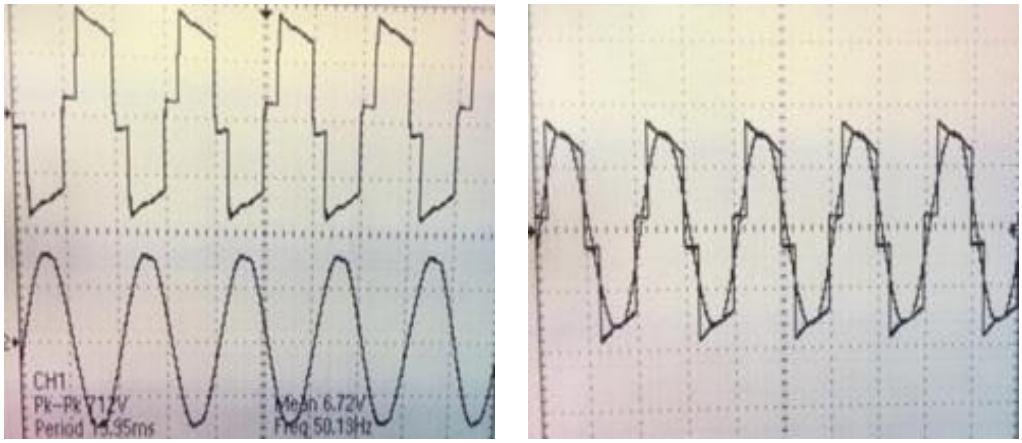
ลักษณะสัญญาณของแต่ที่ได้ทั้ง 4 นั้นจริงๆแล้ว มีเฟสของสัญญาณแต่ละสัญญาณต่างกันไป เพื่อเป็นการกำหนดลำดับการทำงานของสวิตช์ความถี่แต่ละตัวเพื่อให้ทำงานไม่พร้อมกันแต่สอดคล้องกันนั้นเอง โดยเราสามารถเปรียบเทียบลักษณะของสัญญาณแต่ละสัญญาณ ดังภาพที่ 4.1 และดังภาพที่ 4.2 ได้ดังนี้คือ Output A1 และ Output A2 ซึ่งให้มีลำดับการทำงานเหมือนกัน ส่วน Out B1 และ Out B2 ก็จะต้องให้มีลำดับการทำงานที่เหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันกับ Output A1 และ Output A2 ตรงที่จะมีการเลื่อนเฟสของ Output B1 และ Output B2 เป็นมุม 90 องศา เพื่อให้ลำดับเฟส Output A และ Output B ไม่สอดคล้องกัน เพื่อนำสัญญาณที่ได้นี้ ไปสวิตช์ในวงจรอินเวอร์เตอร์ทำงานด้วยไอจีบีทีและการควบคุมเฟสให้ตรงกับการไฟฟ้า

4.2 ผลการทดสอบวงจรชุดอินเวอร์เตอร์ด้วย (ไอจีบีที)

ในส่วนผลการทดสอบวงจรชุดอินเวอร์เตอร์ด้วยไอจีบีที วงจรนี้เป็นวงจรสัญญาณเต็มลูกคลื่น หรือเรียกว่า วงจร Full Bridge Inverter จะประกอบไปด้วยตัวสวิตช์ 4 ตัว ทำงานในโหมดของควอแดรนท์ทั้งหมด 4 ควอแดรนท์ คือ ทำงานสลับกันครั้งละ 2 ตัว คือ (Q1 กับ Q4) และ (Q2 กับ Q3)



(ก) (ข)

ภาพที่ 4.3 สัญญาณเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ที่จะใช้ในการขนานกับระบบการไฟฟ้า

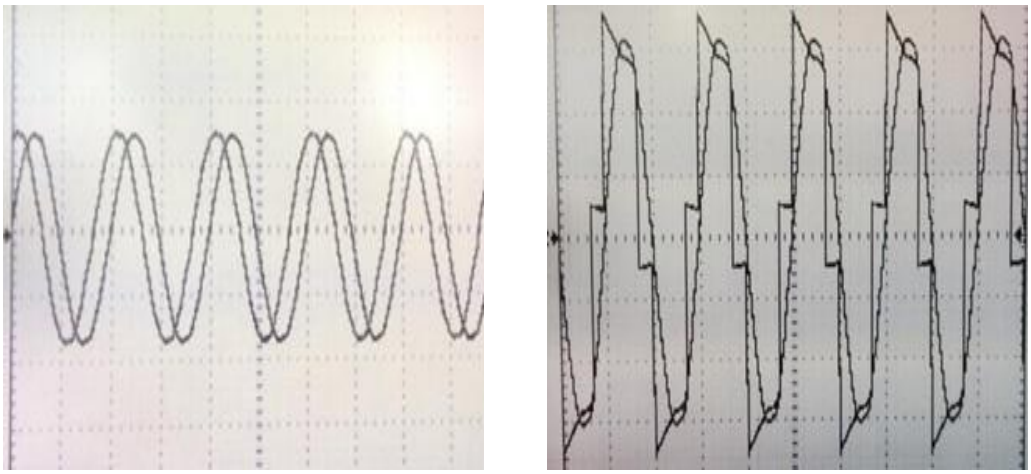
(ก) รูปคลื่นเปรียบเทียบระหว่างแรงดันระบบไฟฟ้าหลักและแรงดันจากอินเวอร์เตอร์

(ข) รูปคลื่นแสดงการรวมเฟสของแรงดันที่เปรียบเทียบ

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจำลองจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์โดยวงจร Full Bridge Diode ที่ผลิตแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ 310 โวลต์ แต่ตามหลักความเป็นจริงแรงดันไฟฟ้าแผงพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องทำให้มากกว่าแรงดันไฟฟ้าที่จะเชื่อมต่อเข้าระบบอินเวอร์เตอร์ เพื่อป้องกันแรงดันไฟฟ้าตกเมื่อเกิดแสงเกิดการวูบวาบ เมื่อเชื่อมต่อเข้าระบบการไฟฟ้า จากแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้เพื่อจะจ่ายเข้าไปยังระบบอินเวอร์เตอร์ที่ทำงานด้วยไอจีบีทีจากที่ต้องการแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มากกว่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับของการไฟฟ้านั้น เพื่อจะทำให้ได้ค่ายอดสูงสุดของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจะสามารถเชื่อมต่อไปยังระบบการไฟฟ้าได้ เพื่อทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่ได้จากระบบอินเวอร์เตอร์นั้นมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับของการไฟฟ้า ดังนั้นในภาพที่ 4.3 (ก) จึงเห็นได้จากสัญญาณเอาต์พุตของระบบอินเวอร์เตอร์ที่เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของระบบอินเวอร์เตอร์ 220 โวลต์ ที่แผงพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสูงสุดได้ 310 โวลต์ โดยสัญญาณที่ได้จะใกล้เคียงกับสัญญาณไซน์ของระบบการไฟฟ้าที่แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ในภาพที่ 4.3 (ข) สัญญาณเอาต์พุตสี่เหลี่ยมที่ได้จากระบบอินเวอร์เตอร์เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณไซน์ของระบบการไฟฟ้า จึงทำให้สัญญาณมีค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าที่เท่ากันที่แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ จากผลการทดลองที่ได้ทั้งหมดของระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบการไฟฟ้า จึงต้องทำให้สัญญาณเอาต์พุตของระบบอินเวอร์เตอร์มีการเลื่อนมุม (shift phase) ต่างจากสัญญาณไซน์ของระบบการไฟฟ้า เพื่อจะได้สัญญาณเอาต์พุตของระบบอินเวอร์เตอร์ที่มีมุมนำหน้าของระบบการไฟฟ้า

4.3 ผลการทดสอบควบคุมเฟสโดยวงจรเลื่อนมุมเฟส

วงจรเลื่อนมุมเฟส (Phase Shifter) นั้นจะใช้เพื่อปรับเลื่อนค่ามุมเฟสให้ถูกต้องตามที่ต้องการหรือเพื่อสร้างจากความต้องการที่จะออกแบบให้ได้มุมที่เลื่อนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ให้มีประสิทธิภาพกับระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบการไฟฟ้า 1 เฟส

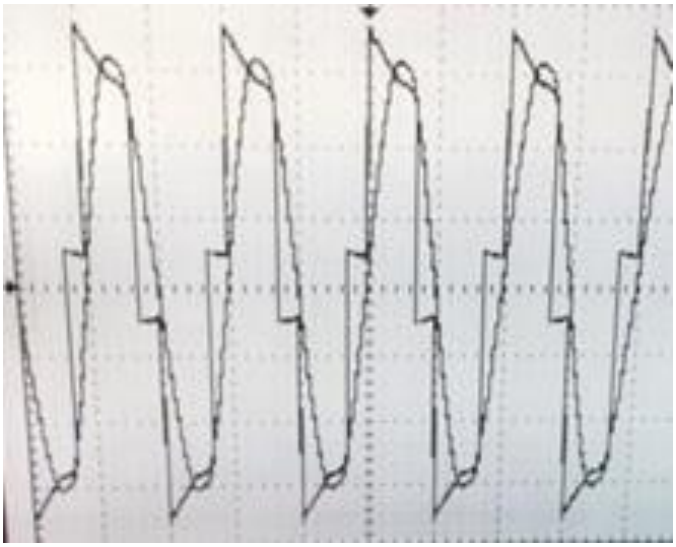


(ก) (ข)

ภาพที่ 4.4 (ก) รูปคลื่นไซน์ที่มีการเลื่อนเฟส
(ข) รูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มีการเลื่อนเฟสจากรูปคลื่นไซน์

ในภาพที่ 4.4 (ก) การทดลองวงจรเลื่อนเฟส (Phase Shifter) ตามคุณสมบัติของตัวเก็บประจุจะมีการถ่ายเทพลังเข้าและออกจึงทำให้กระแสไฟฟ้านำหน้าแรงดันไฟฟ้า จึงนำมาประยุกต์ใช้เพื่อจะให้ระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบการไฟฟ้า 1 เฟส มีมุมที่เลื่อนนำหน้าของแรงดันระบบการไฟฟ้า จากการทำงานกำหนดให้ค่าตัวเก็บประจุคงที่ ค่าความต้านทานให้เพิ่มขึ้นหรือลดลง จะทำให้มีผลการเปลี่ยนแปลงของมุมเลื่อนของระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าฯ เมื่อเพิ่มค่าความต้านทานขนานเข้าไปจะทำให้มุมกว้างมากขึ้น ก็เพราะว่าค่าความต้านทานมีค่าน้อยลง จึงมีแรงดันไฟฟ้าสะสมที่ตัวเก็บประจุมากมุมเลื่อนจึงกว้างขึ้น จึงดูได้จากภาพที่ 4.4 (ข) เป็นรูปสัญญาณสี่เหลี่ยมจากวงจรเลื่อนเฟส และสัญญาณเพรียวไซน์จากระบบการไฟฟ้า เมื่อนำสัญญาณที่วัดได้มาเทียบกันจึงเห็นความแตกต่างระหว่างมุมที่เกิดขึ้น เป็นมุม 31.34 องศา ทำให้วงจรเลื่อนเฟส (Phase Shifter) จึงนำมาใช้งานในระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าฯ

4.4 ผลการทดสอบระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบไฟฟ้า 1 เฟส



ภาพที่ 4.5 สัญญาณสี่เหลี่ยมของระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าฯที่ใช้ในการขนานเข้ากับสัญญาณไซน์ของระบบการไฟฟ้า

จากผลการทดลองวัดสัญญาณในภาพที่ 4.4 (ก) คือสัญญาณของระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าฯ วัดสัญญาณเทียบกับระบบการไฟฟ้า ไม่ใช้วงจรเลื่อนเฟส (Phase Shifter) ผลของสัญญาณที่ได้ทำให้เห็นได้ว่ารูปสัญญาณทั้งสองนั้นมีรูปสัญญาณที่ยังไม่ใกล้เคียงกันแต่รูปสัญญาณทั้งสองอยู่บนเฟสเดียวกันเพราะยังใช้แรงดันของระบบการไฟฟ้าใช้จ่ายให้กับชุดควบคุมขับขาเกตไอจีบีที จึงเป็นผลทำให้รูปสัญญาณทั้งสองทับอยู่บนเฟสเดียวกัน อาจเป็นไปได้ว่าจากรูปสัญญาณที่ได้จากระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าฯ ที่มีรูปสัญญาณไม่เหมือนระบบการไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณไซน์ จึงเป็นเหตุผลที่จะทำให้เกิดผลของสัญญาณเมื่อขนานเข้าระบบการไฟฟ้า อาจมีความรุนแรงหรือระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าฯอาจเสียหาย จึงต้องทำการเลื่อนมุมเฟสของระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าฯนำหน้ามุมเฟสของระบบการไฟฟ้า ที่แสดงในภาพที่ 4.4 (ข) คือสัญญาณของระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าฯ วัดสัญญาณเทียบกับระบบการไฟฟ้า เมื่อใช้วงจร RC Phase Shifter ผลของสัญญาณทั้งสองจึงเป็นผลต่างของมุมเลื่อนเฟสของระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าฯที่ออกแบบไว้ให้นำหน้าสัญญาณไซน์ของระบบการไฟฟ้าเป็นมุม 31.34 องศา เพื่อให้ระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าฯนั้น สามารถที่จะเชื่อมต่อ

เข้ากับระบบของการไฟฟ้าได้ ดังนั้นภาพที่ 4.5 เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมของระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบการไฟฟ้า 1 เฟส ที่ได้ระดับแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต ไม่ต่ำ130 วัตต์ และสัญญาณไซน์ที่ได้จากระบบการไฟฟ้า เมื่อนำระบบจำลองการผลิตฯ มาเชื่อมต่อเข้าระบบการไฟฟ้าหรือการขนาน จากการทำงานของระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าฯ ที่ผลิตกำลังไฟฟ้าไม่ต่ำกว่า 130 วัตต์ ที่แรงดัน 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต จึงมีกำลังไฟฟ้าเกิดขึ้นที่จุดเชื่อมต่อ จึงทำให้ได้ผลกำลังไฟฟ้าที่ไหลไปยังระบบการไฟฟ้าได้ จะเห็นได้จากกิโลวัตต์-ฮาร์วมิเตอร์หมุนย้อนกลับเมื่อยังเชื่อมต่อกับระบบการไฟฟ้าอยู่

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบไฟฟ้า 1 เฟส

ตารางผลการทดลองอินเวอร์เตอร์แบบไอจีบีที										
V_1	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
V_2	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
P_{out}	8.39	16.78	25.17	33.57	41.96	50.46	58.74	67.13	75.53	83.92

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบไฟฟ้า 1 เฟสต่อจากตารางที่ 4.1

ตารางผลการทดลองอินเวอร์เตอร์แบบไอจีบีที										
V_1	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
V_2	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
P_{out}	92.3	100.7	109.5	117.5	125.9	134.3	142.7	151.1	159.5	167.9

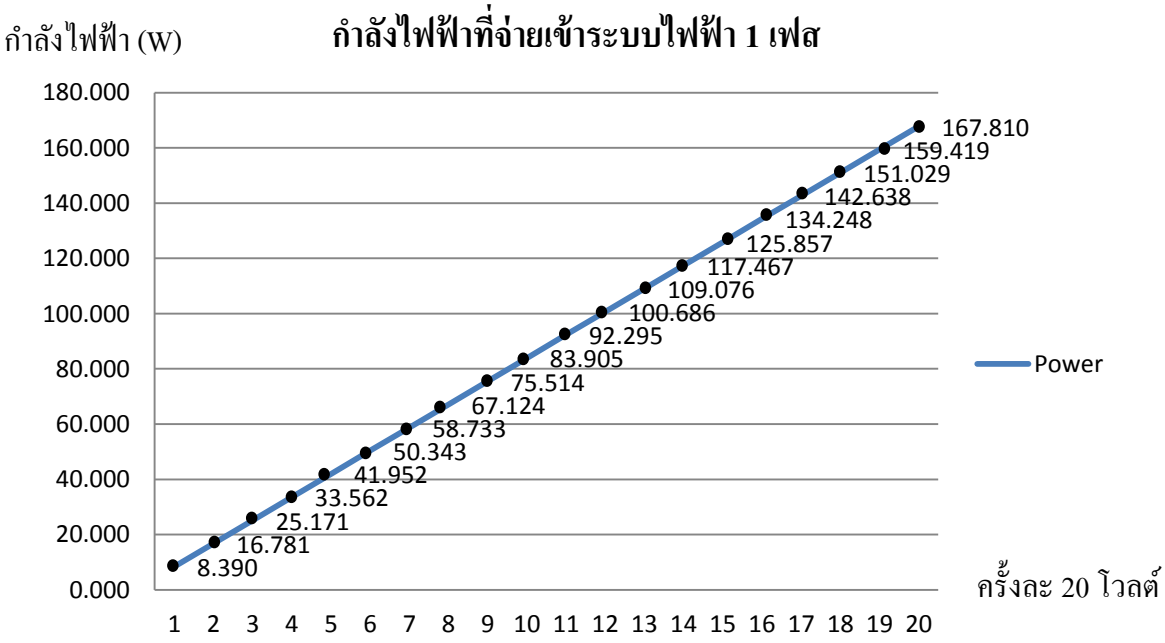
โดยที่

V_1 คือ แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็น โวลต์ (Volt)

V_2 คือ แรงดันไฟฟ้าของระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าฯ มีหน่วยเป็น โวลต์ (Volt)

P_{out} คือ กำลังไฟฟ้าของระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าฯ มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt)

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 ผลการทดลองระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบไฟฟ้า 1 เฟส จากการรับพลังงานแสงอาทิตย์มายังแผงพลังงานแสงอาทิตย์และจ่ายให้กับระบบอินเวอร์เตอร์ เป็นการแสดงให้เห็นได้ว่าเมื่อเกิดแสงวูบวาบหรือมีเมฆหนาทึบอาจจะมีผลกระทบกับแผงพลังงานแสงอาทิตย์ในเรื่องของการจ่ายแรงดันและกำลังงานไฟฟ้าออกมายังระบบอินเวอร์เตอร์เพื่อขนานเข้าระบบการไฟฟ้า ดังนั้นจึงจำลองแรงดันไฟฟ้า (V1) คือแรงดันที่ได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์โดยการเพิ่มค่าแรงดันขึ้นที่ละ 20 โวลต์ ถึง 400 โวลต์ จะทำให้ได้ค่ากำลังงานไฟฟ้าเอาท์พุทของระบบอินเวอร์เตอร์เพิ่มขึ้นตามค่าแรงดันที่ได้ ดังนั้นผลการทดลองดังตารางไม่ว่าจะมีแสงวูบวาบหรือมีเมฆหนาจะทำให้กำลังงานไฟฟ้าไหลเข้าระบบการไฟฟ้าได้ตลอดตามแรงดันที่ได้จากระบบอินเวอร์เตอร์



ภาพที่ 4.6 ผลการทดลองกำลังงานไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์

กล่าวจากตารางที่ 4.1 ค่าแรงดันไฟฟ้า (V1) 20-400 โวลต์ จะเห็นได้จากภาพที่ 4.6 ของแรงดันไฟฟ้าจึงกำหนดให้เป็นตัวเลข 1-20 แทน จากผลการทดลองดังภาพที่ 4.6 จากการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเพิ่มขึ้นหรือลงลดจะทำให้มีกำลังงานไฟฟ้าไหลเข้าไปยังระบบการไฟฟ้าได้ จะเห็นได้จากความชันของกราฟสูงขึ้นเมื่อแรงดันสูงและกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เมื่อแรงดันไฟฟ้าลดลงความชันของกราฟก็ลดลงและมีกำลังงานไฟฟ้าที่ลดลง