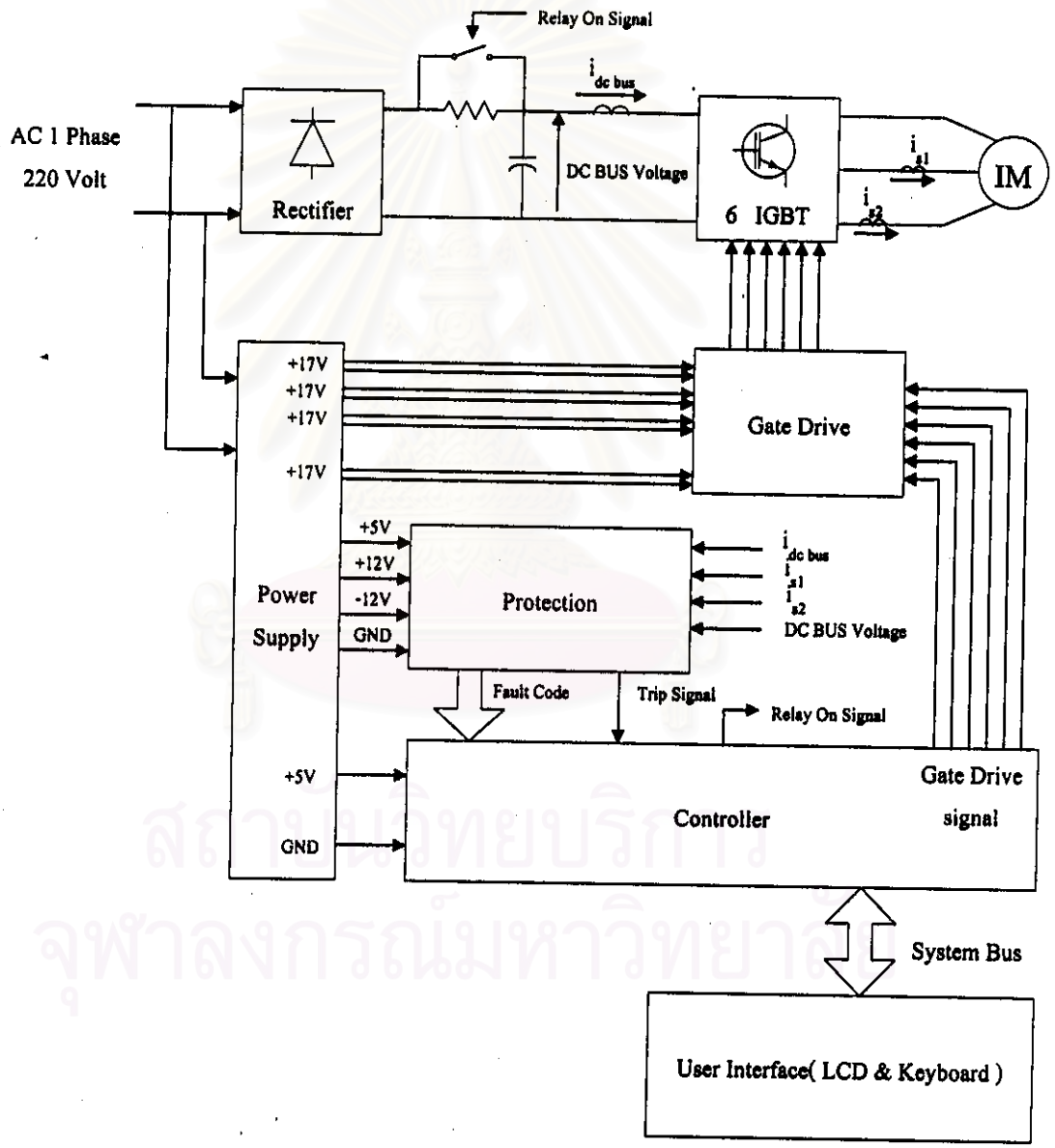
บทที่ 5
การสร้างระบบอินเวอร์เตอร์แบบแปรความถี่การสวิตช์

ระบบที่สร้างขึ้นประกอบไปด้วย ภาคควบคุม, ภาคกำลังและภาคป้องกัน โดยมีภาพรวมของทั้งระบบดังรูปที่5.1



รูปที่5.1 ภาพรวมของระบบอินเวอร์เตอร์แบบแปรความถี่การสวิตช์

จะเห็นว่าภาพรวมของระบบก็เหมือนกับระบบอินเวอร์เตอร์ทั่ว ๆ ไป เนื่องจากการแปรความถี่การสวิตช์กระทำโดยการเขียนซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่จำเป็นต้องดัดแปลงฮาร์ดแวร์แต่อย่างใด การทำงานของระบบโดยสังเขปก็คือ ภาคควบคุมจะเป็นตัวกำเนิดสัญญาณสำหรับขับสวิตช์กำลังทั้ง 6 ตัวโดยรับคำสั่งทางปุ่มกดและสวิตช์ เมื่อเกิดสิ่งผิดปกติขึ้นกับระบบภาคป้องกันจะทำงานและสั่งหยุดสัญญาณสำหรับขับสวิตช์กำลังทั้ง 6 ตัวโดยทันที และแจ้งให้ภาคควบคุมทราบเพื่อที่จะได้แสดงสาเหตุของความผิดพลาดให้ผู้ใช้ทราบทางจอ LCD และหยุดการทำงานของภาคควบคุมจนกว่าจะมีการรีเซตระบบ ส่วนรีเลย์นั้นจะใช้ในช่วงเริ่มจ่ายไฟเข้าภาคกำลังเพื่อจำกัดกระแสในการชาร์จตัวเก็บประจุเพื่อป้องกันการเสียหายของชุดไดโอดเรียงกระแส รายละเอียดของแต่ละภาคมีดังนี้

<u>ภาคควบคุม</u>

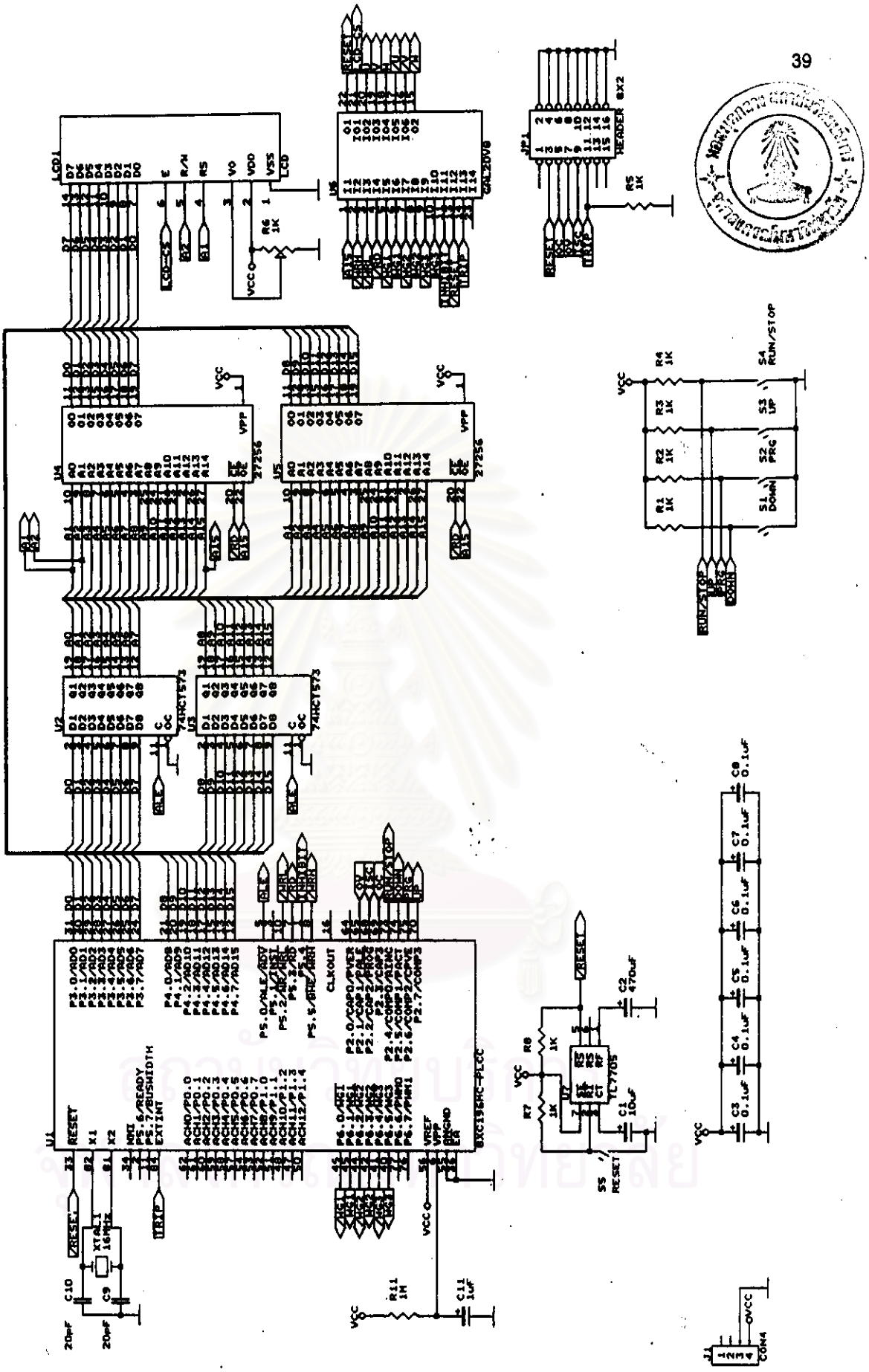
ประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

<u>ส่วนฮาร์ดแวร์ของภาคควบคุม</u>

ในวิทยานิพนธ์นี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C196MC ของ Intel ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 16 บิตและมีหน่วย waveform generator อยู่ภายใน หน่วย waveform generator นี้เป็นหน่วยสำคัญในการกำเนิดสัญญาณ PWM แบบแปรความถี่การสวิตช์ รวมทั้งมีการสร้างสัญญาณเวลาช่วงตาย(dead time) อยู่ภายในอีกด้วย โดยสามารถโปรแกรมค่าเวลาช่วงตายได้ ดังนั้น เอาท์พุตที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นสัญญาณ PWM ทั้ง 6 สัญญาณ สำหรับขับนำสวิตช์กำลังโดยมีวงจรแสดงดังในรูปที่5.2

ในวงจรรูปที่5.2 จะเห็นสัญญาณ WG ทั้ง 6 สัญญาณต่อเป็นอินพุตของ U6 โดย U6 เป็น PLD(Programmable Logic Device) ซึ่งเราได้โปรแกรมให้ทำหน้าที่เป็นทั้ง address decoder และเป็น output buffer ของสัญญาณ WG ทั้ง 6 ด้วย ในสภาวะปกติสัญญาณ U, V, W, /U, /V และ /W ก็คือสัญญาณ WG1, WG2, WG3, /WG1, /WG2 และ /WG3 ที่ผ่าน buffer ตามลำดับ แต่เมื่อไรก็ตามที่มีสภาวะที่ไม่อนุญาตให้มีสัญญาณออกไปขับนำสวิตช์กำลัง สัญญาณ U, V, W, /U, /V และ /W จะอยู่ในสภาวะ " 0 " ทันที สภาวะที่จะทำให้สัญญาณดังกล่าวเป็น " 0 " ก็คือ

1. มีสัญญาณแจ้งสิ่งผิดปกติจากภาคป้องกัน (สัญญาณ trip จาก Jp1)
2. มีสัญญาณ /reset บอกว่าขณะนี้ระบบอยู่ในสภาวะรีเซต



รูปที่5.2 วงจรของภาคควบคุมระบบอินเวอร์เตอร์แบบแปรความถี่การสวิตช์

3. มีสัญญาณ inhibit จากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เอง บอกว่าขณะนี้ต้องหยุดการจ่ายสัญญาณ WG

โดยสัญญาณ /reset จะมาจาก U7 ซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับระดับแรงดันของระบบ ถ้าระดับแรงดันของระบบมีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนด U7 ก็จะกำเนิดสัญญาณ /reset ที่มีระยะเวลาขึ้นกับค่าของ R7 และ C1 และจะกำเนิดสัญญาณ /reset โดยทันทีที่มีการกดสวิตช์ S5 ส่วนสัญญาณ inhibit จะเกิดขึ้นในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับการแจ้งเหตุผิดปกติจากภาคป้องกันโดยการอินเตอร์รัพต์จากสัญญาณ trip ซึ่งตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการ disable สัญญาณ WG ทั้ง 6 ทันที และกำเนิดสัญญาณ inhibit ออกมา หรืออีกกรณีหนึ่งสัญญาณ inhibit เป็นตัวบอกสถานะของการกำเนิดสัญญาณด้วยว่า ขณะนี้กำลังกำเนิดสัญญาณ WG อยู่ หรือขณะนี้อยู่ในสภาวะหยุด ซึ่งขึ้นอยู่กับส่วนซอฟต์แวร์และสวิตช์ เดิน/หยุดเครื่อง (S4 RUN/STOP)

ส่วนด้านการติดต่อกับผู้ใช้จะประกอบไปด้วยจอ LCD และปุ่มกด S1,S2,S3 รวมทั้งสวิตช์ S4 โดยจอ LCD จะถูกมองเป็น external memory ของระบบโดยสามารถ decode address ได้จาก U6 ร่วมกับสัญญาณ A1 และ A2 โดยจะมีการเขียนซอฟต์แวร์ให้ LCD ทำงานตามคำสั่งมาตรฐานของตัว LCD ผ่านทาง data bus ส่วนปุ่มกด S1,S2,S3 จะใช้ในการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบ โดยมีหน้าที่การทำงานสรุปเป็นตารางดังนี้

ปุ่ม PRG(S2)	ปุ่ม UP(S3)	ปุ่ม DOWN(S1)	การทำงาน
OFF	ON	OFF	เพิ่มค่าพารามิเตอร์
OFF	OFF	ON	ลดค่าพารามิเตอร์
ON	ON	OFF	เลื่อนเมนูขึ้น
ON	OFF	ON	เลื่อนเมนูลง

ตารางที่5.1 สถานะการทำงานของปุ่มกด

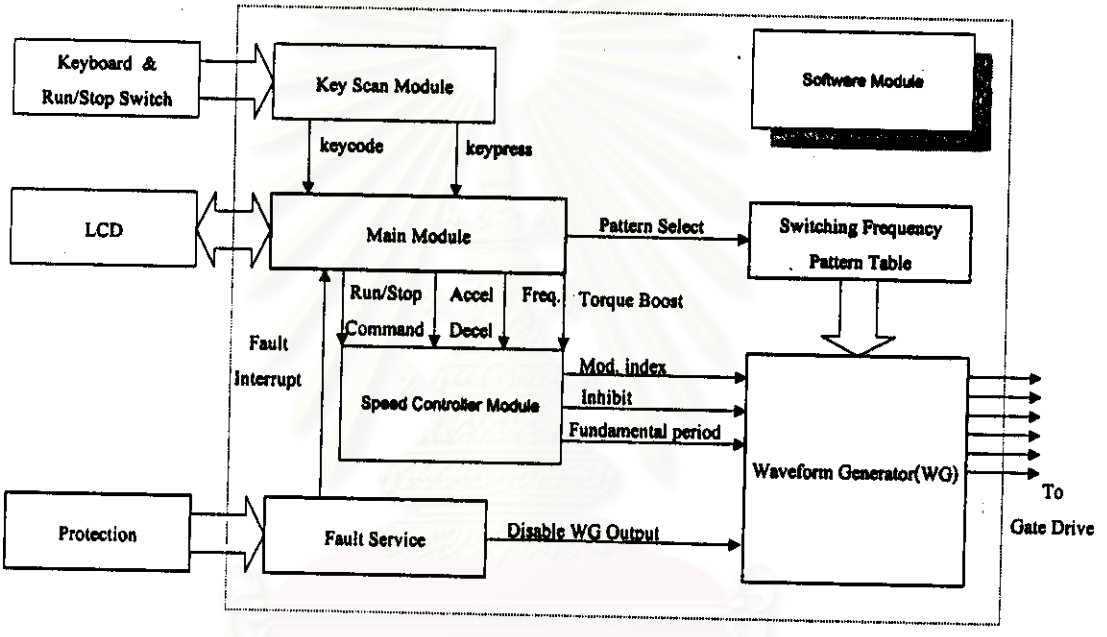
นั่นคือ ถ้าไม่มีการกดปุ่ม PRG , ปุ่ม UP และ DOWN จะเป็นการเพิ่มและลดค่าพารามิเตอร์ตามลำดับ แต่ถ้ามีการกดปุ่ม PRG ค้างไว้, ปุ่ม UP และ DOWN จะเป็นตัวเลื่อนเมนู

ส่วนสัญญาณแจ้งเหตุผิดปกติ คือ สัญญาณกระแสมอเตอร์เกินพิกัด(oc), กระแสที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงเกินพิกัด(internal short circuit หรือ isc) และสัญญาณแรงดันไฟตรงเกินพิกัด (ov)

จะได้จากภาคป้องกัน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะแจ้งเหตุผิดปกติที่เกิดขึ้นบนจอ LCD และหยุดการทำงานจนกว่าจะมีการรีเซต ระบบ

<u>ส่วนซอฟต์แวร์ของภาคควบคุม</u>

ซอฟต์แวร์เขียนขึ้นในลักษณะเป็นมอดูล โดยแต่ละมอดูลแทนด้วยบล็อกและมีการส่งผ่านพารามิเตอร์ระหว่างมอดูลดังแสดงดังรูปที่5.3



รูปที่5.3 บล็อกแสดงการทำงานของซอฟต์แวร์ สำหรับอินเวอร์เตอร์แบบแปรความถี่การสวิตช์

หน้าที่ของซอฟต์แวร์ในแต่ละมอดูลมีดังนี้

<u>Main Module</u> เป็นมอดูลหลักทำหน้าที่กำหนดค่าเริ่มต้น (initial)ให้กับระบบ ควบคุมการแสดงผลของจอLCD และควบคุมการป้อนข้อมูลในเมนูต่าง ๆ ทำหน้าที่ในส่วนติดต่อกับผู้ใช้(user interface)โดยเมนูที่ผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้คือ อัตราเร่ง(accel) อัตราลด(decel) ความถี่หลักมูล(freq.) การเพิ่มแรงบิด(torque boost) และแบบแผนการแปรความถี่การสวิตช์(pattern)

<u>Key Scan Module</u> มอดูลนี้จะทำงานทุก ๆ 10 ms โดยจะทำหน้าที่ตรวจสอบการกดปุ่มว่ามีการกดปุ่มหรือไม่และปุ่มใดถูกกดเพื่อที่จะส่งข้อมูลดังกล่าวไปให้กับ Main Module

Speed Controller Module มอดูลนี้จะทำงานทุก ๆ 1ms มีหน้าที่ควบคุมอัตราเร่ง อัตราลด (accel, decel time) ในการเปลี่ยนความถี่คำสั่งและคำนวณการเพิ่มแรงดันที่ความถี่ต่ำ ๆ สำหรับการเพิ่มแรงบิด(torque boost) รวมทั้งควบคุมการเดิน/หยุดเครื่อง(run/stop) โดยรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เหล่านั้นมาจาก Main Module และส่งค่าพารามิเตอร์สำหรับใช้ในการสร้างพัลส์ให้แก่มอดูล waveform generator(WG) ได้แก่ ดัชนีการมอดูเลต(mod. Index) สัญญาณหยุดการสร้างพัลส์(inhibit) และคาบเวลาหลักมูล(fundamental period)

Fault Service จะหยุดการทำงานของซอฟต์แวร์ส่วนอื่น ๆ ทั้งหมด และสั่งให้สัญญาณ inhibit ทำงานเพื่อหยุดสัญญาณ PWM ทั้ง 6 สัญญาณ จากนั้นจะแสดงสาเหตุของสิ่งผิดปกติจากข้อมูลที่ได้จากภาคป้องกันและหยุดการทำงานของระบบทั้งหมดเพื่อรอการรีเซตระบบ

Waveform Generator(WG) เป็นมอดูลสำคัญในการกำเนิดสัญญาณ PWM โดยทุก ๆ ครั้ง ที่สิ้นสุดคาบการสวิตซ์ จะมีการโหลดข้อมูลใหม่ให้กับบัฟเฟอร์ของ WG ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดความกว้างของพัลส์ในแต่ละคาบการสวิตซ์ เนื่องจากมอดูลนี้เป็นส่วนที่สำคัญที่สุด จึงจะอธิบายอย่างละเอียดดังนี้

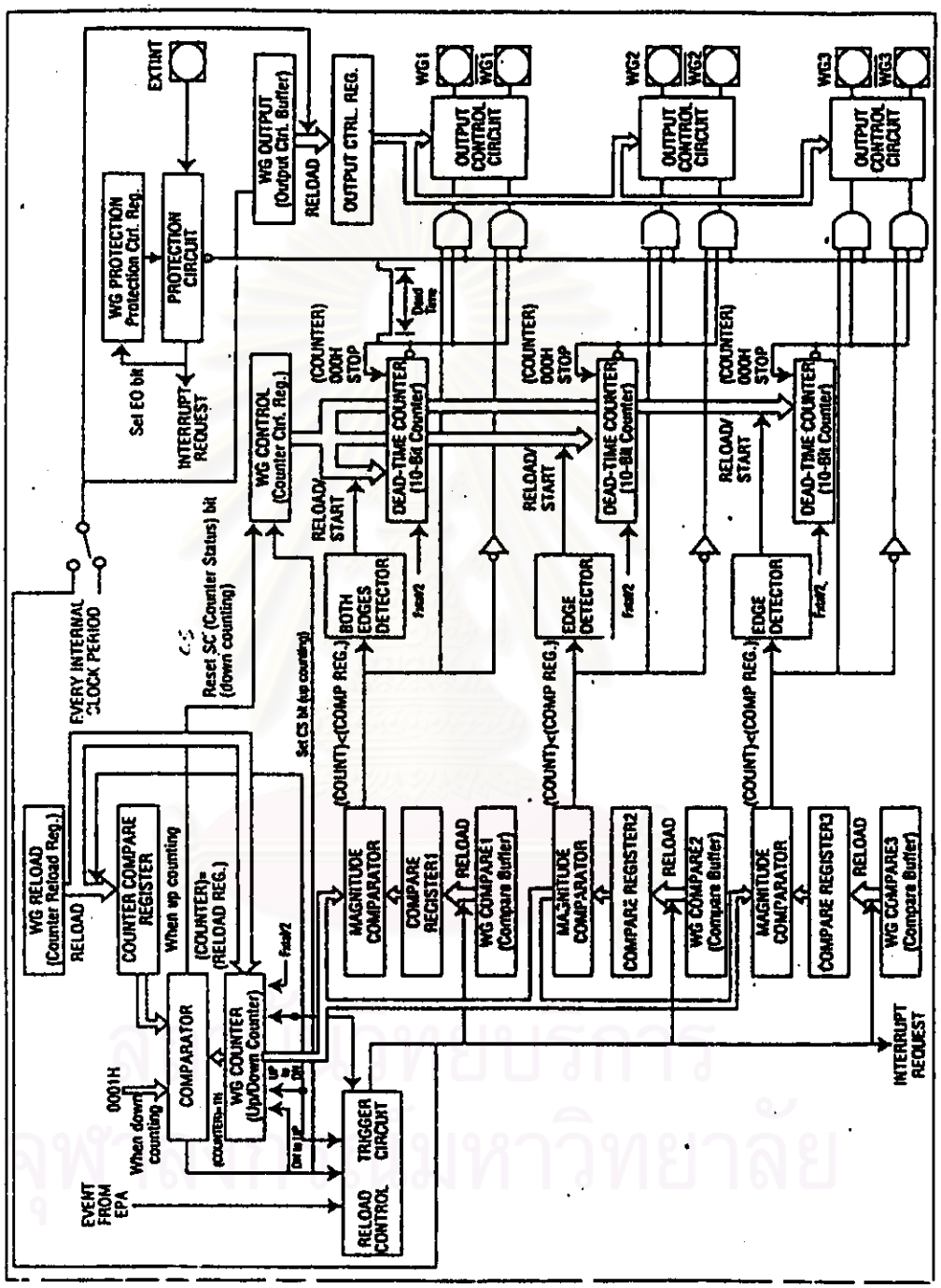
ซอฟต์แวร์ของภาคกำเนิดสัญญาณ PWM แบบแปรความถี่การสวิตช์

เพื่อให้เข้าใจหลักการของซอฟต์แวร์เราต้องพิจารณาโครงสร้างของหน่วย WG ของ 80C196MC ดังแสดงในรูปที่5.4(Intel 8XC196MC USER'S MANUAL, 1992)

จากรูปที่5.4 จะเห็นว่ามีรีจิสเตอร์ที่สำคัญอยู่ 4 ตัวที่เราจะใช้ในการกำเนิดสัญญาณ PWM แบบแปรความถี่การสวิตช์ คือ

WG Reload ใช้เป็นตัวกำหนดคาบเวลาการสวิตช์ ซึ่งในระบบที่มีความถี่การสวิตช์คงที่จะมีค่าคงที่ แต่ในระบบที่มีการแปรความถี่การสวิตช์จะมีค่าที่แปรตามแบบแผนการแปรความถี่การสวิตช์ที่เรากำหนด

WG Compare 1,2,3 เป็นตัวกำหนดความกว้างพัลส์ในแต่ละเฟส



รูปที่5.4 บล็อกไดอะแกรมของหน่วย WG

ในการเขียนซอฟต์แวร์กำเนิดสัญญาณ PWM แบบสเปซเวกเตอร์ของแรงดัน โดยมีการแปรความถี่การสวิตช์นั้น จะต้องพิจารณาการหน่วงเวลาในการกำเนิดสัญญาณด้วย โดยทุกครั้งที่สิ้นสุดคาบการสวิตช์ จะมีการโหลดค่าที่อยู่ในบัฟเฟอร์ (WG Reload และ WG Compare 1,2,3) เข้าสู่หน่วยเปรียบเทียบ เพื่อสร้างสัญญาณ PWM จะเห็นว่าสัญญาณ PWM ที่กำเนิดขึ้นในคาบเวลาปัจจุบันได้มาจากการคำนวณในคาบเวลาที่แล้ว ดังนั้น ในระบบที่มีความถี่การสวิตช์คงที่เวกเตอร์ของแรงดันที่สร้างขึ้นจะถูกหน่วงเวลาไป 1 คาบการสวิตช์ แต่เนื่องจากเวลาของคาบการสวิตช์มีค่าคงที่ การคำนวณเวกเตอร์แรงดันก็ยังคงถูกต้องอยู่ โดยมีตำแหน่งของเวกเตอร์ล้าหลังเวกเตอร์ของแรงดันคำสั่งอยู่ 1 คาบการสวิตช์

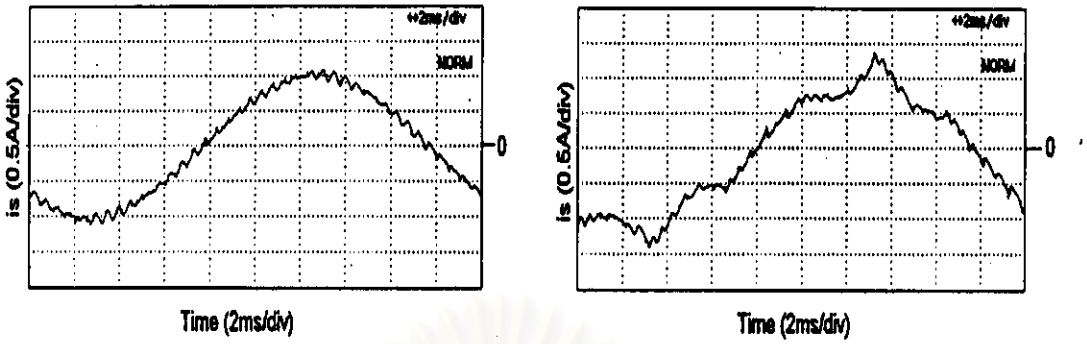
แต่ในกรณีที่มีการแปรความถี่การสวิตช์ การคำนวณหาเวกเตอร์แรงดันที่คาบการสวิตช์ใด ๆ จะมีความสัมพันธ์กับคาบการสวิตช์ก่อนหน้านั้นด้วย ซึ่งคาบการสวิตช์แต่ละครั้งมีค่าไม่คงที่ ดังนั้น ผลของการหน่วงเวลาจะทำให้เกิดการคำนวณเวกเตอร์แรงดันที่ผิดพลาดได้โดยพิจารณาได้จากสมการ

$$\overline{V}_{\theta\,(k+1)} = \overline{V}_{(\theta\,k+\Delta\theta\,k)} \qquad (5.1)$$

นั่นคือ เวกเตอร์แรงดันที่ตำแหน่ง $\theta_{(k+1)}$ จะคำนวณจากตำแหน่งθ_k ที่มีคาบการสวิตช์$\Delta\theta_k$ ผลจากการหน่วงเวลาไป 1 คาบการสวิตช์ ทำให้สมการที่ (5.1) กลายเป็น

$$\overline{V}_{\theta\,(k+1)} = \overline{V}_{(\theta\,k+\Delta\theta\,\,(k-1))} \qquad (5.2)$$

ในระบบที่มีความถี่การสวิตช์คงที่ $\Delta\theta_{(k-1)} = \Delta\theta_k = \Delta\theta_{(k+1)} = \ldots$ = ค่าคงที่ ดังนั้น การหน่วงเวลาไป 1 คาบการสวิตช์จึงไม่มีผลในการคำนวณหาเวกเตอร์แรงดัน จะส่งผลในเรื่องของเวลาที่ถูกหน่วงไปเท่านั้น แต่ในกรณีที่ความถี่การสวิตช์ไม่คงที่ จะเห็นว่า $\Delta\theta_{(k-1)} \neq \Delta\theta_k$ ดังนั้น จะทำให้การคำนวณเวกเตอร์แรงดันผิดพลาด ส่งผลให้รูปคลื่นที่ได้มีความผิดเพี้ยนเมื่อนำไปขับนำมอเตอร์ทำให้เกิดกระแสที่ผิดเพี้ยนอย่างมาก ซึ่งผลการทดสอบในการขับเคลื่อนมอเตอร์ขนาด 2.2 kW ที่แรงดันไฟตรง(dc bus) 300 V แสดงในรูปที่5.5

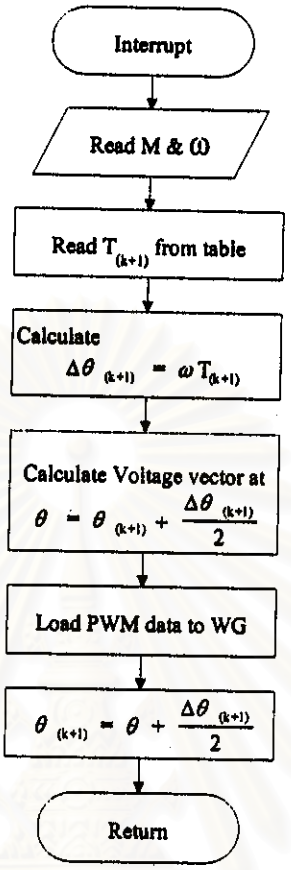


(ก) (ข)

รูปที่ 5.5 รูปคลื่นกระแสมอเตอร์ในสภาวะไม่มีโหลด ที่ความถี่ 50Hz
เมื่อมีการหน่วงเวลาในการคำนวณเวกเตอร์แรงดัน
(ก) ความถี่การสวิตช์คงที่ = 2 kHz
(ข) มีการแปรความถี่การสวิตช์ตามแบบแผนค่าสัมบูรณ์ของไซน์
ที่มีความถี่การสวิตช์เฉลี่ย 2 kHz

ปัญหาดังกล่าวเป็นข้อพึงระวังสำหรับการประยุกต์ระบบอินเวอร์เตอร์แบบแปรความถี่การสวิตช์ให้ใช้ได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีลักษณะของการเก็บข้อมูลไว้ในบัฟเฟอร์ก่อนประมวลผล อย่างไรก็ดี เราสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้โดยการคำนวณค่าเวกเตอร์แรงดันไว้ล่วงหน้าเวกเตอร์แรงดันคำสั่งอยู่ 1 คาบการสวิตช์(Iwaji and Fukuda, 1992) ดังแสดงเป็นแผนผังโปรแกรม ดังรูปที่5.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

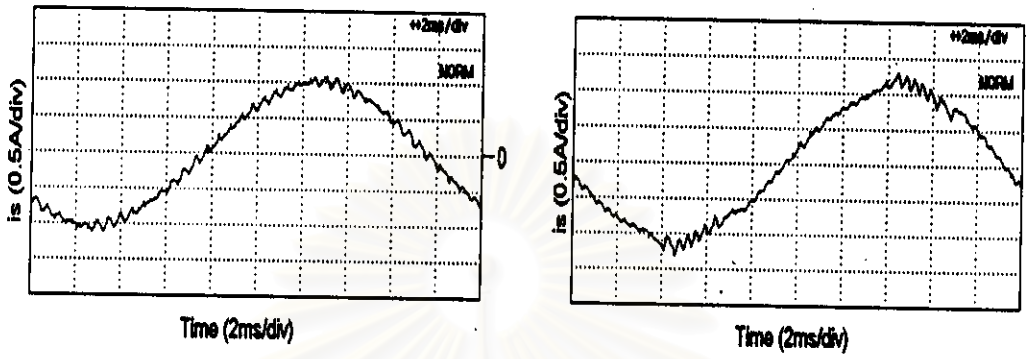


รูปที่5.6 แผนผังโปรแกรมแสดงการคำนวณค่าเวกเตอร์แรงดันล่วงหน้า

จากรูปที่5.6 ทุกครั้ง ๆ ที่สิ้นสุดคาบการสวิตช์ จะเกิดการอินเตอร์รัพต์ขึ้น ซึ่งเราจะต้องทำการคำนวณเวกเตอร์แรงดันสำหรับคาบการสวิตช์ถัดไปเอาไว้ล่วงหน้า ดังนั้นเราจะต้องรู้มุม θ เมื่อสิ้นสุดคาบการสวิตช์ปัจจุบันนี้ (θ(k+1)) ซึ่งจะต้องคำนวณได้ตั้งแต่คาบการสวิตช์ที่แล้ว เมื่อเรารู้มุม θ(k+1) แล้วเราก็สามารถอ่านค่าคาบเวลาการสวิตช์ครั้งถัดไปจากตารางได้ เมื่อคำนวณเวกเตอร์แรงดันสำหรับคาบการสวิตช์ถัดไปเรียบร้อยแล้วก็ทำการปรับปรุงค่า θ(k+1) สำหรับใช้ในคาบการสวิตช์ถัดไป ซึ่งการคำนวณดังรูปที่5.6 จะใช้เวลาประมาณ 100μs ทำให้สามารถใช้ความถี่การสวิตช์สูงสุดได้ไม่เกิน 5kHz ซึ่งความถี่การสวิตช์สูงสุดของระบบเมื่อใช้ความถี่การสวิตช์เฉลี่ย 2kHz จะมีค่าประมาณ 3kHz ซึ่งทำให้เหลือเวลาเพียงพอสำหรับทำงานในซอฟต์แวร์ส่วนอื่น ๆ

นอกจากจะมีการคำนวณเวกเตอร์แรงดันล่วงหน้าแล้ว ยังมีการคำนวณเวกเตอร์แรงดันที่จุดกึ่งกลางของคาบการสวิตช์แทนที่จะคำนวณที่จุดเริ่มต้นคาบการสวิตช์ เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยของเวกเตอร์แรงดันใน 1 คาบการสวิตช์ ซึ่งเป็นการชดเชยความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยของเวกเตอร์แรงดัน

เนื่องจากคาบการสวิตช์ไม่คงที่ ผลของการคำนวณเวกเตอร์แรงดันล่วงหน้าทำให้ได้รูปคลื่นของกระแสที่ใกล้เคียงรูปไซน์มากขึ้น ดังรูปที่5.7



(ก) (ข)

รูปที่5.7 รูปคลื่นกระแสมอเตอร์ในสภาวะที่ไม่มีโหลด ที่ความถี่ 50Hz เมื่อมีการคำนวณเวกเตอร์แรงดันล่วงหน้า
(ก) ความถี่การสวิตช์คงที่
(ข) มีการแปรความถี่การสวิตช์ตามแบบแผนค่าสัมบูรณ์ของไซน์ ที่มีความถี่การสวิตช์เฉลี่ย 2 kHz

การสร้างสัญญาณ PWM ในวิทยานิพนธ์นี้ ใช้วิธีแบบอะซิงโครนัส(asynchronous)เนื่องจากง่ายในการสร้าง ส่วนการแปรความถี่การสวิตช์ เราจะเก็บแบบแผนการแปรความถี่การสวิตช์ไว้ในตาราง โดยตารางดังกล่าวสามารถสร้างได้โดยง่ายโดยใช้ภาษาระดับสูง ในวิทยานิพนธ์นี้ใช้ภาษาซีในการสร้างตาราง จะเห็นว่าการใช้ฟังก์ชันค่าสัมบูรณ์ของไซน์เป็นค่าประมาณของทาง numerical ทำให้ง่ายในการประยุกต์ เนื่องจากในภาษาระดับสูงจะมีฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์เหล่านี้ไว้แล้ว

<u>ภาคกำลัง</u>

ภาคกำลังจะแบ่งเป็นภาคกำลังด้านเข้าและภาคกำลังด้านออก

<u>ภาคกำลังด้านเข้า</u> ประกอบด้วย

<u>ชุดแหล่งจ่ายไฟตรง</u> ประกอบด้วย ไดโอดเรียงกระแสแบบบริดจ์ 3 เฟส และตัวเก็บประจุในการกรองแรงดัน

<u>ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง</u> สำหรับชุดขับนำเกต, ภาคป้องกันและภาคควบคุมซึ่งมีแรงดัน ด้านออก 6 ชุดดังนี้

1. +5 V	1A	สำหรับภาคควบคุมและภาคป้องกัน
2. ±12V	1A	สำหรับภาคป้องกัน
3. +17V	0.5A	สำหรับชุดขับนำเกต ชุดที่ 1 ด้านบน
4. +17V	0.5A	สำหรับชุดขับนำเกต ชุดที่ 2 ด้านบน
5. +17V	0.5A	สำหรับชุดขับนำเกต ชุดที่ 3 ด้านบน
6. +17V	1A	สำหรับชุดขับนำเกต 3 ชุด ด้านล่าง

<u>ภาคกำลังด้านออก</u> ประกอบด้วย

<u>ชุดขับนำเกต</u> ของ IGBT 6 ชุด ซึ่ง 3 ชุดบนจะใช้แหล่งจ่ายไฟตรงแยกกัน และ 3 ชุดล่างจะใช้แหล่งจ่ายชุดเดียวกัน

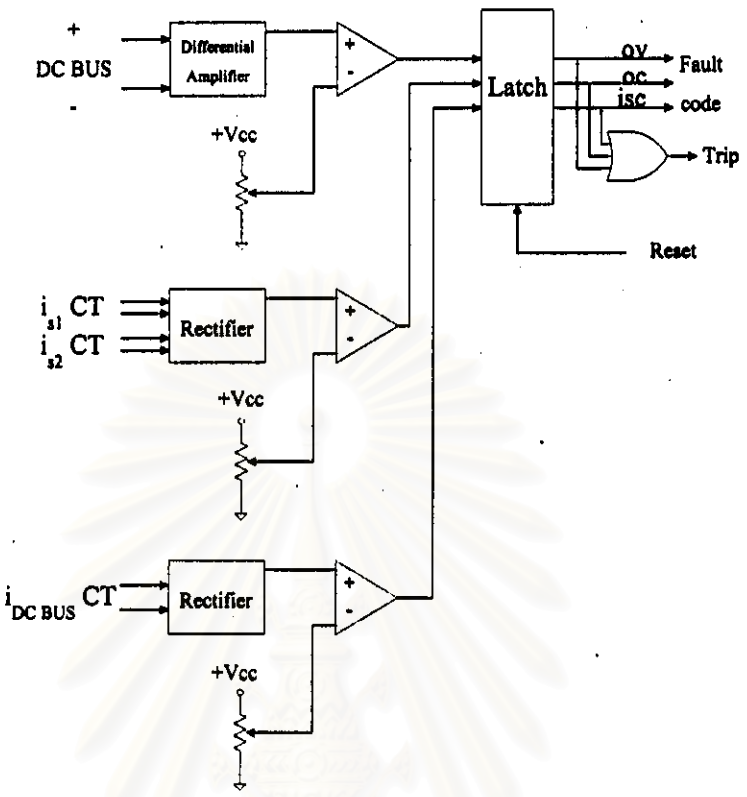
<u>ชุดสวิตช์กำลัง</u> ใช้ IGBT Module แบบรวมสวิตช์กำลังทั้ง 6 ตัวอยู่ในตัวถังเดียวกัน

บล็อกไดอะแกรมของภาคกำลังได้แสดงอยู่ในรูปที่5.1

<u>ภาคป้องกัน</u>

ภาคป้องกันจะตรวจจับและป้องกันกระแสมอเตอร์เกินพิกัด, กระแสจากแหล่งจ่ายไฟตรงเกินพิกัด(isc: internal short circuit เนื่องจากอาจเกิดการทำงานพร้อมกันของสวิตช์กำลังในกิ่งเดียวกัน) และป้องกันแรงดันเกินพิกัดของแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง โดยมีบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่5.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่5.8 ชุดตรวจจับของภาคป้องกัน

จากรูปที่5.8 ภาคตรวจจับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟตรง(dc bus)จะใช้วงจรขยายความแตกต่าง(differential amplifier)ที่มีอัตราการขยายน้อยกว่า 1 เนื่องจากแรงดันไฟตรงมีค่าประมาณ 300V แต่สัญญาณที่ต้องการจะอยู่ในช่วง 0-12V จึงต้องใช้อัตราการขยายประมาณ 0.04 ส่วนภาคตรวจจับกระแสของมอเตอร์จะใช้หม้อแปลงกระแสตรวจจับกระแส 2 เฟส ของมอเตอร์ แล้วทำการเรียงกระแสก่อนจะเข้าภาคเปรียบเทียบและภาคตรวจจับกระแสของแหล่งจ่ายไฟตรงก็ใช้หม้อแปลงกระแสและวงจรเรียงกระแสเช่นกัน อย่างไรก็ตามวงจรตรวจจับกระแสดังกล่าวจะไม่สามารถตรวจจับกระแสตรงได้ ถ้าต้องการตรวจจับกระแสตรงด้วยต้องใช้อุปกรณ์ที่ใช้ปรากฏการณ์ของฮอลล์(hall sensor) แต่การใช้หม้อแปลงกระแสก็มีข้อดีที่ไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงทำให้ง่ายในการใช้งาน จากภาคตรวจจับทั้ง 3 ส่วนถ้าเกิดสิ่งผิดปกติขึ้น ข้อมูลจะถูกคงค่าไว้โดยการแลตช์ ทำให้ทราบว่าเกิดเหตุผิดปกติชนิดใด และสัญญาณ trip จะส่งไปยังภาคควบคุมเพื่อสั่งปิดสัญญาณขับเกตทั้งหมด และใช้กำเนิดอินเตอร์รัพต์สำหรับการแจ้งเหตุผิดปกติบนจอ LCD ด้วย ซึ่งเมื่อเกิดเหตุผิดปกติขึ้นจะต้องรอการรีเซตเพื่อเริ่มต้นระบบใหม่อีกครั้ง