

บทที่ 3

การออกแบบสร้าง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบสร้างบูสต์คอนเวอร์เตอร์ โดยจะทำการจำลองการทำงานของบูสต์คอนเวอร์เตอร์โดยใช้โปรแกรม PSIM เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ และออกแบบสร้างส่วนของวงจรกำลัง ส่วนของวงจรควบคุม และส่วนของวงจรตรวจจับสัญญาณ

3.1 หลักการออกแบบสร้าง

ก่อนที่จะทำการสร้างวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์นั้น จะต้องทำการจำลองการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ก่อน ซึ่งผลการของจำลองการทำงานจะแสดงในบทที่ 4 โดยจำลองการทำงานของวงจร ASD เมื่อไม่มีวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ในระบบ และวงจร ASD ที่เพิ่มวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์เพื่อจำลองการทำงานและสังเกตผลการจำลองการทำงานที่เกิดขึ้น

การออกแบบวงจรการทำงานของบูสต์คอนเวอร์เตอร์แบ่งการออกแบบและสร้าง เป็นสามส่วนคือ

- 1) วงจรกำลัง
- 2) วงจรควบคุม
- 3) วงจรตรวจจับสัญญาณ

3.2 การออกแบบและสร้างส่วนวงจรกำลัง

การออกแบบ และสร้างส่วนวงจรกำลัง คำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบเพื่อการพิจารณาในการสร้างวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

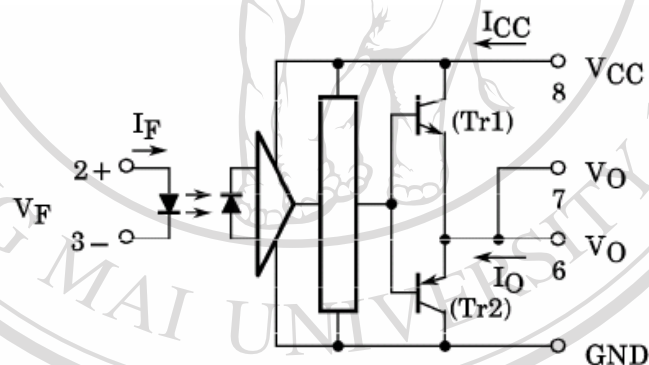
องค์ประกอบ		ค่าที่ต้องการ
แรงดันด้านขาเข้า และขาออก	แรงดันขาเข้า V_{in}	520 V _{DC}
	แรงดันขาออก V_{out}	550 V _{DC}
กำลังงานด้านขาออก	กำลังงานด้านขาออก P_{out}	1KW
ความถี่ในการสวิตช์	F_{sw}	3 kHz

เลือก IGBT เบอร์ IRG4PH50KD ที่มีพิกัดในการใช้งานตรงกับความต้องการ

สวิทช์ควบคุม	พิกัดแรงดัน	พิกัดกระแส	ความถี่ในการสวิทช์	ความต้านทาน R_{on}
IRG4PH50KD	1200 V _{DC}	24 A	3 kHz	0.22 Ω

ภาคขับ IGBT ใช้ IC Opto Coupler เบอร์ TLP250 ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

กระแสอินพุตเพื่อขับวงจร	15 mA
กินกระแส	11 mA
แรงดันใช้งาน	13–15 V _{DC}
กระแสด้านขาออกเพื่อขับเกด	1.5 A
ความถี่สวิทช์สูงสุด	600 kHz



รูปที่ 3.1 ไลอะแกรมภายในของ IC TLP250 เพื่อใช้เป็นภาคขับ IGBT [ที่มา : TLP 250 Datasheet]

3.3 การออกแบบสร้างส่วนควบคุมการสวิทช์

การออกแบบจะคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ดังนี้ เพื่อหาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีคุณสมบัติตรงกับความต้องการ

- มีส่วนของการสร้างสัญญาณ PWM สำหรับการใช้งานกับมอเตอร์
- มีวงจรส่วนช่วงเวลาไม่มีแรงดันไฟฟ้าระหว่าง PWM_H และ PWM_L
- มีความเร็วมากในการคำนวณสมการคณิตศาสตร์
- ง่ายต่อการประกอบหรือพัฒนาระบบ

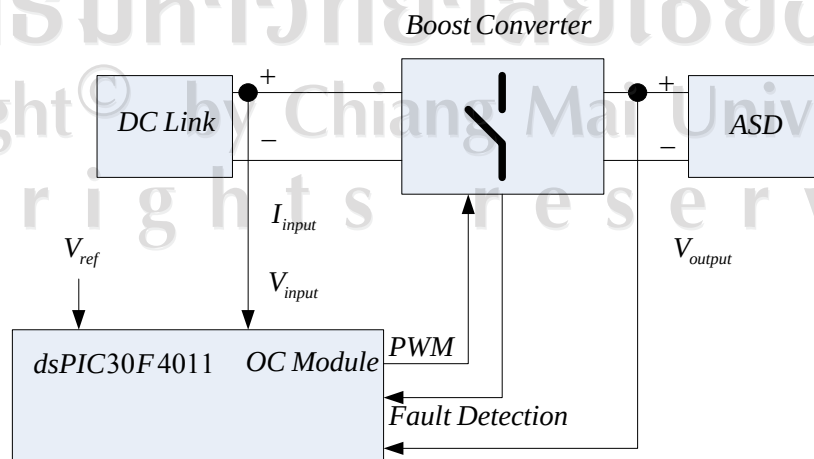
- มีเสถียรภาพในการทำงานด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

จากคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จำเป็นต้องคำนึงพบว่าไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ dsPIC30F4011 มีคุณสมบัติตรงกับความต้องการมากที่สุด โดยมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

3.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC เบอร์ dsPIC30F4011 ที่ใช้ในส่วนวงจรควบคุม

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ CPU แบบ RISC
- ความเร็วในการทำงาน 30MIPs
- มีชุดการประมวลผลแบบ DSP
- ชุดคำสั่ง 24 บิต สามารถประมวลผลข้อมูลได้ 16 บิต
- สามารถทำการคูณเลข 16 บิตได้ภายในสัญญาณนาฬิกา 1 ไซเคิล
- มีวงจรเฟดข้อมูลคู่ ทำให้สามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว
- มีวงจร A/D ความละเอียด 10 บิต 9 ช่อง ความเร็วในการสุ่มสัญญาณ 500Ksps
- มี PWM สำหรับควบคุมมอเตอร์ 6 ช่อง และมีวงจร Dead Time ภายในตัว
- มี Interrupt เพื่อให้หยุดการทำงานของ PWM ในกรณีเกิดความผิดพลาด
- ออกแบบมาเพื่อการควบคุมการทำงานด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังโดยเฉพาะ

หลังจากได้เลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC เพื่อใช้เป็นหน่วยประมวลผลข้อมูล ทำการออกแบบ เพื่อต่อใช้งานตามผังการต่อใช้งาน dsPIC แสดงดังรูปที่ 3.2 โดยมีวงจรการต่อใช้งานจริงตามภาคผนวก ข. ในรูป ข.2



รูปที่ 3.2 ผังการต่อ dsPIC เพื่อควบคุมมอเตอร์

3.3.2 โมดูลเปรียบเทียบข้อมูล (Output Compare : OC)

เป็นอีกหนึ่งโมดูลฟังก์ชันพิเศษที่มีบทบาทมากในการนำมาใช้ประมวลผลการทำงาน และสร้างสัญญาณทางดิจิทัลของไมโครคอนโทรเลอร์ dsPIC ใน dsPIC4011 ได้บรรจุโมดูล OC นี้ไว้ 2 ชุด โดยมีการใช้งานขาพอร์ตเอาต์พุตร่วมกับโมดูลตรวจจับสัญญาณอินพุตหรือ IC จึงทำให้ผู้ใช้งานจำเป็นต้องเลือกการทำงานระหว่างโมดูล IC และ OC เพราะทำงานพร้อมกันไม่ได้ แต่เนื่องจากใน dsPIC4011 มีให้ 2 ชุด การแยกใช้งานจึงเป็นทางออกของข้อจำกัดนี้

การทำงานหลักๆ คือ เปรียบเทียบข้อมูลที่ค่าของฐานเวลาหนึ่งๆ กับข้อมูลในรีจิสเตอร์ หากเท่ากันเมื่อใดก็จะเกิดสัญญาณพัลส์เดี่ยวหรือขบวนสัญญาณพัลส์ออกมาทางเอาต์พุต ขึ้นอยู่กับการกำหนดโหมดทำงาน ดังนั้นจึงมักนำโมดูลเปรียบเทียบข้อมูลมาใช้ในการกำเนิดสัญญาณพัลส์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับการนำมาใช้สร้างสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation)

คุณสมบัติโดยสรุปของโมดูลเปรียบเทียบข้อมูล (Output Compare : OC)

- สามารถกำเนิดสัญญาณ PWM
- ใช้ไทมเมอร์ 2 หรือ 3 ร่วมในการทำงาน
- สามารถกำหนดเงื่อนไขเมื่อถึงคาบเวลาการนับ (Match)
- อินเตอร์รัปต์เนื่องจากถึงคาบเวลาการนับ
- มีอินพุตป้องกันความผิดพลาดในการสร้างสัญญาณ PWM (Input Pin Fault Protection for PWM : ขา OCFA และ OCFB)

3.3.3 โหมดการทำงานของโมดูลเปรียบเทียบข้อมูล

ด้วยกัน 3 โหมดหลักดังนี้

- 1) โหมดเปรียบเทียบข้อมูลตรงกันแบบเดี่ยว (Single Compare Match mode)
- 2) โหมดเปรียบเทียบข้อมูลตรงกันแบบคู่เพื่อสร้างสัญญาณ (Dual Compare Match mode generating) ซึ่งให้ผลลัพธ์พัลส์เดี่ยวหรือพัลส์ต่อเนื่อง
- 3) โหมดสร้างสัญญาณ PWM ซึ่งยังแบ่งได้อีก 2 ลักษณะการทำงานคือ

- 3.1) แบบมีการตรวจสอบและป้องกันความผิดพลาดผ่านทางขา OCFA หรือ OCFB

3.2) แบบไม่มีการตรวจสอบและป้องกันความผิดพลาดผ่านทางขา OCFA หรือ OCFB

3.3.4 รีจิสเตอร์หลักของโมดูลเปรียบเทียบข้อมูล

3.3.4.1 OCxR รีจิสเตอร์หลักสำหรับเก็บข้อมูลของโมดูลเปรียบเทียบข้อมูล

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตที่ใช้เก็บข้อมูลที่ต้องการเปรียบเทียบ สำหรับใน dsPIC4011 จะมี 2 ตัวคือ OC1R สำหรับโมดูลเปรียบเทียบข้อมูลชุดที่ 1 (OC1) และ OC2R สำหรับโมดูลเปรียบเทียบข้อมูลชุดที่ 2 (OC2)

3.3.4.2 OCxRS รีจิสเตอร์หลักสำหรับเก็บข้อมูลของโมดูลเปรียบเทียบข้อมูลตัวที่สอง

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตที่ใช้ในการสำรองข้อมูลที่ต้องการเปรียบเทียบ โดยได้รับการถ่ายทอดข้อมูลมาจากรีจิสเตอร์ OCxR สำหรับใน dsPIC4011 มี 2 ตัวเช่นกันคือ OC1RS สำหรับโมดูลเปรียบเทียบข้อมูลชุดที่ 1 (OC1) และ OC2RS สำหรับโมดูลเปรียบเทียบข้อมูลชุดที่ 2 (OC2)

3.3.4.3 OCxCON รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของโมดูลเปรียบเทียบข้อมูล

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตที่ใช้กำหนดค่าเพื่อควบคุมการทำงานของโมดูลเปรียบเทียบข้อมูลสำหรับใน dsPIC4011 มี 2 ตัวเช่นกันคือ OC1CON สำหรับโมดูลเปรียบเทียบข้อมูลชุดที่ 1 (OC1) และ OC2CON สำหรับโมดูลเปรียบเทียบข้อมูลชุดที่ 2 (OC2) มีรายละเอียดโดยสรุปดังนี้

บิต 15	บิต 14	บิต 13	บิต 12	บิต 11	บิต 10	บิต 9	บิต 8
-	-	OSCDL	-	-	-	-	-
U-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
-	-	-	OCFLT	OCTSEL	OCM2	OCM1	OCM0
U-0	U-0	U-0	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0

บิต 15 และ 14 ไม่มีการใช้งาน กำหนดเป็น “0”

บิต 13 - OCSIDL (Stop Output Compare in IDLE Mode Control bit) : บิตเลือกการหยุดทำงานของโมดูลเปรียบเทียบข้อมูล เมื่อทำงานในโหมดไอเดิล

“0” = โมดูล OC ยังคงทำงานต่อไปแม้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเข้าสู่โหมดไอเดิลก็ตาม

“1” = โมดูล OC หยุดทำงาน เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์จะเข้าสู่โหมดไอเดิล

บิต 12 ถึง 5 ไม่มีการใช้งาน กำหนดเป็น “0”

บิต 4 – OCFLT (PWM Fault Condition Status bit) : บิตแฟล็กแสดงสถานะของการตรวจจับความผิดพลาด

“0” = ไม่มีความผิดพลาดใดๆ เกิดขึ้น

“1” = มีการแจ้งสถานะความผิดพลาด

บิตนี้สามารถอ่านได้อย่างเดียว

บิต 3 – OCTSEL (Output Compare Timer Select bit) : บิตเลือกไทมเมอร์ขนาด 16 บิตที่ต้องการทำงานร่วมด้วย

“0” = เลือกใช้ไทมเมอร์ 2 (TMR2) เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาสำหรับโมดูล OC

“1” = เลือกใช้ไทมเมอร์ 3 (TMR3) เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาสำหรับโมดูล OC

บิต 2 ถึง 0 – OCM2 ถึง OCM0 (Output Compare Mode Select bit) : บิตเลือกโหมดการทำงาน of โมดูล OC

“000” = ปิดการทำงานของโมดูล OC

“001” = กำหนดให้เป็นขา OCx เป็นลอจิกต่ำ เมื่อค่าเท่ากัน ทำให้ที่ขาเป็น “1”

“010” = กำหนดให้เป็นขา OCx เป็นลอจิกต่ำ เมื่อค่าเท่ากัน ทำให้ที่ขาเป็น “0”

“011” = กำหนดให้เอาต์พุตเกิดการกลับค่าลอจิก เมื่อค่าของการเปรียบเทียบเท่ากัน

“100” = กำหนดให้เป็นขา OCx เป็นลอจิกต่ำ เมื่อค่าเท่ากัน จะเกิดสัญญาณพัลส์เดี่ยวออกมา

“101” = กำหนดให้เป็นขา OCx เป็นลอจิกต่ำ เมื่อค่าเท่ากัน จะเกิดสัญญาณพัลส์ต่อเนื่องออกมา

“110” = ทำงานในโหมดสร้างสัญญาณ PWM แบบไม่ใช้ตรวจสอบ OCFA หรือ OCFB

“111” = ทำงานในโหมดสร้างสัญญาณ PWM แบบใช้ขาตรวจสอบ OCFA หรือ OCFB

3.4 การกำเนิดสัญญาณ PWM ของโมดูลเปรียบเทียบข้อมูล

จะเริ่มต้นด้วยการกำหนดบิต OCM2-OCM0 ในรีจิสเตอร์ OCxCON เป็น “110” หรือ “111” ขึ้นอยู่กับว่าต้องการใช้งานขาอินพุต OCFA หรือ OCFB เพื่อป้องกันความผิดพลาดหรือไม่ เนื่องจากใน dsPIC4011 มีขาพอร์ต 20 ขา มีโมดูล OC 2 ชุด จึงมีขาอินพุตเพื่อช่วยตรวจสอบความผิดพลาดเพียงขาเดียวคือ OCFA เนื่องจาก OCFA จะสามารถทำงานได้กับโมดูล OC1-OC4

ในโหมดกำเนิดสัญญาณ PWM รีจิสเตอร์ OCxR จะถูกใช้ในการเก็บค่าดีไวส์ไจลิ่ง จึงสามารถอ่านได้เพียงอย่างเดียว ดังนั้นในการเขียนข้อมูลเพื่อกำหนดค่าของดีไวส์ไจลิ่งจึงต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์ OCxRS แทน ทุกครั้งที่ค่าของรีจิสเตอร์คาบเวลา (period register) ซึ่งได้ค่ามาจาก ไทมเมอร์ 2 หรือ 3 มีค่าตรงกับเงื่อนไขที่กำหนด ค่าดีไวส์ไจลิ่งที่เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ OCxR จะถูก โหลดมายัง OCxRS เพื่อนำไปใช้สร้างสัญญาณ PWM ต่อไป พร้อมกันนั้นบิตแฟล็ก TyIF จะเซตเพื่อแจ้งสถานะที่เกิดขึ้น

สามารถสรุปขั้นตอนในการใช้งานโมดูล OC ในการสร้างสัญญาณ PWM ได้ดังนี้

1. กำหนดค่าของคาบเวลาสัญญาณ PWM แล้วเขียนลงในรีจิสเตอร์คาบเวลา Pry
2. กำหนดค่าดีไวส์ไจลิ่งของสัญญาณ PWM แล้วเขียนลงในรีจิสเตอร์ OCxRS
3. จะเกิดกระบวนการเขียนข้อมูลลงในรีจิสเตอร์ OCxR ซึ่งเป็นกระบวนการภายใน จึงต้องรอชั่วขณะ
4. เอนเอเบิลอินเตอร์รัปต์ถ้าต้องการแต่ถ้าหากเลือกใช้อินเตอร์รัปต์จะต้องกำหนดให้ทำงานในโหมดตรวจสอบความผิดพลาดด้วยขา OCFA ด้วย
5. กำหนดโหมดของการสร้างสัญญาณ PWM โดยเขียนข้อมูลไปยังบิต OCM2-OCM0 ซึ่งกำหนดได้ 2 โหมด แต่ถ้าเลือกใช้อินเตอร์รัปต์จะต้องกำหนดให้มีค่า “111” เท่านั้น
6. ตั้งค่าปริสเกลเลอร์ในไทมเมอร์ที่นำมาใช้งานร่วมด้วย แล้วเอนเอเบิลโดยการเซต บิต TON ซึ่งเป็นบิต 15 ในรีจิสเตอร์ TxCON ให้เป็น “1”

3.5 การคำนวณเกี่ยวกับคาบเวลาของสัญญาณ PWM (Tpwm)

การคำนวณคาบเวลาของสัญญาณ PWM สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$T_{pwm} = [(PRx) + 1] \times 4 \times T_{osc} \times (TMR \times \text{prescaler value}) \quad (3.1)$$

โดยที่ $x=2$ หรือ 3 ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ไทมเมอร์มาใช้งาน

PRx คือ รีจิสเตอร์เก็บค่าการนับของไทมเมอร์มาใช้งาน

T_{osc} คือ คาบเวลาของระบบ ($1/F_{osc}$)

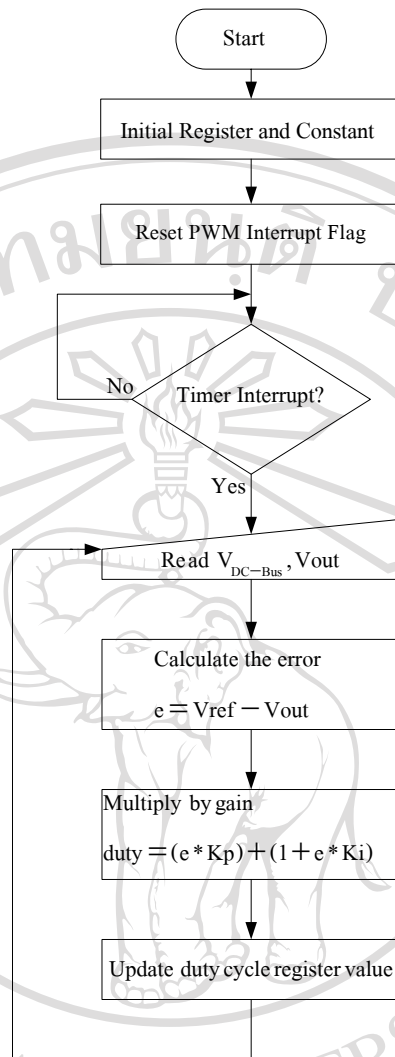
$TMR \times \text{prescaler value}$ คือ ค่าปริเคเลเตอร์ของไทมเมอร์ที่ถูกเลือก

ในการออกแบบ วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์เลือกใช้ความถี่สวิตช์ 3kHz โดยกำหนดค่าของ PRx มีค่า 2456 แล้วแทนค่าลงในสมการของ $f_{sw} = 1/T_{pwm}$

$$f_{sw} = \frac{1}{[(PRx) + 1] \times 4 \times T_{osc} \times (TMR \times \text{prescaler value})} \quad (3.2)$$

$$f_{sw} = \frac{1}{[(2456) + 1] \times 4 \times 1 \times \left(\frac{1}{4 \times 7372800}\right)} = 3\text{kHz} \quad (3.3)$$

เมื่อทำการคำนวณความถี่ในการสวิตช์แล้วจึงเขียนโปรแกรมในการควบคุมโดยใช้ dsPIC และใช้ค่า 2456 เป็นค่าของรีจิสเตอร์ PRx โดยมีผังการทำงานของโปรแกรกดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.3 ฟังก์ชันการออกแบบโปรแกรมในตัวประมวลผล dsPIC

การควบคุมบูสต์คอนเวอร์เตอร์โดย PI Controller

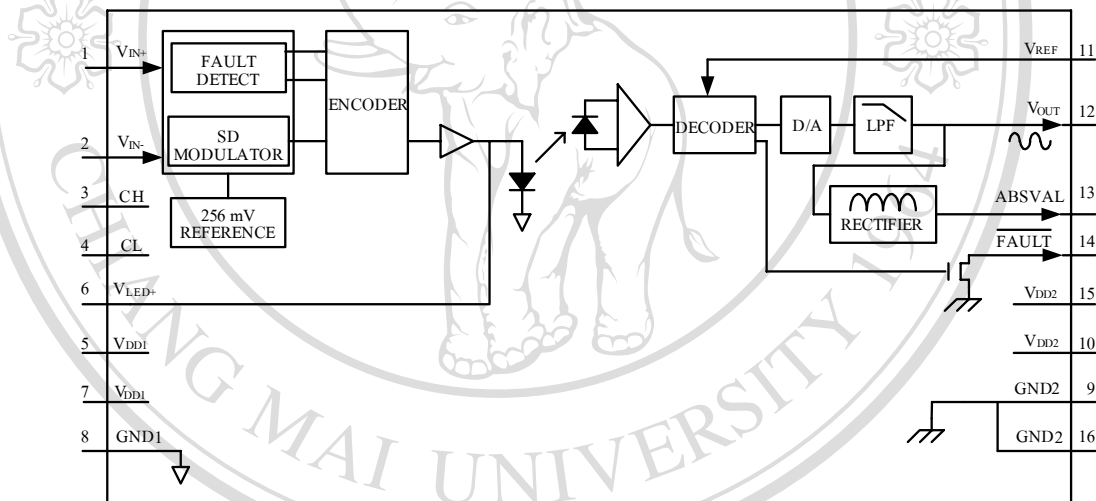
โปรแกรมการควบคุม PI ในแสดงรูปที่ 3.3 จะอาศัย Module การเปรียบเทียบเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC (Output Compare) สร้างสัญญาณ PWM โดยการปรับค่า duty cycle จะนำค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าของแรงดันด้านเอาต์พุตของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์และค่าแรงดันอ้างอิงที่ต้องการ หาค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนำมาปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมกับค่าร้อยละของ duty cycle และสร้างสัญญาณส่งไปยังวงจรขับเคลื่อนเพื่อขับเคลื่อนของ IGBT เพื่อให้งานวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ โดยค่าตัวคูณในส่วนของ K_p จะมีค่าเท่ากับ 0.59 และค่า K_i เท่ากับ 0.001 วินาที โดยใช้เป็นคาบระยะเวลาในการจัดจังหวะเพื่อปรับค่า PWM ด้วย ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการจำลองการทำงานของวงจรที่ควบคุมโดย PI ในโปรแกรม PSIM ที่มีจุดทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ที่เหมาะสม

ในขณะที่วงจรมัสต์คอนเวอร์เตอร์ทำงาน วงจรตรวจจับแรงดัน และกระแสจะทำงานอยู่ตลอดเวลาถ้ามีการทำงานที่ผิดพลาดเกิดขึ้น เช่นแรงดันเกิน หรือกระแสเกิน วงจรตรวจจับจะส่งสัญญาณกลับมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณการตรวจจับก็จะหยุดการสร้างสัญญาณ PWM ที่ขับ IGBT โดยทันทีทันใดเพื่อความปลอดภัยของระบบ

3.6 การออกแบบวงจรตรวจวัดสัญญาณ

3.6.1 การออกแบบวงจรตรวจวัดสัญญาณแรงดัน

ชุดตรวจวัดแรงดัน (Voltage Sensor) ใช้ไอซีเบอร์ HCPL-788J เป็นตัววัดสัญญาณ แอนะล็อกที่แยกการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าของสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตโดยมีโครงสร้างภายในดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 โครงสร้างภายในของ IC HCPL-788J

โดยหลักการคือเมื่อได้รับสัญญาณแอนะล็อก สัญญาณจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลแบบซิกมา-เดลตา ($\Sigma - \Delta$) ที่มีความถี่ในการซิกตัวอย่างสัญญาณ 6 ล้านครั้งต่อวินาทีและส่งสัญญาณที่แปลงได้ผ่านตัวเข้ารหัสสัญญาณเพื่อส่งสัญญาณอินพุตผ่านไดโอดเปล่งแสง (LED) ก่อนที่จะถอดรหัสเพื่อแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อกโดยสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะมีหน่วยเป็นโวลต์ และมี 3 แบบคือ

- 1) สัญญาณ V_{out} ค่าแรงดันจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับสัญญาณอินพุตดังสมการที่ (3.4)

$$V_{out} = \frac{V_{ref} \cdot (V_{IN+} - V_{IN-})}{504mV} + \frac{V_{ref}}{2} \quad (3.4)$$

จากสมการที่ (3.4) พบว่า

- ถ้าสัญญาณทางด้านอินพุตมีค่าบวกแรงดันเอาต์พุตจะมีค่ามากกว่า $\frac{V_{ref}}{2}$
- ถ้าสัญญาณทางด้านอินพุตมีค่าเป็นศูนย์แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับ $\frac{V_{ref}}{2}$
- ถ้าสัญญาณทางด้านอินพุตมีค่าลบแรงดันเอาต์พุตจะมีน้อยกว่า $\frac{V_{ref}}{2}$

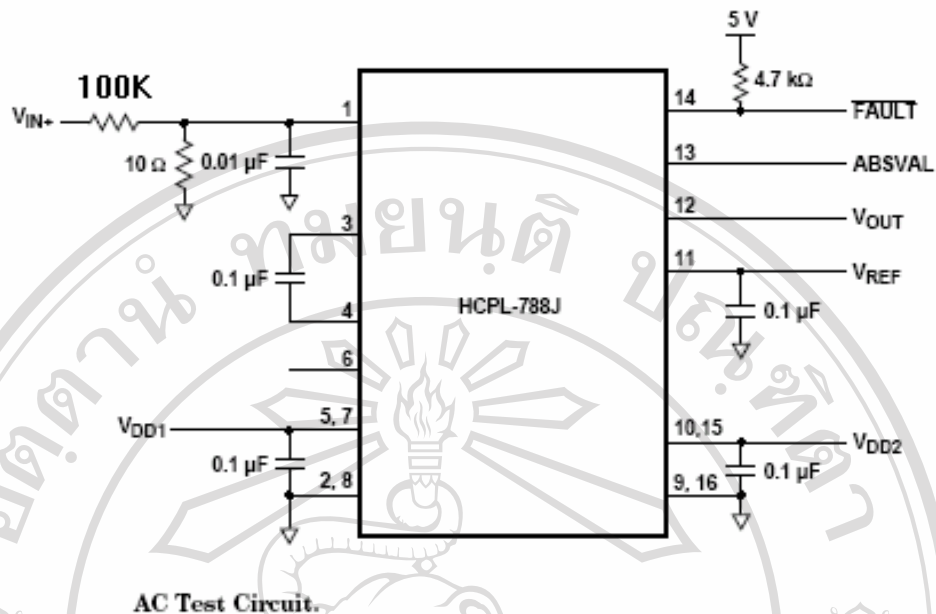
2) สัญญาณ *ABSVAL* จะแสดงค่าสัมบูรณ์ของสัญญาณอินพุต โดยแรงดันเอาต์พุตหาได้ดังนี้

$$ABSVAL = \frac{2 \cdot V_{ref} \cdot (V_{IN+} - V_{IN-})}{504mV} \quad (3.5)$$

จากสมการที่ (3.5) พบว่าเมื่อสัญญาณอินพุตเท่ากับศูนย์ค่าแรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับศูนย์ และแรงดันเอาต์พุตจะค่าเพิ่มขึ้นจนเท่ากับแรงดันอ้างอิง V_{ref} เมื่อแรงดันอินพุตมีค่าเท่ากับ $\pm 256mV$

3) สัญญาณ *FAULT* จะเป็นสัญญาณป้องกันการลัดวงจร โดยจะส่งสัญญาณเมื่อแรงดันอินพุตมีค่ามากกว่า $\pm 256mV$

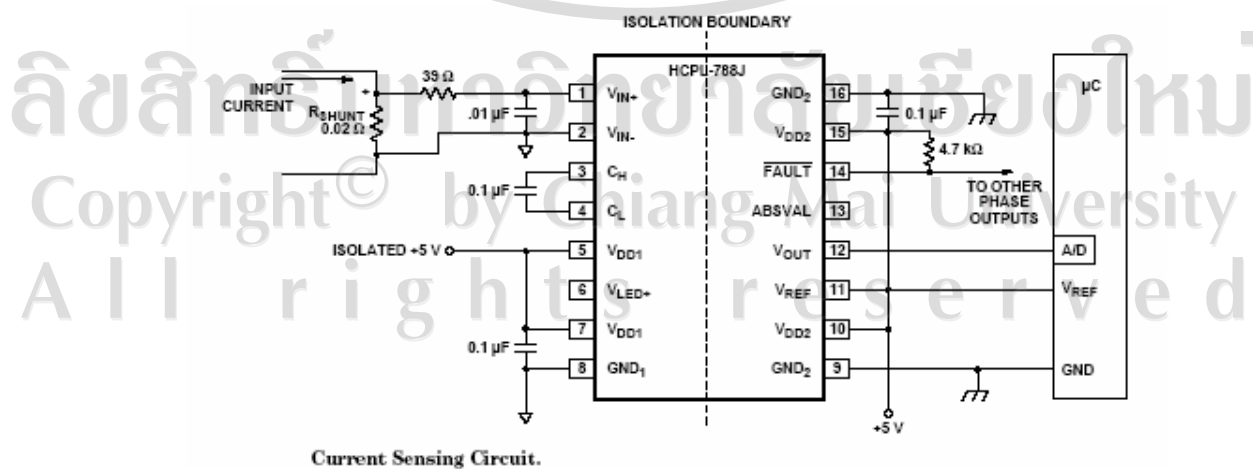
ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ HCPL-788J วัดค่าแรงดันผ่านช่องสัญญาณ V_{out} โดยใช้แรงดันอ้างอิง (V_{ref}) $5V_{DC}$ ดังวงจรในรูปที่ 3.5 ซึ่งสัญญาณอินพุตจะวัดจากแรงดันตกคร่อม R_{shunt} โดยค่าแรงดันอินพุตที่ HCPL-788J อ่านค่าได้ถูกต้องอย่างเป็นเชิงเส้นจะอยู่ในช่วง $\pm 200mV$



รูปที่ 3.5 วงจรใช้งานของ HCPL-788J เพื่อตรวจวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้า

3.6.2 การออกแบบวงจรตรวจวัดสัญญาณกระแส

การออกแบบวงจรตรวจวัดสัญญาณกระแสใช้ IC ขยายชนิดแยกวงจรทางแสงเบอร์ HCPL-788J เหมือนกัน แต่ลักษณะของวงจรด้านแรงดันขาเข้าจะแตกต่างกัน ดังรูปวงจรที่ 3.6 และตัว IC จะมีวงจรป้องกันในกรณีที่เกิดกระแสลัดวงจรในระบบขึ้นมา เพื่อส่งสัญญาณความผิดพลาดให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการหยุดการสร้างสัญญาณขับเคลื่อน



รูปที่ 3.6 วงจรการตรวจวัดกระแสที่ใช้ IC เบอร์ HCPL-788J ในการตรวจวัด

3.7 การออกแบบค่าความเหนี่ยวนำ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ออกแบบตัวเหนี่ยวนำสำหรับวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์โดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- แรงดันเอาต์พุต 540 V
- แรงดันอินพุต 324 V (คำนวณจากแรงดันตกชั่วขณะ 60% 3-phase)
- ความถี่การสวิตช์ 3 kHz
- ค่าตัวต้านทานโหลด 20Ω

1. หาค่า D

จาก
$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{1-D}$$

$$\frac{540}{324} = \frac{1}{1-D}$$

$$1-D = \frac{324}{540} = 0.6$$

$$D = 1 - 0.6 = 0.4$$

2. หาค่าตัวเหนี่ยวนำ

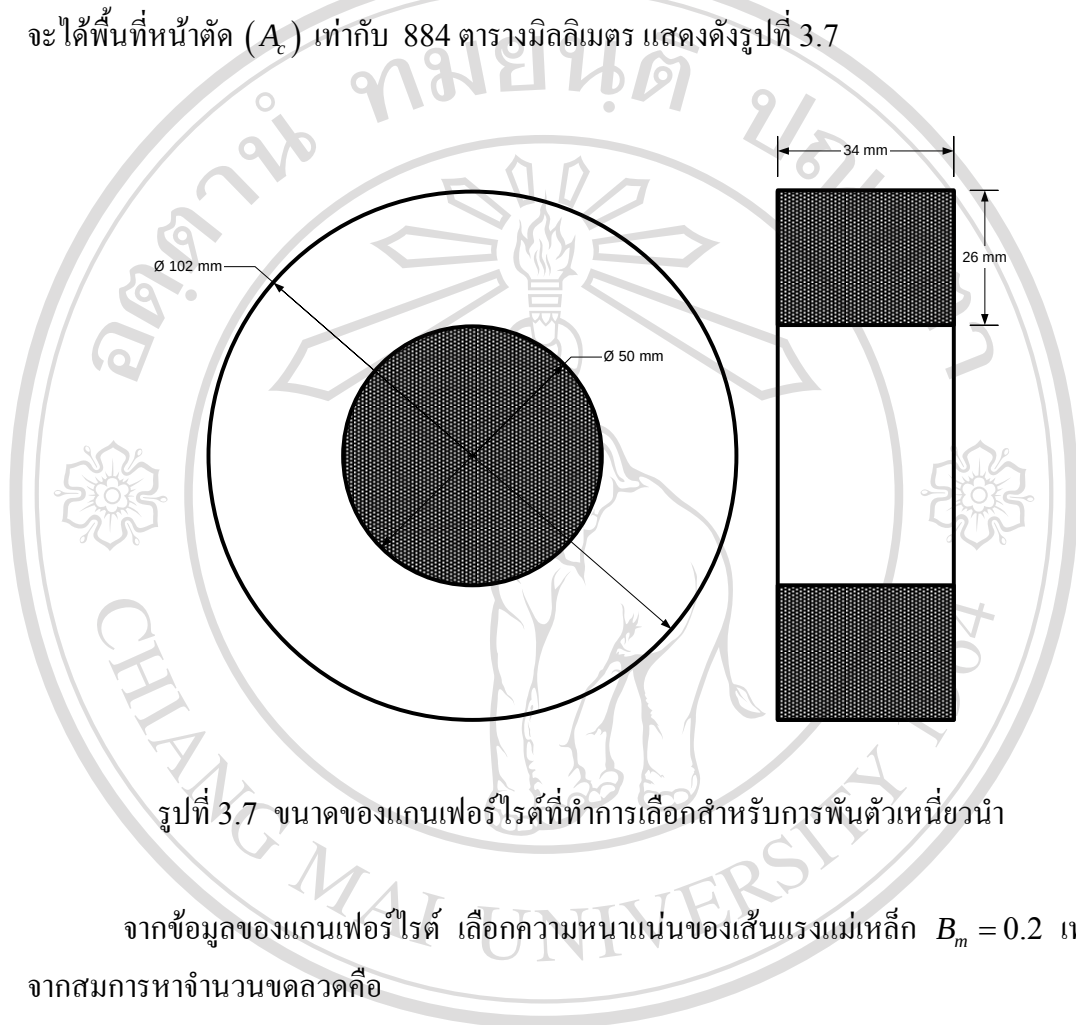
จาก
$$L_{\min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f}$$

$$L_{\min} = \frac{0.4(1-0.4)^2 20}{2 \times 3 \times 10^3}$$

$$L_{\min} = 480 \mu H$$

3. การออกแบบพันตัวเหนี่ยวนำ

3.1 เลือกแกนเฟอร์ไรต์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 102 มิลลิเมตร และ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 50 มิลลิเมตร โดยมีพื้นที่หน้าตัดของแกน คือ 26 มิลลิเมตร × 34 มิลลิเมตร จะได้พื้นที่หน้าตัด (A_c) เท่ากับ 884 ตารางมิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ขนาดของแกนเฟอร์ไรต์ที่ทำการเลือกสำหรับการพันตัวเหนี่ยวนำ

จากข้อมูลของแกนเฟอร์ไรต์ เลือกความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก $B_m = 0.2$ เทสลา

จากสมการหาจำนวนขดลวดคือ

$$N = \frac{LI_m}{A_c B_m} \quad (3.16)$$

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

โดย

N คือ จำนวนรอบของขดลวด

L คือ ค่าตัวเหนี่ยวนำที่ต้องการ

I_m คือ กระแสยอดของวงจร

A_c คือ พื้นที่หน้าตัดของแกนเฟอร์ไรต์

B_m คือ ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก

ดังนั้น

$$N = \frac{480 \times 10^{-6} \times 15}{2.6 \times 10^{-2} \times 3.4 \times 10^{-2} \times 0.2}$$

$$N = 40.723 \text{ รอบ}$$

3.2 เลือกขนาดของลวดทองแดงอาบน้ำยา

จากการคำนวณกำหนดให้กระแสค่าสูงสุด 15 A จึงเลือกลวดทองแดงขนาด AWG 10 มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.3 มิลลิเมตร พื้นที่หน้าตัด 8.55 ตารางมิลลิเมตรซึ่งสามารถทนกระแสได้ 26.66 A

4. การพันตัวเหนี่ยวนำ

จากหัวข้อที่ 1 – 3 นำข้อมูลต่าง ๆ มาทำการสร้างตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งใช้ลวดทองแดงขนาด AWG 10 พันลงบนแกนเฟอร์ไรต์ โดยทำการพันได้เต็มแกนจำนวน 40 รอบ และทำการวัดค่าตัวเหนี่ยวนำได้เท่ากับ 403 μ H แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ตัวเหนี่ยวนำที่ออกแบบสร้าง