บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานโครงการ

3.1 บทนำ

ชุดต้นแบบระบบควบคุมแบบเวลาจริงด้วยระบบสมองกลฝังตัวในการแปลงผันกำลังไฟฟ้าสำหรับการเรียนรู้ในวิชาอิเล็กทรอนิกส์กำลังในโครงการวิจัยประกอบด้วย

1. วงจรเรียงกระแส 1 เฟสเต็มคลื่นแบบควบคุมเฟส
2. แปลงผันกำลังไฟตรงแบบ Buck Converter
3. วงจรแปลงผันกำลังไฟตรงแบบ Boost Converter
4. วงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส
5. วงจรสร้างสัญญาณควบคุมด้วยบอร์ดประมวลผลสัญญาณ

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การออกแบบและสร้างวงจรควบคุมแบบเวลาจริงสำหรับวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์กำลังนั้น จะต้องทำการศึกษาวงจรสร้างสัญญาณควบคุมด้วยบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิตอล ตลอดจนการทำงานของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าทุกแบบเสียก่อน แล้วจึงทำการออกแบบและสร้าง เพื่อให้ได้คุณสมบัติของชุดทดลองตามที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและที่จำเป็นในการนำความรู้มาใช้เกี่ยวกับโครงการ จากสื่อต่างๆ เช่น การค้นคว้าทางอินเตอร์เน็ต จากหนังสือ และบทความที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบและสร้างวงจรควบคุมด้วย DSP Controller Chip

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบและสร้างวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบต่างๆ

ขั้นตอนที่ 4 ออกแบบกล่องชุดทดลองและติดตั้งอุปกรณ์

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบชุดทดลองและปรับปรุงแก้ไข

ขั้นตอนที่ 6 สรุปและวิจารณ์ผล

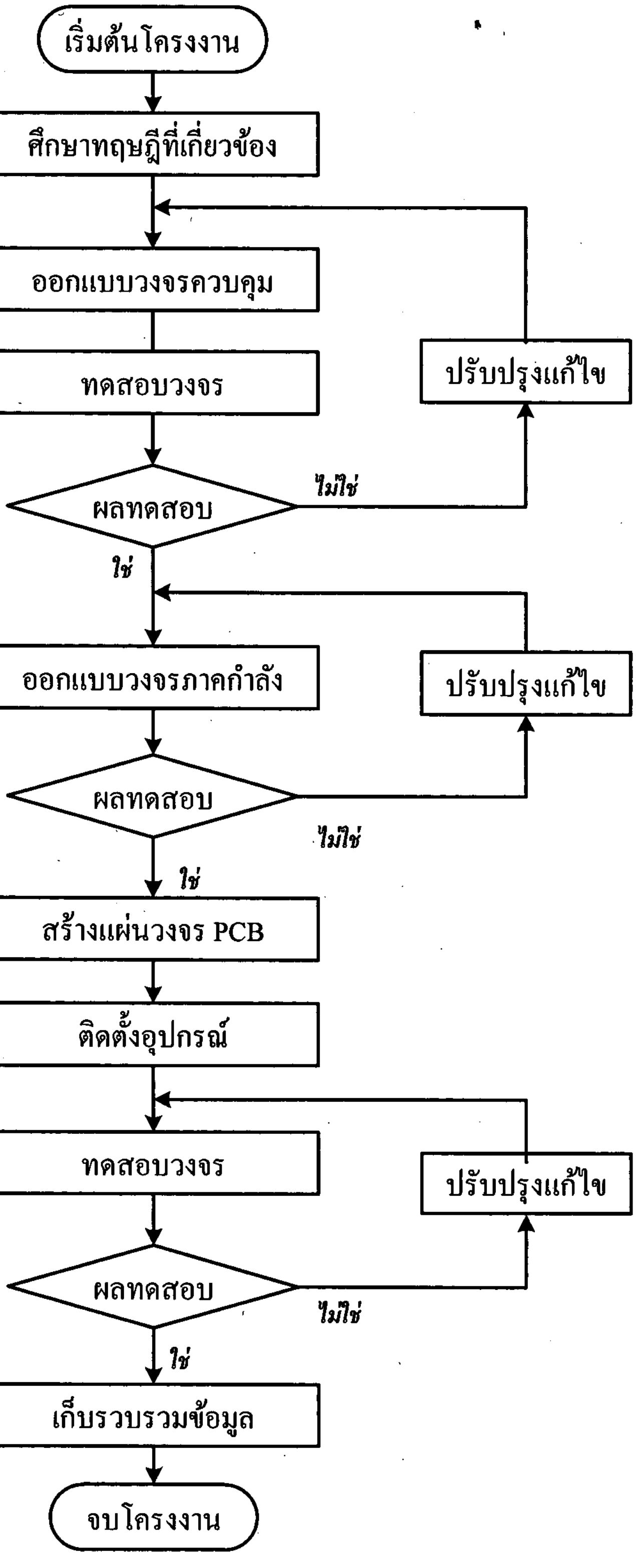
ขั้นตอนที่ 7 จัดทำเล่มรายงาน

ขั้นตอนที่ 8 เผยแพร่งานวิจัย

สถานที่จัดทำและทดสอบโครงการ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3.3 Flow Chart การดำเนินงาน



ภาพที่ 3.1 Flow Chart การดำเนินงานโครงการ

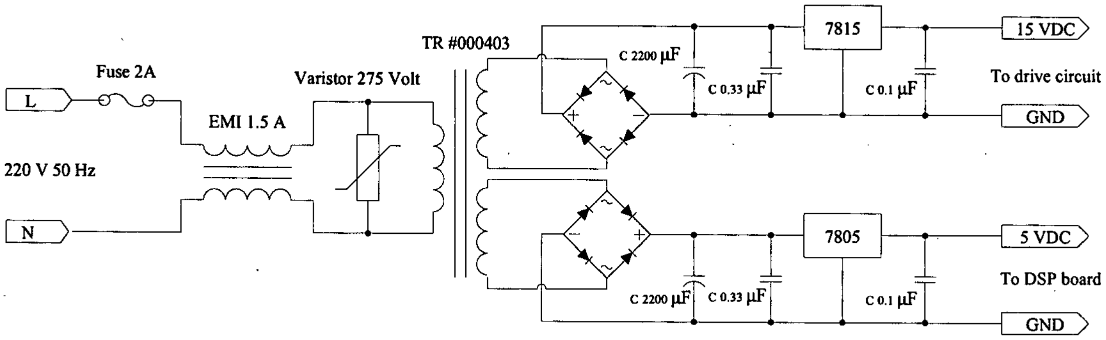
3.4 การออกแบบวงจรภาคควบคุม

3.4.1 ภาควงจรแหล่งจ่ายไฟตรง

ทำหน้าที่แปลงไฟสลับ 220 V 50 Hz. ให้เป็นไฟตรงเพื่อเลี้ยงวงจรส่วนต่างๆ เช่น วงจรขับนำเกต วงจรสร้างสัญญาณ และวงจรภาคกำลัง (วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้า) โดยใช้วงจรเรียงกระแสชนิดแรงดันคงที่ ทั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- **แหล่งจ่ายไฟตรงสำหรับวงจรสร้างสัญญาณและขับนำเกต**

วงจรส่วนนี้จะใช้ในการสร้างแรงดันไฟตรงขนาด 15VDC เพื่อเลี้ยงวงจรสร้างสัญญาณและวงจรขับนำเกตของ Power MOSFET ในวงจรกำลัง โดยจะรับแรงดันไฟสลับ 220 VAC ผ่านหม้อแปลงเข้ามา และนำแรงดันไฟสลับขนาด 15 VAC ด้านขาออกของหม้อแปลงไปผ่านวงจรเรียงกระแสด้วยไดโอด จากนั้นผ่านวงจรกรองความถี่เพื่อให้ได้แรงดันไฟตรงที่ค่อนข้างเรียบ และผ่านเข้าสู่วงจร Voltage Regulator ด้วยไอซี MC7815 เพื่อคุมค่าแรงดันขาออกให้คงที่ที่ 15 VDC ดังแสดงในวงจรในส่วนบนของภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงคงที่ 15 VDC และ 5 VDC

และเช่นเดียวกัน สำหรับวงจรสร้างสัญญาณควบคุมด้วยบอร์ดประมวลผลสัญญาณ (DSP Board) ซึ่งต้องการแรงดันไฟตรง 5 VDC จะใช้แรงดันขาออกของหม้อแปลงที่ 5 VAC เพื่อจ่ายให้กับวงจรเรียงกระแสด้วยไดโอดและวงจรกรองความถี่ แต่วงจร Voltage Regulator จะใช้ไอซี MC7805 เพื่อคุมค่าแรงดันไฟตรงขาออกให้ได้ที่ 5 VDC ดังแสดงในวงจรส่วนล่างของภาพวงจรที่ 3.2

และเพื่อเป็นการป้องกันสัญญาณรบกวนและการกระชากของแรงดัน จึงป้องกันวงจรด้วยการใส่ EMI Filter และ Varistor ขนาด 275 VAC ทางด้านไฟสลับขาเข้าหม้อแปลงด้วย ดังแสดงในส่วนขาเข้าของวงจรในภาพที่ 3.2

- **แหล่งจ่ายไฟตรงสำหรับวงจรภาคกำลัง**

เนื่องจากวงจรภาคกำลังของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าในโครงการ ต้องการแหล่งจ่ายไฟตรงขนาด 50 VDC โดยประมาณ ซึ่งวงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงในส่วนนี้จะคล้ายกับวงจรในภาพที่ 3.2 แต่ว่าใช้แรงดันไฟสลับขาออกต่างกัน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

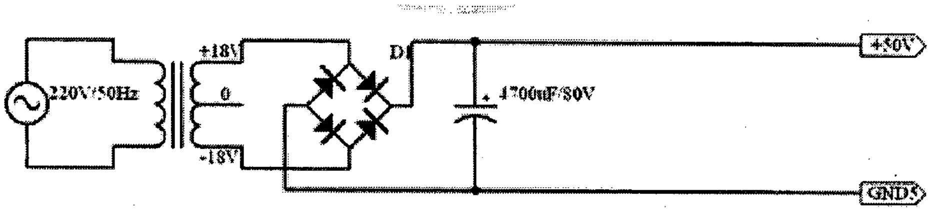
$$V_{DC} = \left(\sqrt{2} \times V_S\right) - V_D$$

เมื่อ V_S *เป็นแรงดันขาออกของหม้อแปลง*

V_D *เป็นแรงดันตกคร่อมไดโอด*

ดังนั้น $$V_S = \frac{(V_{DC} + V_D)}{\sqrt{2}} = \frac{50 + (2 \times 0.707)}{\sqrt{2}} = 36 \text{ V.}$$

ซึ่งวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงส่วนนี้จะเป็นดังภาพที่ 3.3



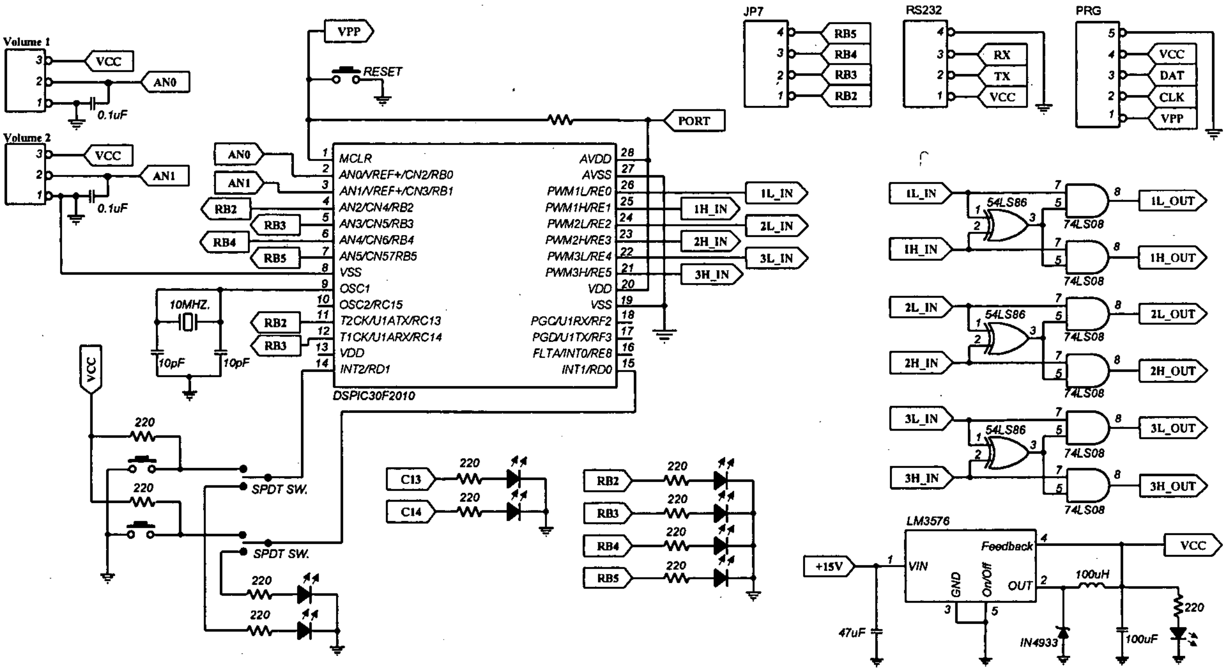
ภาพที่ 3.3 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงคงที่ขนาด 50 VDC

3.4.2 ภาควงจรสร้างสัญญาณด้วยบอร์ดประมวลผลสัญญาณ

วงจรสร้างสัญญาณควบคุมสำหรับวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าในโครงการ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ

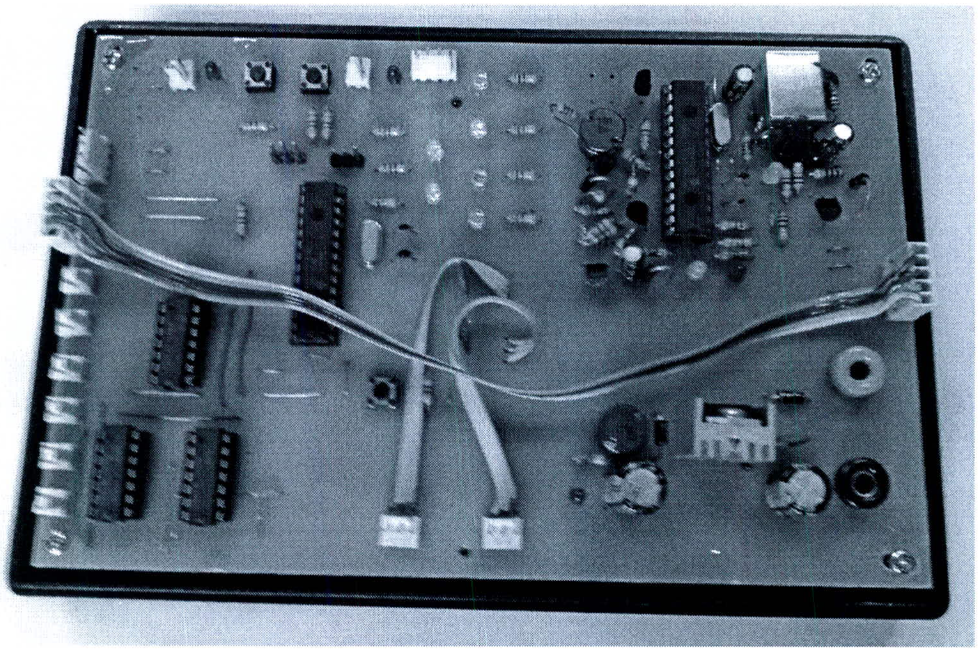
1. Hardware เป็นใช้ชิปประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal Processor Chip) ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น dsPIC30F2010 ของบริษัท Microchip incorporation จำกัด มาการประยุกต์ออกแบบเพื่อสร้างเป็นวงจรหลักในการสร้างสัญญาณควบคุม ทั้งนี้วงจรจะสามารถรับข้อมูลสัญญาณภายนอกเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานได้ 3 รูปแบบคือ แบบสัญญาณอนาลอก สัญญาณดิจิตอล และสัญญาณนาฬิกา ทั้งนี้การทำงานของ DSP Chip นี้จะรับข้อมูลภาษาเครื่อง (Machine Language) ที่ผ่านมาจากตัวแปลงสัญญาณ เช่น PICKIT2 หรือ ICD2 ที่สามารถสื่อสารได้กับ DSP Chip ตระกูลนี้ ซึ่งในโครงการนี้จะเรียกว่า “Controller Board”

2. Software เป็นส่วนของโปรแกรมที่จะต้องประยุกต์ในคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้โปรแกรมภาษา C ที่เขียนขึ้นเพื่อใช้ในการสร้างสัญญาณควบคุม จะต้องสอดคล้องกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในส่วน Hardware ที่ได้สร้างขึ้นแล้ว ทั้งนี้โปรแกรมภาษา C ดังกล่าวจะถูกเขียนลงในโปรแกรม MPLAB และเมื่อได้รับการแปลง Code ของภาษา C ด้วยโปรแกรม CCS (Code Composer Studio) ให้เป็น Machine language แล้ว จึงจะถูกส่งให้กับตัวแปลงสัญญาณแบบ PICKIT หรือ ICD2 ผ่าน USB Port เข้าสู่วงจร Controller Board ที่ได้สร้างไว้แล้วต่อไป เพื่อสร้างสัญญาณควบคุมที่เหมาะสมต่อวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าที่ต้องการ



ภาพที่ 3.4 วงจรสร้างสัญญาณควบคุมโดยการประยุกต์ใช้ dsPIC30F2010

จากวงจรในภาพที่ 3.4 จะเห็นว่าสัญญาณที่ขา 21 ถึง 26 ของชิพ dsPIC30F2010 (ขา PWM3H จนถึง PWM1L ตามลำดับ) จะถูกใช้เป็นสัญญาณขาออกที่จะนำใช้ในการควบคุมวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าซึ่งเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังต่อไป อย่างไรก็ตามเพื่อให้มีความปลอดภัยต่อการใช้งานที่เหมาะสม จึงนำไปผ่านวงจร Buffer หรือวงจร Interlock ก็ได้อีกทอดหนึ่ง ซึ่งในโครงการนี้จะใช้เป็นวงจร Interlock โดยการใช้ And Gate และEx-Or gate ด้วยไอซี 74LS08 และ 54LS86



ภาพที่ 3.5 วงจร Controller Board ที่ประยุกต์ด้วย dsPIC30F2010 ในโครงการ

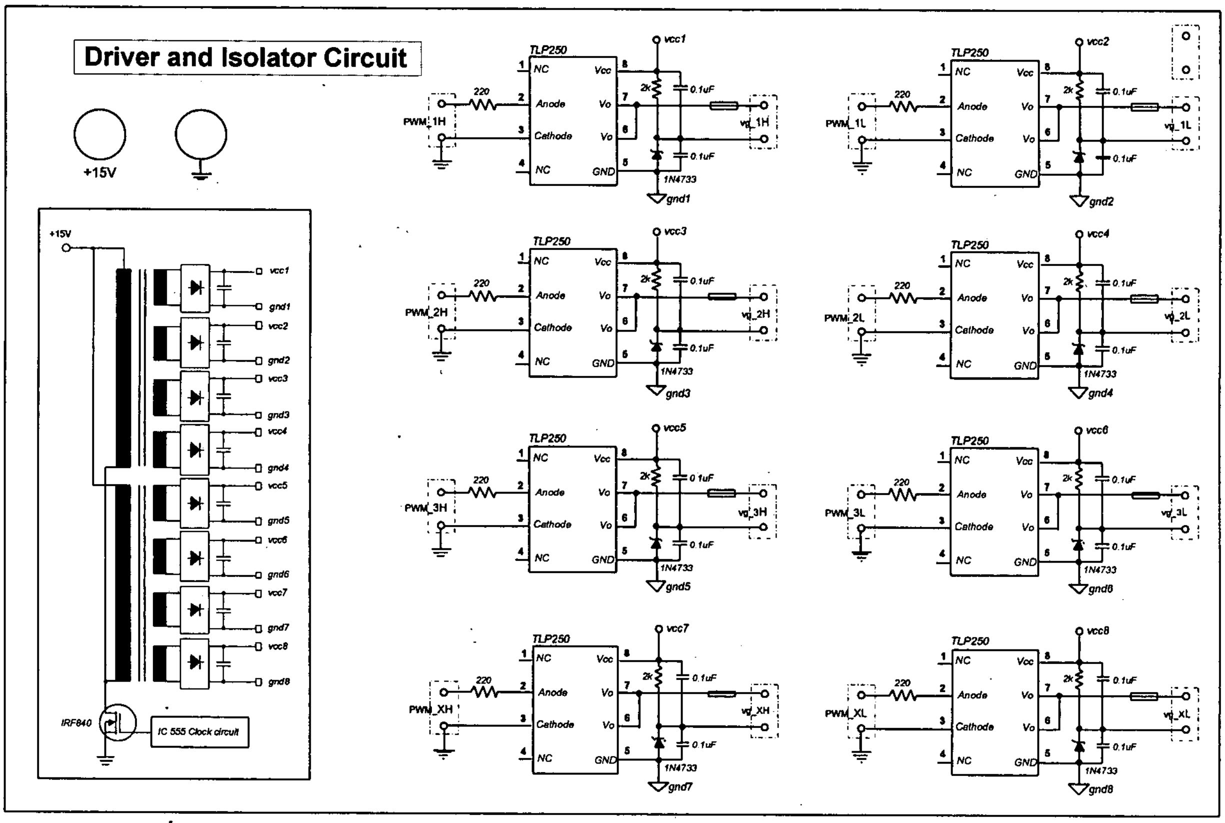
อย่างไรก็ตาม ชุดแปลงสัญญาณและเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ (MPLAB) กับ Controller Board ที่ประยุกต์ด้วย dsPIC30F2010 จะเป็นชุดวงจรสำเร็จรูปซึ่งมีราคาถูกและหาซื้อได้ในประเทศไทย แสดงดังในภาพที่ 3.6

ภาพที่ 3.6 ชุดวงจรเชื่อมต่อสัญญาณแบบ PICKIT/ICD2 ที่ใช้ในโครงการ

3.4.3 ภาควงจรขับเกต

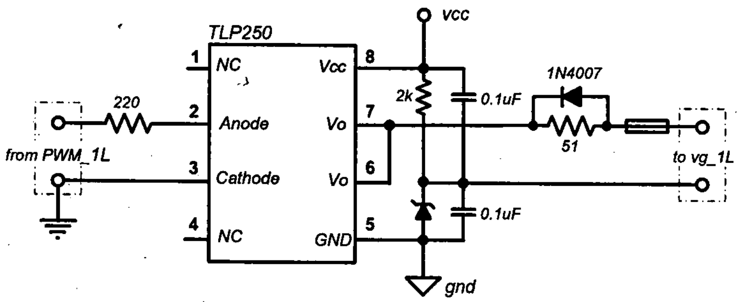
ในวงจรแปลงกำลังไฟฟ้าบางวงจรอาจใช้อุปกรณ์สวิตซ์จำนวนมากกว่า 1 ตัว เช่น วงจรเรียงกระแส 1 เฟสแบบเต็มคลื่นที่ใช้ Thyristor จำนวน 4 ตัว วงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสจะต้องใช้ Power MOSFET จำนวน 6 ตัว เป็นต้น ซึ่งในกรณีที่วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าใดๆ ที่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์สวิตซ์หลายตัว วงจรขับสัญญาณขาเกตของอุปกรณ์สวิตซ์แต่ละตัวนั้นๆ จะต้องมีการแยกขับเกตซึ่งกันและกันด้วย ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการแยกกันระหว่างขากราวนด์ของวงจร ซึ่งต่ออยู่กับขา Source ของอุปกรณ์สวิตซ์แต่ละตัวนั่นเอง

เนื่องจากอุปกรณ์สวิตซ์ในโครงการจะมีทั้ง Thyristor และ Power MOSFET ซึ่งมีจำนวนสูงสุด 8 ตัว จึงจำเป็นต้องใช้วงจรขับเกตอย่างน้อย 8 วงจรด้วยกัน ซึ่งจะต้องใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงทั้งหมด 6 วงจรแยกส่วนกัน โดยที่กราวนด์ของแต่ละชุดจะไม่เชื่อมถึงกัน เพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจรขับเกตทั้ง 6 ชุด วงจรแหล่งจ่ายไฟตรงสำหรับวงจรขับเกตทั้ง 6 วงจรนี้ แสดงดังภาพที่ 3.7



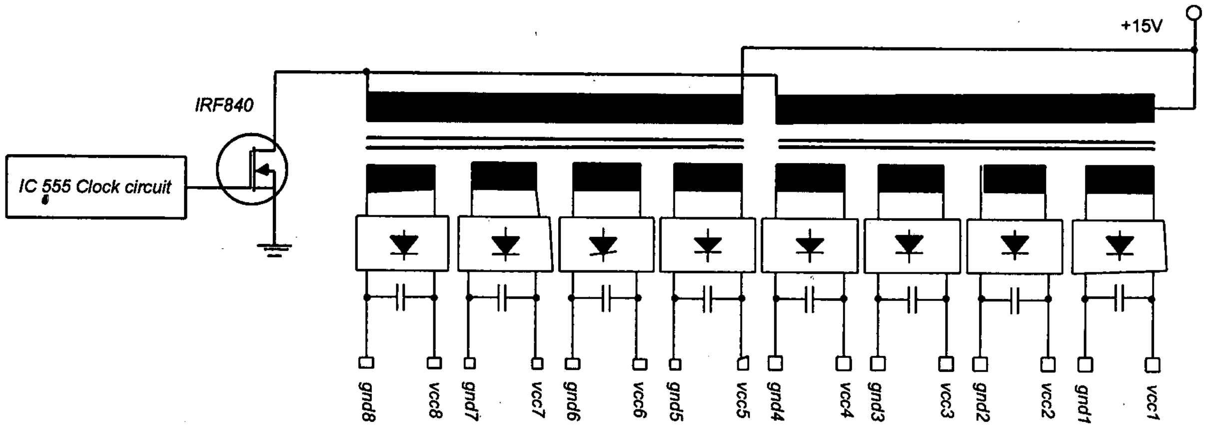
ภาพที่ 3.7 แหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงแบบวงจร Flyback แยกส่วนสำหรับวงจรขับเกต 8 วงจร

วงจรขับเกตที่ใช้ในโครงการ จะใช้ไอซีเบอร์ TLP 250 ซึ่งทำงานแบบ Opto Coupler เมื่อสัญญาณควบคุมจากขาออกขาใดขาหนึ่ง (ขา 21 ถึงขา 26) จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่งมาเข้าที่ขา 2 และขา 3 ของไอซี TLP250 สัญญาณจะผ่านไดโอดเปล่งแสงเพื่อจุดการทำงานของวงจรขาออกที่มีลักษณะเป็นวงจรทรานซิสเตอร์แบบ Push-pull ขึ้น ซึ่งวงจรทั้งส่วนขาเข้าและขาออกใน TLP250 จะไม่เชื่อมถึงกันทางไฟฟ้า ทั้งนี้แรงดันขาออกจะถูกขยายให้สูงที่ประมาณ +12 โวลต์ ซึ่งพอที่จะใช้ขับเกตของอุปกรณ์สวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ให้นำกระแสได้ จึงออกแบบให้แหล่งจ่ายแรงดันมีขนาด 15 โวลต์ โดยขา 6 และขา 7 ของไอซี TLP250 จะเป็นขาจ่ายสัญญาณขาออกเพื่อเป็นสัญญาณขับเกตให้กับ Power MOSFET ทั้งนี้วงจรขับเกตแต่ละชุดแสดงดังภาพที่ 3.8



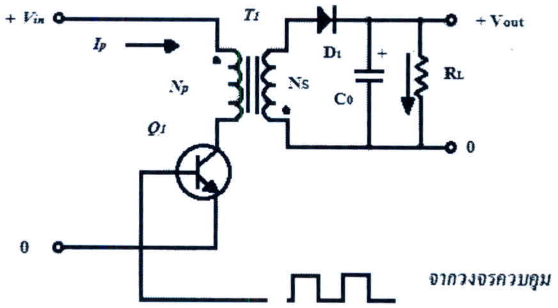
ภาพที่ 3.8 วงจรขับเกตด้วยไอซี TLP250

ส่วนวงจรไฟเลี้ยงกระแสตรงของวงจรขับเกตนั้นเป็นการประยุกต์ใช้วงจร Flyback Converter ซึ่งทำงานที่ความถี่สวิตซ์ 20 kHz. โดยวงจรนี้เป็น DC Converter ที่ใช้แปลงแรงดันไฟตรงขาเข้าขนาด 15VDC ให้เป็นแรงดันไฟสลับขาออกที่ประมาณ 10.5VAC ทั้งนี้เมื่อผ่านวงจรเรียงกระแสด้วยไดโอดและวงจรกรองแรงดันแล้วจะได้ประมาณ 15 VDC ดังแสดงในภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 แหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงประยุกต์ด้วยวงจร Flyback Converter

อย่างไรก็ตาม หลักการพื้นฐานของวงจร Flyback Converter แสดงดังวงจรในภาพที่ 3.10



รูปที่ 3.10 วงจรพื้นฐานของ Flyback Converter [3]

ทั้งนี้เมื่อวงจรทำงานอยู่ในสภาวะคงที่ แรงดันขาออกที่ได้จากวงจรจะเป็นดังนี้

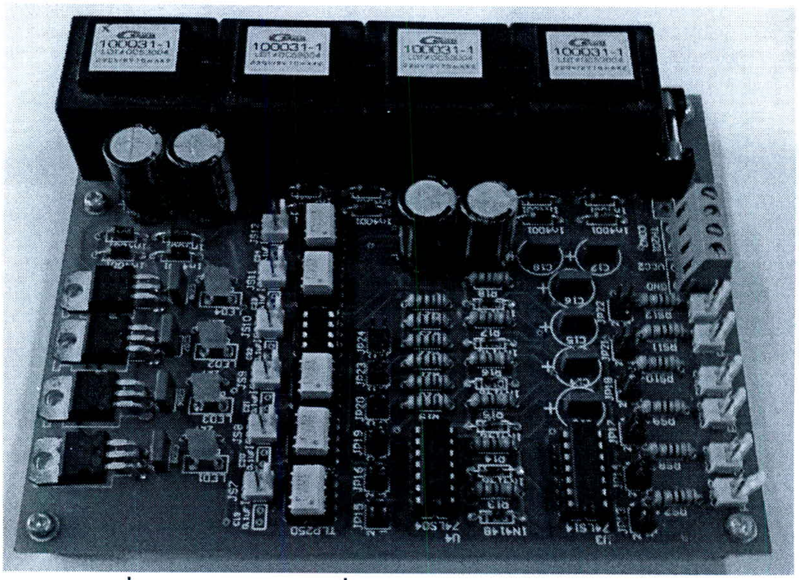
$$V_{out} = \frac{t_{ON} \times (N_s / N_p)(V_{in} - V_{ce(sat)})}{(T - t_{ON})} - V_D$$

T	*คือ คาบเวลาการสวิตซ์ เป็นวินาที*	t_{ON}	*คือ ช่วงเวลาที่สวิตซ์ Q1 นำกระแส*
N_p	*คือ จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ*	N_s	*คือ จำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ*
V_{out}	*คือ แรงดันขาออกของวงจรแปลงผันโวลต์*	V_{in}	*คือ แรงดันขาออกของวงจรแปลงผันโวลต์*
$V_{ce(sat)}$	*คือ แรงดันตกคร่อม Q_1 ขณะนำกระแสโวลต์*	V_D	*คือ แรงดันตกคร่อมไดโอด ขณะนำกระแสโวลต์*

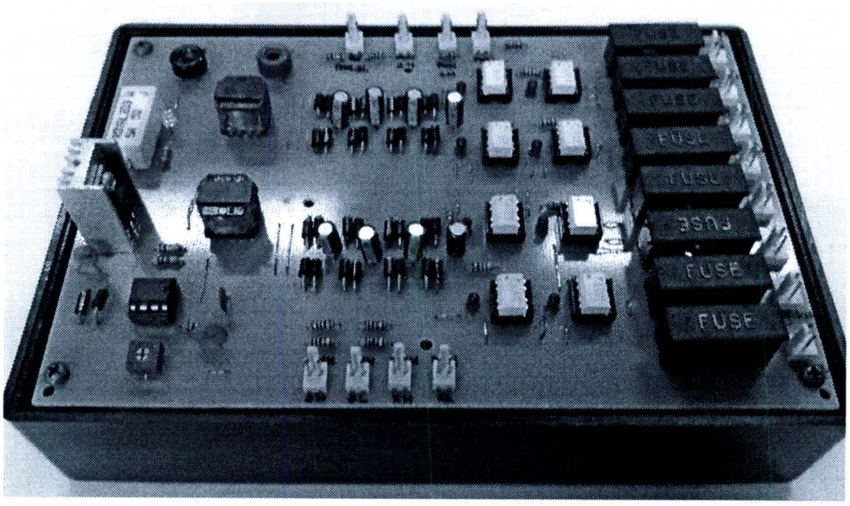
ดังนั้น เมื่อกำหนดให้

V_{in} =15 V, V_{out} = 15 V, (N_s/N_p) = 1, $T = 1/_{20kHz.}$ = 50 μs , V_D = 0.7 V และ $V_{ce(sat)}$ = 1 V.

จะทำให้ได้ t_{ON} = 26.43 $\mu s.$ หรือสัญญาณควบคุมที่มีค่า Duty Cycle เท่ากับ 0.5286



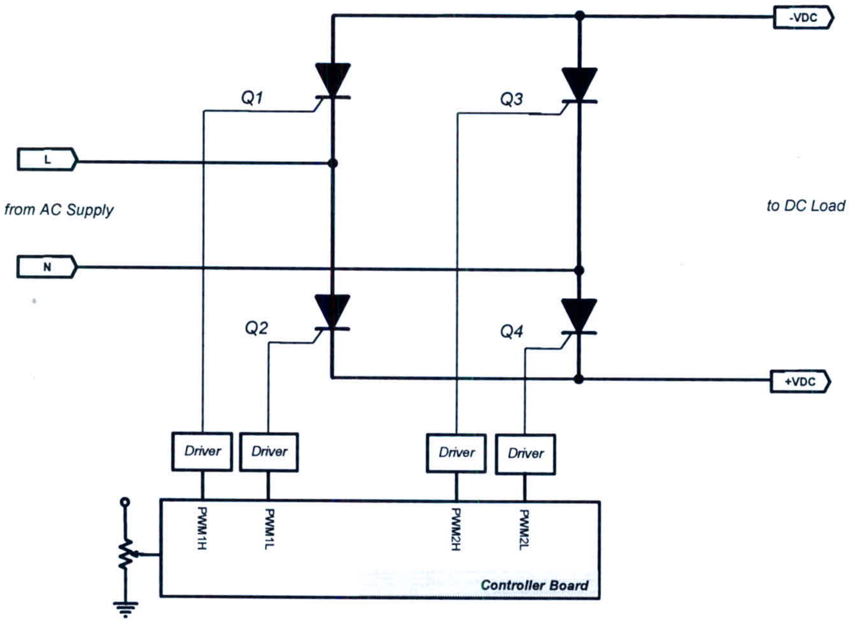
ภาพที่ 3.11 วงจรขับเกตที่ใช้แหล่งจ่ายแบบวงจรเรียงกระแส



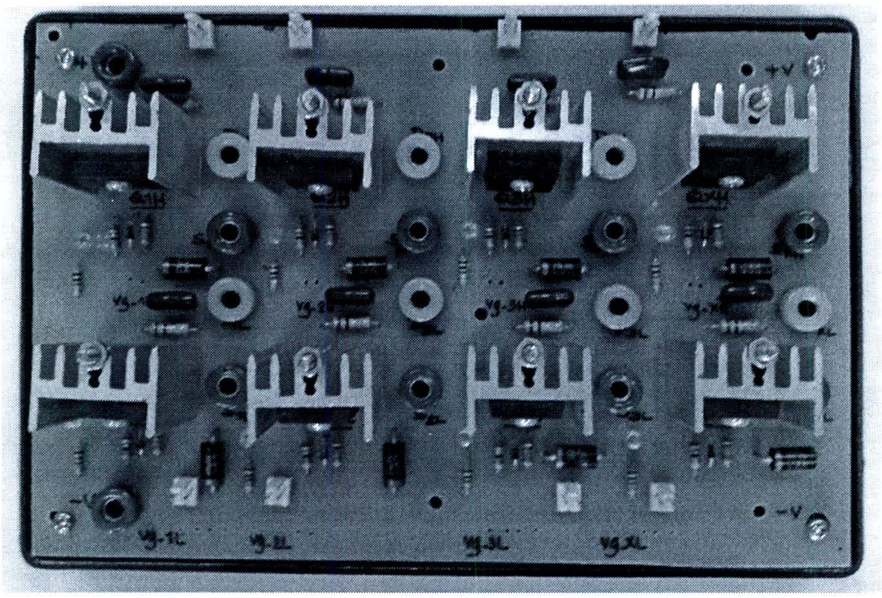
ภาพที่ 3.12 วงจรขับเกตที่ประยุกต์ใช้ Flyback Converter เป็นแหล่งจ่ายในโครงการ

3.5 การออกแบบวงจรภาคกำลัง

3.5.1 วงจร Single Phase Full Wave Controlled Rectifier



ภาพที่ 3.13 วงจรเรียงกระแส 1 เฟสเต็มคลื่นแบบควบคุมเฟส

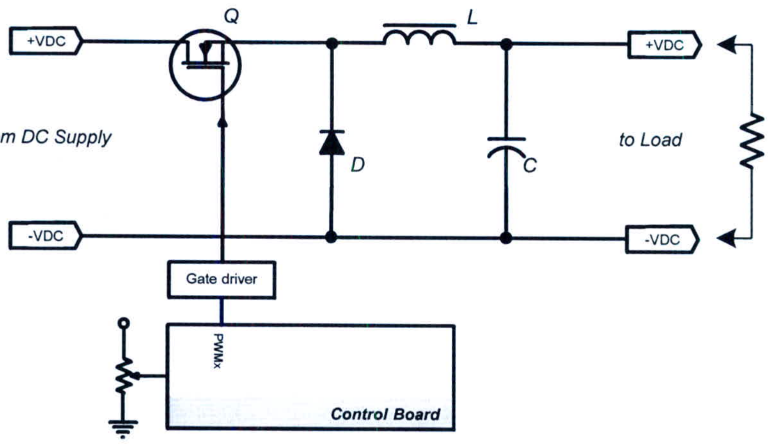


ภาพที่ 3.14 แผงวงจรเรียงกระแสที่ประกอบเสร็จแล้ว (แบบเลือกการต่อวงจรเอง)

วงจรอินเวอร์เตอร์ 1 เฟสแบบเต็มคลื่น ใช้ Thyristor จำนวน 4 ตัวต่อเป็น 2 กิ่งวงจรดังภาพที่ 3.13 โดยในกิ่งวงจรแรก สวิตซ์ Q1 และ Q2 จะรับสัญญาณมาจากขา 1H_OUT (จาก PWM1H) และ 1L_OUT (จาก PWM1L) ตามลำดับ จากวงจร Controller Board ส่วนในกิ่งวงจรที่สอง สวิตซ์ Q3 และ Q4 จะรับสัญญาณมาจากขา 2H_OUT (จาก PWM2H) และ 2L_OUT (จาก PWM2L) ตามลำดับเช่นกัน

ทั้งนี้ Controller Board ซึ่งเป็นวงจรสร้างสัญญาณควบคุมด้วย dsPIC30F2010 จะสร้างสัญญาณควบคุมแบบ Trigger Pulse สำหรับวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น 1 เฟสที่เหมาะสม (ดูภาพที่ 2.4 ประกอบ) ให้กับวงจรนี้ เมื่อป้อนโปรแกรมภาษาซี "Single Phase Full wave Rectier" (ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข.) โดยผ่านให้โปรแกรม Code Composer Studio เพื่อทำหน้าที่ในการแปลง Code ภาษาซี ให้เป็นภาษาเครื่องเสียก่อน แล้วจึงถ่ายลงสู่วงจรสร้างสัญญาณควบคุม (Controller Board) อีกทอดหนึ่ง โดยผ่านทางการ์ด PICKIT2 หรือ ICD2

3.5.2 วงจร Buck Converter

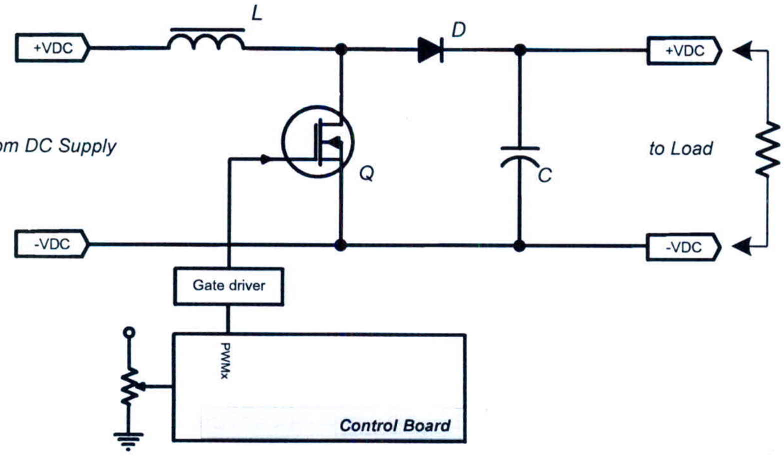


ภาพที่ 3.15 วงจร DC Buck Converter

หลักการทำงานของ Buck Converter ได้กล่าวถึงแล้วในบทที่ 2 ซึ่งจะทำหน้าที่ลดขนาดแรงดันไฟตรงลง ซึ่งอัตราขยายแรงดันของวงจรจะขึ้นอยู่กับค่า Duty Cycle ของ Power MOSFET Q1 ดังสมการที่ 2.27 โดยค่า Duty Cycle สามารถปรับตั้งได้ จากการตั้งค่าในโปรแกรมควบคุมการทำงาน หรือจากการปรับแรงดันที่ Potentiometer ที่จ่ายให้ขา AN0 ของ dsPIC30F2010 (ดูภาพที่ 3.4 ประกอบ)

อย่างไรก็ตาม Controller Board ซึ่งเป็นวงจรสร้างสัญญาณควบคุม จะสร้างสัญญาณควบคุมแบบ Duty Cycle Control ที่เหมาะสมให้กับวงจรนี้ได้ เมื่อป้อนโปรแกรมภาษาซี "DC Converter" (ดังแสดงไว้ในภาคผนวก) โดยผ่านให้โปรแกรม Code Composer Studio เพื่อทำหน้าที่ในการแปลง Code ภาษาซี ให้เป็นภาษาเครื่องเสียก่อน แล้วจึงถ่ายลงสู่วงจรสร้างสัญญาณควบคุม (Controller Board) อีกทอดหนึ่ง โดยผ่านทางการ์ด PICKIT2 หรือ ICD2

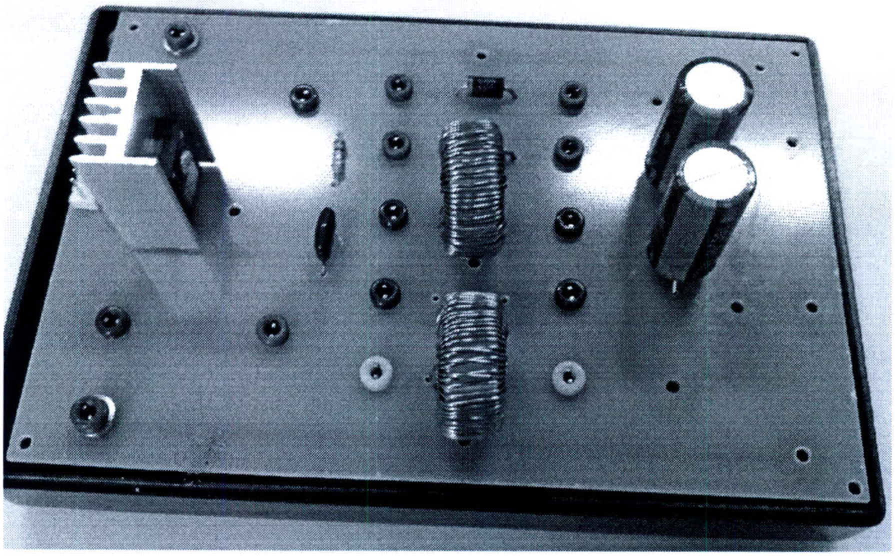
3.5.3 วงจร Boost Converter



ภาพที่ 3.16 วงจร DC Boost Converter

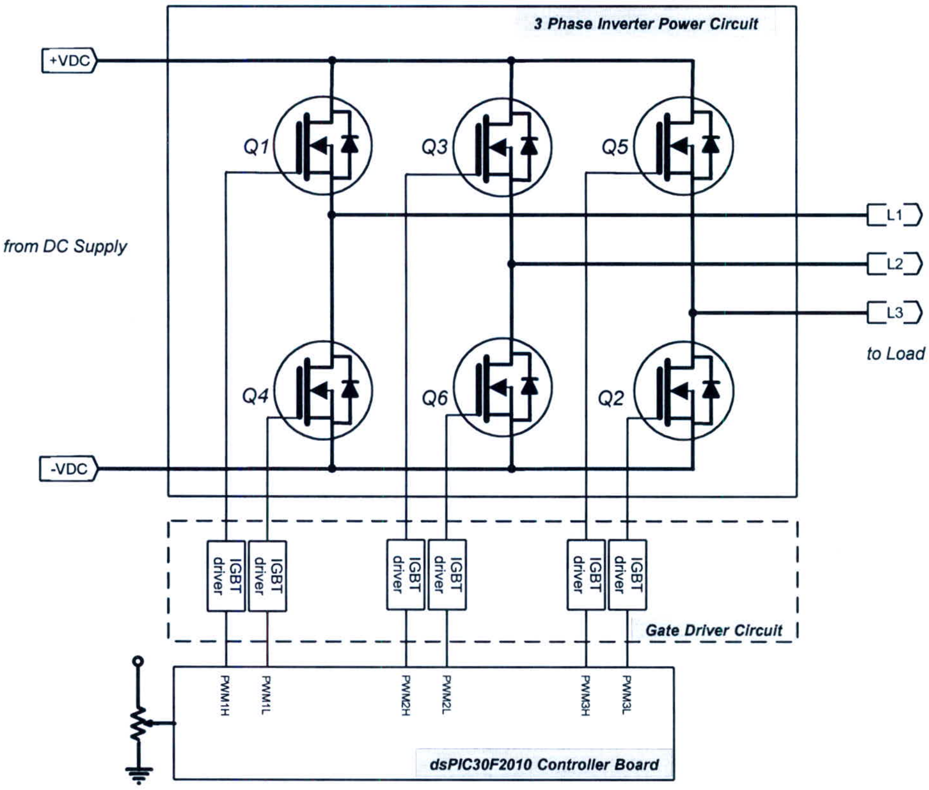
หลักการทำงานของวงจร Boost Converter ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ซึ่งจะทำหน้าที่เพิ่มขนาดแรงดันไฟตรงขาออกให้สูงขึ้นโดยขึ้นอยู่กับค่า Duty Cycle ของ Power MOSFET Q1 ดังสมการที่ 2.37 ทั้งนี้ค่า Duty Cycle สามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการปรับตั้งค่าในโปรแกรมควบคุมการทำงาน หรือจากการปรับแรงดันที่ Potentiometer ที่จ่ายให้กับขา AN0 ของ Controller Board ก็ได้ (ดูภาพที่ 3.4 ประกอบ)

อย่างไรก็ตาม Controller Board ซึ่งเป็นวงจรสร้างสัญญาณควบคุม จะสร้างสัญญาณควบคุมแบบ Duty Cycle Control ที่เหมาะสมให้กับวงจร Boost Converter นี้ได้ เมื่อป้อนโปรแกรมภาษาซี "DC Converter" (ดังแสดงไว้ในภาคผนวก) โดยผ่านให้โปรแกรม Code Composer Studio เพื่อทำหน้าที่ในการแปลง Code ภาษาซี ให้เป็นภาษาเครื่องก่อน แล้วจึงถ่ายลงสู่วงจรสร้างสัญญาณควบคุม (Controller Board) อีกทอดหนึ่ง โดยผ่านทางการ์ด PICKIT2 หรือ ICD2



ภาพที่ 3.17 วงจรแปลงผันกำลังไฟตรงที่ประกอบเสร็จแล้ว
(สามารถปรับเปลี่ยนการต่อวงจรให้เป็น Buck Converterหรือ Boost Converter ได้)

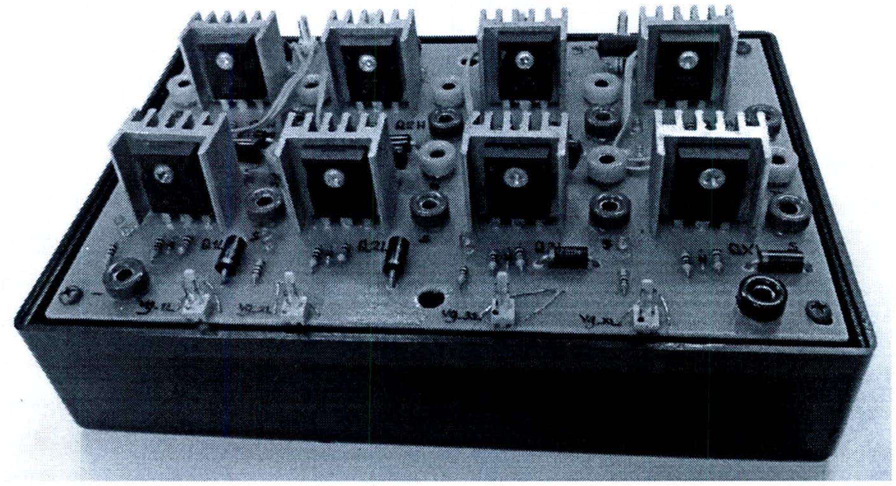
3.5.4 วงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส



ภาพที่ 3.18 วงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส

วงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสในโครงการเป็นแบบ Fundamental Frequency Modulation Inverter โดยใช้ Power MOSFET จำนวน 6 ตัวต่อเป็น 3 กิ่งวงจรดังแสดงในภาพที่ 3.18 โดยในกิ่งวงจรเฟส A สวิตซ์ Q1 และ Q4 จะรับสัญญาณมาจากขา 1H_OUT (จาก PWM1H) และ 1L_OUT (จาก PWM1L) จาก dsPIC30F2010 Controller Board ตามลำดับ ส่วนในกิ่งวงจรเฟส B สวิตซ์ Q3 และ Q6 จะรับสัญญาณมาจากขา 2H_OUT (จาก PWM2H) และ 2L_OUT (จาก PWM2L) ตามลำดับ ส่วนในกิ่งวงจรเฟส C สวิตซ์ Q5 และ Q2 จะรับสัญญาณมาจากขา 3H_OUT (จาก PWM2H) และ 3L_OUT (จาก PWM2L) ตามลำดับเช่นกัน

ทั้งนี้ Controller Board เป็นวงจรสร้างสัญญาณควบคุมโดยการประยุกต์ใช้ชิพ dsPIC30F2010 จะสร้างสัญญาณควบคุมแบบ FFM ทั้งแบบ FFM 180° และแบบ FFM 120° สำหรับวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส (ดูภาพที่ 2.40 และ 2.45 ประกอบ) ให้กับวงจรนี้ เมื่อป้อนโปรแกรมภาษาซี "Three Phase FFM Inverter" (แสดงไว้ในภาคผนวก ข.) โดยผ่านให้โปรแกรม Code Composer Studio เพื่อทำหน้าที่ในการแปลง Code ภาษาซี ให้เป็นภาษาเครื่องเสียก่อน แล้วจึงถ่ายลงสู่วงจรสร้างสัญญาณควบคุม (dsPIC30F2010 Controller Board) อีกทอดหนึ่ง โดยผ่านทางการ์ด PICKIT2 หรือ ICD2

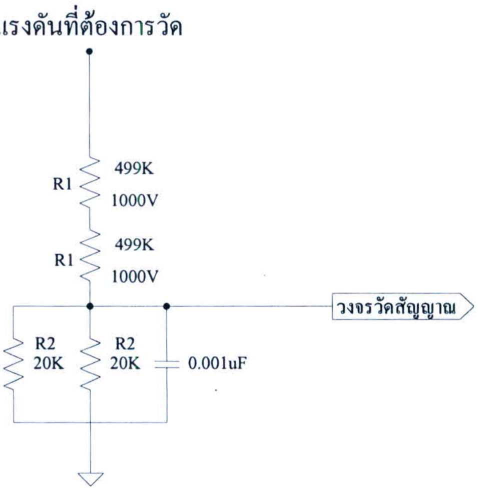


ภาพที่ 3.19 แผงวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสแบบเต็มคลื่นที่ประกอบเสร็จแล้ว (ต่อประกอบวงจรโดยผู้ใช้)

3.6 การออกแบบวงจรและอุปกรณ์เพิ่มเติม

3.6.1 วงจรตรวจวัดแรงดัน

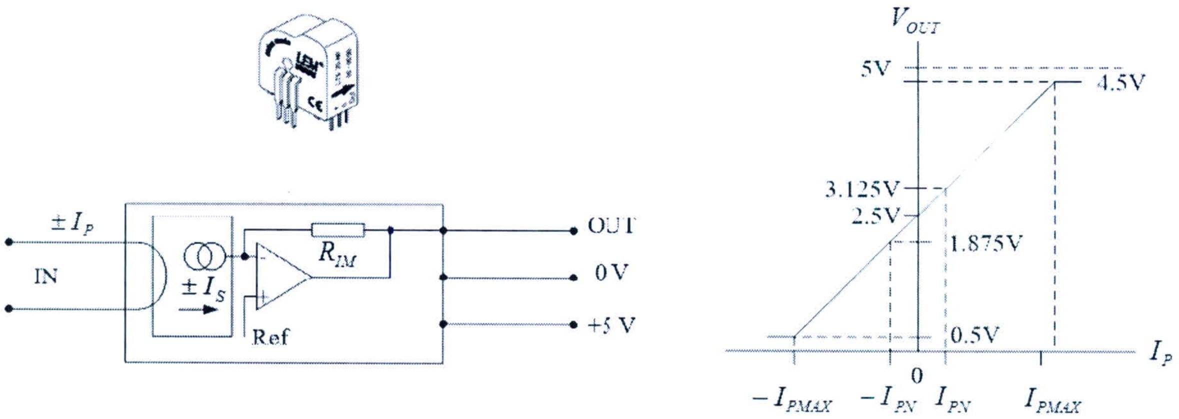
วงจรการวัดแรงดันนั้นใช้สำหรับวัดแรงดันเกินขณะวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้านั้นทำงานผิดปกติ ซึ่งอาจมีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงบัสสูง จะส่งผลให้วงจรนั้นๆเกิดความเสียหายได้ วงจรการวัดแรงดันที่สร้างขึ้นใช้หลักการแบ่งแรงดัน ดังแสดงในภาพที่ 3.20



ภาพที่ 3.20 วงจรตรวจวัดแรงดัน

3.6.2 วงจรตรวจวัดกระแส

วงจรตรวจวัดกระแสใช้ป้องกันกระแสเกินที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่วงจรใช้เซนเซอร์แบบ Hall Effect เบอร์ LTS 25-NP ของ LEM วัดกระแสได้สูงสุด 25 A. โดยวงจรที่ใช้แสดงในภาพที่ 3.21 ทั้งนี้สามารถเลือกระดับการวัดกระแสของ LTS 25-NP ได้โดยใช้ตารางที่ 3.1

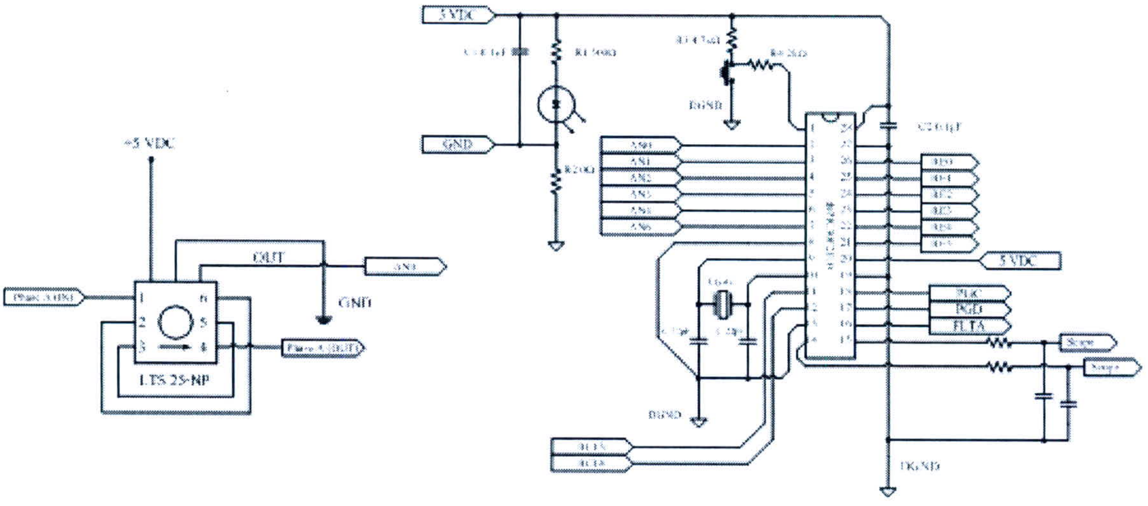


รูปที่ 3.21 วงจรที่ใช้ประกอบการสร้างวงจรเซนเซอร์ LTS 25-NP [13]

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลการเลือกใช้งานสำหรับตัวตรวจวัดกระแส LTS 25-NP

Primary turn	**Nominal Primary RMS current**	**Nominal Output Voltage**	**Primary Resistance**	**Primary Insert Inductance**	**Recommended Connection**
1	± 25	2.5 ± 0.600	0.18	0.013	6 5 4 OUT IN 1 2 3
2	± 12	2.5 ± 0.600	0.81	0.05	6 5 4 OUT IN 1 2 3
3	± 8	2.5 ± 0.600	1.62	0.12	OUT IN 1 2 3

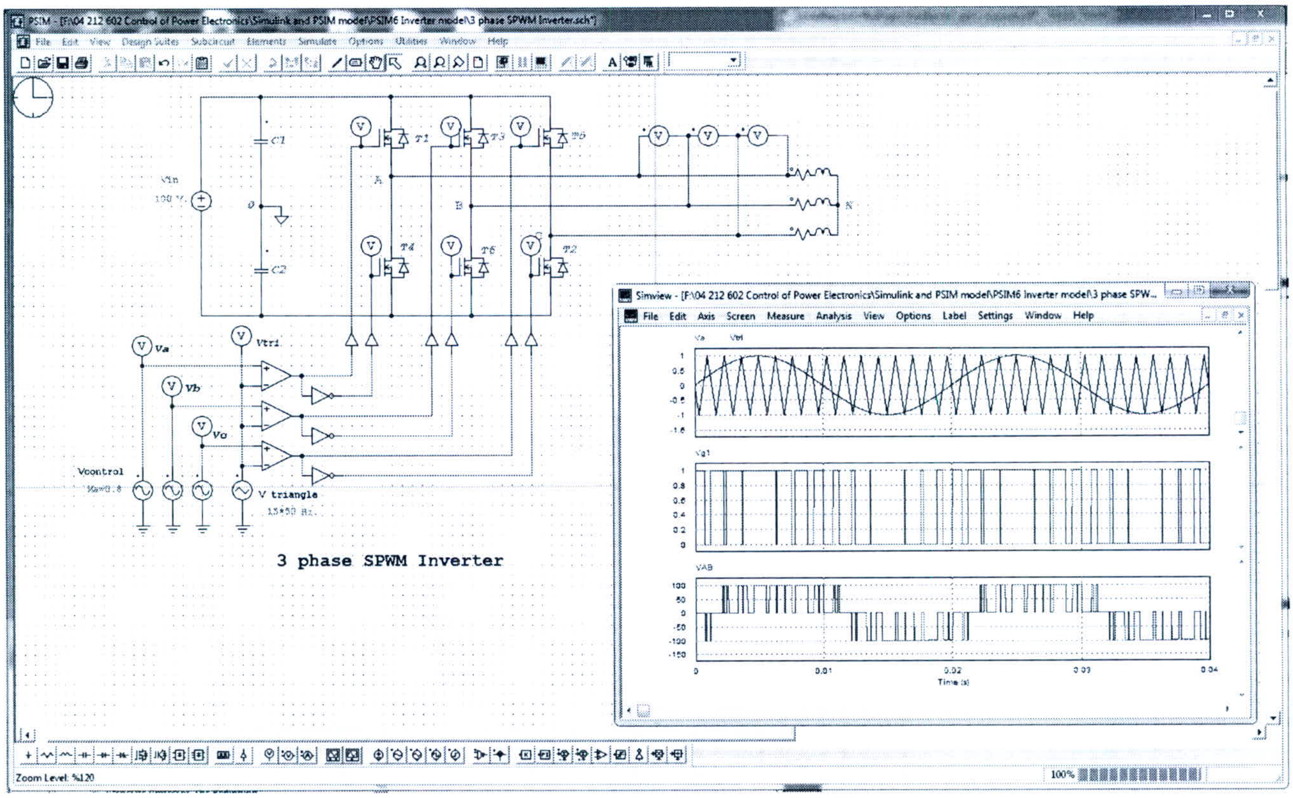
วงจรการใช้งานระหว่าง LTS 25-NP ร่วมกับวงจร dsPIC30F2010 แสดงดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 วงจรการใช้งาน LTS 25-NP ร่วมกับวงจร dsPIC30F2010

3.6.4 โปรแกรมจำลองระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

การจำลองระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังวงจรต่างๆ เป็นขั้นตอนที่สำคัญและจำเป็นก่อนนำไปออกแบบและสร้างในเชิงปฏิบัติ ในโครงการนี้จะใช้โปรแกรม PSIM Ver. 9.3.1 (Demo Version) ของบริษัท Powersim Inc. จำกัด เพื่อแสดงผลจำลองการทำงานของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์กำลังแบบต่างๆ พร้อมส่วนสร้างสัญญาณและระบบควบคุม



ภาพที่ 3.23 ตัวอย่างการจำลองการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

ด้วยโปรแกรม PSIM Ver. 9.3.1 (Demo Version)