

บทที่ 3

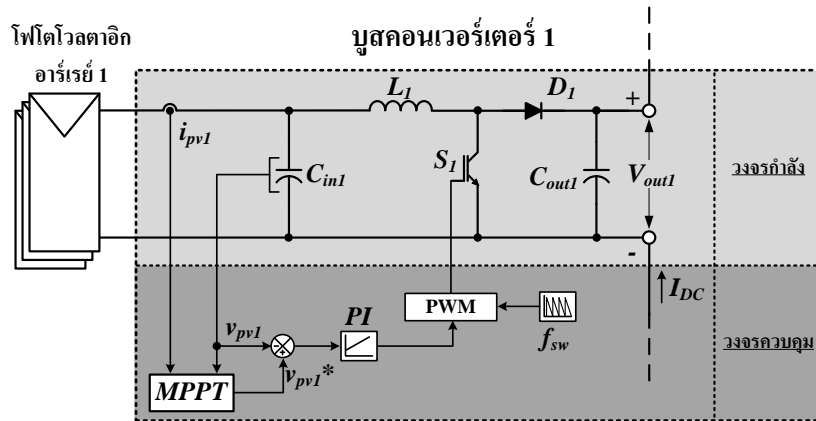
บูสต์คอนเวอร์เตอร์ในโครงสร้างแบบอนุกรมที่มีการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดสำหรับการเชื่อมต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับกริดระบบ

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงบูสต์คอนเวอร์เตอร์ใน โครงสร้างแบบอนุกรมที่มีการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดสำหรับการเชื่อมต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับกริดระบบ ซึ่งบทนี้จะอธิบายถึงหลักการของบูสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ถูกต่อแบบอนุกรม การออกแบบวงจรกำลังของบูสต์คอนเวอร์เตอร์ หลักการควบคุมบูสต์คอนเวอร์เตอร์ในโครงสร้างแบบอนุกรมที่มีการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดด้วยเทคนิคการรบกวนและสังเกต และบล็อกการควบคุม บูสต์คอนเวอร์เตอร์โดยใช้โปรแกรม Matlab/Simulink ในการ โปรแกรมการทำงานให้บอร์ดประมวลผลเชิงดิจิทัล

3.2 บูสต์คอนเวอร์เตอร์ในโครงสร้างแบบอนุกรม

ในงานวิจัยนี้ได้นำทฤษฎีและหลักการของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์มาใช้ เนื่องจากวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์นั้นเป็นวงจรที่สามารถยกระดับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้สูงขึ้นได้ โดยการควบคุมอัตราของช่วงเวลาที่สวิตช์กำลังในวงจร ในภาพที่ 3.1 แสดงวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ที่มีการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุด โดยในส่วนแรกจะขอกล่าวถึงการวิเคราะห์วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

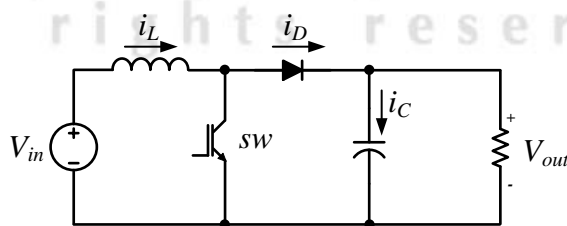


ภาพที่ 3.1 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ที่มีการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุด

3.2.1 การวิเคราะห์ห้วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

วงจรถูกบูสต์คอนเวอร์เตอร์ (Boost converter) เป็นวงจรที่ยกระดับแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตให้มีระดับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่สูงขึ้นได้ โดยการควบคุมอัตราของช่วงเวลาสวิทช์กำลังในวงจรมำกระแส โดยสามารถวิเคราะห์การทำงานของวงจรถูกบูสต์คอนเวอร์เตอร์ได้ 2 สถานะคือ 1.สถานะคงตัว (Steady-State) 2.สถานะชั่วขณะ (Transients) ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำเสนอเฉพาะการวิเคราะห์บูสต์คอนเวอร์เตอร์ในสถานะคงตัว ที่มีการกำหนดเงื่อนไขการทำงานของวงจรมำดังนี้

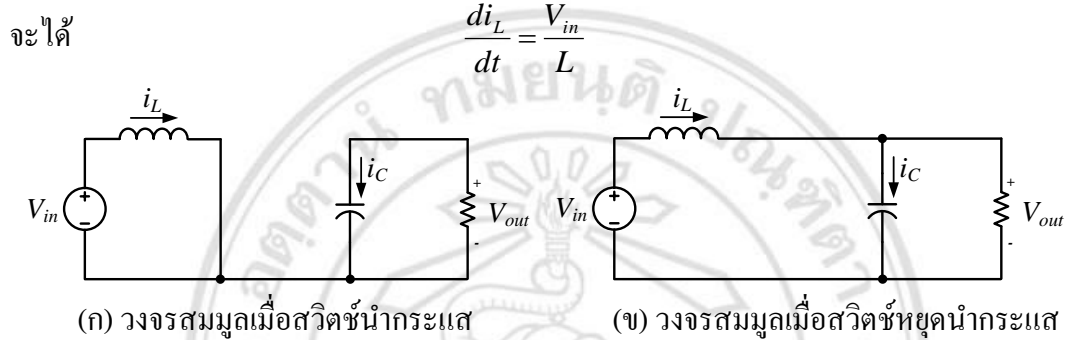
- กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละคาบเวลาจะมีค่าเท่ากัน และมีค่าเป็นบวกเสมอ
- แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์
- ตัวเก็บประจุมีขนาดใหญ่มาก โดยทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตมีค่าคงที่
- พิจารณาที่ประสิทธิภาพของวงจรเท่ากับร้อยละ 100



ภาพที่ 3.2 วงจรถูกบูสต์คอนเวอร์เตอร์

จากภาพที่ 3.2 กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟตรงจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ โดยผ่านสวิตช์ ขณะเดียวกันไดโอดจะถูกไบอัสย้อนกลับทำให้ไม่สามารถนำกระแสได้ดังแสดงในภาพที่ 3.3(ก) จะได้สมการแรงดันไฟฟ้าดังต่อไปนี้

$$v_L = V_{in} = L \frac{di_L}{dt} \quad (3.1)$$



ภาพที่ 3.3 วงจรสมมูลของบูสต์คอนเวอร์เตอร์เมื่อสวิตช์ทำงานนำและหยุดนำกระแส

ขณะที่สวิตช์นำกระแส $dt = DT$ เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสคงที่ อาจจะถือว่าการเพิ่มของกระแสไฟฟ้าเป็นเชิงเส้น ทำให้สามารถคำนวณได้จาก

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT} = \frac{V_{in}}{L} \quad (3.2)$$

$$\Delta i_{L,on} = \frac{V_{in}DT}{L} \quad (3.3)$$

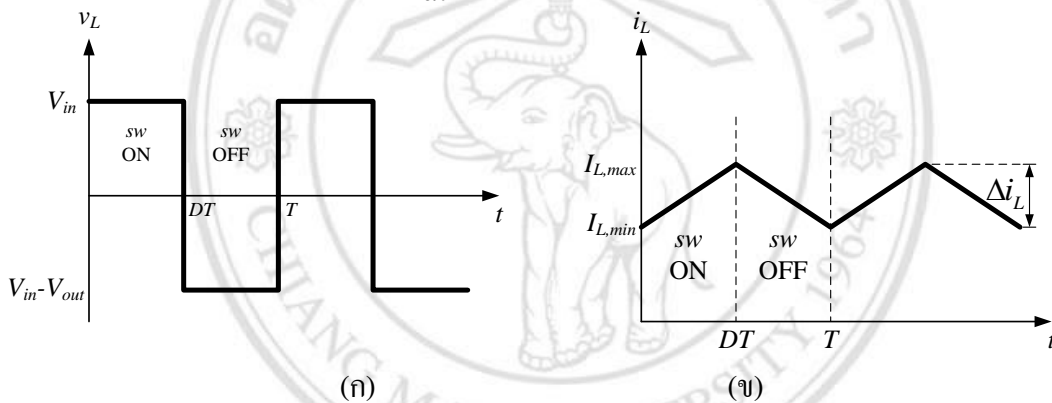
- เมื่อ $\Delta i_{L,on}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำขณะสวิตช์นำกระแส
 D คือ ค่าดิวตี้ไซเคิล
 L คือ ค่าความเหนี่ยวนำ [เฮนรี; H]
 V_{in} คือ แรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตของบูสต์คอนเวอร์เตอร์ [โวลต์; V]
 T คือ คาบเวลาของสวิตช์กำลัง [วินาที; s]

จากภาพที่ 3.2 เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส กระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดไม่ได้ ไดโอดจะถูกไบอัสไปหน้าทำให้นำกระแส ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในภาพที่ 3.3 (ข) สมมติแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตมีค่าคงที่ จะได้สมการแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำดังต่อไปนี้

$$v_L = V_{in} - V_{out} \quad (3.4)$$

$$v_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_{in} - V_{out}}{L} \quad (3.5)$$



ภาพที่ 3.4 (ก) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (ข) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ

ขณะที่สวิตช์นำกระแส $dt = (1-D)T$ เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าคงที่ และถือว่าการลดลงของกระแสไฟฟ้าเป็นเชิงเส้นดังแสดงในภาพที่ 3.4 (ข) ทำให้สามารถคำนวณได้จาก

$$\Delta i_{L,off} = \left(\frac{V_{in} - V_{out}}{L} \right) (1-D)T \quad (3.6)$$

ที่สภาวะคงตัว อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับศูนย์ จากสมการที่ (3.3) และ (3.6) จะได้ว่า

$$\Delta i_{L,on} + \Delta i_{L,off} = 0 \quad (3.7)$$

$$\left(\frac{V_{in}}{L}\right)DT + \frac{(V_{in} - V_{out})(1-D)T}{L} = 0 \quad (3.8)$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1-D} \quad (3.9)$$

เมื่อ $\Delta i_{L,off}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำขณะสวิตช์หยุดนำกระแส
 V_{out} คือ แรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตของบัสต์คอนเวอร์เตอร์ [โวลต์; V]

สมการที่ (3.9) คือสมการอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าอินพุตต่อแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต ซึ่งจะเห็นว่าสามารถทำการขยายระดับแรงดันไฟฟ้าอินพุตเป็นแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตได้จากการเปลี่ยนค่าดิวตี้ไซเคิลเพียงตัวแปรเดียว ทำให้ง่ายต่อการสร้างสัญญาณควบคุมวงจรให้ทำงานยกระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตให้สูงขึ้นได้ แต่ก็ยังมีข้อสังเกตที่ว่าเมื่อนำมาใช้งานจริงการปรับค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 1 ในทางอุดมคติ จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตเท่ากับอินพุต แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้ เนื่องจากหากพิจารณาจากภาพที่ 3.2(ก) หากสั่งให้สวิตช์ทำงานนำกระแสเป็นเวลานาน วงจรดังกล่าวก็จะเหมือนกับการลัดวงจร ซึ่งหากแหล่งจ่ายด้านอินพุตเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงคงที่ อาจจะทำให้สวิตช์ได้รับความเสียหายได้ และหากให้ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0 ตามสมการที่ (3.9) ในทางอุดมคติ จะได้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตเท่ากับแรงดันไฟฟ้าอินพุต แต่ในทางปฏิบัติอาจเกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำได้อันเนื่องมาจากค่าความต้านทานแฝงในตัวเหนี่ยวนำ และตกคร่อมที่ไดโอดกำลัง

3.2.2 บัสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ถูกต่อแบบอนุกรม

จากทฤษฎีและหลักการของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ที่กล่าวมาในข้างต้น ในงานวิจัยนี้ได้เลือกเอาโครงสร้างบัสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ถูกต่อแบบอนุกรม ด้านเอาต์พุตของบัสต์คอนเวอร์เตอร์จะนำมาต่ออนุกรมเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตให้สูงขึ้นดังแสดงในภาพที่ 3.5 เพื่อให้เพียงพอสำหรับจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับบัสเชื่อมโยงไฟตรงของอินเวอร์เตอร์กริดระบบ อีกทั้งวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์นั้นสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตให้ไปตามค่าแรงดันอ้างอิงในการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้อีกด้วย และยังเป็นวงจรที่สามารถยกระดับแรงดันไฟฟ้าของแผง-

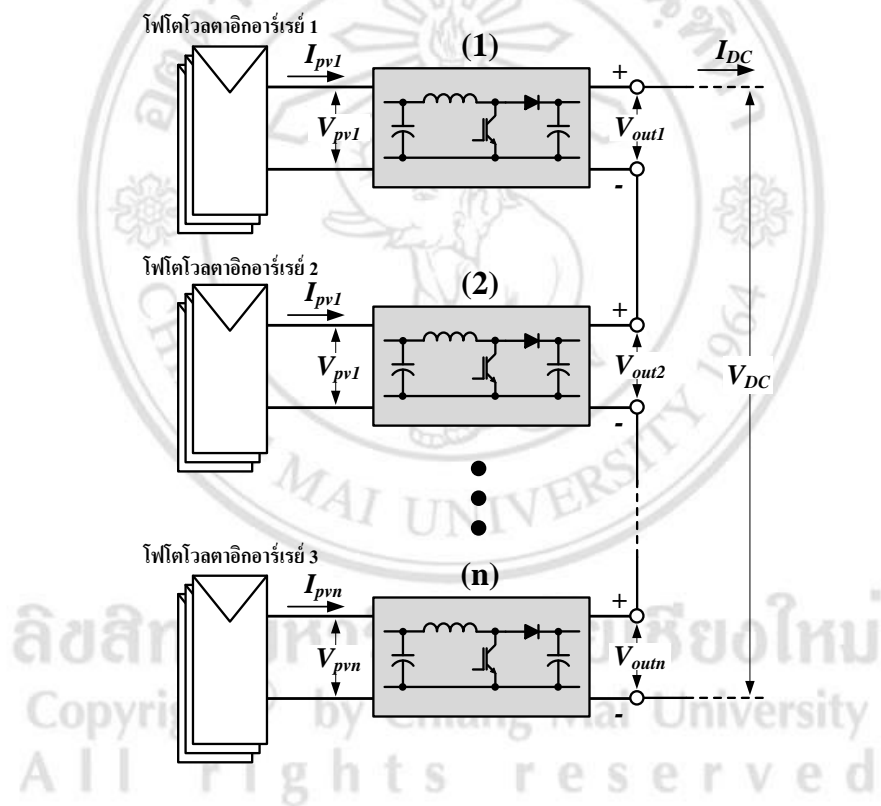
เซลล์แสงอาทิตย์ให้สูงขึ้น โดยอาศัยการควบคุมอัตราของช่วงเวลาที่สวิตช์กำลังนำกระแส สามารถ ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าทั้ง 2 ด้านของบัสต์คอนเวอร์เตอร์แต่ละตัวได้ดังนี้

$$\frac{V_{outi}}{V_{pvi}} = \frac{1}{1-D_i} \quad (3.10)$$

เมื่อ V_{outi} คือ แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของบัสต์คอนเวอร์เตอร์แต่ละ [โวลต์; V]

V_{pvi} คือ แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละอาร์เรย์ [โวลต์; V]

D_i คือ ค่าคิวตี้ไซเคิลแต่ละตัว



ภาพที่ 3.5 บัสต์คอนเวอร์เตอร์ในโครงสร้างแบบอนุกรม

จากภาพที่ 3.5 ด้านอินพุตของบัสต์คอนเวอร์เตอร์แต่ละตัว ต่อเข้ากับเซลล์แสงอาทิตย์ แยกอิสระกัน ส่วนด้านเอาต์พุตของบัสต์คอนเวอร์เตอร์ต่ออนุกรมกันเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้ สูงขึ้น จากโครงสร้างดังกล่าวสามารถวิเคราะห์การทำงานของระบบได้ดังสมการต่อไปนี้

$$V_{DC} = \sum_{i=1,2,\dots,n} V_{outi} = \sum_{i=1,2,\dots,n} \frac{V_{pvi}}{1-D_i} \quad (3.11)$$

จากสมการที่ (3.11) สามารถเขียนสมการกำลังไฟฟ้าเชื่อมโยงไฟตรงได้ดังนี้

$$P_{DC} = I_{DC} \cdot V_{DC} = \sum_{i=1,2,\dots,n} V_{outi} \cdot I_{DC} = \sum_{i=1,2,\dots,n} \eta_i \cdot V_{pvi} \cdot I_{pvi} \quad (3.12)$$

จากสมการที่ (3.11) พบว่าสามารถเพิ่มค่าของแรงดันเชื่อมโยงไฟตรง (V_{DC}) โดยการเพิ่มจำนวนบัสต์คอนเวอร์เตอร์ (n) และยังสามารถเพิ่มแรงดันเอาต์พุตของบัสต์คอนเวอร์เตอร์ (V_{outi}) โดยการควบคุมค่าดิวตี้ไซเคิลแต่ละตัว (D_i) ของแต่ละตัวได้ จากภาพที่ 3.5 จะเห็นว่าบัสต์คอนเวอร์เตอร์แต่ละตัวยังสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละอาร์เรย์ (V_{pvi}) แยกอิสระจากกันได้ จึงทำให้สามารถควบคุมให้ติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดในแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละอาร์เรย์ได้

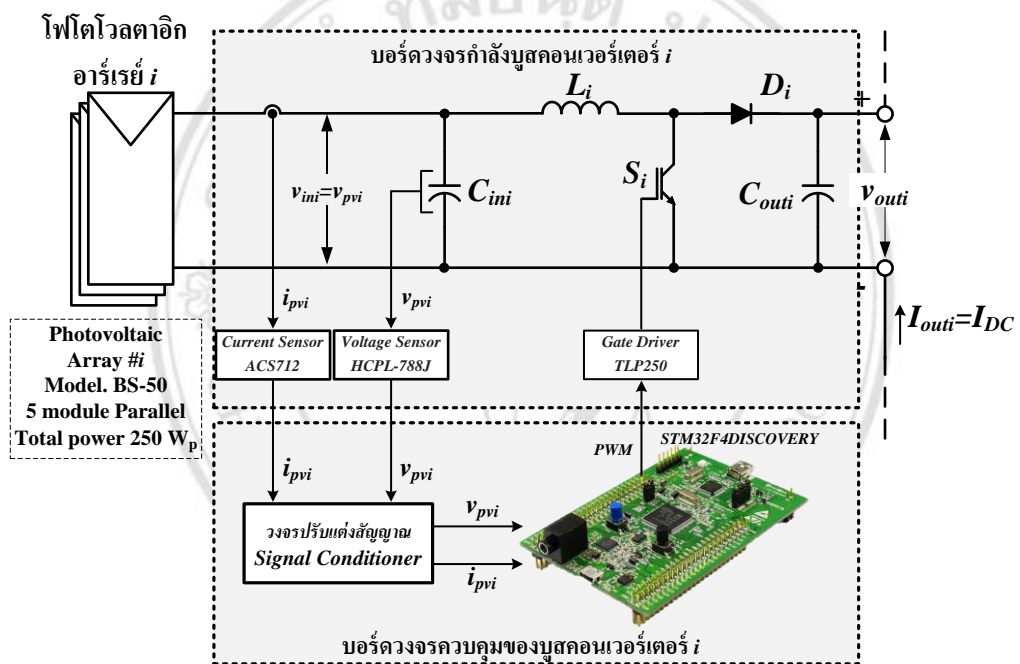
เนื่องจากการออกแบบสร้างบัสต์คอนเวอร์เตอร์แต่ละตัวนั้น จะต้องใช้เงื่อนไขเดียวกันในการออกแบบเช่น ค่าแรงดันไฟฟ้าอินพุต แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต ความถี่สวิตช์ และค่าพิกัดกำลังของคอนเวอร์เตอร์เป็นต้น รวมทั้งต้องใช้อุปกรณ์ที่เหมือนในการสร้าง และวงจรควบคุมที่เหมือนกัน ดังนั้นจึงพิจารณาให้ค่าประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์แต่ละตัว (η_i) มีค่าเท่ากันคือ $\eta_T = \eta_1 = \eta_2 \dots = \eta_i$ ดังนั้นสามารถเขียนสมการหาประสิทธิภาพรวมของบัสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ต่ออนุกรมกันทั้งหมดได้ดังนี้

$$\eta_T = \frac{\sum_{i=1,2,\dots,n} V_{pvi} \cdot I_{pvi}}{P_{DC}} \quad (3.13)$$

- เมื่อ P_{DC} คือ กำลังไฟฟ้าเชื่อมโยงไฟตรง [วัตต์; W]
 V_{DC} คือ แรงดันเชื่อมโยงไฟตรง [โวลต์; V]
 I_{DC} คือ กระแสไฟฟ้าเชื่อมโยงไฟตรง [โวลต์; V]
 V_{outi} คือ แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของบัสต์คอนเวอร์เตอร์แต่ละตัว [โวลต์; V]
 V_{pvi} คือ แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละอาร์เรย์ [โวลต์; V]
 I_{pvi} คือ กระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละอาร์เรย์ [โวลต์; V]
 η_i คือ ประสิทธิภาพของบัสต์คอนเวอร์เตอร์โมดูลแต่ละตัว

3.3 การออกแบบวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์

ในหัวข้อนี้จะเสนอการออกแบบวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์แต่ละตัว โดยจะอธิบายรายละเอียดการออกแบบในส่วนต่างๆ ดังนี้ การออกแบบวงจรถูกำลังของบัสต์คอนเวอร์เตอร์ การออกแบบวงจรขั้วนำสวิตช์ของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์แต่ละตัว และการออกแบบวงจรควบคุมที่ประกอบด้วย การวงจรตรวจจับแรงดัน วงจรตรวจจับกระแส และตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล ดังแสดงภาพรวมในส่วนการออกแบบดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 วงจรการออกแบบบัสต์คอนเวอร์เตอร์แต่ละตัว

3.3.1 การออกแบบวงจรถูกำลังบัสต์คอนเวอร์เตอร์

จากหลักการของบัสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ถูกต่อแบบอนุกรมในหัวข้อที่ผ่านมา งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบสร้างขึ้นมาในระดับห้องปฏิบัติการ โดยนำมาต่ออนุกรมกันจำนวน 3 ชุด โดยมีเงื่อนไขในการออกแบบบัสต์คอนเวอร์เตอร์แต่ละตัวดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยงานวิจัยนี้ได้นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิกอน ของบริษัท บางกอกโซลาร์ จำกัด รุ่น BS-50 ขนาด 50 วัตต์ต่อแผง ต่อขนานกันจำนวน 5 แผง กำลังไฟฟ้ารวมต่อ 1 อาร์เรย์เท่ากับ 250 วัตต์ ซึ่งแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุต (V_{in}) อ้างอิงมาจากค่าแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จุด

กำลังไฟฟ้าสูงสุด (V_{MPP}) ณ ภาวะมาตรฐานการทดสอบ (Standard test conditions; STC) แรงดันไฟฟ้าด้านอินพุต (V_{out}) หาได้จากค่าแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงของอินเวอร์เตอร์หารสาม (420 โวลต์/3 ชุด = 140 โวลต์) และกำหนดให้ทำงานในโหมดกระแสที่ตัวเหนี่ยวนำไหลแบบต่อเนื่อง โดยกำหนดอัตราระลอกคลื่นของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเท่ากับ 0.4

จากเงื่อนไขการออกแบบบυσต์คอนเวอร์เตอร์ ในตารางที่ 3.1 สามารถคำนวณหาค่าตัวเหนี่ยวนำในวงจรบυσต์คอนเวอร์เตอร์ โดยให้ทำงานในโหมดกระแสไหลแบบต่อเนื่อง ในงานวิจัยนี้จะหาค่าตัวเหนี่ยวนำโดยใช้สมการดังนี้

$$L_i = \frac{V_{outi} - V_{SW,ON} + V_F}{I_{out} \cdot r \cdot f_{SW}} \cdot D_i \cdot (1 - D_i)^2 \quad (3.14)$$

$$= \frac{140 - 1.5 + 1.2}{2.14 \times 0.4 \times 31250} \times 0.51 \times (1 - 0.51)^2 \times 10^6$$

$$= 628.5 \mu\text{H}$$

ตารางที่ 3.1 เงื่อนไขการออกแบบบυσต์คอนเวอร์เตอร์แต่ละตัว

รายละเอียด	ขนาด
แรงดันไฟฟ้าด้านอินพุต; V_{ini}	70V
แรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุต; V_{outi}	140V
แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์กำลังขณะนำกระแส; $V_{SW,ON}$	1.5V
แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมไดโอดขณะนำกระแส; V_F	1.2V
กำลังไฟฟ้าของบυσต์คอนเวอร์เตอร์; P_i	300W
ความถี่สวิตช์กำลัง; f_{SW}	31.25kHz
กระแสไฟฟ้าด้านเอาต์พุต; I_{out}	2.14A
อัตราระลอกคลื่นของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ; r	0.4
ค่าดีวตี้ไซเคิลที่สถานะคงตัวตามเงื่อนไข; D_i	0.51

และสามารถหาค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ($I_{L,peak}$) สวิตช์กำลัง และไดโอด ได้ดังนี้

$$I_{L,peak} = \frac{I_{out}}{1 - D_i} \cdot \left[1 + \frac{r}{2} \right] \quad (3.15)$$

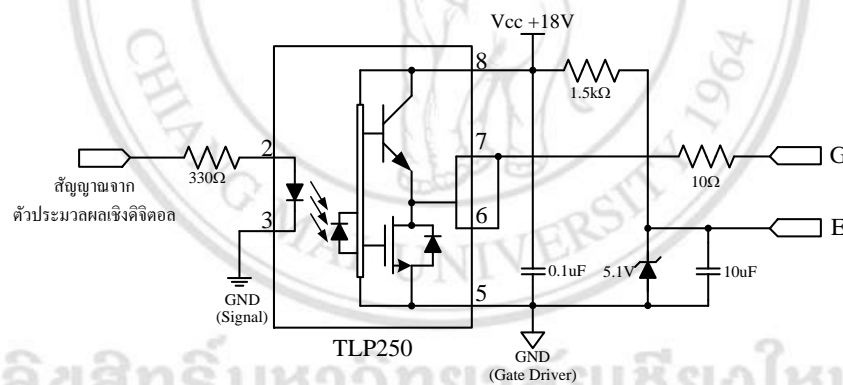
$$= \frac{2.14}{1 - 0.51} \times \left[1 + \frac{0.4}{2} \right]$$

$$= 5.24\text{A}$$

จากสมการที่ (3.15) สามารถหาค่าค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ($I_{L,peak}$) สวิตช์กำลัง และไดโอด โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ สวิตช์ไอจีบีที (IGBT) เบอร์ HG730N60C3D ซึ่งมีค่าพิกัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขาคอลเล็กเตอร์กับอิมิตเตอร์ (V_{CE}) เท่ากับ 600 โวลต์ และ พิกัดกระแสที่ไหลต่อเนื่องผ่านขาคอลเล็กเตอร์ (I_C) เท่ากับ 63 แอมป์ และเลือกใช้ ไดโอดชนิดฟื้นตัวเร็ว (Fast recovery diode) เบอร์ MUR1560 ที่มีพิกัดแรงดันย้อนกลับสูงสุด (V_{RRM}) เท่ากับ 600 โวลต์ และพิกัดกระแสเฉลี่ยไปหน้า (I_{FAV}) เท่ากับ 15 แอมป์

3.3.2 การออกแบบวงจรขับนำสวิตช์ของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์แต่ละตัว

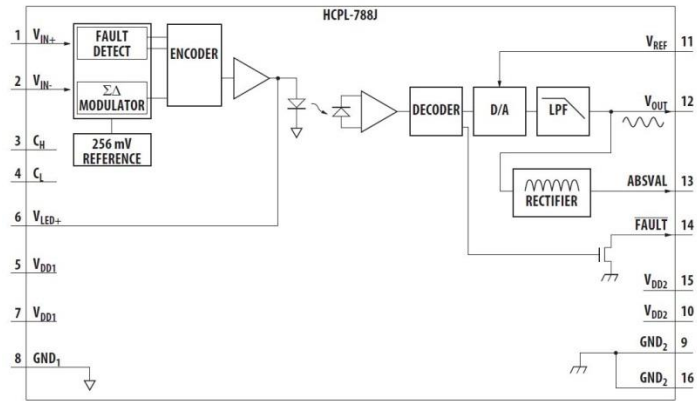
การควบคุมการทำงานของไอจีบีที จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่มีการแยกโคจรทางไฟฟ้า ระหว่างขาเกตและขาอิมิตเตอร์ กับสัญญาณควบคุมที่สร้างขึ้นจากตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล ในการแยกกันของสัญญาณนี้ก็เพื่อต้องการแยกกราวด์ของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์แต่ละตัวออกจากกราวด์ที่แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงของวงจรควบคุม จึงเลือกใช้ไอซีออปโตไดโอด (Opto) เบอร์ TLP250 วงจรขับนำสวิตช์ไอจีบีทีที่แสดงดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 วงจรขับนำสวิตช์ไอจีบีทีของบูสต์คอนเวอร์เตอร์แต่ละตัว

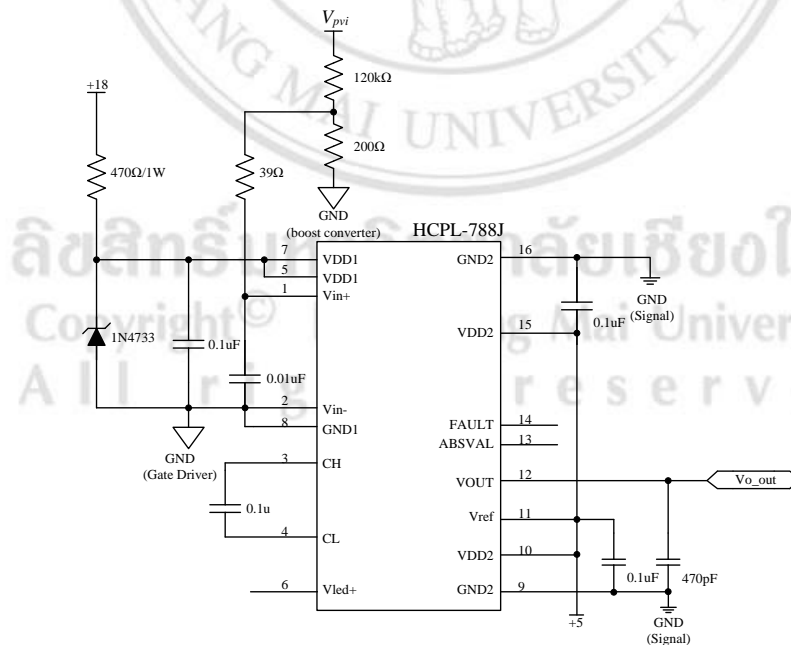
3.3.3 การออกแบบวงจรตรวจจับแรงดัน

วงจรตรวจวัดแรงดัน ใช้ไอซีเบอร์ HCPL-788J เป็นตัววัดสัญญาณอนาล็อกที่แยกการเชื่อมโยงทางไฟฟ้าของสัญญาณอินพุตที่ตรวจจับมาจากวงจรกำลังกับสัญญาณด้านเอาต์พุต โดยมีโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 โครงสร้างภายในของไอซีเบอร์ HCPL-788J

โดยมีหลักการคือ เมื่อได้รับสัญญาณอนาล็อก สัญญาณจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลแบบซิกมาเดลต้า ($\Sigma-\Delta$) อัตราสุ่มตัวอย่างเท่ากับ 6 ล้านครั้งต่อวินาที และส่งสัญญาณที่แปลงได้ผ่านตัวเข้ารหัสสัญญาณเพื่อส่งสัญญาณอินพุตผ่านไดโอดเปล่งแสง (LED) ก่อนที่จะถอดรหัสสัญญาณเพื่อแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก โดยสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะมีหน่วยเป็นโวลต์

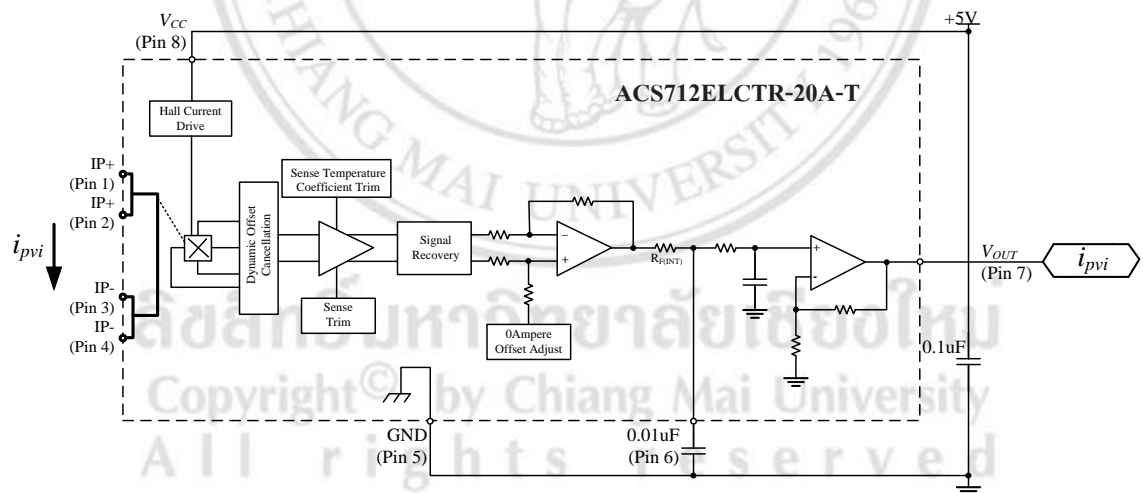


ภาพที่ 3.9 วงจรตรวจจับแรงดันโดยใช้ไอซี HCPL-788J

โดยงานวิจัยนี้ใช้ HCPL-788J วัดค่าแรงดันด้านอินพุตของบัสต์คอนเวอร์เตอร์ดังแสดงในภาพที่ 3.8 ซึ่งถือว่าเป็นค่าเดียวกับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ใช้แรงดันอ้างอิงในการแปลงสัญญาณ (V_{ref}) ขนาด 5 โวลต์ โดยค่าแรงดันอินพุตที่ HCPL-788J อ่านได้อย่างถูกต้องอย่างเป็นเชิงเส้นจะต้องอยู่ในช่วง ± 200 มิลลิโวลต์ ส่วนแรงดันด้านเอาต์พุตของ HCPL-788J มีค่าอยู่ในช่วง 0 โวลต์ ถึง 5 โวลต์ และมีค่าออฟเซตเท่ากับ 2.5 โวลต์ (ที่ $V_{in} = 0V, V_{out} = 2.5V$) จึงต้องเข้าวงจรปรับแต่งสัญญาณเพื่อลดค่าออฟเซตให้เป็น 0 โวลต์ก่อนเข้าตัวประมวลผลสัญญาณ

3.3.4 การออกแบบวงจรตรวจจับกระแส

จากภาพที่ 3.10 เป็นวงจรตรวจจับกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นไอซีสำเร็จรูปที่สามารถวัดค่ากระแสโดยตรงจากวงจรกำลัง ซึ่งทำการวัดค่ากระแสโดยใช้หลักการฮอลล์เอฟเฟกต์เซ็นเซอร์ โดยไอซีเบอร์นี้ใช้ไฟเลี้ยง 5 โวลต์ โดยทำการแปลงค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวนำไฟฟ้าภายในไอซีเป็นค่าแรงดันที่มีค่าอยู่ในช่วง 0 โวลต์ ถึง 5 โวลต์ และมีค่าออฟเซตเท่ากับ 2.5 โวลต์ (ที่ $V_{in} = 0V, V_{out} = 2.5V$) จึงต้องเข้าวงจรปรับแต่งสัญญาณเพื่อลดค่าออฟเซตให้เป็น 0 โวลต์ก่อนเข้าตัวประมวลผลสัญญาณ



ภาพที่ 3.10 วงจรตรวจจับกระแสโดยใช้ไอซี ACS712ELCTR-20A-T

3.3.5 ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล

สำหรับการควบคุมการทำงานของวงจรมุสค์คอนเวอร์เตอร์ที่ถูกต่อแบบอนุกรมแต่ละตัว จะอาศัยบอร์ดตัวประมวลผลสัญญาณเชิงดิจิทัลรุ่น STM32F4DISCOVERY ของบริษัท STMicroelectronics เป็นตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล ขนาด 32 บิต ซึ่งจะทำหน้าที่ดังต่อไปนี้

1) ทำการแปลงค่าสัญญาณอนาล็อกจากวงจรปรับแต่งสัญญาณ (Signal conditioning circuit) ที่อยู่ในช่วง 0 โวลต์ ถึง 3.3 โวลต์ โดยมีความละเอียดในการแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล ขนาด 16 บิต ซึ่งทำหน้าที่แปลงค่าแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละอาเรย์ (v_{pvi}) และค่ากระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (i_{pvi}) เป็นปริมาณดิจิทัล

2) ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณดิจิทัล โดยบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิทัลนี้สามารถโปรแกรมการทำงานผ่านทางโปรแกรม Matlab/Simulink ซึ่งทำให้ง่ายต่อการใช้งานและการพัฒนาโปรแกรมควบคุมมุสค์คอนเวอร์เตอร์ โดยทำหน้าที่ประมวลผลเพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดด้วยวิธีการรบกวนและสังเกตที่นำเสนอไว้ในบทที่ 2 และทำการประมวลผลเพื่อควบคุมแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีค่าเท่ากับค่าแรงดันอ้างอิงจากส่วนประมวลผลการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอ

3) ทำหน้าที่แปลงค่าจากตัวควบคุมพีไอภายในโปรแกรมเป็นสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม แล้วส่งเข้าสู่วงจรขับนำสวิตช์เพื่อควบคุมสวิตช์กำลังในวงจรมุสค์คอนเวอร์เตอร์ต่อไป

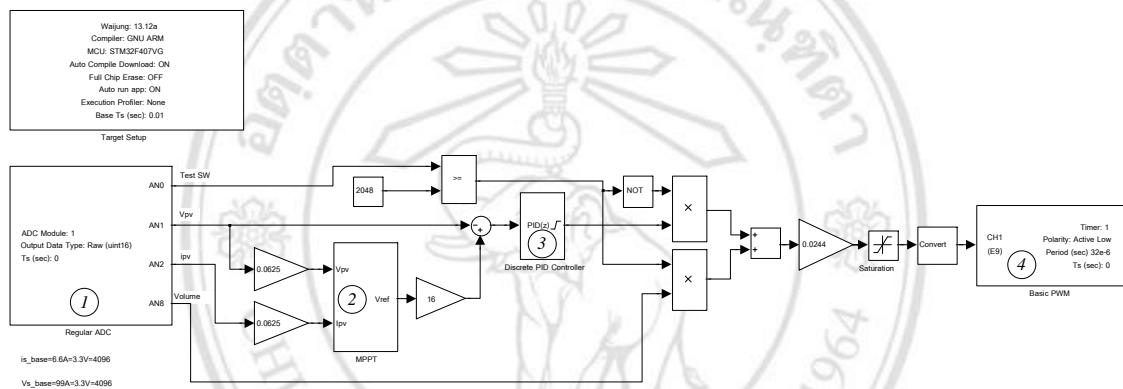
โดยสามารถโปรแกรมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตยูเอสบี (Universal Serial Bus; USB) ในงานวิจัยนี้ได้ใช้บอร์ด STM32F4DISCOVERY ในการควบคุมมุสค์คอนเวอร์เตอร์จำนวน 3 ตัว ซึ่งทำงานอิสระจากกัน

3.4 การออกแบบตัวควบคุมมุสค์คอนเวอร์เตอร์ในโครงสร้างแบบอนุกรมที่มีการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุด

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการควบคุมมุสค์คอนเวอร์เตอร์ในโครงสร้างแบบอนุกรมที่มีการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุด โดยในส่วนแรกจะกล่าวถึงการออกแบบตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพีไอในมุสค์คอนเวอร์เตอร์แต่ละตัว ส่วนที่สองจะกล่าวถึงการออกแบบเทคนิคการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดแบบรบกวนและสังเกตในบอร์ดประมวลผลเชิงดิจิทัลด้วยโปรแกรม Matlab/Simulink

3.4.1 การออกแบบตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยบัสต์คอนเวอร์เตอร์

จากหัวข้อที่ผ่านมาได้กล่าวถึงการออกแบบบัสต์คอนเวอร์เตอร์ซึ่งส่วนสำคัญที่จะทำให้ระบบที่นำเสนอสามารถทำงานได้ คือ ตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าของบัสต์คอนเวอร์เตอร์ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอสำหรับควบคุมแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งต่ออยู่ทางด้านอินพุตของบัสต์คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งเป็นตัวจำกัดค่าความผิดพลาดของแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ป้อนมาจากบล็อกควบคุมการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุด (MPPT Block) เพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยการทำงานของวงจรควบคุมแสดงดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 บล็อกโคะแกรมของระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในบัสต์คอนเวอร์เตอร์แต่ละตัว

หมายเลข 1 คือ บล็อกสำเร็จรูปของบอร์ด STM32F4DISCOVERY ในการกำหนดค่าตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลจากภาพที่ 3.11 จะทำการรับค่าอนาล็อกจากวงจรปรับแต่งสัญญาณทั้งหมดจำนวน 4 ช่อง ประกอบไปด้วย 1)สัญญาณตรวจสอบสวิตช์ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกของการกดสวิตช์สำหรับเปลี่ยนโหมดการทำงานจากโหมดติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุด (MPPT Mode)เป็นโหมดการควบคุมแบบลูปเปิด(Open Loop Control Mode) สำหรับไว้ทดสอบการตรวจติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุด 2)สัญญาณแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3)สัญญาณกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4)สัญญาณอนาล็อกจากภายนอกสำหรับควบคุมค่าตัวดีไอซีเคิลในกรณีที่มีการกดสวิตช์เปลี่ยนโหมดการทำงานเป็นโหมดการควบคุมแบบลูปเปิด

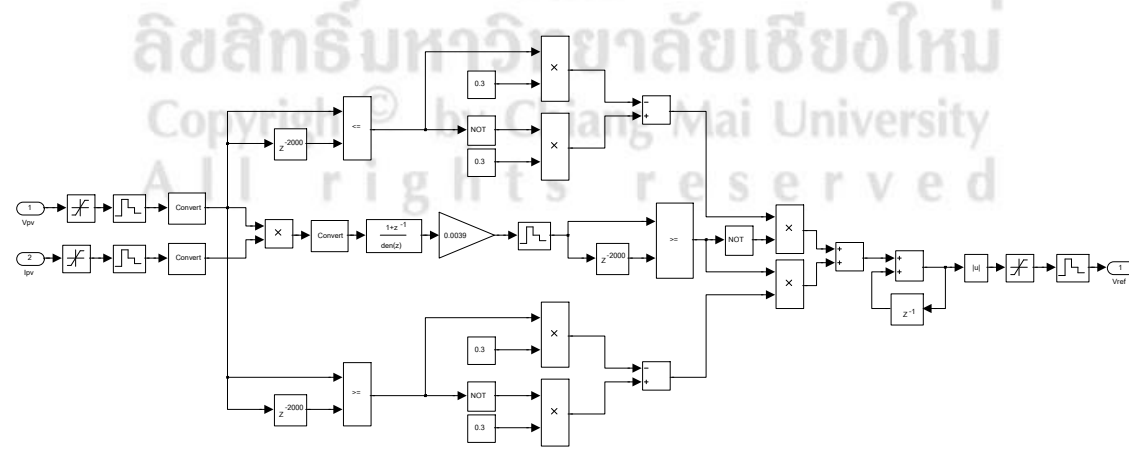
หมายเลข 2 คือ บล็อกการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งรับสัญญาณดิจิทัลที่ถูกแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล 16 บิต โดยรับสัญญาณแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาประมวลผลหาค่าแรงดันอ้างอิง ณ จุดจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ณ เวลานั้น

หมายเลข 3 คือ บล็อกตัวควบคุมแบบพีไอ ซึ่งมีหน้าที่กำจัดสัญญาณค่าความผิดพลาดของแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ป้อนมาจากบล็อกควบคุมการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุด (MPPT Block)

หมายเลข 4 คือ บล็อกสร้างสัญญาณสำเร็จรูปของบอร์ด STM32F4DISCOVERY สำหรับสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม เพื่อใช้สำหรับขับนำสวิทช์กำลังในวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ โดยรับค่ามาจากบล็อกตัวควบคุมแบบพีไอ โดยในบล็อกนี้ได้กำหนดความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 31.25 kHz

3.4.2 เทคนิคการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดแบบการรบกวนและสังเกตสำหรับบัสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ถูกต่อแบบอนุกรม

จากบทที่ 2 ได้อธิบายถึงเทคนิคการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดไว้สองเทคนิค คือ เทคนิคการรบกวนและสังเกตและเทคนิคการเพิ่มค่าความนำ โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกเทคนิคการรบกวนและสังเกตมาใช้งานบนพื้นฐานของตัวควบคุมแบบพีไอ ซึ่งมีหน้าที่ติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่ออยู่กับบัสต์คอนเวอร์เตอร์ตัวนั้น ๆ โดยมีลำดับขั้นตอนการทำงานดังแสดงในภาพที่ 2.7 จากหลักการดังกล่าวได้นำไปสร้างเป็นบล็อกในโปรแกรม Matlab/Simulink ดังแสดงในภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 บล็อกไดอะแกรมเทคนิคการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดแบบการรบกวนและสังเกตด้วยโปรแกรม Matlab/Simulink

จากภาพที่ 3.12 แสดงบล็อกไดอะแกรมเทคนิคการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดแบบการ
รบกวนและสังเกตด้วยโปรแกรม Matlab/Simulink ซึ่งอยู่ภายในบล็อกหมายเลข 2 ในภาพที่ 3.10
จากด้านซ้ายมือ คือ จุดรับค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากนั้นสัญญาณทั้ง
สองจะถูกปรับแต่งก่อนที่จะคูณกันเป็นค่ากำลังไฟฟ้า โดยข้อมูลของแรงดันของแผงเซลล์-
แสงอาทิตย์จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าก่อนหน้าว่ามากหรือน้อยกว่ากัน ส่วนข้อมูลของกำลังไฟฟ้า
ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าก่อนหน้าว่ามากหรือน้อยกว่ากัน หาก
เงื่อนไขถูกต้องตามบล็อกเปรียบเทียบข้อมูลจะมีค่าเป็นหนึ่ง แล้วจะถูกคูณกับค่าสเก็ปปิงการ
เปลี่ยนแปลงแรงดันอ้างอิงที่เท่ากับ 0.3 หลังจากนั้นก็จะเข้าสู่บล็อกการบวกและการลบเพื่อกำหนด
ทิศทางของการเปลี่ยนแปลงแรงดันอ้างอิง จากนั้นจะถูกคูณกับค่าหนึ่งหรือศูนย์ที่ได้มาจากการ
เปรียบเทียบข้อมูลกำลังไฟฟ้า เพื่อกำหนดว่าจะใช้ค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันอ้างอิงจากเงื่อนไขใด
ในการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันอ้างอิงก่อนหน้านี้ จากนั้นค่าจะถูกส่งไปเปรียบเทียบกับค่าแรงดันของ
แผงเซลล์แสงอาทิตย์แล้วเข้าสู่บล็อกตัวควบคุมพีไอต่อไป

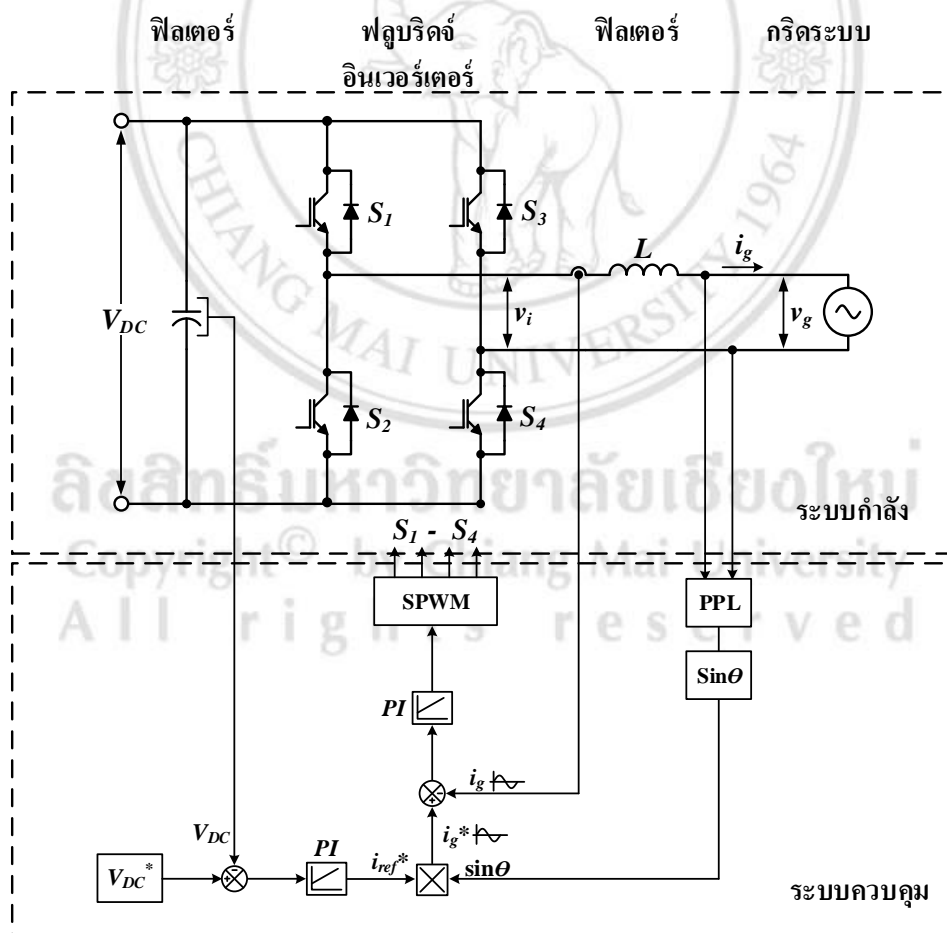
3.5 อินเวอร์เตอร์กิริระบบเฟสเดียวชนิดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง อินเวอร์เตอร์กิริระบบเฟสเดียวชนิดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่
นำมาใช้ในงานวิจัย โดยจะกล่าวถึงการหลักการควบคุมอินเวอร์เตอร์กิริระบบ และการสร้าง
อินเวอร์เตอร์กิริระบบที่น่าเสนอ

3.5.1 การควบคุมอินเวอร์เตอร์กิริระบบ

จากหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์กิริระบบที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 ข้างต้น
พบว่าหน้าที่หลักของอินเวอร์เตอร์แบบกิริระบบ คือรักษาระดับแรงดันที่บัสเชื่อมโยงไฟตรงให้
คงที่ และควบคุม และจัดการกำลังไฟฟ้าส่งกิริระบบ โดยการควบคุมกระแส สำหรับระบบที่
นำเสนอจะจ่ายเฉพาะกำลังไฟฟ้าเท่านั้น ดังนั้นกระแสและแรงดันส่งกิริระบบจะต้องมีเฟสตรงกัน
ข้ามกัน หรือกระแสทำมุมต่างเฟสกับแรงดันของกิริระบบ 180° ซึ่งเป็นหน้าที่ของระบบควบคุม
อินเวอร์เตอร์ส่งกิริระบบ ดังนั้นการควบคุมแรงดันบัสเชื่อมโยงไฟตรง ผ่านกระแสกิริระบบจะ
ประกอบไปด้วย 2 รูปการควบคุม รูปนอกเป็นวงรอบการควบคุมแรงดันเชื่อมโยงไฟตรง ส่วนรูป
ในเป็นวงรอบการควบคุมกระแสของกิริระบบ ซึ่งแสดงดังภาพที่ 3.13 สำหรับรูปในงานได้
รวดเร็วกว่ารูปนอก ซึ่งรูปนอกจะต้องมีความเหมาะสมในการรักษาระดับสัญญาณและรักษา
เสถียรภาพของระบบได้

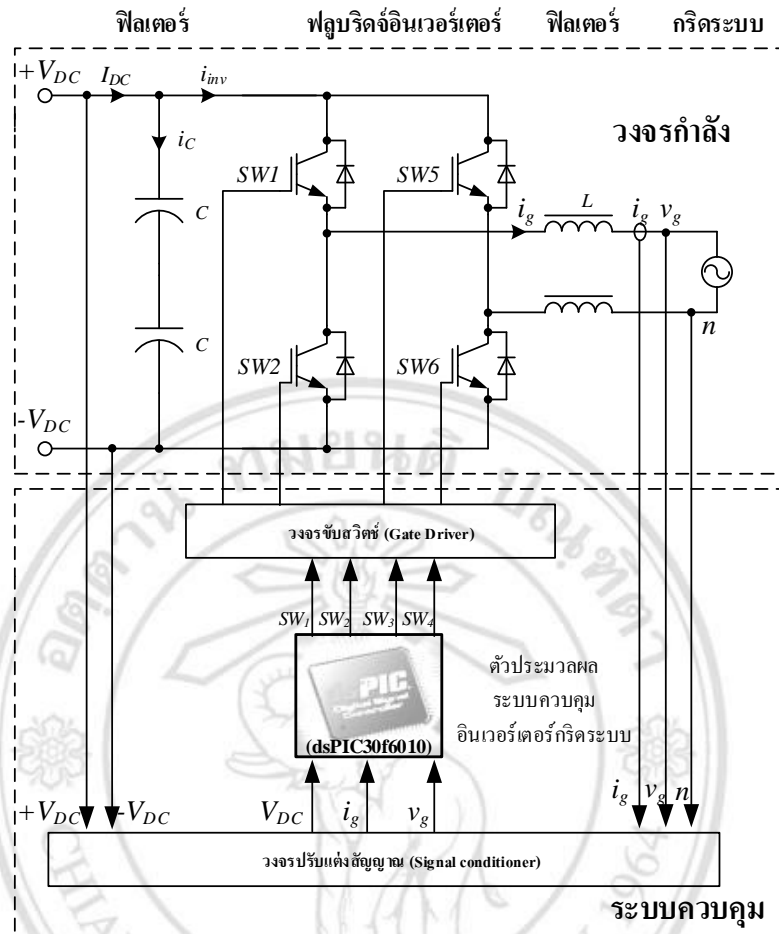
จากภาพระบบควบคุมอินเวอร์เตอร์กริดระบบที่นำเสนอ จะเห็นว่าเป็นระบบควบคุมที่เรียบง่ายไม่ซับซ้อน ซึ่งสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยระบบควบคุมประกอบไปด้วย 2 ลูปคือลูปควบคุมแรงดันบัสเชื่อมต่อโงไฟตรงให้คงที่ โดยนำสัญญาณแรงดันเชื่อมต่อโงไฟตรง (V_{DC}) มาเปรียบเทียบกับแรงดันบัสเชื่อมต่อโงไฟตรงอ้างอิง (V_{DC}^*) เพื่อนำไปสร้างกระแสอ้างอิง (i_{ref}) ด้วยตัวควบคุมแบบพีไอ สำหรับลูปควบคุมกระแสที่ควบคุมเพื่อให้กระแส (i_g) มีเฟสตรงกับแรงดัน (v_g) ของกริดระบบ นั้นหมายความว่าระบบที่นำเสนอจ่ายเฉพาะกำลังไฟฟ้าจริง (Active Power; P) เท่านั้น โดยการนำสัญญาณกระแสฟักริดระบบ (i_g) ที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับกระแสอ้างอิง (i_g^*) ที่ได้จากลูปควบคุมแรงดัน คูณกับสัญญาณไซน์ ($\sin\theta$) ที่ได้จากเฟสล็อกลูป (Phase Lock Loop ; PLL) เพื่อนำไปสร้างสัญญาณสับสวิตซ์ (S_1-S_4) ด้วยตัวควบคุมแบบพีไอ ของลูปกระแส สัญญาณสับสวิตซ์ดังกล่าวจะนำไปสร้างสัญญาณสวิตซ์ด้วยเทคนิคไบโพลาร์ ซึ่งทำให้ได้สัญญาณสับสวิตซ์เพื่อนำไปควบคุมระบบกำลังต่อไป



ภาพที่ 3.13 ระบบควบคุมอินเวอร์เตอร์กริดระบบที่นำเสนอ

3.5.2 การสร้างอินเวอร์เตอร์กริดระบบที่นำเสนอ

อินเวอร์เตอร์กริดระบบ จะรับแรงดันไฟฟ้าที่ซึ่งจากวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์แล้วแปลงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีขนาดของแรงดัน ความถี่ และเฟสเท่ากับแรงดันไฟฟ้ากริดระบบ เพื่อส่งพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่ระบบจำหน่ายโดยผ่านตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งช่วยในการกรองกระแส นอกเหนือจากนั้นระบบควบคุมยังจะต้องควบคุมคุณภาพกำลังไฟฟ้าของคอนเวอร์เตอร์และความปลอดภัยให้เป็นที่ไปตามมาตรฐานการเชื่อมต่อไฟฟ้าเข้ากับระบบจำหน่าย ส่วนของระบบควบคุม ประกอบด้วยวงจรขับนำสวิตช์(Gate Drive) ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณพีดีบีเอ็ม (PWM) และส่งสัญญาณผิดพลาด(Fault) ให้กับบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิทัลที่ใช้ dsPIC30f6010 เป็นตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล โดยสัญญาณควบคุมแบบพีดีบีเอ็ม จะถูกส่งมาจากบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิทัล ไปยังวงจรขับนำสวิตช์เพื่อมาขับวงจรภาคกำลังของอินเวอร์เตอร์กริดระบบ นอกเหนือจากนี้ถ้าเกิดเหตุการณ์ผิดปกติเช่น เกิดการลัดวงจรที่สวิตช์กำลังขึ้น วงจรป้องกันสวิตช์กำลังภาคฮาร์ดแวร์ที่อยู่ในวงจรขับสวิตช์กำลัง ก็จะหยุดสัญญาณพีดีบีเอ็ม ทันทีทันใด และส่งสัญญาณผิดพลาด กลับไปยังบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิทัลเพื่อให้รับรู้ถึงความผิดพลาด และถ้าเกิดเหตุการณ์ที่ผิดปกติถูกแก้ปัญหาแล้ว บอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิทัลจะส่งสัญญาณเคลียร์ ไปยังวงจรขับนำสวิตช์เพื่อสั่งให้สวิตช์กำลังเริ่มต้นทำงานใหม่อีกครั้ง ไดอะแกรมส่วนประกอบอินเวอร์เตอร์กริดระบบที่นำเสนอแสดงดังภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 ไคอะแกรมส่วนประกอบอินเวอร์เตอร์กิริระบบที่น่าเสนอ

ในส่วนของตัวควบคุมและโปรแกรมการควบคุมจะถูกเขียนลงในบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิทัล โดยบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิทัล จะรับค่าของกระแสไฟฟ้ากิริระบบ (i_g) แรงดันไฟฟ้ากิริระบบ (v_g) แรงดันเชื่อมโยงไฟตรง (V_{DC}) โดยผ่านวงจรตรวจวัดสัญญาณ ซึ่งสัญญาณเหล่านี้จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้า แต่ค่าที่รับมาจากวงจรตรวจวัดสัญญาณ มีทั้งค่าแรงดันที่เป็นบวกและลบ แต่บอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิทัล สามารถอ่านค่าได้เฉพาะแรงดันที่มีค่าเป็นบวกซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 5 โวลต์เท่านั้น จึงจำเป็นต้องทำการยกระดับแรงดันและปรับค่าอัตราขยายให้เหมาะสม โดยใช้วงจรปรับแต่งสัญญาณ (Signal conditioner) สำหรับพารามิเตอร์ของอินเวอร์เตอร์กิริระบบที่น่าเสนอแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ต่างๆ ของอินเวอร์เตอร์กริดระบบที่นำเสนอ

รายละเอียด	ขนาด
ระบบไฟฟ้า	เฟสเดียว, 2 สาย, 50 Hz
แรงดันไฟฟ้ากริดระบบ ; V_g	220 V
แรงดันเชื่อมโยงไฟตรง; V_{DC}	420 V
พิกัดกำลังของอินเวอร์เตอร์กริดระบบ; P_{rated}	2 kW
ค่าตัวเก็บประจุ; C	1,100 μ F, 800V
ค่าตัวเหนี่ยวนำ; L	8 mH, 10A
ความถี่สวิตช์; f_{sw}	10 kHz

3.6 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงหลักการของบัสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ถูกต้องแบบอนุกรมโดยได้อธิบายถึงการวิเคราะห์วงจรกำลังของบัสต์คอนเวอร์เตอร์ และบัสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ถูกต้องแบบอนุกรม อีกทั้งยังได้อธิบายการออกแบบวงจรกำลังของบัสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ประกอบด้วย การออกแบบวงจรขั้วนำสวิตช์ของบัสต์คอนเวอร์เตอร์ วงจรตรวจวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รวมทั้งได้อธิบายหลักการควบคุมบัสต์คอนเวอร์เตอร์ใน โครงสร้างแบบอนุกรมที่มีการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดด้วยเทคนิคการรบกวนและสังเกต และได้อธิบายบล็อกการควบคุมบัสต์คอนเวอร์เตอร์ โดยใช้โปรแกรม Matlab/Simulink ในการโปรแกรมการทำงานให้กับบอร์ด STM32F4DISCOVERY และสุดท้ายได้อธิบายหลักการและการออกแบบอินเวอร์เตอร์กริดระบบเฟสเดียวชนิดแหล่งจ่ายแรงดัน ซึ่งในบทต่อไปจะอธิบายถึงการจำลองการทำงานของระบบทั้งหมด และผลการทดสอบเครื่องต้นแบบในระดับปฏิบัติการต่อไป