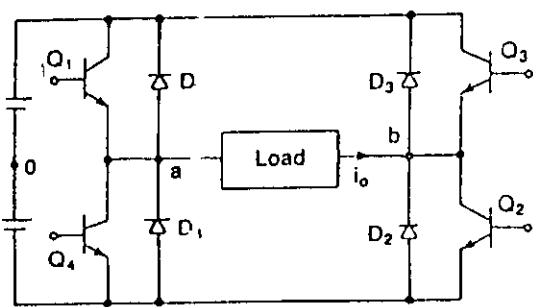


บทที่ 6

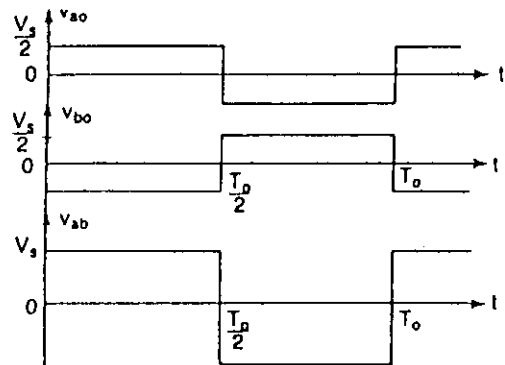
วงจรอินเวอร์เตอร์ (DC to AC Converter)

อินเวอร์เตอร์เป็นวงจรแปลงผันชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ สิ่งที่จะต้องคำนึงถึงในการออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์ก็คือ การที่เราป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปที่ด้านเข้าของวงจรอินเวอร์เตอร์ แล้วทำให้ได้แรงดันด้านออกเป็นรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความสมมาตร มีขนาดและความถี่ตามต้องการ แรงดันด้านออกต้องสามารถทำให้คงที่หรือเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อความถี่ก็สามารถทำให้คงที่หรือเปลี่ยนแปลงได้เช่นเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านเข้าสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้านเข้า และรักษ้อัตราขยายของวงจร อินเวอร์เตอร์ให้คงที่ไว้ ในทางตรงกันข้าม ถ้าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้านเข้ามีค่าคงที่และไม่สามารถควบคุมได้ การเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านออกสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงอัตราขยายของวงจรอินเวอร์เตอร์ ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้หลักการของ Pulse Width Modulation (PWM) ไปควบคุมการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ เราสามารถนิยามความหมายของอัตราขยายของวงจรอินเวอร์เตอร์ได้ว่าเป็น “ อัตราส่วนระหว่างแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านออกต่อแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้านเข้า ”

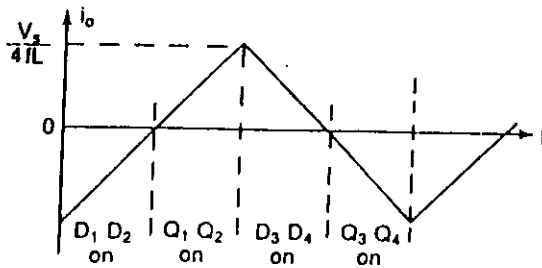
6.1 วงจรอินเวอร์เตอร์เฟสเดียวแบบฟูลบริดจ์[20]



ก) วงจร



ข) รูปคลื่นเมื่อโหลดเป็นตัวต้านทาน



ค) กระแสไหลลัดเมื่อไหลลัดเป็นชนิดตัวเหนี่ยวนำ

ภาพประกอบ 6.1 วงจรอินเวอร์เตอร์เฟสเดียวแบบฟูลบริดจ์ [20]

รูปร่างของวงจรแสดงไว้ในภาพประกอบ 6.1 ก) ประกอบด้วยวงจร ซอปเปอร์ 4 วงจร เมื่อทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 นำกระแส แรงดันด้านเข้า V_s จะไปตกคร่อมไหลลัด ถ้าทรานซิสเตอร์ Q_3 และ Q_4 นำกระแส ในเวลาเดียวกัน แรงดันตกคร่อมไหลลัดจะเปลี่ยนไปเป็น $-V_s$ รูปคลื่นแรงดันด้านออกแสดงไว้ในภาพประกอบ 6.1 ข)

แรงดันอาร์เอ็มเอสด้านออก สามารถหาได้จากสมการ

$$V_o = \left(\frac{2}{T_o} \int_0^{T_o/2} V_s^2 dt \right)^{1/2} = V_s \quad (1)$$

สมการที่(1)สามารถนำมาปรับปรุงเพื่อใช้ในการหาค่าแรงดันด้านออกชั่วขณะในรูปอนุกรมฟูริเยร์ คือ

$$v_o = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4V_s}{n\pi} \sin n\omega t \quad (2)$$

และสำหรับ $n=1$ สมการ (2) สามารถให้ค่าอาร์เอ็มเอสของส่วนประกอบหลักมูล คือ

$$V_1 = \frac{4V_s}{\sqrt{2\pi}} = 0.90V_s \quad (3)$$

เมื่อไดโอด D_1 และ D_2 นำกระแส พลังงานจะถูกจ่ายย้อนกลับไปยังแหล่งจ่าย ไฟฟ้ากระแสตรง และเรียก D_1 , D_2 ว่า feedback diode ภาพประกอบ 6.1 ค) แสดงรูปคลื่นของกระแสไหลคเมื่อไหลคเป็นชนิดตัวเหนี่ยวนำ

ในกรณีที่ไหลคเป็นชนิดตัวเหนี่ยวนำ กระแสที่ไหลในไหลค จะไม่ไหลกลับอย่างทันทีเมื่อทรานซิสเตอร์ Q_4 หยุดนำกระแส กระแสที่ไหลในไหลคจะไหลไปทางไดโอด D_4 โดยทั่วไปช่วงเวลาการหยุดนำกระแสจะสั้นมาก เมื่อเทียบกับความถี่ที่อินเวอร์เตอร์จ่ายให้แก่ ไหลค

ถ้าไหลคของวงจรในภาพประกอบ 6.1 ก) เป็นความต้านทานอย่างเฉื่อย แรงดัน และกระแสที่ไหลคจะมีสัญญาณเหมือนกัน สำหรับไหลคชนิดตัวเหนี่ยวนำรูปคลื่นของกระแสจะล่าหลังแรงดัน

ในภาพประกอบ 6.1 ข) รูปคลื่นของแรงดันคร่อมไหลคเป็นรูปสี่เหลี่ยม ทรานซิสเตอร์ถูกไบแอสด้วยสัญญาณเป็นพัลส์ ความถี่สูงที่ต่อเนื่อง 180° ของรูปคลื่นของแรงดันคร่อมไหลค พิจารณาที่จุดสุดท้ายของครึ่งไซเคิลบวก กระแสที่ไหลในไหลคยังคงไหลอยู่ จะเห็นว่ากระแสยังเป็นบวกอยู่ เมื่อทรานซิสเตอร์ Q_3 และ Q_4 ถูกไบแอสให้นำกระแส เพื่อจะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 หยุดการนำกระแส แรงดันคร่อมไหลคกลับทิศทาง แต่ทว่ากระแสที่ไหลในไหลคยังไม่เปลี่ยนทิศทาง ดังนั้นกระแสที่ไหลในไหลคจึงไหลผ่านไดโอด D_3 และ D_4 แทน ซึ่งจะเห็นว่าเป็นการต่อแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไหลค จะทำให้พลังงานที่สะสมในตัวเหนี่ยวนำไหลกลับสู่แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง จนกระทั่งกระแสที่ไหลผ่านไหลคตกเป็นศูนย์ ในช่วงที่ไดโอด D_3 และ D_4 นำกระแสทรานซิสเตอร์ทุกตัวจะหยุดนำกระแส เมื่อมีสัญญาณทริกเกอร์ตลอด 180° ของรูปคลื่นด้านออก จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_3 และ Q_4 สามารถนำกระแสจ่ายพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟเข้าสู่ไหลคได้

การควบคุมแรงดันด้านออกและปรับปรุงให้แรงดันด้านออกมีฮาร์มอนิกน้อยมาก สามารถใช้วิธีการควบคุมโดยวิธีการที่เรียกว่า pulse width modulation เป็นการควบคุมให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสและหยุดนำกระแส เพื่อให้ได้รูปคลื่นของแรงดันด้านออกที่เปลี่ยนแปลงตามความกว้างของพัลส์ ดังจะกล่าวถึงต่อไป

6.2 หลักการมอดูเลตความกว้างพัลส์ (PULSE WIDTH MODULATION (PWM)) [20]

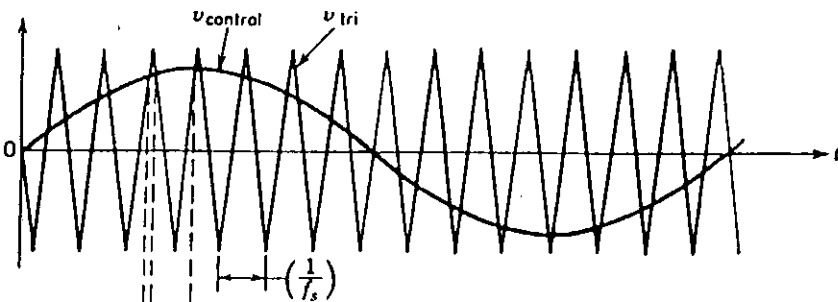
ในโครงการนี้จะใช้หลักการของ PWM เพื่อสร้างสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มีการปรับความกว้างของพัลส์ โดยสัญญาณดังกล่าวนี้ได้มาจากการเปรียบเทียบของสัญญาณ 2 สัญญาณ คือสัญญาณรูปคลื่นไซน์ที่มีความถี่ เท่ากับ 50 Hz และสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยม ที่มีขนาดคงที่ตลอดการทำงาน ในวงจรอินเวอร์เตอร์เราต้องการที่จะควบคุมขนาดของแรงดันด้านออกที่มีรูป

คลื่นเป็นไซน์ เพื่อที่จะทำให้ได้แรงดันด้านออกที่มีส่วนประกอบหลักมูลของสัญญาณทางด้านออกของอินเวอร์เตอร์ที่มีความถี่ $50 \text{ Hz} \pm 1\%$ ในที่นี้เราจะเรียกสัญญาณรูปคลื่นไซน์ ว่าสัญญาณควบคุม ซึ่งจะนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยมดังแสดงในภาพประกอบ 6.2 โดยสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยมจะเป็นตัวกำหนดความถี่ในการสวิทช์ของอินเวอร์เตอร์ (Inverter Switching Frequency) และเราจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงรูปคลื่นสามเหลี่ยม นี้ตลอดการทำงานโดยให้มีขนาด V_{tri}^{\wedge}

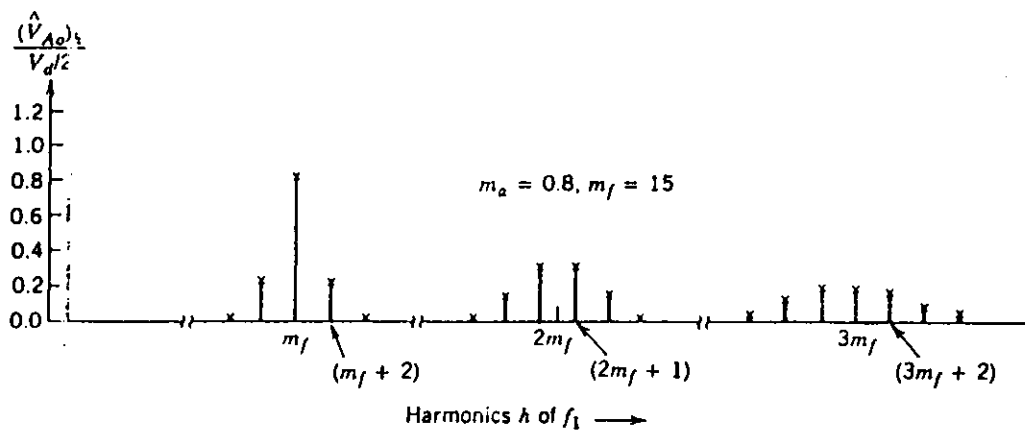
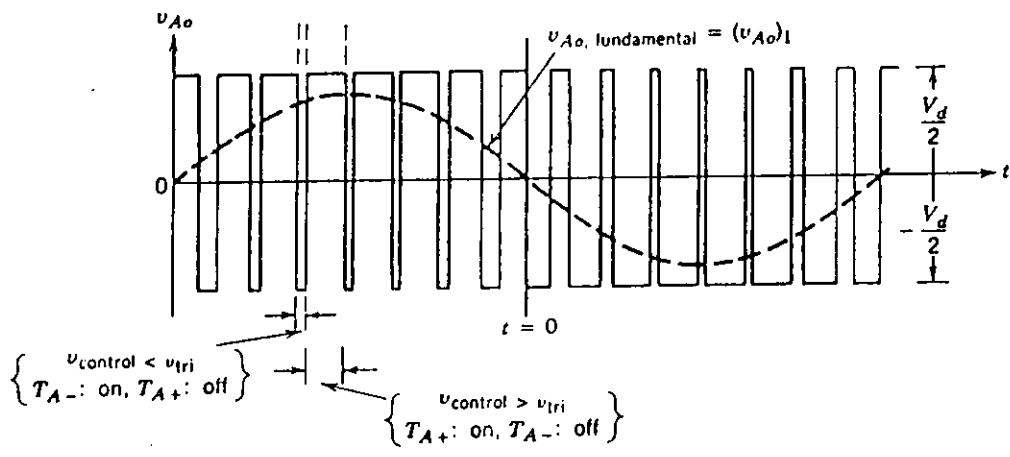
ก่อนที่จะมีการอธิบายหลักการการทำงานของ PWM มีความจำเป็นที่จะต้องอธิบายความหมายของค่าต่างๆก่อน รูปคลื่น triangular V_{tri}^{\wedge} ในภาพประกอบ 6.2 ก) มีความถี่สวิทช์ f_c (บางครั้งเรียก f_c ว่า carrier frequency) สัญญาณควบคุม $V_{control}^{\wedge}$ ถูกใช้ในการมอดูเลต switch duty ratio และมีความถี่ f_m ซึ่งเป็นความถี่หลักมูล ที่ต้องการของแรงดันด้านออกของอินเวอร์เตอร์ (บางครั้งเรียก f_m ว่า modulating frequency) แรงดันด้านออกของอินเวอร์เตอร์ที่ได้จะไม่ใช่เป็นรูปคลื่นไซน์ล้วนๆ แต่จะประกอบไปด้วยฮาร์โมนิกจำนวนมากมายและส่วนประกอบหลักมูลที่มีความถี่ f_m amplitude modulation ratio m_a หมายถึง

$$m_a = \frac{V_{control}^{\wedge}}{V_{tri}^{\wedge}} \quad (4)$$

เมื่อ $V_{control}^{\wedge}$ คือขนาดสูงสุดของสัญญาณควบคุม
และขนาด V_{tri}^{\wedge} ของสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยมเป็นค่าคงที่



(ก)



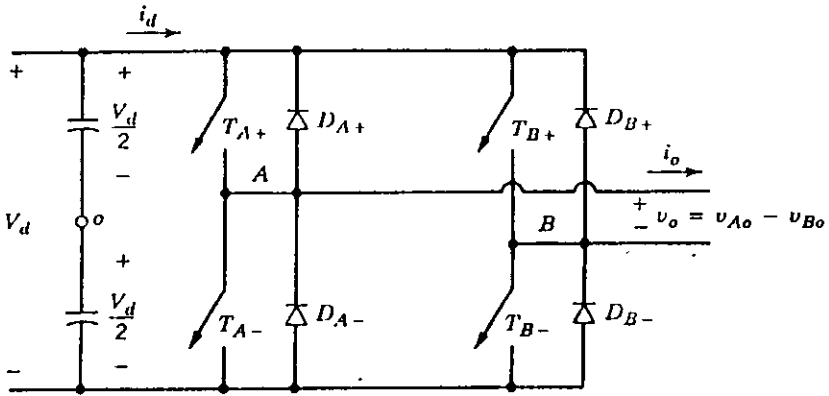
ภาพประกอบ 6.2 หลักการมอดูเลตความกว้างพัลส์ (PWM) [20]

frequency modulation ratio m_f หมายถึง

$$m_f = \frac{f_s}{f_1} \tag{5}$$

6.3 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบการสวิตช์แรงดันไบโพลาร์ (Bipolar voltage switching) [20]

เป็นการใช้หลักการของ PWM เพื่อให้ได้สัญญาณเป็นรูปพัลส์สี่เหลี่ยมแบบไบโพลาร์ และสามารถปรับความกว้างของพัลส์ ได้โดยการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันรูปคลื่นไซน์กับแรงดันรูปคลื่นสามเหลี่ยม พิจารณาวงจรอินเวอร์เตอร์เฟสเดียวแบบฟูลบริดจ์ ดังภาพประกอบ 6.3

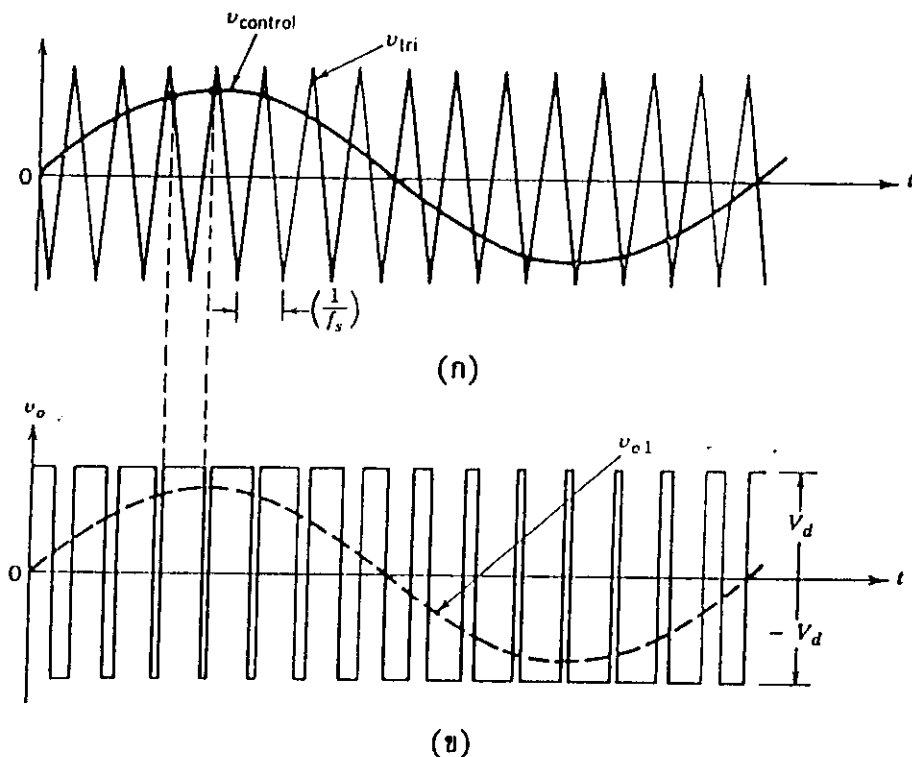


ภาพประกอบ 6.3 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์ [20]

แรงดันด้านออกของอินเวอร์เตอร์ที่จุด B มีค่าตรงกันข้ามกับแรงดันที่จุด A ยกตัวอย่างเช่น เมื่อ T_{A+} นำกระแส และ $V_{AO}(t)$ มีค่าเท่ากับ $+\frac{V_d}{2}$, T_{B+} ก็จะนำกระแสด้วย และ $V_{BO} = -\frac{V_d}{2}$ ดังนี้

$$V_{BO}(t) = -V_{AO}(t) \quad (6)$$

$$\text{และ } V_o(t) = V_{AO}(t) - V_{BO}(t) = 2V_{AO}(t) \quad (7)$$



รูปที่ 53 PWM with bipolar voltage switching [6]

ภาพประกอบ 6.4 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบการสวิตช์แรงดันไบโพลาร์ [20]

รูปคลื่น V_o แสดงไว้ในภาพประกอบ 6.4 ข) การวิเคราะห์ที่ก็สามารถทำได้เช่นเดียวกับในเรื่อง PWM สำหรับวงจรอินเวอร์เตอร์เฟสเดียวแบบฮาร์ฟบริดจ์ ดังนั้นค่ายอดส่วนประกอบหลักมูลของแรงดันด้านออก (V_{o1}) สามารถเขียนได้ดังสมการ (8) และ (9) คือ

$$V_{o1} = m_a V_d, \quad m_a \leq 1 \quad (8)$$

$$\text{และ } V_d < V_{o1} < \frac{4V_d}{\pi}, \quad m_a > 1 \quad (9)$$

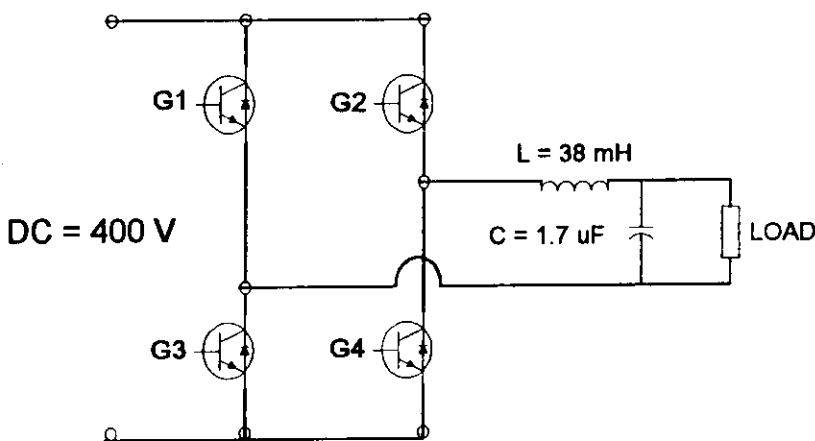
ในภาพประกอบ 6.4 ข) เราจะสังเกตเห็นได้ว่าแรงดันด้านออก V_o จะมีค่าเปลี่ยนแปลงระหว่าง $-V_d$ และ $+V_d$ ซึ่งต่างกับแบบฮาร์ฟบริดจ์ คือแรงดันด้านออกจะมีค่าเปลี่ยนแปลงระหว่าง

$-\frac{V_d}{2}$ ถึง $\frac{V_d}{2}$ และนี่ก็เป็นเหตุผลหนึ่งที่ว่าทำไมเราจึงเรียก PWM แบบนี้ว่า “PWM with Bipolar Voltage Switching”

6.4 วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้น

ในโครงการนี้ได้ทำการเลือกใช้อินเวอร์เตอร์มาใช้งานเป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 400 โวลต์ ไปเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลต์ ซึ่งอินเวอร์เตอร์ในโครงการนี้จะต้องทำงานเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้โหลดตลอดเวลา ดังนั้นการออกแบบและการเลือกอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในวงจรอินเวอร์เตอร์ จะต้องทำด้วยความระมัดระวังมากที่สุด และเพื่อให้กำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นในวงจรอินเวอร์เตอร์มีค่าน้อย อีกทั้งความต้องการที่จะได้รูปคลื่นของแรงดันด้านออกที่มีรูปร่างใกล้เคียงไซน์มากที่สุด โดยใช้วงจรกรอง LC ซึ่งในการเลือกค่า L และ C ขึ้นมา ได้ใช้ โปรแกรม Tlek ในการช่วยในการออกแบบ แต่ในทางปฏิบัติจริงๆ แล้วผลที่ทำการจำลองออกมาได้กับที่ทำการทดลองจริงนั้นต่างกัน ดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณาผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

โดยวงจรส่วนกำลังที่ได้ออกแบบไว้มีลักษณะดังนี้

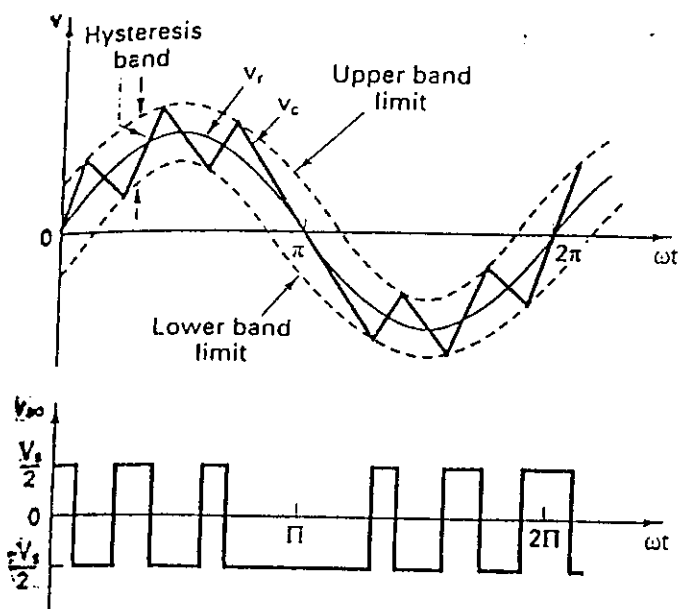


ภาพประกอบ 6.5 วงจรอินเวอร์เตอร์

6.4.1 ส่วนของวงจรควบคุม

การออกแบบวงจรควบคุมนี้ใช้หลักการ PWM with bipolar voltage switching ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งในการออกแบบจะใช้การ Modulation แบบ Delta Modulation หรือเรียกว่า Hysteresis Modulation ซึ่งเป็น Advanced Modulation Technique โดยหลักการนี้จะทำให้แรงดันด้านออกกระแสสลับจะมีรูปร่างใกล้เคียงกับสัญญาณอ้างอิงที่เป็นสัญญาณไซน์

6.4.1.1 หลักการของ Delta Modulation

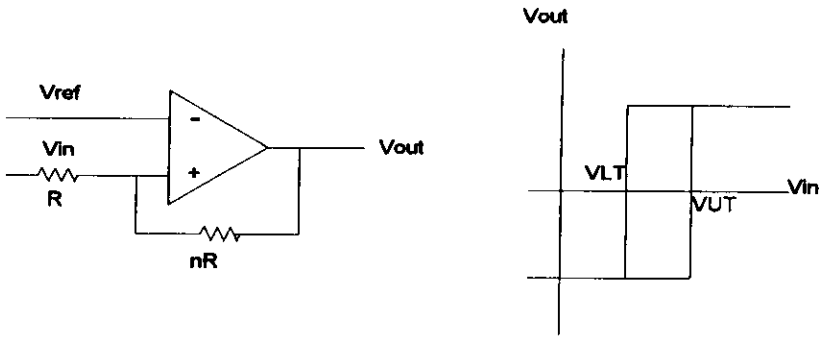


ภาพประกอบ 6.6 หลักการของ Delta Modulation[20]

จากภาพประกอบ 6.6 จะเห็นว่าคลื่นสามเหลี่ยมจะแกว่งอยู่ภายในช่วง ΔV ซึ่งจะอยู่เหนือและใต้ของสัญญาณอ้างอิงรูปไซน์ (sine reference) โดยภายในช่วง ΔV นี้เรียกว่า Hysteresis band

6.4.1.2 วงจรคอมพาราเตอร์[7]

คอมพาราเตอร์เป็นวงจรที่ใช้เปรียบเทียบสัญญาณที่ป้อนให้ที่ขาอินพุตขาหนึ่ง กับระดับแรงดันเปรียบเทียบที่ขาอินพุตอีกขาหนึ่ง โดยมีการป้อนกลับแบบบวกเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนให้เหลือน้อยที่สุด ในโครงการเลือกใช้วงจรคอมพาราเตอร์แบบไม่กลับขั้วที่มีฮิสเตอร์ซิส



ภาพประกอบ 6.7 วงจรคอมพาราเตอร์แบบไม่กลับขั้วที่มีฮิสเทอรีซิส[7]

เป็นวงจรถอดพาราคเตอร์ที่จุดกึ่งกลางของแรงดันฮิสเทอรีซิสไม่อยู่ที่ 0 โวลต์ แต่จะมีค่าเป็นบวกหรือเป็นลบก็ได้ เมื่อต้องการสร้างวงจรประเภทนี้ ต้องประกอบด้วยลักษณะดังนี้

1. ใช้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้เพื่อกำหนดค่า V_H
2. มีตัวต้านทานปรับค่าได้อีกตัวหนึ่งเพื่อกำหนด V_{cr}
3. การปรับค่า V_H และ V_{cr}
4. V_{cr} ควรจะเท่ากับแรงดันอ้างอิงภายนอก V_{ref}

โดย
$$V_H = V_{UT} - V_{LT}$$

$$V_{UT} = V_{ref} \left(\frac{n+1}{m} \right) + \left(\frac{V_{sat}}{n} \right)$$

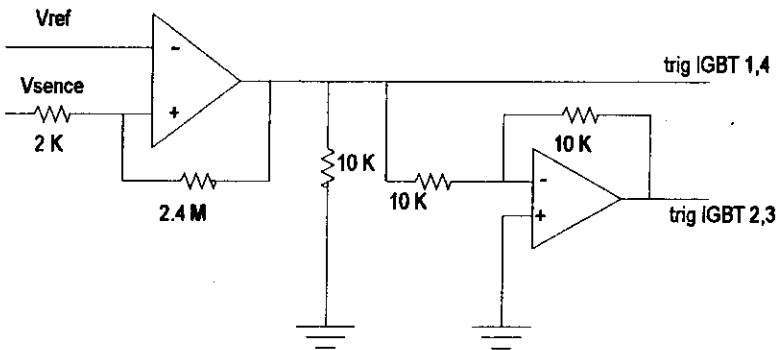
$$V_{LT} = V_{ref} \left(\frac{n+1}{m} \right) - \left(\frac{V_{sat}}{n} \right)$$

$$f_{osc} = \frac{1.1}{R_T C_T}$$

$$T = \frac{R_T C_T}{1.1}$$

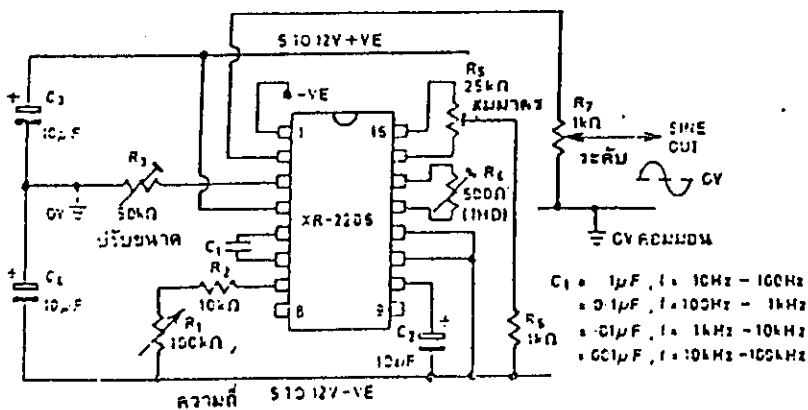
โดยตัวด้านทางที่ใช้ป้อนกลับแบบบวกที่ต่ออยู่ระหว่างขาเอาต์พุต และขาอินพุตบวกทำให้วงจรนี้มีคุณสมบัติเป็นฮิสเทอรีซิส และป้อนสัญญาณอินพุตเข้าโดยต่อผ่านทาง R เข้าที่ขาบวกและแรงดันเปรียบเทียบกับป้อนให้ที่อินพุตลบของออปแอมป์

สำหรับสัญญาณที่จะป้อนเข้าที่ขาบวกของวงจร ควรจะมีค่าอิมพีแดนซ์ภายในต่ำ หรือไม่ก็ควรต่อ สัญญาณที่จะป้อนเข้าที่ขาบวกของวงจรรกับวงจรตามแรงดัน (buffer) ก่อนจะป้อนผ่าน R เข้ามาในวงจร สำหรับวงจรที่ควบคุมที่ได้ทำการออกแบบไว้แสดงในภาพประกอบ 6.8



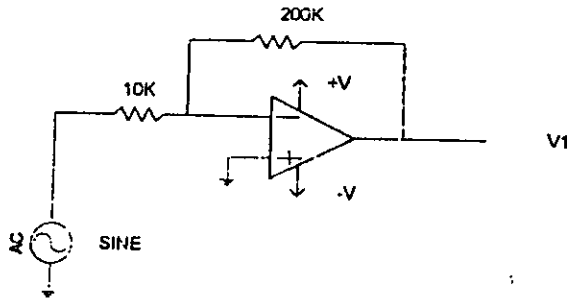
ภาพประกอบ 6.8 วงจรควบคุมสัญญาณของ IGBT

จากวงจรจะเห็นได้ว่ามีสัญญาณอ้างอิงป้อนเข้าที่ขาอินพุตลบ ซึ่งสัญญาณนี้เป็นสัญญาณอ้างอิงรูปไซน์โดยได้ทำการออกแบบสัญญาณนี้เป็นสัญญาณอ้างอิง ซึ่งมีค่าความถี่ 50 Hz ขนาด 14 V_{PP} ซึ่งในวงจรนี้ได้สร้างสัญญาณไซน์มาจาก IC XR - 2206 โดยมีวงจรใช้งานดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 6.9 วงจรสร้างสัญญาณรูปคลื่นไซน์

ซึ่งสัญญาณที่ได้ ยังมีค่าแรงดันต่ำอยู่ จึงต้องนำไปขยายโดยใช้วงจรขยายดังนี้



ภาพประกอบ 6.10 วงจรขยายสัญญาณรูปคลื่นไซน์

ส่วนสัญญาณที่นำมาเปรียบเทียบกับซึ่งเป็นสัญญาณป้อนเข้าที่อินพุตขาบวกนี้เป็นสัญญาณแรงดันกระแสสลับที่ลดทอนมาจากแรงดันค่านอกของวงจรถออินเวอร์เตอร์ โดยการนำสัญญาณค่านอกที่ได้จากวงจรถออินเวอร์เตอร์ ผ่านหม้อแปลงเพื่อแยกโคคกราวด์ของวงจรควบคุมออกจากวงจรถออินเวอร์เตอร์ส่วนกำลัง เพื่อป้องกันการลัดวงจรของสัญญาณลงกราวด์ของวงจรควบคุม

เมื่อทำการป้อนสัญญาณแรงดันกระแสตรงขนาด 400 โวลต์ เข้าไปในส่วนของวงจรถอกำลัง และมีสัญญาณมาทริกขาเกตของ IGBT ในวงจรถอกำลังตัวที่ 1 และ 4 แรงดันกระแสตรงที่จ่ายเข้าไปจะจ่ายไปยังโหลดที่ขนานอยู่กับ C โดยตัว C จะ Charge ประจุทำให้แรงดันที่ผ่านโหลดไม่เปลี่ยนแปลงในทันทีทันใด เมื่อสัญญาณแรงดันที่โหลดเพิ่มขึ้นถึง V_{UT} แล้ว แรงดันที่จุด 3 ซึ่งเป็นแรงดันอ้างอิงป้อนกลับขาบวก จะมีค่าเป็น V_{LT} IGBT ตัวที่ 2 และ 3 จะทำงาน C จะ discharge ไปจนระดับแรงดันที่โหลดมีค่าถึง V_{LT} IGBT ตัวที่ 1 และ 4 ก็จะทำงานอีก โดย IGBT ตัวที่ 2 และ 3 ก็จะอยู่ในสถานะ off ขณะที่ IGBT ตัวที่ 1 และ 4 ทำงาน ซึ่งการทำงานของ IGBT ทั้งสองชุดนี้จะทำงานสลับกันไปเรื่อย ๆ ตลอดเวลา โดยจะเห็นได้ว่าต่างกับวงจรถอควบคุมที่ได้ออกแบบไว้ในโครงการก่อนที่ IGBT แต่ละชุดจะสลับกันทำงาน ในแต่ละครึ่งคาบของสัญญาณ sine จากการออกแบบวงจรถอควบคุมใหม่นี้ความถี่ในการสวิตช์ขึ้นอยู่กับค่า C ของวงจรถอว่าจะ charge และ discharge ประจุได้เร็วแค่ไหน ซึ่งนอกจากจะขึ้นกับค่า C แล้วยังขึ้นกับช่วง Hysteresis band โดยขึ้นอัตราส่วนของค่า R ป้อนกลับที่ขาอินพุตบวกว่ามีค่าอัตราส่วนมากกว่า R ตัวที่กั้นระหว่างสัญญาณเข้า ซึ่งถ้าค่า R ตัวป้อนกลับยังมีค่ามากขึ้น ช่วง Hysteresis band ก็จะทำให้สัญญาณแรงดันกระแสสลับค่านอกมีรูปคลื่นเป็นไซน์มากขึ้น และยังส่งผลให้ความถี่ในการสวิตช์สูงขึ้นอีกด้วย นอกจากส่วนที่กล่าวมาแล้ว ค่า L ก็ยังมีผลต่อค่า Hysteresis band ด้วยเพราะฉะนั้นจึงต้องเลือกใช้ค่า L ในวงจรถอให้เหมาะสม

จากรูปวงจรควบคุม ออปแอมป์ตัวที่ 1 เป็นวงจรในส่วน Hysteresis สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะนำไปทริกขาเกตของ IGBT ตัวที่ 1 และ 4

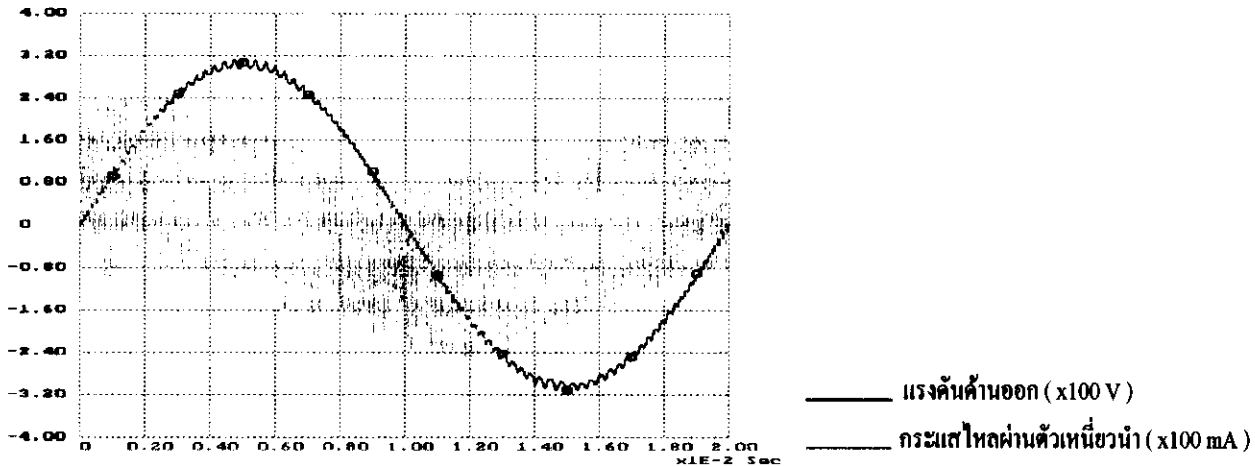
ออปแอมป์ตัวที่ 2 เป็นวงจรในส่วนอินเวอร์สที่ดึงเอาสัญญาณเอาต์พุตของออปแอมป์ตัวที่ 1 นามาเป็นสัญญาณเข้า เพื่อนำสัญญาณออกที่ได้จากวงจรอินเวอร์สนี้ไปทริกขาเกตของ IGBT ตัวที่ 2 และ 3

6.4.1.3 การแยกกราวด์ของสัญญาณควบคุม

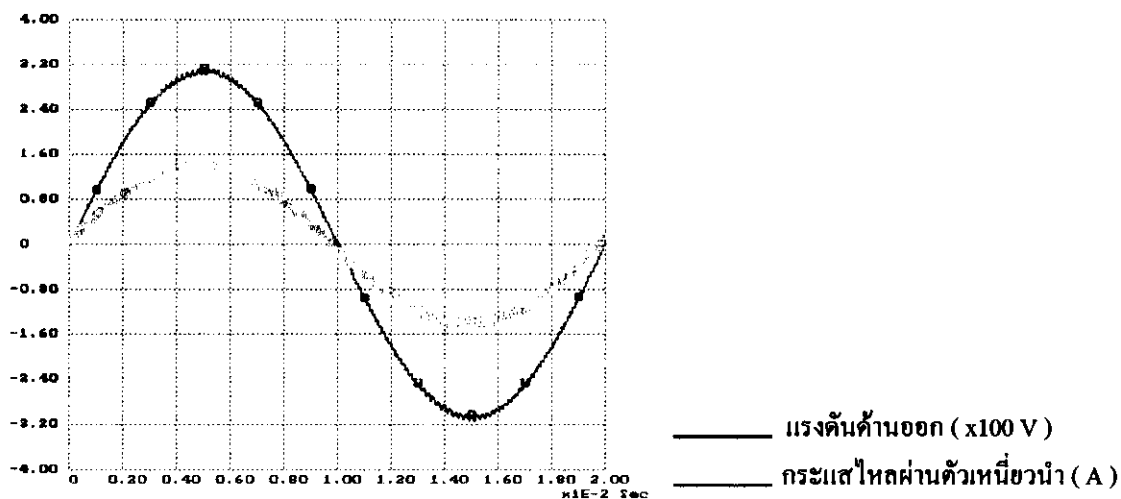
ในการนำสัญญาณควบคุมไปใช้ควบคุมการทำงานของ IGBT ในวงจรอินเวอร์เตอร์นั้น ต้องทำการแยกกราวด์ของสัญญาณควบคุมออกจากกราวด์ของสัญญาณกำลังที่ป้อนเข้าสู่วงจรเสียก่อน โดยในความก้าวหน้าครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการแยกกราวด์โดยใช้วงจร Optoisolater มาใช้ ซึ่งนำมาจากโครงการในปีที่ผ่านมา โดยสัญญาณที่ออกจากวงจร Optoisolater ที่ได้นี้จะไม่มีผลรบกวนจากสัญญาณควบคุมที่สร้างขึ้นมา

6.5 การจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรม Tleak

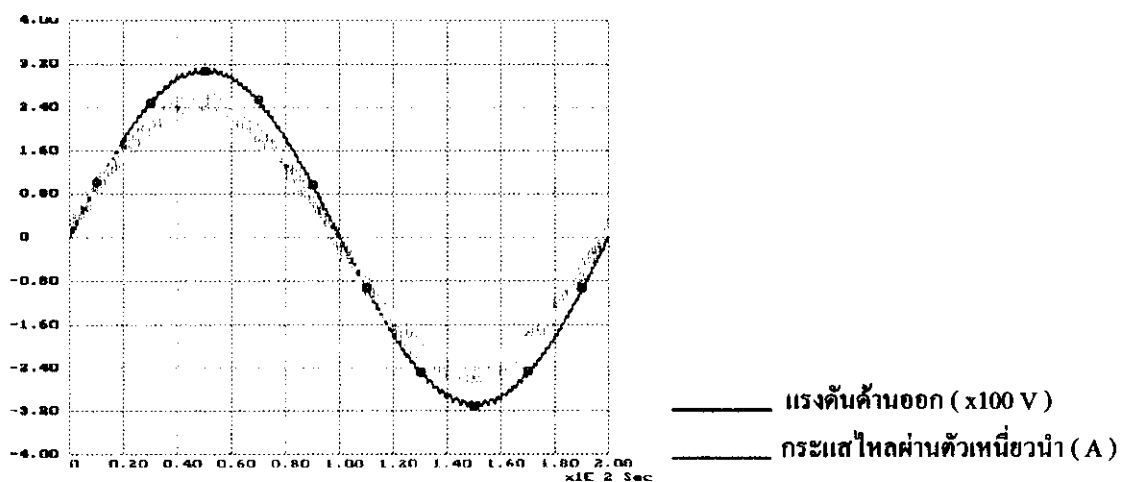
เพื่อเป็นการตรวจสอบการทำงานของวงจร ออกแบบค่าตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ จะใช้การจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรม Tleak ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองการทำงานของวงจรไฟฟ้า จากการจำลองการทำงานในสภาวะโหลดค่าต่างๆแสดงในภาพประกอบ 6.11 ถึง 6.13 จะเห็นได้ว่าวงจรสามารถทำงานได้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้



ภาพประกอบ 6.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันค้ำด้านออกและกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อจ่ายโหลด 5 เปอร์เซ็นต์ (จำลองด้วยโปรแกรม Tleak)



ภาพประกอบ 6.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านออกและกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ
เมื่อจ่ายโหลด 50 เปอร์เซ็นต์ (จำลองด้วยโปรแกรม Tlek)



ภาพประกอบ 6.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านออกและกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ
เมื่อจ่ายโหลด 100 เปอร์เซ็นต์ (จำลองด้วยโปรแกรม Tlek)