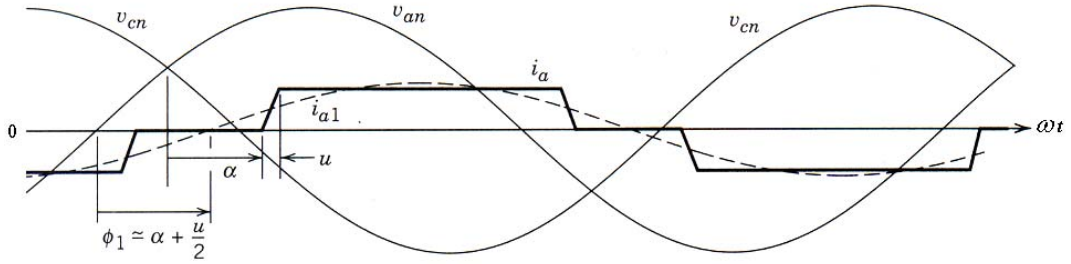
L_s ia

จากรูปที่ 3.4 สามารถเขียนสมการ KVL เพื่อหา V_{pn} ได้จาก

$$V_{pn} = V_{an} - V_{L_s} \quad (3.24)$$

โดยที่

$$V_{L_s} = L_s \frac{di_a}{dt} \quad (3.25)$$



รูปที่ 3.5 กระแสทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับที่มีผลกระทบจาก L_s

จากรูปที่ 3.5 เมื่อระบบมีผลของ L_s เกิดขึ้นจะทำให้ช่วงเวลาขาขึ้นและขาลงของสัญญาณกระแสมีค่าเวลามากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดมุม Over Lap ขึ้น จากรูปที่ 3.4 และสามารถที่จะหาพื้นที่ A_u ได้ตามสมการ

$$A_u = \int_0^{\alpha+u} V_{L_s} d(\omega t) \quad (3.26)$$

และจากสมการที่ (3.25) แทนลงในสมการ (3.26) โดยแบ่งช่วงเวลา $\omega t = \alpha$ ถึง $\omega t = \alpha+u$

$$A_u = \omega L_s \int_0^{Id} di_a \quad (3.27)$$

$$A_u = \omega L_s Id \quad (3.28)$$

สามารถหาค่าแรงดันเอาต์พุตเฉลี่ยได้จาก

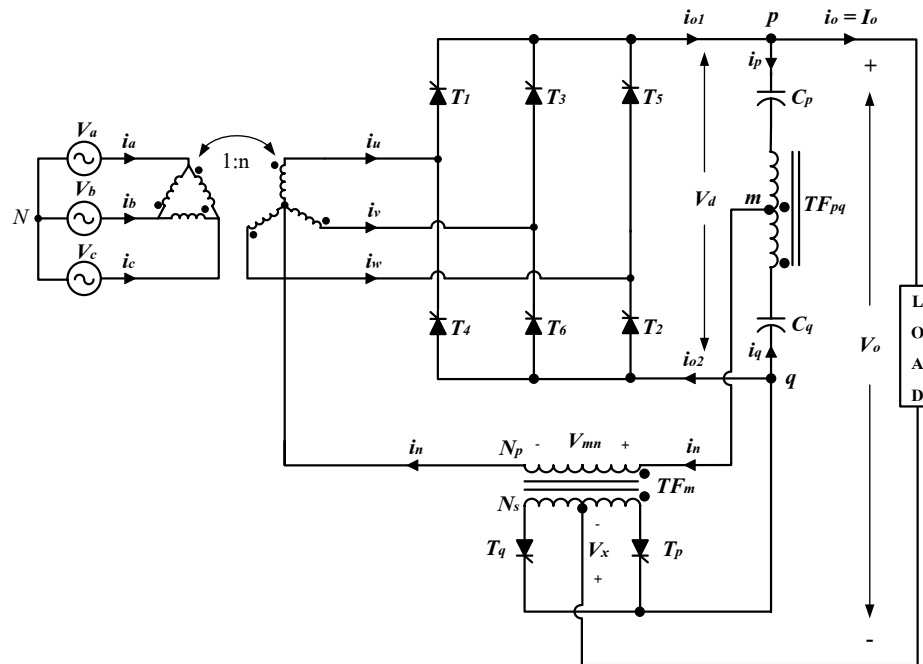
$$V_d = \frac{3\sqrt{2}V_{LL}}{\pi} \cos \alpha - \frac{3\omega L_s}{\pi} Id \quad (3.29)$$

โดยความสัมพันธ์ของค่า Over Lap สามารถหาได้จาก

$$\cos(\alpha + u) = \cos \alpha - \frac{2\omega L_s}{\sqrt{2}V_{LL}} Id \quad (3.30)$$

การเกิด Over Lap เมื่อมีการกำหนดการปรับมุนำกระแสของชุดคอนเวอร์เตอร์พบว่าเมื่อปรับมุนำกระแสมากขึ้นทำให้ค่าของเวลาหยุดนำกระแส u มีค่าลดลงจากสมการที่ (3.30) ช่วงเวลาของ Over Lap ขึ้นอยู่กับมุนำกระแสและกระแสทางด้านไฟฟ้ากระแสตรง โดยที่ I_d มีค่ามาก A_u ก็จะมีค่ามากตาม

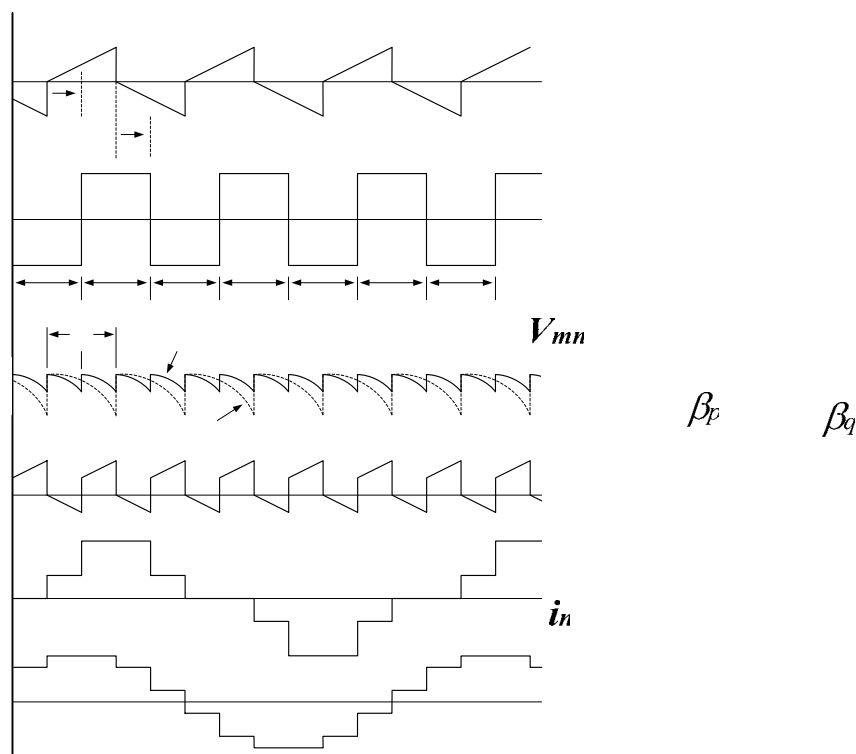
3.5 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้า 3 เฟส 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์แบบปรับปรุง



รูปที่ 3.6 วงจรเรียงกระแส 3 เฟส 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์แบบปรับปรุง

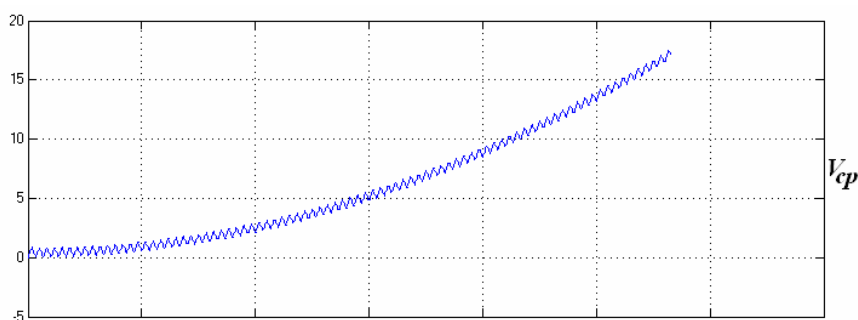
3.5.1 การทำงานของวงจร

จากรูปที่ 3.6 แสดงถึงวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่มีการปรับปรุงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุต และกระแสอินพุตซึ่งจะเพิ่มในส่วนของวงจรไทรสเตอร์ช่วยที่ต่ออยู่กับหม้อแปลง TF_m ต่อระหว่างหม้อแปลงอินเตอร์เฟส TF_{pq} (เพื่อช่วยในการฉีดกระแส i_n) และกระแส i_n จะไหลกลับเข้าสู่จุดนิวตรอนของหม้อแปลงสตาร์ ส่วนของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ที่ V_d จะเพิ่มในส่วนของตัวเก็บประจุ C_p และ C_q เพื่อช่วยลดค่าของแรงดันรีปเปิ้ล โดยสมมติให้รีปเปิ้ลของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าน้อย และกำหนดให้ค่าของค่า C ทั้ง 2 ตัวมีค่าการเก็บประจุมากๆ กระแส i_n ที่มาจากหม้อแปลงอินเตอร์เฟส TF_{pq} เมื่อไหลเข้าสู่หม้อแปลงวงจรไทรสเตอร์ช่วย TF_m จะสร้างแรงดัน V_{mn} ทางด้านขดลวดปฐมภูมิ ซึ่งจะมีลักษณะสัญญาณรูปคลื่นแรงดัน V_{mn} เป็นแรงดันฟันเลื่อยจากรูปที่ 3.7 แรงดัน V_{mn} หาได้จากสมการที่ (3.34) ขณะที่กระแส i_n จะได้รูปคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยม หาได้จากสมการที่ (3.32) และ (3.33) เมื่อกำหนดให้มุนำกระแสของคอนเวอร์เตอร์ทั้ง 2 ส่วน ให้เท่ากับ 30°



รูปที่ 3.7 รูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากวงจรตามรูปที่ 3.6 โดยกำหนดมุม $\alpha = 30^\circ$, $(\beta_p, \beta_q = 30^\circ)$

จากรูปที่ 3.7 การเกิดสัญญาณแรงดัน V_{mn} จะขึ้นอยู่กับการทำงานที่ชุด 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์เมื่อแรงดัน V_d เมื่อเริ่มนำกระแสที่ C_p, C_q และจะคลายประจุออกให้กระแส i_p และ i_q จะไหลเข้าหม้อแปลงอินเตอร์เฟสและไหลออกเข้าที่หม้อแปลงวงจรไทรสเตอร์ช่วย

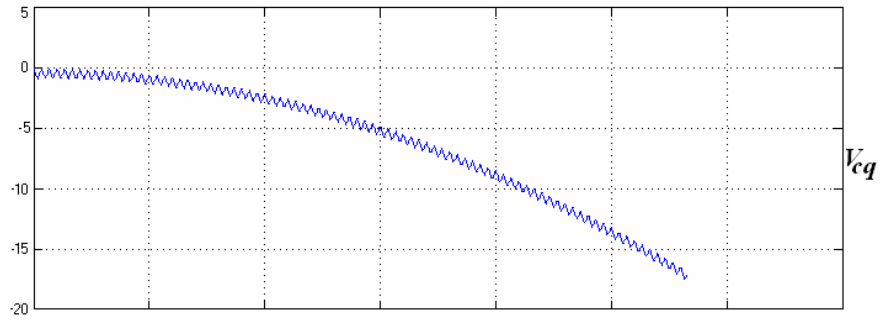


รูปที่ 3.8 รูปคลื่นสัญญาณแรงดันที่ V_{cp} ทำงานในซิกบวก

เมื่อ T_p ทำงานกระแส i_n จะทำงานในช่วงการเก็บประจุบวกของแรงดัน V_{cp} และเมื่อ T_p ทำงานกระแส i_n จะทำงานในช่วงการเก็บประจุลบของแรงดัน V_{cq} และแรงดัน V_{mn} จะขึ้นอยู่กับช่วงของกระแส i_n ที่การทำงาน T_p, T_q สลับโหมคกันกับการทำงานที่ 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์

เช่นการทำงานที่ T_6 กับ T_1 เมื่อ T_p นำกระแสจะมีกระแส i_p ไหลผ่าน C_p ที่เป็นซิกบวกและฉีดกระแส i_n ช่วงบวกลงหม้อแปลง T_{Fm} ที่แรงดัน V_{mn} จะเกิดแรงดันช่วงบวกลงในขอบขาขึ้น

และเมื่อ T_1 กับ T_2 เมื่อ T_q นำกระแสจะมีกระแส i_q ไหลผ่าน C_q ที่เป็นลบและฉีดกระแส i_n เข้าหม้อแปลง T_{Fm} แรงดัน V_{mn} จะเกิดแรงดันช่วงลบในขอบขาลง



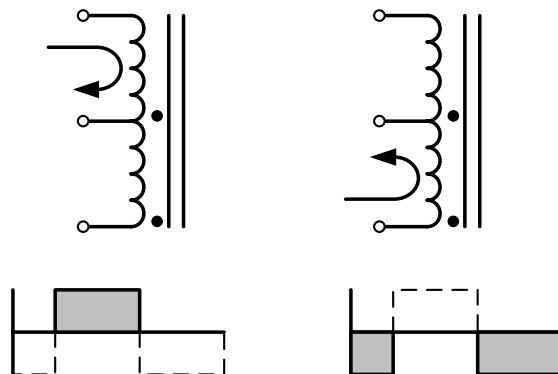
รูปที่ 3.9 รูปคลื่นสัญญาณแรงดันที่ V_{Cq} ทำงานในซีกลบ

และสัญญาณกระแส i_n จะเกิดจาก T_p , T_q ทำงานและกระแส i_p , i_q จะไหลเข้าหม้อแปลงอินเตอร์เฟสและไหลออกที่จุด m ดังนั้นกระแส i_n จะเกิดทุกๆ ช่วงเมื่อกระแสไหลผ่านไทรสเตอร์ T_p และ T_q จากรูปที่ 3.10 กระแส i_p และ i_q หาได้จากสมการที่ (3.31)

$$i_p = i_q = \frac{i_n}{2} \quad (3.31)$$

3.5.2 วงจรหม้อแปลงอินเตอร์เฟส

เมื่อกระแส i_p และ i_q ไหลผ่านตัวเก็บประจุ C_p กับ C_q และไหลเข้าหม้อแปลงอินเตอร์เฟสเพื่อสร้างกระแส i_n ซึ่งจะมีลักษณะเป็นรูปคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยมซึ่งการเกิดกระแส i_n นั้นจะขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานที่ต่อเนื่องจากไทรสเตอร์ T_p และ T_q



รูปที่ 3.10 วงจรหม้อแปลงอินเตอร์เฟสเมื่อมีการไหลของกระแส i_n

ดังนั้นกระแส i_n จะหาค่าได้จากสมการที่ (3.32) และ (3.33)

$$i_n = I_o \frac{N_s}{N_p} \quad (3.32)$$

และ

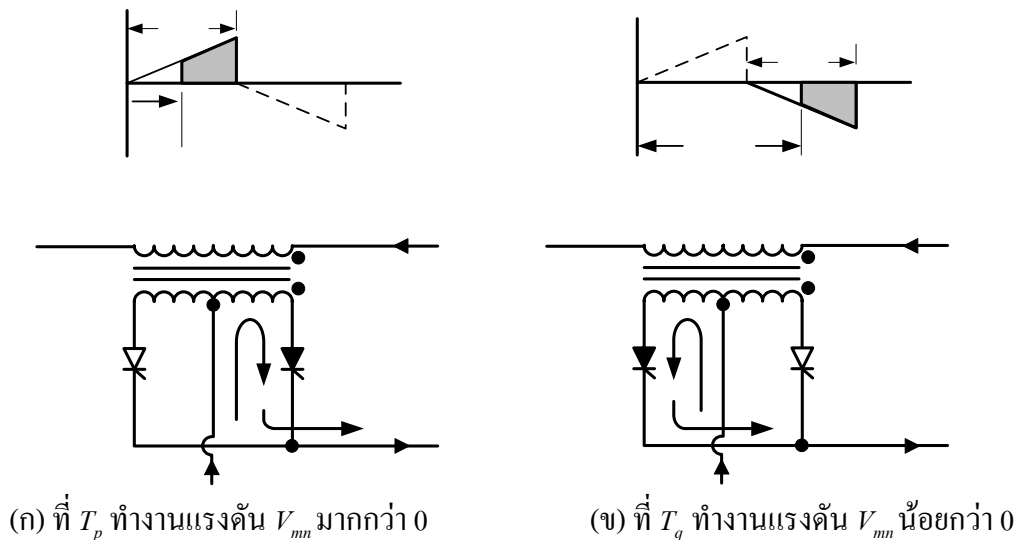
$$i_n = -I_o \frac{N_s}{N_p} \quad (3.33)$$

การคำนวณที่หม้อแปลงอินเตอร์เฟสเริ่มจากสมมติให้ค่าอินดักแตนซ์ในหม้อแปลง L_s มีค่าเท่ากับ 0 การออกแบบชุดหม้อแปลงอินเตอร์เฟสจะหาค่าแรงดันได้จากสมการที่ (3.10) ที่แรงดัน V_d จากรูปที่ 3.6 แรงดันจากจุด p ถึงจุด m แรงดัน $V_{pm} = V_d/2$ และ $V_{qm} = V_d/2$ จะเห็นได้ว่าแรงดันที่หม้อแปลงอินเตอร์เฟสจะเท่ากับที่แรงดัน V_d และที่หม้อแปลงช่วยไทรสเตอร์ T_{Fm} จากสมการที่ (3.34) แรงดัน $V_{mn} = V_{pn} - V_d/2$ หมายความว่าแรงดันที่จุด $V_{pm} = V_{mn} - V_{pn}$ ดังนั้นการออกแบบจำเป็นจะต้องคิดที่แรงดัน V_{mn} เพื่อการไหลกลับของกระแส i_n

ดังนั้นสรุปได้ว่า ที่แรงดันหม้อแปลงอินเตอร์เฟสจะเท่ากับแรงดัน $V_{pm} + V_{qm} = V_d$ หรือเท่ากับ $2V_d/2 + 2V_d/2$ และการหาขนาดของหม้อแปลงจะขึ้นอยู่กับสถานะโหลด ซึ่งจะแสดงการออกแบบหม้อแปลงอินเตอร์เฟสอยู่ในบทถัดไป

3.5.3 วงจรช่วยไทรสเตอร์

จากมุมนำกระแสกำหนดให้ α แทนมุมนำกระแสของคอนเวอร์เตอร์ส่วนที่ 1 ที่การทำงาน 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์ และที่ $(\beta_p, \beta_q = \beta)$ แทนมุมนำกระแสของคอนเวอร์เตอร์ส่วนที่ 2 ดังนั้นมุมที่เลื่อน $\beta_q = 30^\circ + (\alpha + \beta_p)$ หรือที่มุม $\beta_q = 90^\circ$ เริ่มนำกระแส

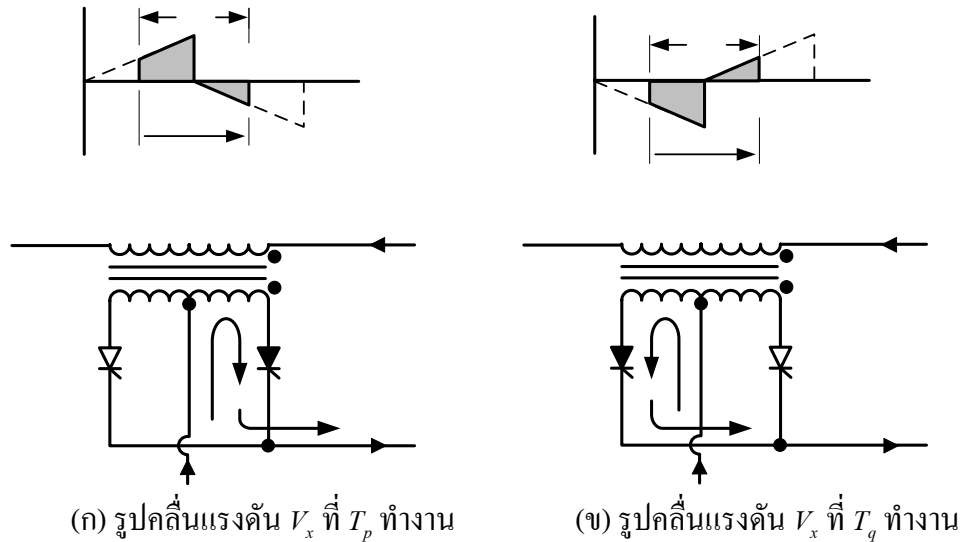


รูปที่ 3.11 การทำงานของวงจรไทรสเตอร์ช่วยในการเพิ่มจำนวนพัลส์

จากรูปที่ 3.11 (ก) ถ้าสัญญาณแรงดัน V_{mn} เป็นบวก ($V_{mn} > 0$) ไทริสเตอร์ T_p จะนำกระแส ส่วน T_q จะหยุดนำกระแส ขณะเดียวกันจากรูปที่ 3.11 (ข) ถ้าแรงดัน V_{mn} เป็นลบ ที่ ($V_{mn} < 0$) ไทริสเตอร์ T_q จะนำกระแส ส่วน T_p จะหยุดนำกระแส ดังนั้นแรงดัน V_{mn} จะหาได้จากสมการที่ (3.34)

$$V_{mn} = V_{pn} - \frac{V_d}{2} \quad (3.34)$$

จากรูปที่ 3.12 แสดงรูปสัญญาณแรงดัน V_x เมื่อ T_p, T_q นำกระแสจะเกิดแรงดันตกคร่อมที่ ไทริสเตอร์ T_p, T_q ซึ่งแรงดันที่ตกคร่อม V_x จะเกิดสัญญาณแรงดันขึ้นเมื่อ ไทริสเตอร์ T_p นำกระแสอยู่ และ ไทริสเตอร์ T_q หยุดนำกระแส และเมื่อ ไทริสเตอร์ T_q เริ่มนำกระแส ไทริสเตอร์ T_p ถูกไบอัสกลับ ทำให้หยุดนำกระแส แรงดัน V_x ที่ตกคร่อม T_p, T_q ทั้งสองจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 0.5-2V



รูปที่ 3.12 วงจรไทริสเตอร์ช่วยในการเพิ่มจำนวนพัลส์ที่แรงดัน V_x

จากรูปที่ 3.6 ที่จุด p และจุด q แรงดัน V_d เท่ากับ 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์ ดังนั้นแรงดัน V_o และ V_x จะได้จากสมการที่ (3.35) ถึง (3.37)

$$V_o = V_d + V_x \quad V_x \quad (3.35)$$

$$T_p \text{ ทำงาน แรงดัน } V_x \text{ เท่ากับ} \quad V_x = V_{mn} \frac{N_s}{N_p} \quad (3.36)$$

$$T_q \text{ ทำงาน แรงดัน } V_x \text{ เท่ากับ} \quad V_x = -V_{mn} \frac{N_s}{N_p} \quad (3.37)$$

ที่ T_p ทำงาน

N_p

$i_n > 0$

TE

สำหรับกระแสไฟฟ้า i_a ทางด้านหม้อแปลงแบบ เดลต้า/สตาร์ สามารถวิเคราะห์หาค่ากระแสที่ไหลรวม i_n ได้จากสมการที่ (3.38) ถึง (3.40) และ (3.41) ขณะให้ n คืออัตราส่วนระหว่างหม้อแปลง เดลต้า/สตาร์

$$i_{ab} = n.i_u + \frac{i_n}{3} \quad (3.38)$$

$$i_{bc} = n.i_v + \frac{i_n}{3} \quad (3.39)$$

$$i_{ca} = n.i_w + \frac{i_n}{3} \quad (3.40)$$

ดังนั้น i_a

$$i_a = i_{ab} - i_{ca} \quad (3.41)$$

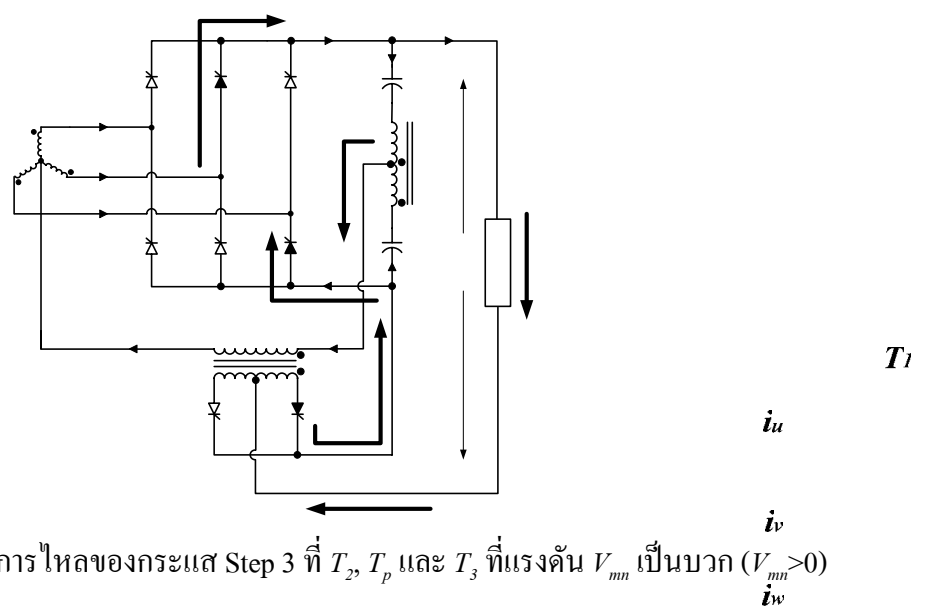
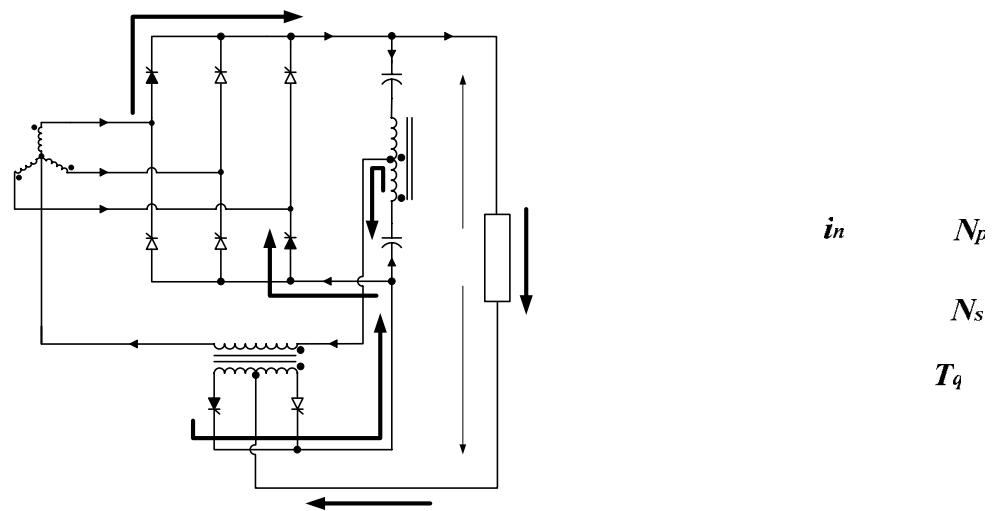
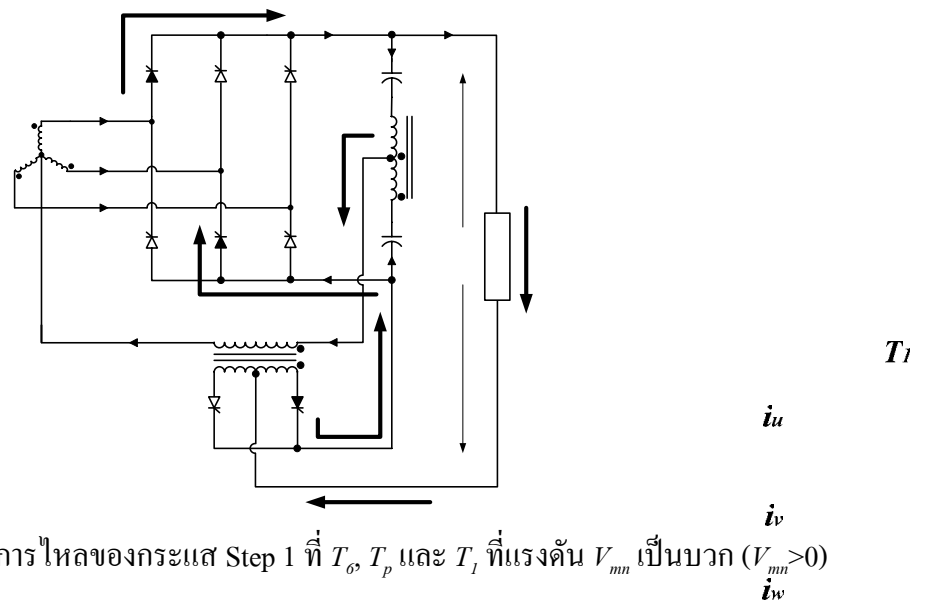
กระแสทางเอาต์พุต i_{o1} และ i_{o2} ที่เชื่อมต่อระหว่างคอนเวอร์เตอร์ส่วนที่ 1 และคอนเวอร์เตอร์ส่วนที่ 2 ได้จากสมการที่ (3.42) และ (3.43)

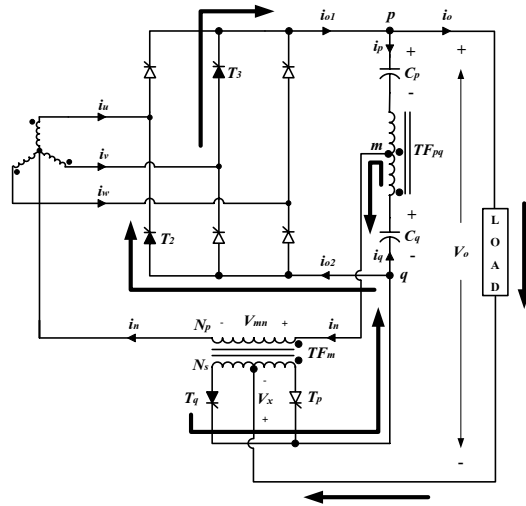
$$i_{o1} = I_o + \frac{i_n}{2} \quad (3.42)$$

$$i_{o2} = I_o - \frac{i_n}{2} \quad (3.43)$$

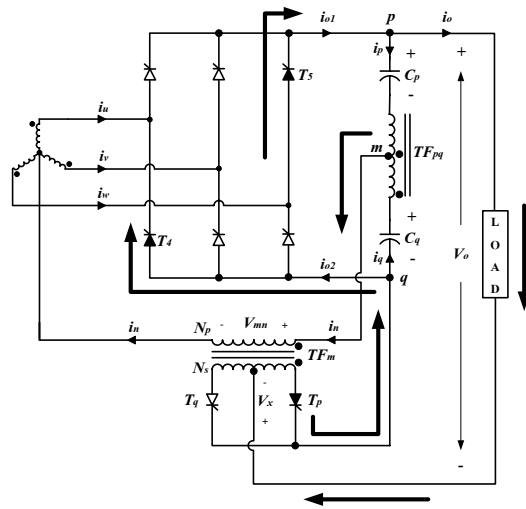
ส่วนทางด้านของกระแสทางด้านอินพุตจะขึ้นอยู่กับภาระโหลดกระแส i_n และอัตราส่วน a ของหม้อแปลงวงจรทรานส์ฟอร์เมอร์ช่วย ที่ $a = (N_p/N_s)$ กำหนดที่ 1:1:1 เนื่องจากแรงดันเข้าให้เท่ากับแรงดันทางด้านออกก่อน เพื่อให้เฟสสมดุลและเป็นการไม่ให้น้ำหนักของแรงดันพัลส์เอาต์พุตเกินการผิดเพี้ยนไป ส่วนของอัตราส่วนหม้อแปลงอินเวอร์เตอร์เฟส $k = (N_{ip}/N_{is})$ ก็จะกำหนดที่ 1:1 เช่นกัน

เมื่อให้คอนเวอร์เตอร์ส่วนที่ 1 มุมนำกระแส $\alpha = 30^\circ$ การคิดมุมนำกระแสคอนเวอร์เตอร์ในส่วนที่ 2 มุมนำกระแส β จะได้ว่า $\beta_p, \beta_q = 30^\circ$ ดังนั้นมุมที่เลื่อน $\beta_q = 30^\circ + (\alpha + \beta_p)$ มุมที่เลื่อนไปจะได้ $\beta_q = 90^\circ$

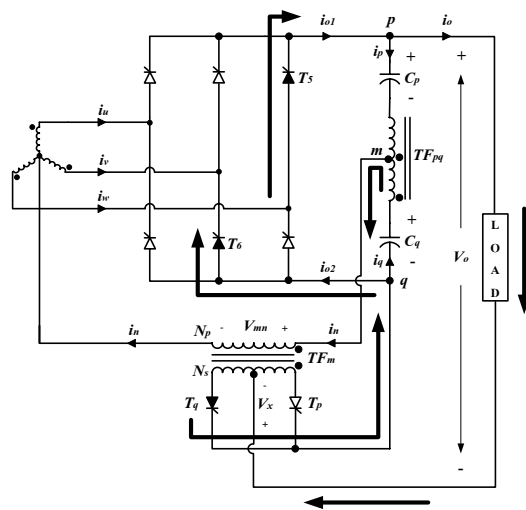




รูปที่ 3.16 แสดงทิศทางการไหลของกระแส Step 4 ที่ T_3 , T_q และ T_p ที่แรงดัน V_{mn} เป็นลบ ($V_{mn} < 0$)



รูปที่ 3.17 แสดงทิศทางการไหลของกระแส Step 5 ที่ T_4 , T_p และ T_5 ที่แรงดัน V_{mn} เป็นบวก ($V_{mn} > 0$)



รูปที่ 3.18 แสดงทิศทางการไหลของกระแส Step 6 ที่ T_5 , T_q และ T_6 ที่แรงดัน V_{mn} เป็นลบ ($V_{mn} < 0$)

จากรูปที่ 3.13 ถึง 3.18 จะเห็นว่าให้การทำงานเป็น Step เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น จากรูปที่ 3.13 การทำงานที่ Step 1 เมื่อการทำงานตามวงจรเรียงกระแส 3 เฟส 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์ที่ T_o , T_1 นำกระแสจะมีกระแสไหลออก i_{o1} จะไหลเข้าจุด p และถูกแบ่งกระแสที่ i_p และ i_o เมื่อ i_o ไหลเข้าทางด้านขั้วบวกของโหลด และไหลออกที่ขั้วลบโดยจะไหลเข้าทางหม้อแปลงวงจรทรานซิสเตอร์ช่วย เมื่อแรงดัน V_{mn} เป็นแรงดันทางด้านบวกก็จะให้ T_p นำกระแสจะมีกระแสไหลเข้าจุด q และก็จะถูกแบ่งกระแสเป็น i_{o2} และ i_q เพื่อที่จะสร้างสัญญาณพัลส์เพิ่มใน Step 2 เมื่อ T_1 , T_2 นำกระแสก็จะมีกระแสไหลออก i_{o1} ไหลเข้าจุด p และถูกแบ่งกระแสที่ i_p เมื่อ i_o ไหลเข้าทางด้านขั้วบวกของโหลด และไหลออกที่ขั้วลบโดยให้ไหลเข้าทางหม้อแปลงวงจรช่วยทรานซิสเตอร์ เมื่อแรงดัน V_{mn} เป็นแรงดันทางด้านลบก็จะให้ T_q นำกระแสเพื่อที่จะสร้างพัลส์เพิ่มนั่นเอง ดังนั้นการทำงานใน Step ต่อไปก็จะมีลักษณะการทำงานคล้ายๆ กัน

3.6 สรุปการทำงานของวงจร

จากวงจรเรียงกระแสไฟฟ้า 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์แบบปรับปรุงจะเห็นว่าจะมีส่วนที่สำคัญของวงจรก็คือชุดหม้อแปลงอินเตอร์เฟส ที่เชื่อมต่ออยู่ระหว่างวงจรเรียงกระแส 6 พัลส์คอนเวอร์เตอร์กับวงจรช่วยทรานซิสเตอร์ เพื่อการเพิ่มจำนวนพัลส์การออกแบบหม้อแปลงอินเตอร์เฟสมีส่วนสำคัญมาก เพื่อไม่ให้เป็นการสิ้นเปลืองและมีขนาดที่เหมาะสม ซึ่งได้แสดงการออกแบบและการวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมจากหัวข้อที่ 3.5.3 การออกแบบให้หม้อแปลงอินเตอร์เฟสให้มีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงและเกิดผลกระทบของ L_s และเช่นเดียวกันถ้าออกแบบให้มีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้หม้อแปลงอินเตอร์เฟสเกิดการอิ่มตัวเร็วเกินไป อาจจะทำให้เกิดความเสียหายได้ ส่วนการหาค่าได้อธิบายอยู่ในบทถัดไป