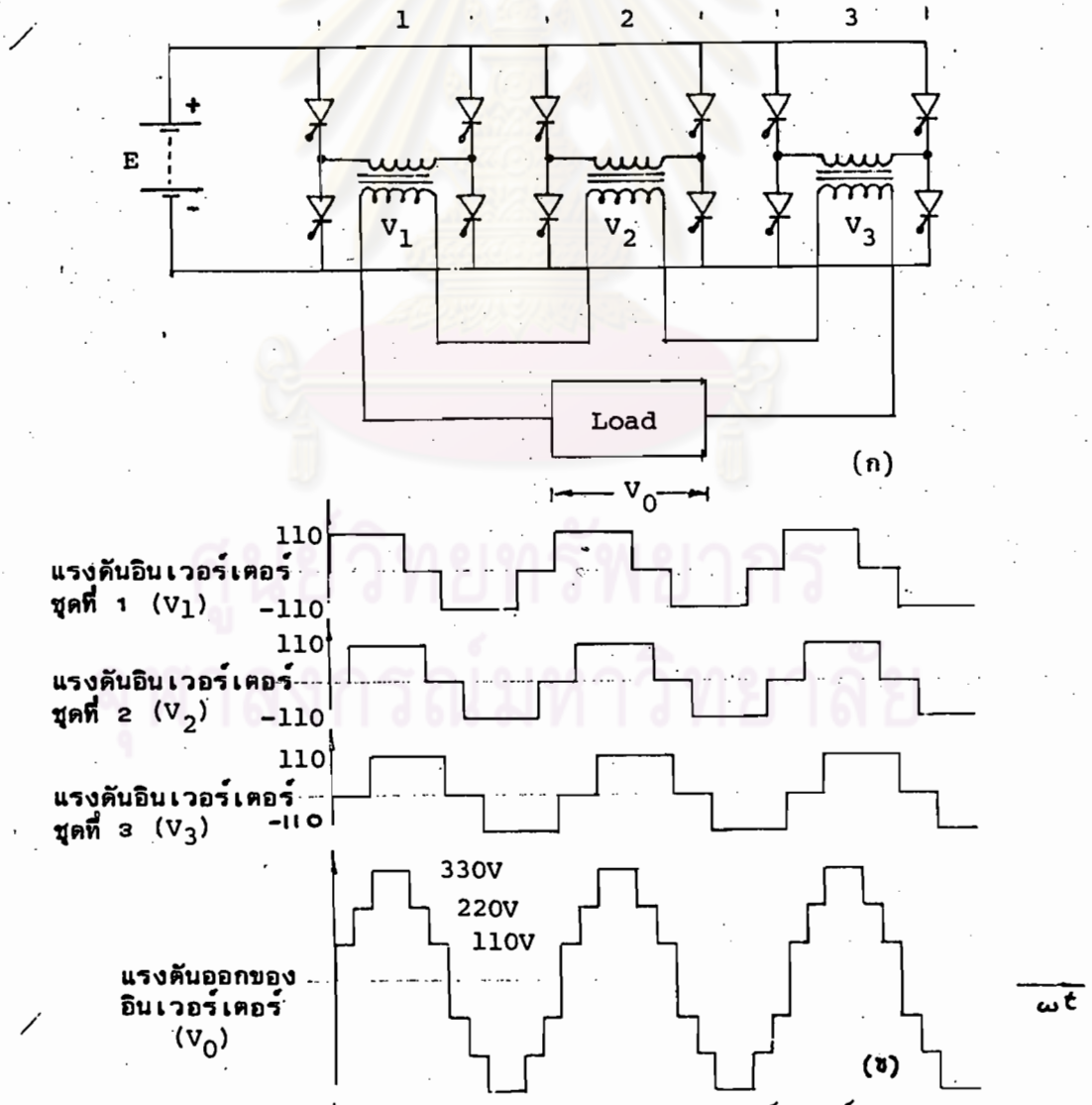
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การออกแบบและสร้างอินเวอร์เตอร์

5.1 คำนำ

วิทยานิพนธ์นี้มีความมุ่งหมายที่จะศึกษาแนวทางการออกแบบและสร้างอินเวอร์เตอร์โดยใช้อุปกรณ์ไทรีสเตอร์ เป็นอุปกรณ์หลักและใช้หลักการคอมมิวเตตแบบใหม่ที่ไม่ต้องประจุไฟฟ้าให้แก่ตัวเก็บประจุก่อน โดยกำหนดให้แรงดันออกของอินเวอร์เตอร์เป็นแบบขั้นบันได(4,313) ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ก) ลักษณะระบบอินเวอร์เตอร์

ข) รูปคลื่นแรงดันออก

ข้อกำหนดในการออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์ มีดังนี้คือ.-

กำลังไฟเอาท์พุท	1.0	เควีเอ
แรงดันเอาท์พุท	220	โวลท์
ความถี่	50	เฮริซ์
แรงดันแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง	60	โวลท์

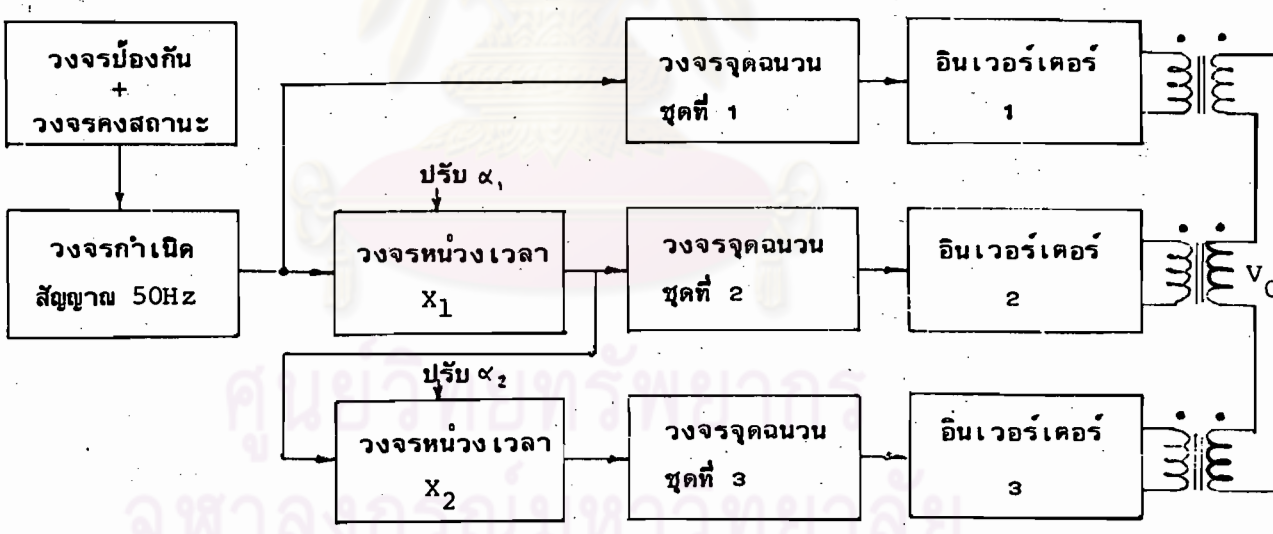
การออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์แบ่งออกเป็นส่วนสำคัญ ๆ 3 ส่วน คือ

ก. วงจรกำลัง (Power Circuit)

ข. วงจรควบคุม (Control Circuit)

ค. วงจรป้องกัน (Protection Circuit)

ซึ่งเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ตามรูปที่ 5.2 และมีวิธีการออกแบบและสร้างตามหัวข้อ 5.2 - 5.4



รูปที่ 5.2 บล็อกไดอะแกรมของวงจรอินเวอร์เตอร์

5.2 การออกแบบวงจรกำลัง

การออกแบบวงจรกำลังของอินเวอร์เตอร์ ตามเงื่อนไขที่กำหนดในหัวข้อ 5.1 ทำเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ได้ดังนี้

5.2.1 กำลังไฟฟ้าเข้า (สมมุติให้อินเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพ 80%)

เนื่องจากวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ออกแบบนี้ ประกอบด้วยวงจรอินเวอร์เตอร์ย่อย 3 ชุด ทำงานอิสระต่อกัน ช่วยกันรับโหลดเนื่องจากขดทุติยภูมิของหม้อแปลงแต่ละชุดต่ออนุกรมกันอยู่เพื่อเพิ่มแรงดันให้ได้ตามที่กำหนด

ดังนั้น กำลังไฟเข้าของอินเวอร์เตอร์แต่ละชุด $= \frac{1}{3} \times 1000 \times \frac{100}{80} = 417$ วัตต์

5.2.2 กระแสเฉลี่ยของไทรีสเตอร์

เนื่องจากกระแสอินพุทเฉลี่ยของอินเวอร์เตอร์แต่ละชุด $= \frac{417}{60}$

$= 6.95$ แอมแปร์

เพื่อต้องการลดฮาร์โมนิคที่ 3 ในวงจรอินเวอร์เตอร์แต่ละชุด โดยการจุดชนวนให้ไทรีสเตอร์นำกระแสในช่วงกว้าง 120° ในแต่ละครึ่งไซเคิลของการทำงาน

กระแสที่ไหลผ่านไทรีสเตอร์ช่วงปกติ (Steady State) $= \frac{\pi}{\frac{2}{3}\pi} \times 6.95$

$= 10.425$ แอมแปร์

ดังนั้น กระแสเฉลี่ยของไทรีสเตอร์ $i_{t(rms)} = 10.425 \times \sqrt{\frac{\frac{2}{3}\pi}{2\pi}}$

$= 6.019$ แอมแปร์

5.2.3 แรงดันสูงสุดของไทรีสเตอร์

เนื่องจากแรงดันสูงสุดของตัวเก็บประจุ C ; $E_m \leq 2E$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กำหนดให้แรงดันของไทรีสเตอร์ $V_T \geq 2.5\ E = 2.5 \times 60 = 150$ โวลท์

5.2.4 อุปกรณ์ในวงจรคอมมิวเตต L และ C

กำหนดให้ t_c = ช่วงเวลาการหยุดนำกระแสของวงจร

($t_2 - t_3$; จากรูป 4.2)

= 2 เท่าของช่วงเวลาการหยุดทำกระแสของไทรีสเตอร์ (tg)

= 40 μsec (ไทรีสเตอร์ มี tg = 20 μsec)

และ $I_{Po} = 1.5\ I_L$ ซึ่งเป็นจุดที่ดีที่สุด (3,385)

จากสมการ 4.11 $\gamma = \frac{I_L}{I_{Po}} = \frac{1}{1.5} = 0.67$

และ Q > 10 เพื่อให้วงจร LC อยู่ในสภาวะหน่วยน้อยเกินไป

จากสมการ 4.9 ; 4.10

$$C = \frac{10.425 \times 40 \times 10^{-6} \times e^{-\frac{3\pi}{40}}}{2 \times 60 \times 0.67 \times \cos^{-1} 0.67} \approx 5\ \mu F$$

$$L = \frac{0.67 \times 60 \times 40 \times 10^{-6} \times e^{-\frac{3\pi}{40}}}{2 \times 10.425 \times \cos^{-1} 0.67} \approx 72\ \mu H$$

จากค่าที่คำนวณได้นี้เลือกใช้ C = 6 μF (ดูคุณสมบัติจากภาคผนวก ข)

จากสมการที่ 4.5 กระแสคอมมิวเตตสูงสุด $I_{P1} = \frac{60}{\sqrt{\frac{72}{6}}} \times e^{-\frac{\pi}{40}} = 16.012$ แอมแปร์

ช่วงกว้างของกระแสคอมมิวเตต $T_{PW} = \pi\sqrt{LC} = \pi\sqrt{72 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^{-}}$

= 65 μsec

5.2.5 จากค่าที่คำนวณได้ กำหนดคุณสมบัติของไทรีสเตอร์ที่จะใช้ดังนี้

ก) เมนไทรีสเตอร์ (Main Thyrister)

1. อัตราแรงดันปกติ V_{DRM} > 150 โวลท์

2. อัตรากระแสปกติ $I_{T(rms)}$ > 6.019 → 10 แอมแปร์

3. อัตรากระแสสูงสุด $I_{T(peak)}$ > 10.425+16.012 ≅ 30 แอมแปร์

4. ระยะเวลาหยุดนำกระแส tg ≤ 20 μsec

จากข้อกำหนดนี้เลือกใช้ไทรีสเตอร์ของ Texas Instruments Series TIC 126 (ดูคุณสมบัติในภาคผนวก ข)

ข) ไทรีสเตอร์ช่วย (Auxiliary Thyrister)

1. อัตราแรงดันปกติ V_{DRM} > 150 โวลท์

2. อัตรากระแสปกติ $I_{T(rms)}$ > $16.012\times\sqrt{\frac{65\times10^{-6}}{20\times10^{-3}}}$ = 1.0 แอมแปร์

3. อัตรากระแสสูงสุด $I_{T(peak)}$ > 16.012 ≈ 20 แอมแปร์

4. ระยะเวลาหยุดนำกระแส tg ≤ 20-30 μsec

จากข้อกำหนดนี้ เลือกใช้ไทรีสเตอร์ของ Motorola 2N 6403

ค) ไดโอด

1. อัตราแรงดันปกติ > 150 โวลท์

2. อัตรากระแสปกติ $I_{D(rms)}$ > 1.0 แอมแปร์

3. อัตรากระแสสูงสุด ≥ 20 แอมแปร์

จากข้อกำหนดนี้ เลือกใช้ไดโอด No. IN 5404

5.2.6 วงจรสนับเบอร์ (Snubber Circuit)

เพื่อควบคุมอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันต่อเวลา (dv/dt) มิให้เกินค่าที่กำหนดของไทรีสเตอร์ที่ใช้ จึงจำเป็นต้องออกแบบวงจรสนับเบอร์ต่อคร่อมไทรีสเตอร์ วงจรสนับเบอร์นี้เป็น RC การคำนวณ[3] กำหนดให้ $\epsilon = 0.60$

เพื่อให้โอเวอร์ชูตประมาณ 25%

dv/dt < 50 V/μsec

ความถี่ที่ใช้งาน f_o = 50 Hz

จากโมโนกราฟ ในภาคผนวกจะได้ว่า RC = 1.5 μsec

และ $I_p \times \frac{R}{E_s} = 0.6$

กำหนดให้ I_p = 2.4 แอมแปร์

$$R = \frac{0.6 \times 60}{2.4} = 15\ \Omega$$

$$C = \frac{1.5}{15} = 0.1\ \mu F$$

5.2.7 หม้อแปลงไฟฟ้า

จากข้อกำหนดของอินเวอร์เตอร์ต้องการแรงดันออกเฉลี่ย 220 โวลท์ เป็นรูปขั้นบันได ดังรูปที่ 5.1 (ข) โดยมียอดสูงสุด 330 โวลท์ ดังนั้นแรงดันออกของหม้อแปลงของอินเวอร์เตอร์แต่ละชุดเท่ากับ 110 โวลท์ เพื่อให้สามารถปรับแรงดันได้ทางขดทุติยภูมิของหม้อแปลงจะมีแท็ปแรงดันแยกไว้ที่ 120 โวลท์ และ 130 โวลท์

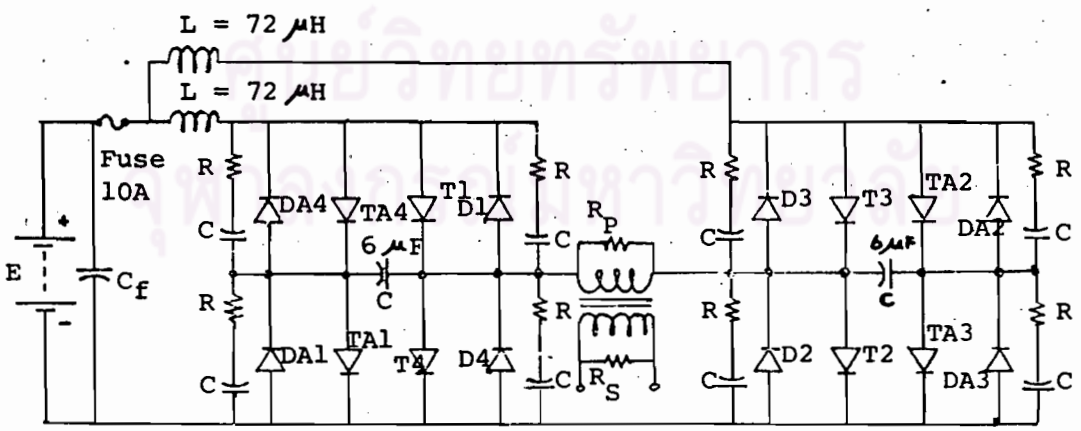
กระแสเฉลี่ยที่โหลดเต็มที่

ทางขดปฐมภูมิ = 8.39 แอมแปร์

ทางขดทุติยภูมิ = 4.12 แอมแปร์

จากค่าที่ออกแบบและสร้างหม้อแปลงตามภาคผนวก ก.

จากค่าที่คำนวณได้ทั้งหมดในการออกแบบวงจรกำลัง นำมาเขียนวงจรอินเวอร์เตอร์ได้ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ออกแบบและสร้างแต่ละชุด

5.3 การออกแบบวงจรควบคุม

พิจารณารูปคลื่นแรงดันออกของวงจรอินเวอร์เตอร์ แต่ละชุดรูปที่ 5.1(ข) จะเห็นได้ว่า วงจรอินเวอร์เตอร์ย่อยแต่ละชุดทำงานไม่พร้อมกันจะล้าหลังกันอยู่กล่าวคือ ถ้าให้แรงดันออกของวงจรอินเวอร์เตอร์ชุดแรกเป็นแรงดันอ้างอิง จะได้ว่าแรงดันออกของวงจรอินเวอร์เตอร์ชุดที่สองจะล้าหลังชุดแรกอยู่ 1 และแรงดันออกของวงจรอินเวอร์เตอร์ชุดที่สามจะล้าหลังชุดที่สองอยู่ 2 ดังนั้น การออกแบบวงจรควบคุมจะประกอบด้วยวงจร ดังนี้

ก) วงจรกำเนิดสัญญาณ

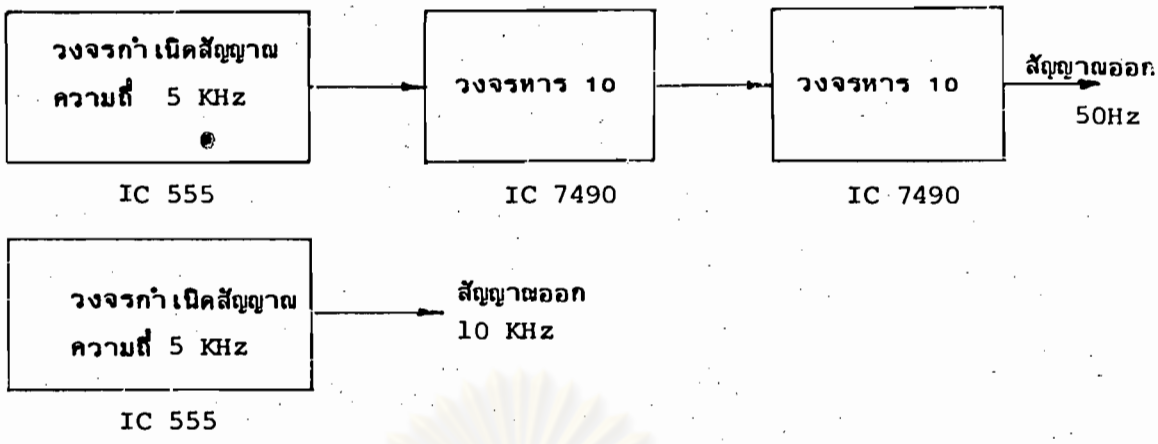
ข) วงจรหน่วงเวลา

ค) วงจรจุดชนวนไทรีสเตอร์

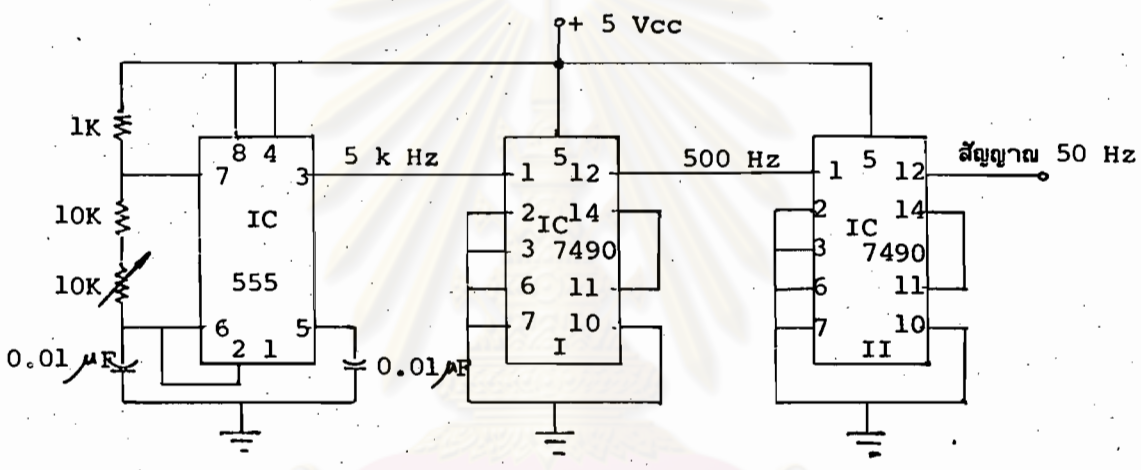
5.3.1 วงจรกำหนดสัญญาณ

วงจรกำเนิดสัญญาณ ประกอบด้วยวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ 50 เฮิทซ์ และวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ 10 กิโลเฮิทซ์ ดังแสดงในรูปที่ 5.4 ซึ่งวงจรกำเนิดสัญญาณทั้ง 2 ใช้ไอซี 555 ต่อแบบอะสเตเบิ้ล[7] สำหรับวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ 50 เฮิทซ์ จะต่อ ไอซี 555 ให้สร้างสัญญาณสี่เหลี่ยมความถี่ 5 กิโลเฮิทซ์ แล้วต่อสัญญาณผ่านวงจรหารสิบ 2 ครั้งโดยใช้ไอซี 7490 2 ตัว ก็จะได้สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ความถี่ 50 เฮิทซ์ ซึ่งมีช่วงกว้างของแต่ละครึ่งไซเคิลเท่ากัน
เท่ากัน

สำหรับวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ 10 กิโลเฮิทซ์ จะส่งสัญญาณไปยังวงจรจุดชนวน เพื่อมอดูเลทกับสัญญาณจุดชนวน ในการทริกไทรีสเตอร์โดยผ่านหม้อแปลงพัลส ทำให้การจุดชนวนมีประสิทธิภาพและทริกไทรีสเตอร์ได้แน่นอน



(ก)



(ข)

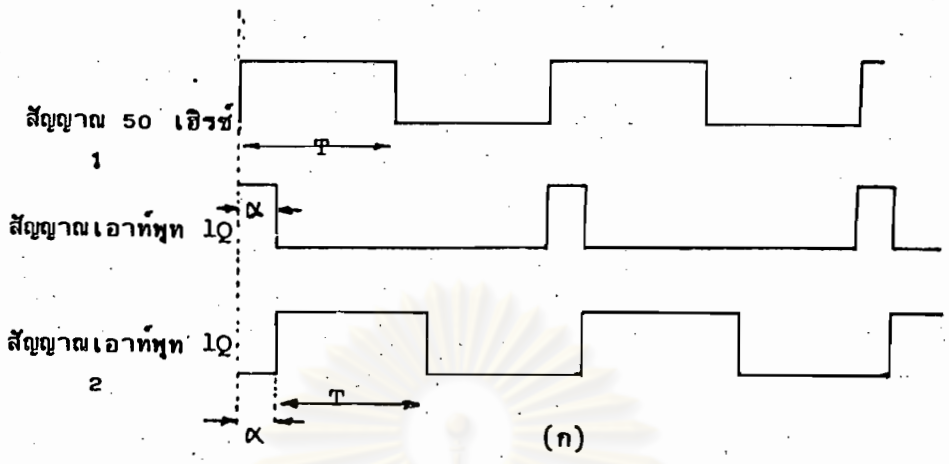
รูปที่ 5.4 ก) บล็อกไดอะแกรมของวงจรกำเนิดสัญญานความถี่ 50 เฮิทซ์
ข) ลักษณะการต่อวงจรกำเนิดสัญญานความถี่ 50 เฮิทซ์

5.3.2 วงจรหน่วงเวลา

วงจรหน่วงเวลา ทำหน้าที่หน่วงเวลาสัญญาณจุดชนวนวงจรอินเวอร์เตอร์แต่ละชุด ให้ล้าหลังกัน เพื่อให้อินเวอร์เตอร์ทำงานในช่วงเวลาเริ่มแรกของแต่ละไซเคิลต่างกัน แต่ความถี่และช่วงกว้างของสัญญาณยังคงเท่าเดิม ดังแสดงใน รูปที่ 5.4(ก) วงจรหน่วงเวลานี้ใช้ ไอซี 74123[7] ต่อวงจรดังรูป 5.4(ข) ไอซี 74123 เป็น ไอซี ที่ประกอบด้วยวงจรโมโนสเตเบิ้ล 2 ชุด วงจรโมโนสเตเบิ้ลตัวแรกจะทำหน้าที่หน่วงเวลา โดยต่ออินพุท 1A ลง

กราวด์ ส่วนอินพุท 1B ต่อกับสัญญาณความถี่ 50 Hz เมื่ออินพุท 1B เปลี่ยนสภาวะจาก "0" ไป "1" จะเกิดการทริก ทำให้เอาท์พุท 1Q เปลี่ยนสภาวะจาก "0" ไป "1" และคงสภาพสภาวะ"1" ไปชั่วระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งกำหนดช่วงเวลานี้ด้วยค่าคงตัวเวลา R_1C_1 ที่ต่ออยู่ระหว่างขา 14-15-16 เมื่อหมดเวลาแล้วเอาท์พุท 1Q ก็กลับสู่สภาวะเดิมคือ "0" สำหรับวงจรโมโนสเตเบิลตัวที่สองจะทำหน้าที่ปรับให้ช่วงกว้างของสัญญาณจุดชนวนมีค่าเท่าเดิม โดยต่ออินพุท 2B ให้อยู่ในสภาวะ 1 ส่วนอินพุท 2A ต่อกับสัญญาณเอาท์พุท 1Q ของวงจรโมโนสเตเบิ้ลตัวแรก เมื่ออินพุท 2A เปลี่ยนสภาวะจาก "1" ไป "0" จะเกิดการทริกทำให้เอาท์พุท 2Q เปลี่ยนสภาวะไปสู่ "1" และจะอยู่ในสภาวะนี้นานเท่ากับค่าคงตัวเวลา R_2C_2 ที่กำหนดซึ่งจะออกแบบให้เท่ากับ 10 msec เมื่อครบเวลาแล้วเอาท์พุท 2Q ก็จะกลับสู่สภาวะเดิม

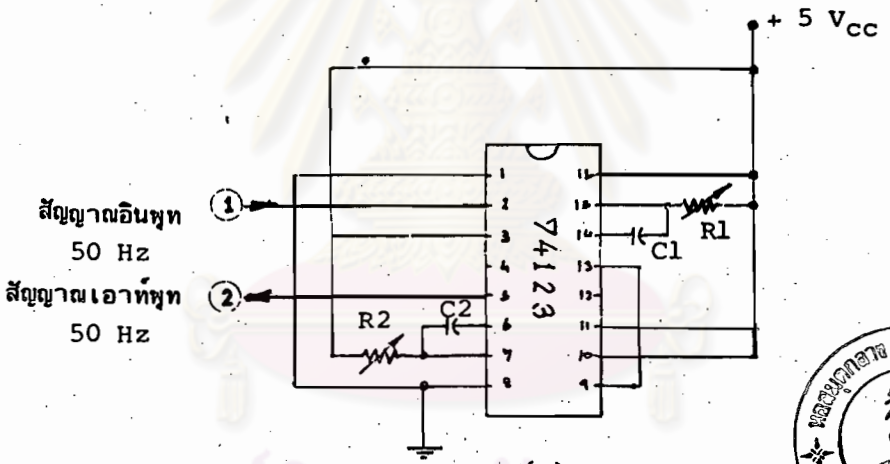
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก)

α = ช่วงที่หน่วงเวลา ขึ้นอยู่ค่าคงตัวเวลา R1 × C1

T = ช่วงกว้างของสัญญาณ ขึ้นอยู่กับค่าคงตัวเวลา R2 × C2



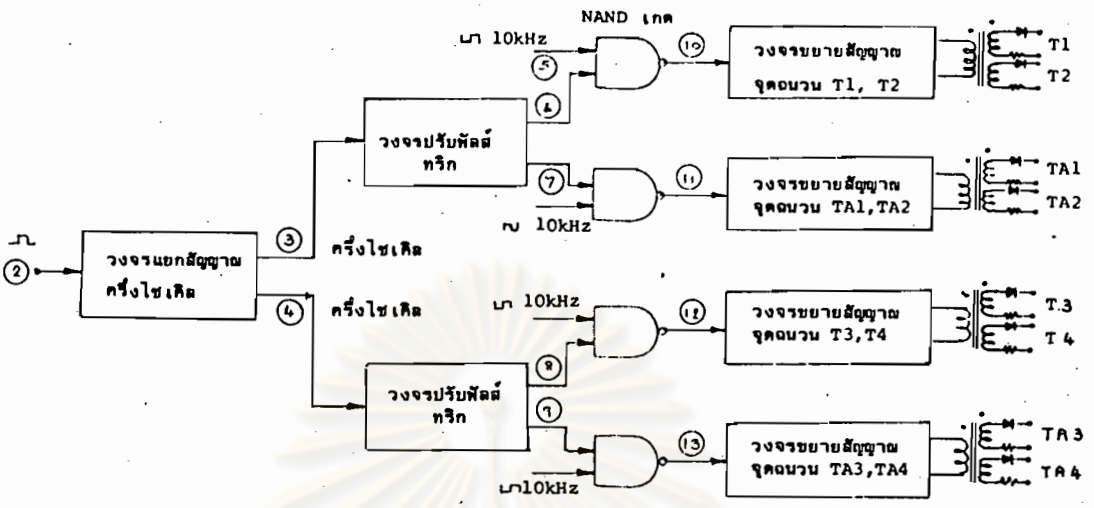
(ข)

รูปที่ 5.5 ก) รูปสัญญาณ

ข) การต่อวงจรหน่วงเวลาด้วย IC 74123

5.3.3 วงจรจุดชนวน

วงจรจุดชนวน ประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ ซึ่งเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรม ได้ดังรูปที่ 5.6



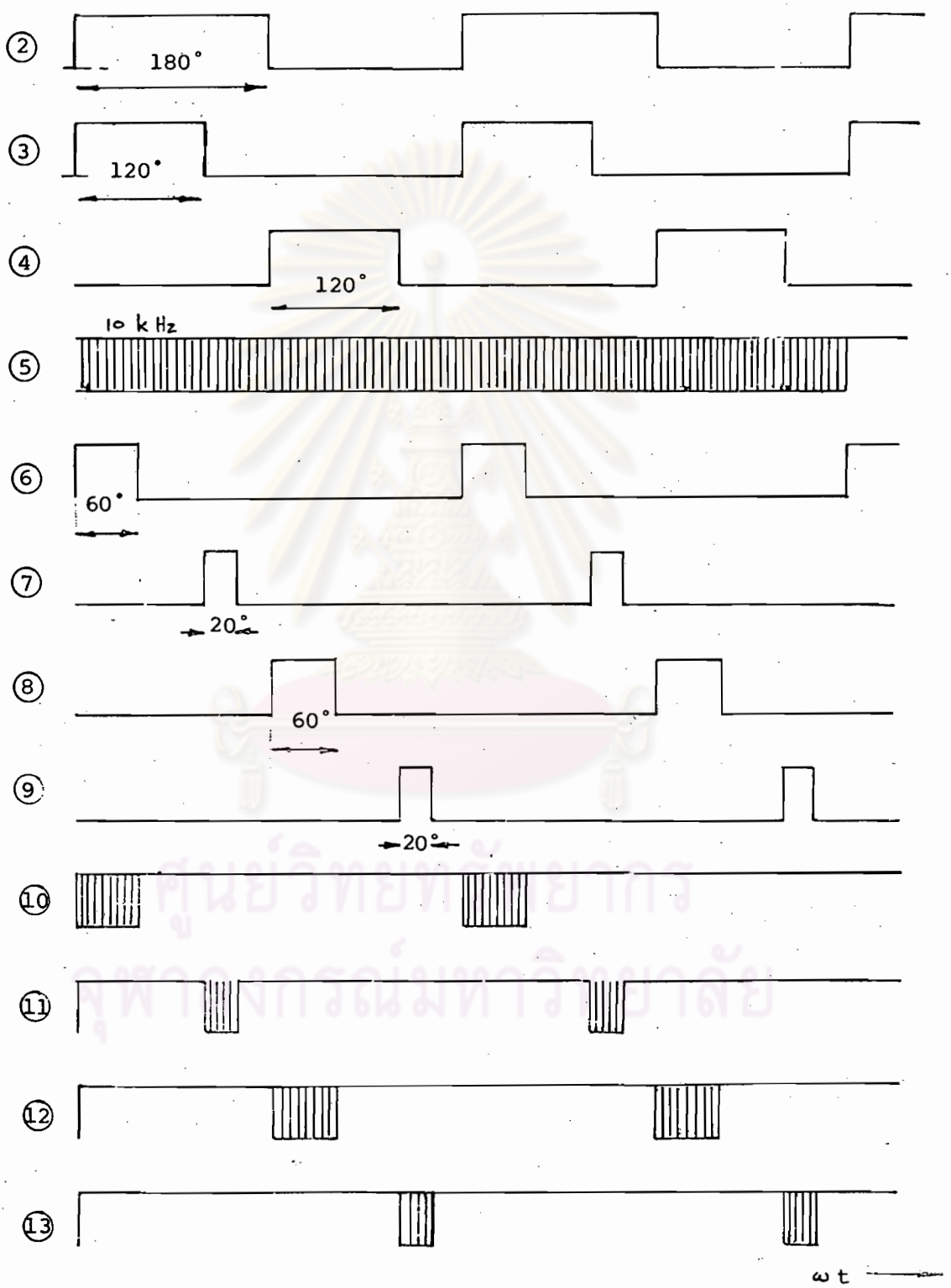
รูปที่ 5.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรจุดฉนวน

1) วงจรแยกสัญญาณครึ่งไซเคิลบวกและลบ (+ ; -)

วงจรนี้จะทำหน้าที่แยกสัญญาณที่ได้รับจากวงจรหน่วงเวลา ออกเป็น 2 ส่วนคือ สัญญาณครึ่งไซเคิลบวกและสัญญาณครึ่งไซเคิลลบ โดยใช้ไอซี 74123 ซึ่งวงจรโมโนสเตเบิ้ลตัวแรก จะทำหน้าที่แยกเอาสัญญาณครึ่งไซเคิลบวกและปรับช่วงกว้างของพัลส์ให้ได้ 120° หรือ 6.67 ms. ส่วนวงจรโมโนสเตเบิ้ลตัวที่สองจะทำหน้าที่แยกเอาสัญญาณครึ่งลบแบะปรับช่วงกว้างของพัลสให้ได้ 120° หรือ 6.67 ms

2) วงจรปรับพัลสทริก

วงจรปรับพัลสทริกนี้ ทำหน้าที่ปรับช่วงกว้างของพัลสให้เหมาะสมสำหรับทริกไทรีสเตอร์ ทั้งนี้เนื่องจากไทรีสเตอร์ต้องการสัญญาณทริกที่ขาเกตในช่วงเวลาเริ่มแรกเท่านั้น เมื่อไทรีสเตอร์นำกระแสแล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องทริกไทรีสเตอร์อีก วงจรนี้ใช้ไอซี 74123 ต่อวงจรแบบโมโนสเตเบิ้ล โดยโมโนสเตเบิ้ลตัวแรกจะปรับพัลสสำหรับทริกเมนไทรีสเตอร์ โดยใช้สัญญาณช่วงขึ้น ("0" ไป "1") จากวงจรแยกสัญญาณเป็นตัวทริก ซึ่งจะปรับให้ช่วงกว้างของพัลสทริก 3 msec ทั้งนี้เนื่องจากกรณีที่กระแสโหลดล้าหลังแรงดันมาก ๆ ซึ่งมากกว่าช่วงกว้างของพัลส์ทริก



รูปที่ 5.7 สัญญาณที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของวงจรจุดฉนวน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

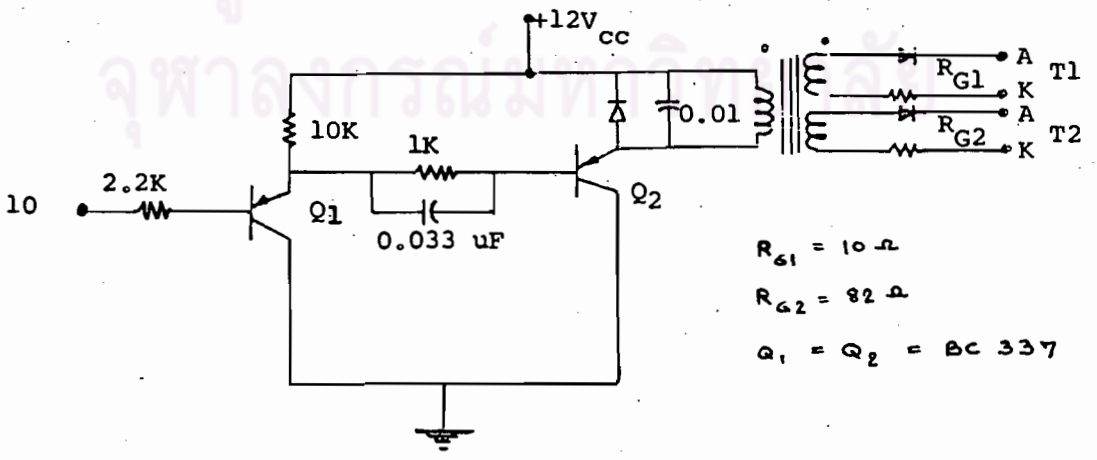
จะทำให้ไทรีสเตอร์ไม่นำกระแส เป็นสาเหตุให้วงจรไม่ทำงานตามที่กำหนดได้ และสำหรับโมโนสเตเบิ้ลตัวที่สองจะทำหน้าที่ปรับพัลส์สำหรับทริกไทรีสเตอร์ช่วย โดยใช้สัญญาณช่วงลง ("1" ไป "0") จากวงจรแยกสัญญาณเป็นตัวทริก และปรับให้ช่วงกว้างของพัลส์ 1 msec ดังแสดงในรูปที่ 5.7

3) วงจร NAND เกต

วงจร NAND เกต เป็นวงจรมอดูเลท ระหว่างสัญญาณทริกกับสัญญาณความถี่สูง 10 กิโลเฮิทซ์ ลักษณะของสัญญาณเอาท์พุท ดังรูปที่ 5.7 สัญญาณทริกไทรีสเตอร์ในลักษณะนี้จะเป็นสัญญาณทริกที่ดีมาก เนื่องจากมีช่วงการทริกสั้น ๆ หลายช่วงและสันหน้าชัน ข้อดีอีกประการหนึ่ง คือ สามารถใช้กับหม้อแปลงพัลส์ได้ ทำให้สามารถแยกวงจรควบคุมกับวงจรกำลังออกจากกันเพื่อป้องกันมิให้สัญญาณรบกวนจากวงจรกำลัง เข้าไปรบกวนสัญญาณควบคุมต่าง ๆ วงจร NAND เกต ใช้ ไอซี 7410

4) วงจรขยายสัญญาณทริก

ทำหน้าที่ขยายสัญญาณทริกให้มีกำลังไฟพอเพียงที่จะไปจุดชนวนไทรีสเตอร์ให้นำกระแสได้วงจรขยายสัญญาณทริก ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 วงจรขยายสัญญาณทริก

การทำงานของวงจร เมื่อสัญญาณจุดชนวนจากวงจร NAND เกต ถูกป้อนเข้ามาที่เบสของ Q1 ถ้าสัญญาณจุดชนวนอยู่ในสภาวะ "1" (+5 โวลท์) ทรานซิสเตอร์ Q1 จะไม่นำกระแส ส่งผลให้ขาเบสของ Q2 มีศักย์เป็นบวกด้วย ทำให้ Q2 ไม่นำกระแส ในสภาวะนี้ไม่มีสัญญาณผ่านหม้อแปลงพัลส์แต่เมื่อสัญญาณจุดชนวน อยู่ในสภาวะ "0" (0 โวลท์) ซึ่งมีกรณีเดียว คือ ในช่วงที่จะทำการทริกไทรีสเตอร์ ดังรูป 5.7 (ตำแหน่ง 10) จะมีผลทำให้ศักย์ที่ขาเบสของ Q1 ลดต่ำลงเท่ากับ 0 ทำให้ Q1 นำกระแส ขณะเดียวกันก็ทำให้ศักย์ของขาเบส Q2 ลดต่ำลงเท่ากับ 0 ด้วย ทำให้ Q2 นำกระแส ก่อให้เกิดกระแสไหลผ่านหม้อแปลงพัลส์เกิดการเหนี่ยวนำทำให้ขดทุติยภูมิของหม้อแปลงพัลส์มีแรงดันพัลส์ไปจุดชนวนไทรีสเตอร์ แต่สภาวะการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณจุดชนวนเร็วมาก คือมีความถี่ 10 kHz ทำให้ Q1 เกิดการ ON-OFF ด้วยความถี่เดียวกัน ส่งผลให้หม้อแปลงพัลส์สร้างแรงดันพัลส์ไปทริกไทรีส-เตอร์ได้อย่างต่อเนื่องจนไทรีสเตอร์นำกระแส และจะทริกจนกว่าสัญญาณจุดชนวนจะเปลี่ยนสภาวะไปเป็น "1"

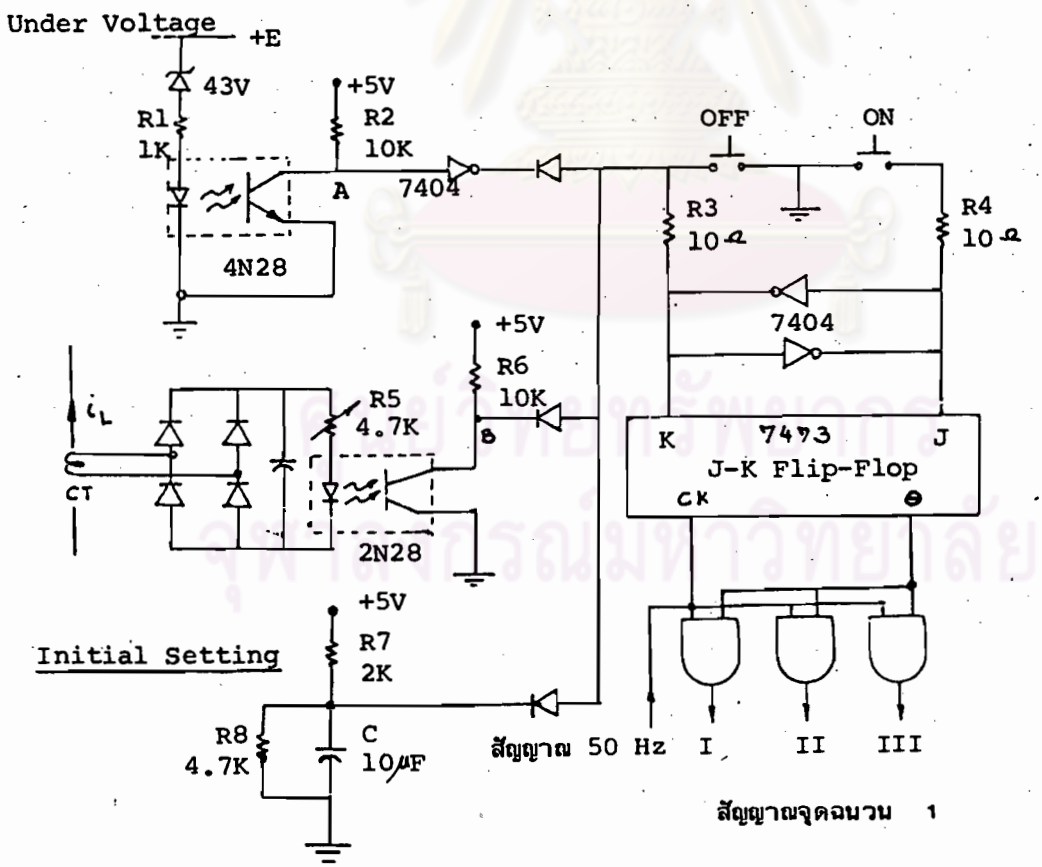
5.4 การออกแบบวงจรป้องกัน

วงจรป้องกันแสดงได้ดังรูปที่ 5.9 ซึ่งประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ ดังนี้

5.4.1 วงจรป้องกันแรงดันแหล่งจ่ายไฟต่ำกว่ากำหนด ทั้งนี้เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟของอินเวอร์เตอร์เป็นแบตเตอรี่ต่ออนุกรมกัน 5 ชุด มีแรงดัน E 60 โวลท์ เมื่ออินเวอร์เตอร์จ่ายไฟอย่างต่อเนื่องจะทำให้แรงดันของแหล่งจ่ายไฟตกลง ซึ่งจะมีผลให้การคอมมิวเตตไทรีสเตอร์ผิดพลาดเพราะกระแสพัลส์ที่ใช้คอมมิวเตตขึ้นอยู่กับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ (ดังสมการที่ 4.7)

การทำงานจของวงจร ซีเนอร์ไดโอด Z_D ทำหน้าที่กันไม่ให้แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟเข้าสู่ออฟโต้มรานซิสเตอร์มากเกินไปและมีความต้านทาน R 1 k จำกัดกระแสที่ไหลผ่านออฟโต้ทรานซิสเตอร์ ในสภาวะที่แรงดันจากแหล่งจ่าย

ไฟมีระดับปกติ 60 โวลท์ จะมีแรงดันตกคร่อม R และ LED ของออฟโต้ทรานซิสเตอร์ ประมาณ 6 โวลท์ (ซีเนอร์มี V_Z = 43 โวลท์) ทำให้กระแสไหลผ่าน LED พอเพียงที่จะกระตุ้นให้ทรานซิสเตอร์ของออฟโต้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะนำกระแสได้ ทำให้แรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์ 0 โวลท์ มีผลทำให้อินเวอร์เตอร์เกตทำงานให้เอาท์พุท "1" ซึ่งสัญญาณนี้ไม่สามารถผ่านไดโอดไปวงจรคงสถานะ (Latching Circuit) ได้ แต่ในกรณีที่แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟต่ำกว่า 50 โวลท์ จะทำให้แรงดันตกคร่อม R และ LED ของออฟโต้ทรานซิสเตอร์ต่ำลงและกระแสที่ไหลผ่าน LED ก็ต่ำลงจนไม่สามารถที่จะกระตุ้นให้ทรานซิสเตอร์ของออฟโต้นำกระแสได้ ส่งผลให้เอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์เกต มีสภาวะ "0" สัญญาณ "0" นี้จะไปกระตุ้นให้วงจรคงสถานะเปลี่ยนแปลงเข้าสู่สภาวะ OFF ดังตารางที่ 5.1



J	K	สภาวะ
0	1	ON
1	0	OFF

รูปที่ 5.9 วงจรป้องกัน

5.4.2 วงจรป้องกันกระแสเกิน เป็นการป้องกันมิให้กระแสโหลดของวงจรอินเวอร์เตอร์เกิน 125% ของกระแสโหลดเต็มที่ (6 แอมแปร์) ซึ่งถ้ากระแสโหลดเกินจะทำให้วงจรคอมมิวเตตของอินเวอร์เตอร์ทำงานผิดพลาด

การทำงานของวงจรจะตรวจวัดกระแสโหลดด้วยหม้อแปลงกระแส (CT) โดยกระแสโหลดจะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไหลในวงจรป้องกันโดยผ่านวงจรเรียงกระแส เข้าสู่ LED ของออฟโต้ทรานซิสเตอร์ โดยมี R5 เป็นตัวจำกัดกระแส ซึ่งสามารถปรับค่าได้ กรณีที่กระแสโหลดปกติจะมีกระแสไหลผ่าน LED น้อยไม่พอที่จะกระตุ้นให้ทรานซิสเตอร์ของออฟโต้นำกระแสได้ ดังนั้นขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์จะอยู่ในสภาวะ "0" จะส่งผลให้วงจรคงสถานะเปลี่ยนแปลงไปสู่สภาวะ OFF ซึ่งจะไปกันมิให้ส่งสัญญาณไปยังวงจรจุดชนวนของวงจรอินเวอร์เตอร์ทั้งสามชุด

5.4.3 วงจรกำหนดค่าเริ่มต้น (Initial Setting)

เป็นวงจรที่กำหนดค่าเริ่มต้นเมื่อเปิดสวิทช์ควบคุมให้อยู่ในสภาวะ "OFF" ทั้งนี้เนื่องจากการเปิดสวิทช์จะเกิดสัญญาณรบกวนไปกระตุ้นให้วงจรคงสถานะอยู่ในสภาวะ "ON" ได้ ซึ่งเหตุการณ์นี้จะก่อให้เกิดความเสียหายแก่วงจรอินเวอร์เตอร์และโหลดได้ การทำงานของวงจร เมื่อเปิดสวิทช์วงจรควบคุมจากวงจร รูปที่ 5.9 จุด C จะมีระดับแรงดัน 0 โวลท์ เมื่อเริ่มแรก ซึ่งสภาวะนี้จะส่งผลให้วงจรคงสถานะอยู่ในสภาวะ "OFF" เมื่อเริ่มต้นที่เปิดสวิทช์ควบคุม เมื่อเวลาผ่านไป 20 msec ระดับแรงดันที่จุด C จะมีค่าเท่ากับ 3.5 โวลท์ ซึ่งสัญญาณนี้ไม่สามารถผ่านไดโอดได้ ทำให้มีผลต่อวงจรคงสถานะ สรุปได้ว่าวงจรกำหนดค่าเริ่มต้นจะทำงานในช่วงเริ่มต้นของการเปิดสวิทช์ควบคุมเท่านั้น โดยกำหนดให้วงจรคงสถานะอยู่ในสภาวะ "OFF" เมื่อปิดสวิทช์ควบคุม ประจุที่ค้างอยู่ในตัวเก็บประจุจะถ่ายเทผ่าน R8

สำหรับวงจรสมบูรณ์ของอินเวอร์เตอร์ ; วงจรควบคุม ; วงจรแผ่นพิมพ์การวางอุปกรณ์บนวงจรแผ่นพิมพ์และรายการวัสดุอุปกรณ์แสดงไว้ในภาคผนวก รายละเอียดเกี่ยวกับการปรับเทียบและการทดสอบวงจรอินเวอร์เตอร์จะกล่าวถึงต่อไปในบทที่ 6