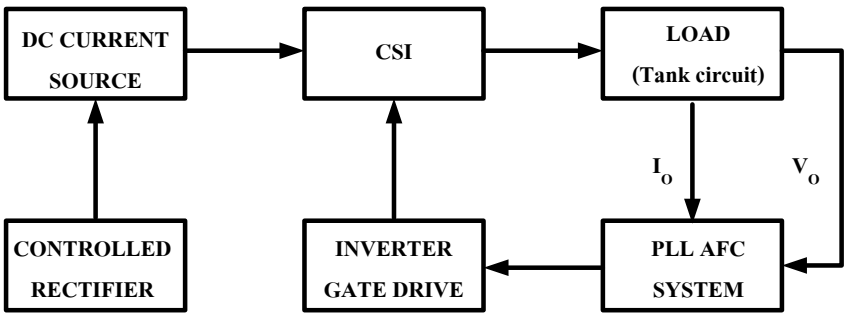
บทที่ 4
อินเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายกระแสที่มี ระบบควบคุมความถี่เรโซแนนซ์แบบอัตโนมัติ

4.1 บทนำ

อินเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายกระแสที่มีระบบป้อนกลับเพื่อควบคุมความถี่ให้อยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์นั้นจะใช้หลักการของเฟสล็อกลูป เพื่อควบคุมเฟสให้คงที่หรือเป็นตัวกำหนดค่าความถี่ในการทำงานของอินเวอร์เตอร์ โดยมีหลักการทำงานโดยสังเขปดังนี้ เริ่มจากเมื่อมีสัญญาณความถี่อ้างอิงจากภายนอกซึ่งเป็นสัญญาณซ้ำคาบ (Periodic) จ่ายให้กับเฟสดีเทคเตอร์ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเทียบเฟสระหว่างความถี่อ้างอิง กับความถี่ป้อนกลับจากวงจรกำเนิดความถี่ (VCO) สัญญาณที่ได้จากเฟสดีเทคเตอร์ จะเป็นสัญญาณแรงดันที่เป็นสัดส่วนระหว่างความต่างเฟสระหว่างสัญญาณทั้งสอง แรงดันที่ได้จะถูกนำไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านโดยจะกำจัดความถี่ที่ไม่ต้องการออกไป ให้ได้แรงดันไฟตรงเข้าไปยังอินพุทของวงจรกำเนิดความถี่ เพื่อทำการปรับความถี่ให้เหมาะสมต่อไป โดยเมื่อวงจรอยู่ในสภาวะล็อก ความถี่เอาท์พุทของ VCO จะเท่ากับความถี่ของสัญญาณอินพุทซึ่งจะมีค่าความคลาดเคลื่อนของเฟสเป็นศูนย์ ในกรณีที่เฟสไม่ตรงกัน แรงดันที่ออกจากตัวตรวจจับเฟสแบบเฟส-ความถี่จะอยู่ในสภาวะนำหน้าหรือล้าหลัง เพื่อไปควบคุมการทำงานของ VCO โดยจะปรับความถี่สูงขึ้นหรือลดความถี่ต่ำลงขึ้นอยู่กับสภาวะของค่าความคลาดเคลื่อนของเฟส จนทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนของเฟสเป็นศูนย์จะเข้าสู่สภาวะล็อค ทำให้สัญญาณเอาท์พุทของ VCO คงที่ตลอดเวลา และค่าความถี่จะเปลี่ยนแปลงตามเฟสของสัญญาณอินพุตเสมอ

4.2 ระบบการควบคุมของเครื่องหลอมแบบเหนี่ยวนำชนิดแหล่งจ่ายกระแส

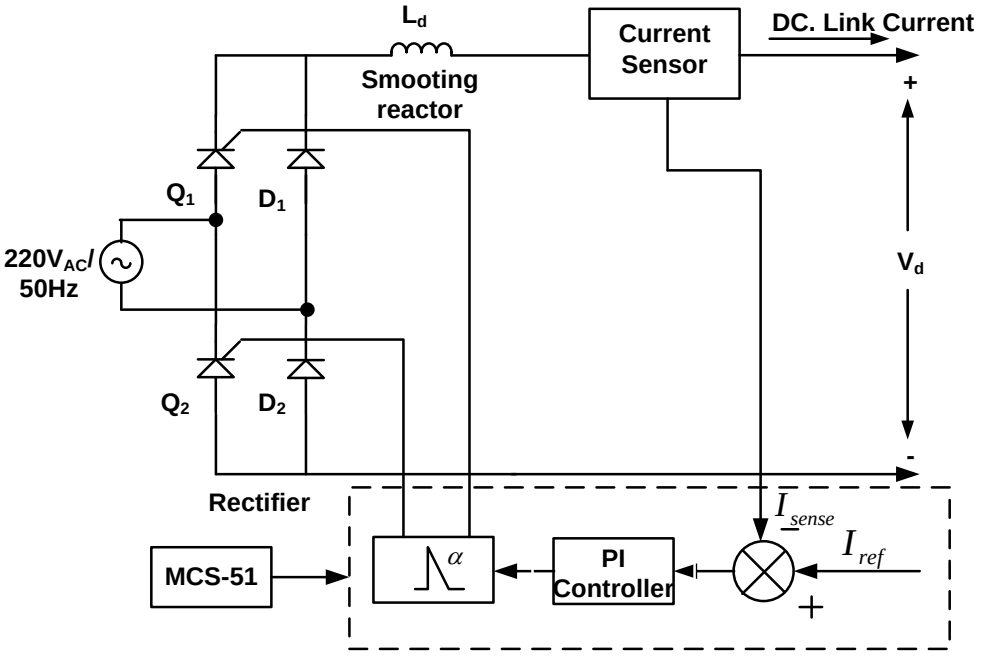


รูปที่ 4.1 แสดง Block diagram โดยใช้ PLL ควบคุมระบบ

การควบคุมการทำงานของระบบของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำชนิดแหล่งจ่ายกระแสที่ใช้ในงานวิจัยนี้ แสดงดังรูปที่ 4.1 โดยสามารถแยกการทำงานเป็นส่วนต่างๆดังนี้

4.2.1 แหล่งจ่ายกระแส (DC Current Source)

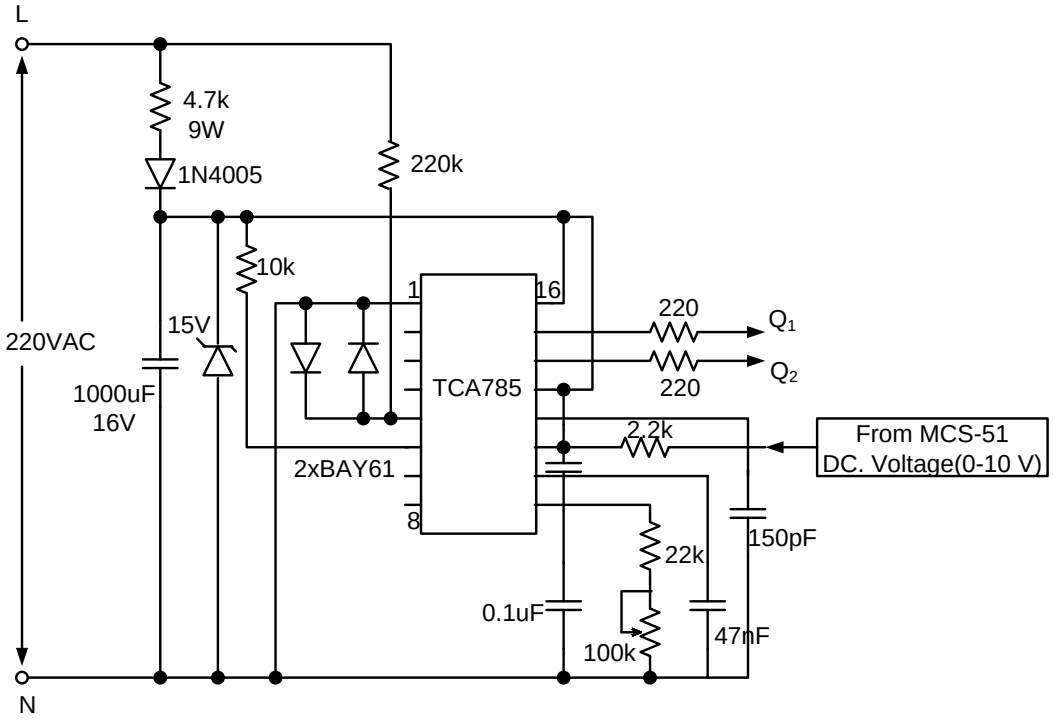
แหล่งจ่ายกระแสตรงในทางอุดมคติก็คือ แหล่งจ่ายที่ให้ค่ากระแสคงที่ไม่ว่าโหลดจะมีค่าเปลี่ยนแปลง ส่วนในทางปฏิบัติสามารถสร้างแหล่งจ่ายกระแสตรงได้โดยการต่อแหล่งจ่ายแรงดันที่ปรับค่าได้โดยมีตัวเหนี่ยวนำขนาดใหญ่ต่ออนุกรมอยู่ ซึ่งค่าของตัวเหนี่ยวนำจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะทำให้กระแสเรียบและมีการควบคุมแบบป้อนกลับกระแสโดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างแหล่งจ่ายกระแสโดยการป้อนกลับกระแส DC Link ของระบบเพื่อเข้าสู่ตัวควบคุมกระแสแบบสัดส่วนอินทริกรัล (PI-Controller) โดยมีแผนผังการควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.2



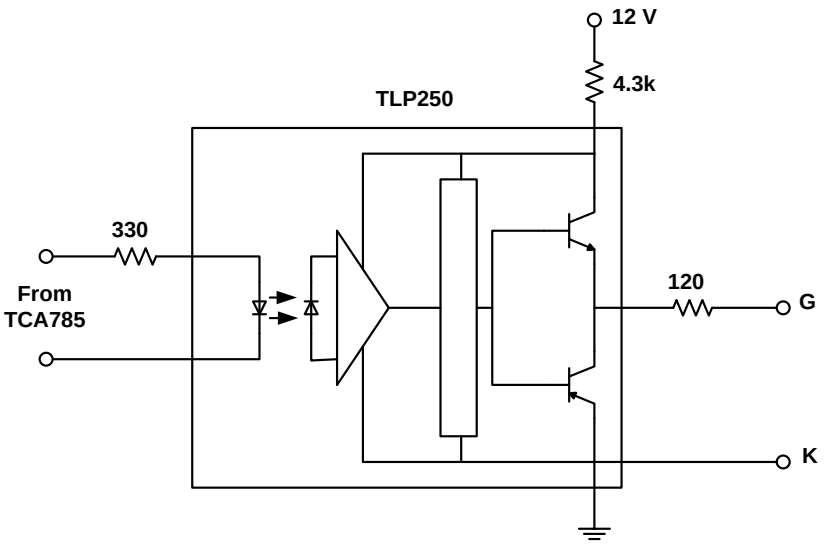
รูปที่ 4.2 แหล่งจ่ายกระแสที่มีระบบควบคุมกระแส DC Link ให้คงที่

จากรูปที่ 4.2 การควบคุมกระแส DC Link ให้มีค่าคงที่สามารถอธิบายได้ดังนี้ ในส่วนแรกคือส่วนของวงจรเรียงกระแสแบบ Phase Controlled Rectifier ที่มีการควบคุมแบบ Half-wave Controlled ตัวอุปกรณ์เป็นของบริษัท International Rectifier รุ่น P 100 Series เป็นตัวเรียงกระแสแบบเฟสเดียว ทนกระแสได้สูงสุด 25 A. อินพุทเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V. ความถี่ 50 Hz สามารถทำการปรับระดับแรงดันเอาท์พุทได้โดยการปรับมุมจุดชนวน SCR ของ Q_1 และ Q_2 และมี D_1 และ D_2 เป็นไดโอดฟรีวิลลิ่ง ต่ออนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำขนาดใหญ่เพื่อกรองให้กระแสที่ได้มีค่าเรียบ ในวิทยานิพนธ์นี้ใช้ค่า 500 mH. กระแส DC Link ที่ได้จะส่งผ่านไปยังตัวตรวจวัดกระแส (Current Sensor) ของ LEM รุ่น LTS 25-NP ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ Hall-Element เป็นแบบ Closed

Loop Transducer ซึ่งมีข้อดีคือมีการแยกโดดภายในตัวทำให้วงจรการวัดไม่ซับซ้อน การสูญเสียในวงจรการวัดมีน้อยและให้ผลตอบสนองที่รวดเร็ว สามารถวัดกระแสได้สูงสุด 25 A. สัญญาณปรับมุมจุดชนวนของ SCR Q_1และ Q_2 ใช้ไอซีสำเร็จรูป TCA785 ซึ่งเป็นวงจรควบคุมการจุดชนวนแบบเชิงเส้นซึ่งใช้แรงดันไฟตรงตัดสัญญาณสามเหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (a) เพื่อให้ได้สัญญาณจุดชนวนที่มุมต่างๆตามแรงดันไฟตรงที่เข้ามาที่ขาควบคุม สัญญาณที่ได้จาก TCA785 จะถูกแยกโดดทางแสงโดยใช้ออปโต้อิเล็กทรอนิกส์ TLP250จำนวน 2ชุด ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (b)

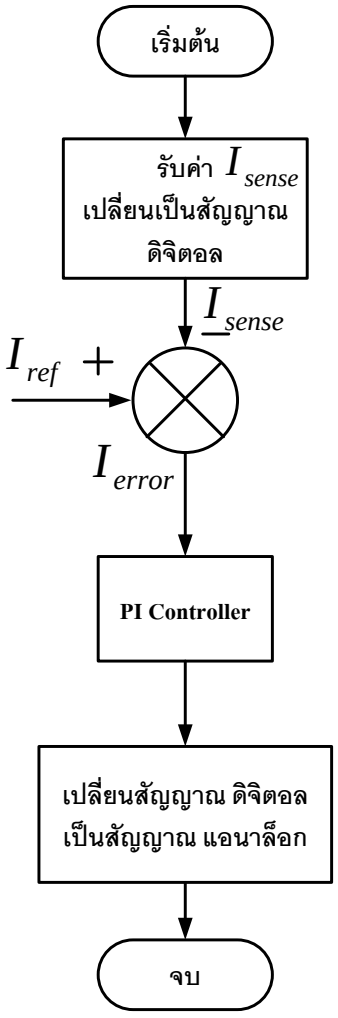


รูปที่ 4.3 (a) วงจรควบคุมการจุดชนวนแบบเชิงเส้นซึ่งใช้แรงดันไฟตรงตัดสัญญาณสามเหลี่ยม



รูปที่ 4.3 (b) วงจรสำหรับขับสัญญาณ Q_1 และ Q_2

ในรูปที่ 4.4 เป็นแผนผังการควบคุมแบบวงปิดนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สำหรับทำกระบวนการสำหรับควบคุมสัญญาณปรับมุมจุดชนวนของ SCR โดยเริ่มจากรับค่า I_{sense} ที่ได้จากตัวตรวจวัดกระแส ซึ่งค่ากระแสที่วัดได้เอาท์พุทจะอยู่ในรูปของแรงดันไฟตรงซึ่งอยู่ในรูปของสัญญาณแอนาล็อกนำมาเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอล จากนั้นนำสัญญาณ I_{sense} ที่เปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอลมาทำการเปรียบเทียบกับสัญญาณ I_{ref} ซึ่งเป็นกระแสที่ได้ตั้งไว้ตามค่าพิกัดของ DC. Link Current ทำให้ได้ค่ากระแสผิดพลาด I_{error} โดยเมื่อกระแส I_{sense} มีค่าน้อยกว่ากระแส I_{ref} ตัวควบคุมซึ่งเป็นชนิด PI Controller จะทำค่อยๆการปรับลดค่าของ I_{error} เพิ่มให้ค่ากระแส DC. Link Current ค่อยๆไหลเพิ่มขึ้นจนทำให้ได้ตามค่ากระแสที่ได้ตั้งไว้ ณ จุดนั้นค่ากระแสผิดพลาดจะเป็นศูนย์ แต่ถ้ากระแส I_{sense} มีค่าน้อยกว่ากระแส I_{sense} ตัวควบคุม PI Controller จะค่อยๆทำการปรับเพิ่มค่าของ I_{error} เพิ่มให้ค่ากระแส DC. Link ค่อยๆไหลลดลงจนทำให้ได้ตามค่ากระแสที่ได้ตั้งไว้ ณ จุดนั้นค่ากระแสผิดพลาดจะเป็นศูนย์

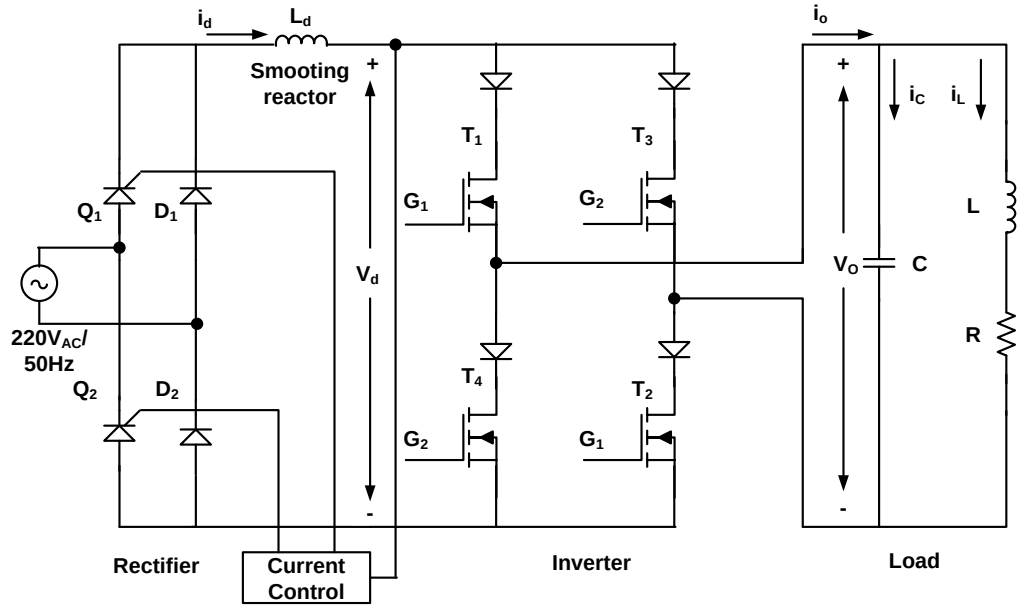


รูปที่ 4.4 แผงผังการทำงานของกระบวนการควบคุมกระแสแบบลูปปิด

โดยสัญญาณเอาท์พุทจาก PI Controller ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณแอนาล็อกมีระดับแรงดัน 0-10 โวลท์ (ขึ้นอยู่กับกระแสผิดพลาด) ซึ่งสัญญาณนี้จะส่งไปยังไอซีสำเร็จรูป TCA785 เพื่อใช้เป็นแรงดันไฟตรงตัดสัญญาณสามเหลี่ยมเพื่อใช้เป็นมุมจุด ชนวน ให้ SCR Q_1และ Q_2 ที่มุมต่างๆ

4.2.2 อินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบแหล่งจ่ายกระแสเต็มบริดจ์ (Full-Bridge Current-Fed Parallel Inverter)

อินเวอร์เรโซแนนซ์แบบแหล่งจ่ายกระแสเต็มบริดจ์ดังแสดงรูปที่ 4.5) ใช้ MOSFET IRFP 460 เป็นตัวสวิตซ์กำลัง โดยใช้ไดโอดชนิด Ultrafast Recovery Time MUR3040PT ต่ออนุกรมอยู่กับสวิตซ์กำลัง ในการทำงานของอินเวอร์เตอร์จะต้องให้มอสเฟตทำงานเป็นคู่โดยเริ่มต้น T_1 และ T_2 ทำงาน คู่ของ T_3 และ T_4 จะหยุดทำงาน ช่วงถัดไปคู่ของ T_3 และ T_4 ทำงาน T_1 และ T_2 จะหยุดทำงาน จะสลับกันไปเพื่อให้เกิดเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ แต่ในทางปฏิบัติสัญญาณที่จะนำไปขับให้ มอสเฟตทำงานซึ่งก็คือสัญญาณ G_1 และ G_2 จะต้องมีสัญญาณที่เหลื่อมกันเพื่อป้องกันการเปิดออกของวงจรซึ่งจะได้กล่าวต่อไป ในส่วนของโหลดจะถูกแทนด้วยวงจร RLC แบบขนาน หรือเรียกกันโดยทั่วไปว่าวงจรแทงค์ ซึ่งในการพิจารณาองค์ประกอบของวงจรดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.4.2

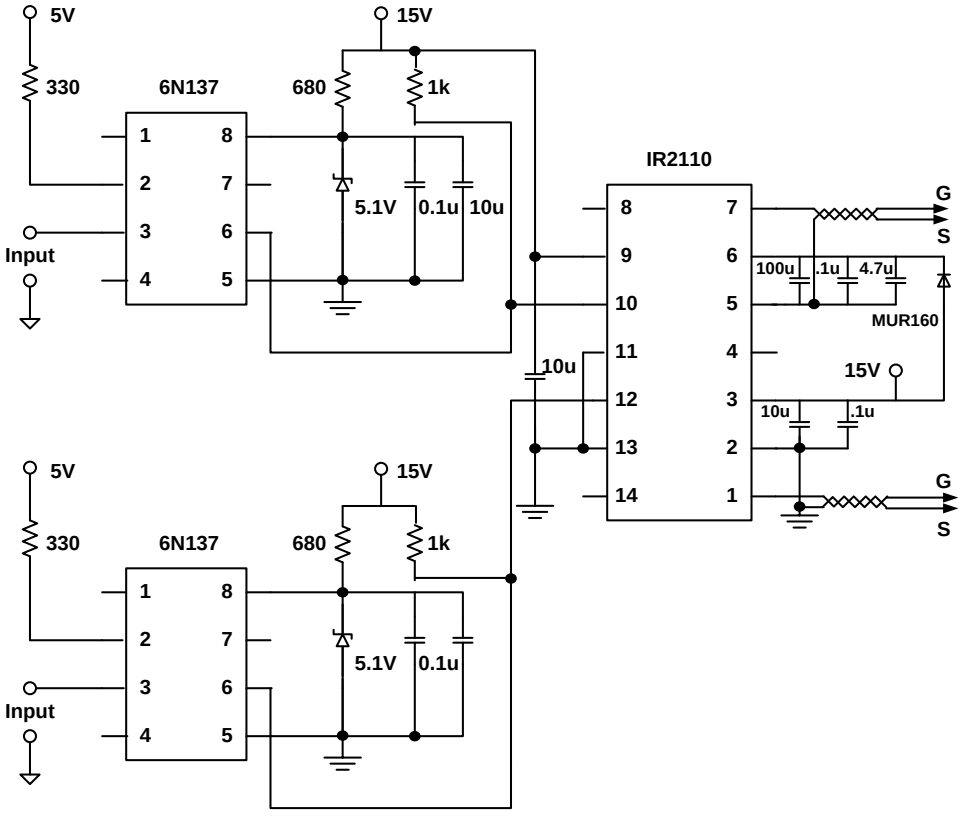


รูปที่ 4.5) แสดงวงจรของอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบแหล่งจ่ายกระแสเต็มบริดจ์

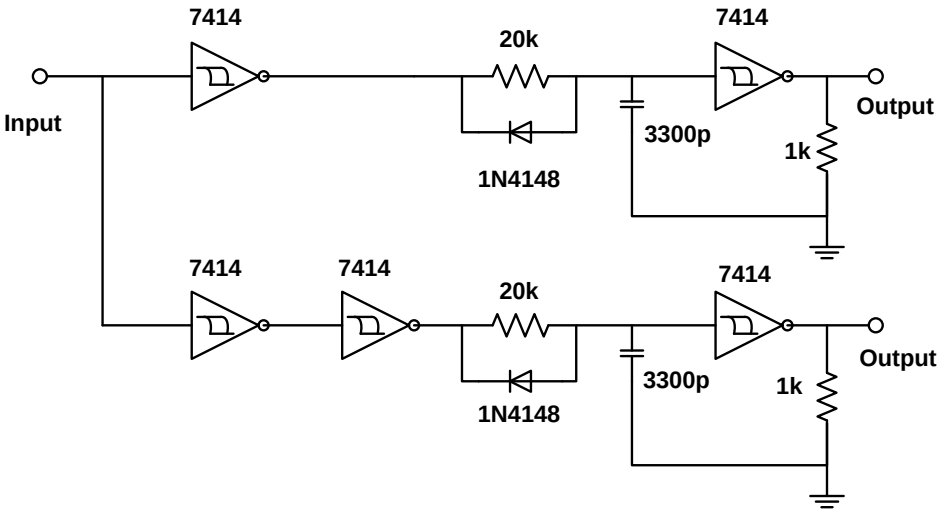
4.2.3 สัญญาณขับเกตของมอสเฟตในวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter Gate Drive)

ในวิทยานิพนธ์นี้ใช้มอสเฟต เป็นสวิตซ์กำลังในการควบคุมระบบ โดยมอสเฟตต้องการแรงดันมาขับเกตเพื่อให้มันสามารถทำงานในสภาวะนำกระแส และหยุดนำกระแสได้ โดยใช้การ

แยกแสงทางอิเล็กทรอนิกส์ระหว่างสัญญาณขับกับสัญญาณสำหรับขับมอสเฟตโดยใช้ไอซีสำเร็จรูปเบอร์ 6N137 และใช้ไอซีสำหรับขับมอสเฟตหรือไอจีบีทีเบอร์ IR2110 จำนวน 2 ชุด ดังแสดงในรูปที่ 4.6 โดยคู่ของสัญญาณขับมอสเฟตทั้ง 4 ตัว ซึ่งก็คือสัญญาณ G_1 และ G_2 จากที่ได้กล่าวไว้แล้วว่าสำหรับวงจรอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายกระแสเต็มบริดจ์นั้นจะต้องมีการเหลื่อม (Overlap) กันของสัญญาณสำหรับขับ เพื่อป้องกันการเปิดวงจรของแหล่งจ่ายกระแส

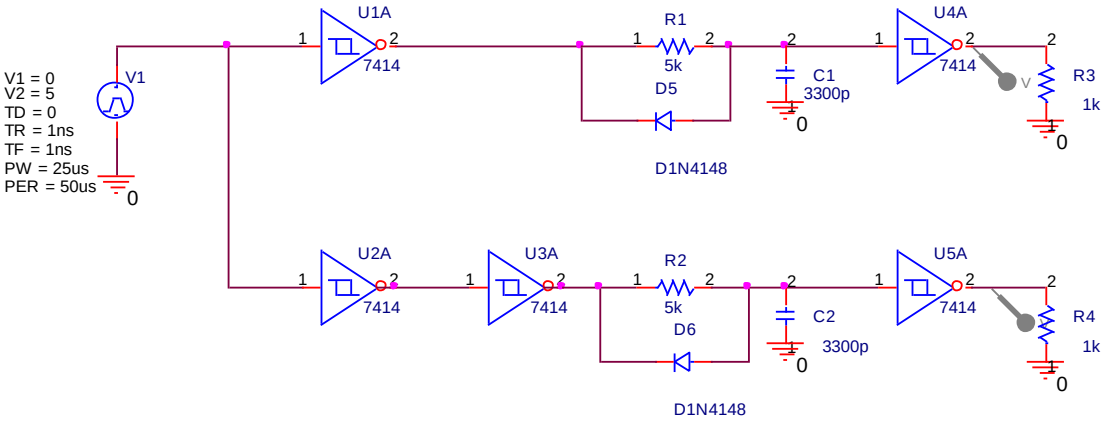


รูปที่ 4.6 วงจรสำหรับขับสวิตซ์อินเวอร์เตอร์

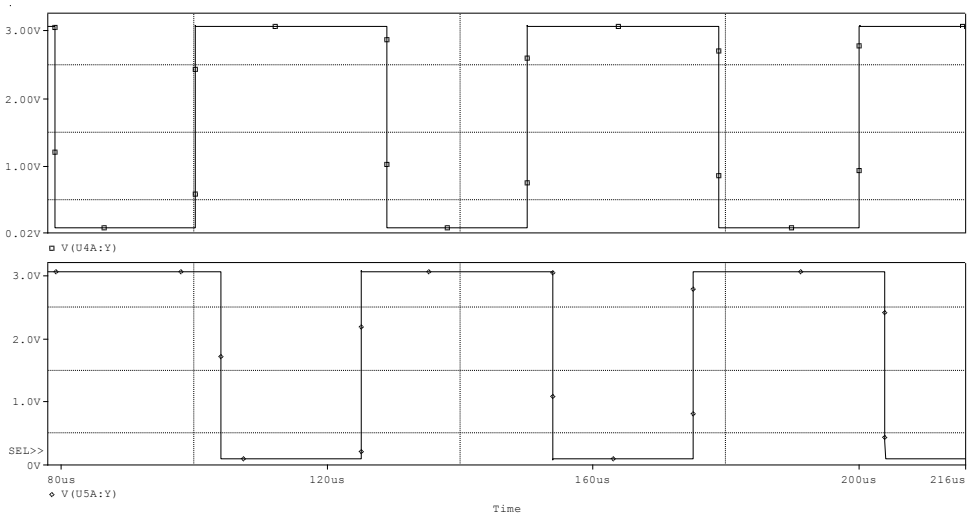


รูปที่ 4.7 วงจรสำหรับสร้างสัญญาณการเหลื่อม (Overlap)

โดยการเหลื่อมของสัญญาณทำให้ได้โดยใช้วงจร RC ในการทำให้เกิดการหน่วงเวลาในช่วงขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกาและใช้วงจรชมิตทริกเกอร์ในการตัดสัญญาณให้เป็นพัลซ์สี่เหลี่ยม ดังแสดงในรูป 4.7 โดยสามารถทำการปรับค่าของสัญญาณการเหลื่อมได้โดยการปรับเปลี่ยนค่าของความต้านทาน 20 kเพื่อให้เกิดความเหมาะสมต่อช่วงของ Switching on time และ Switching off time ของมอสเฟต ซึ่งมีค่ารวมอยู่ที่ 300 nS ส่วนในรูปที่ 4.8 (a) และรูปที่ 4.8 (b) เป็นการจำลองการทำงานของวงจรสร้างสัญญาณการเหลื่อมโดยใช้โปรแกรม Orcad/Pspice



รูปที่ 4.8 (a) การจำลองการทำงานของวงจรสร้างสัญญาณการเหลื่อมโดยใช้โปรแกรม Orcad/PSpice

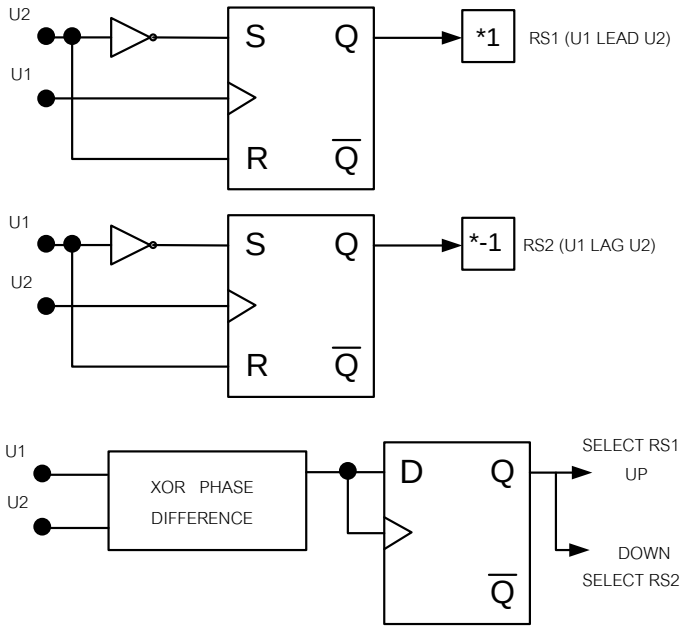


รูปที่ 4.8 (b) ผลการจำลองการทำงานของวงจรสร้างสัญญาณการเหลื่อม

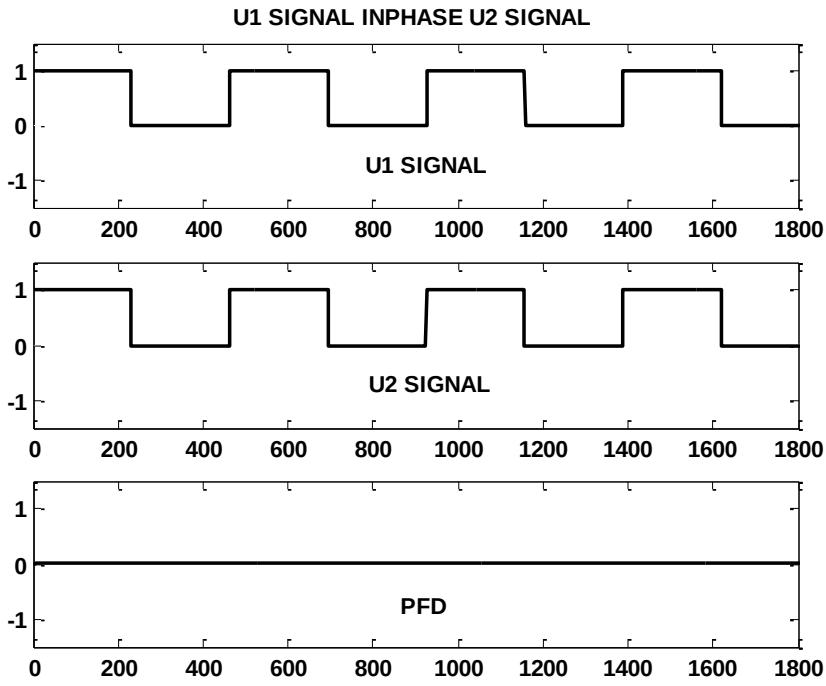
4.2.4 ระบบเฟสล็อกลูป (PLL System)

รูปที่ 4.9 แสดงรูปแบบของการตรวจจับความแตกต่างของเฟสของกระแส (U2) และแรงดัน (U1) ที่ใช้จำลองการทำงานบนโปรแกรม PSCAD โดยหลักการทำงานนั้น จะมีชุด

ตรวจสอบความแตกต่างของเฟสซึ่งประกอบด้วย XOR PHASE DIFFERENCE และ D flipflop ทำหน้าที่ตรวจสอบสัญญาณ U1 ว่านำหน้า หรือล้าหลัง U2 โดยถ้าสัญญาณ U1 นำหน้า U2 ชุดตรวจสอบความแตกต่างของเฟสจะทำการเลือกค่า output ของ RS flipflop ตัวที่1 (RS1) ส่วนถ้าสัญญาณ U1 ล้าหลัง U2 ชุดตรวจสอบความแตกต่างของเฟสจะทำการเลือกค่า output ของ RS flipflop ตัวที่2 (RS2)

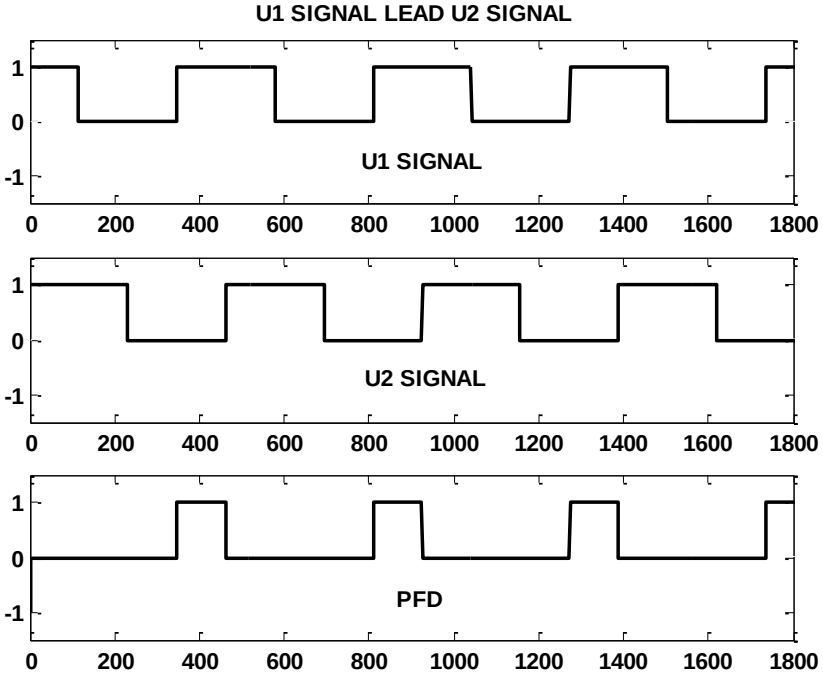


รูปที่ 4.9 รูปแบบที่ใช้จำลองการทำงานบนโปรแกรม PSCAD ของ PFD

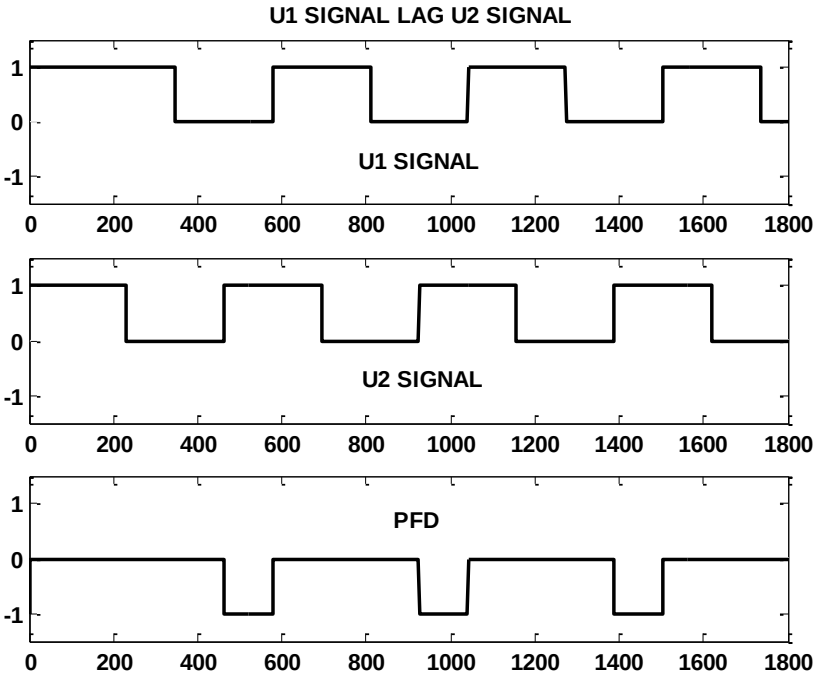


รูปที่ 4.10) แสดงผลการจำลองการทำงานในกรณี สัญญาณ U1 มีเฟสตรงกับ สัญญาณ U2

ในรูปที่ 4.10) แสดงผลการจำลองการทำงานในสภาวะที่สัญญาณ U1 มีเฟสตรงกับ สัญญาณU2 ส่วนในรูปที่ 4.11) แสดงผลการจำลองการทำงานในสภาวะที่สัญญาณ U1 นำหน้าสัญญาณ U2 และในรูปที่ 4.12) แสดงผลการจำลองการทำงานในสภาวะที่สัญญาณ U1 ล้าหลังสัญญาณ U2

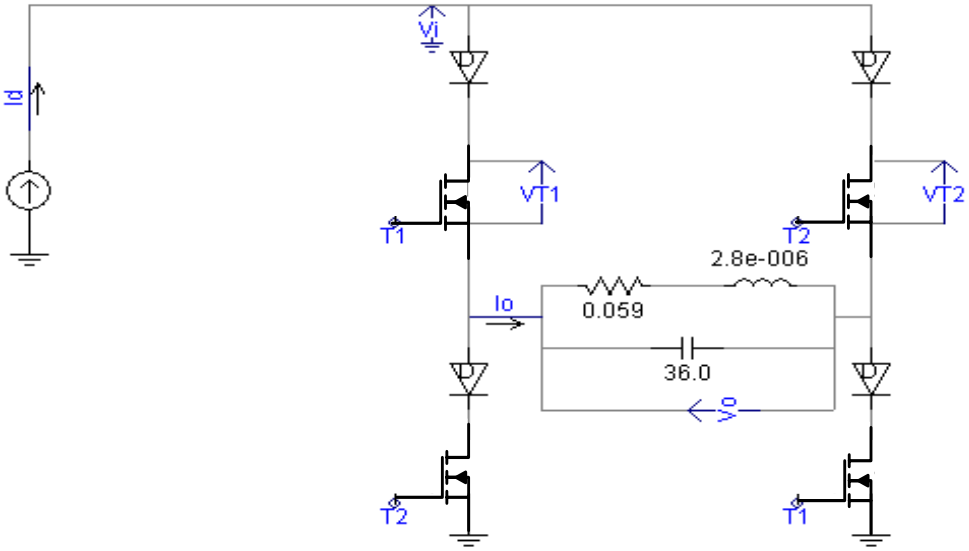


รูปที่ 4.11) แสดงผลการจำลองการทำงานในกรณี สัญญาณ U1 นำหน้า สัญญาณ U2

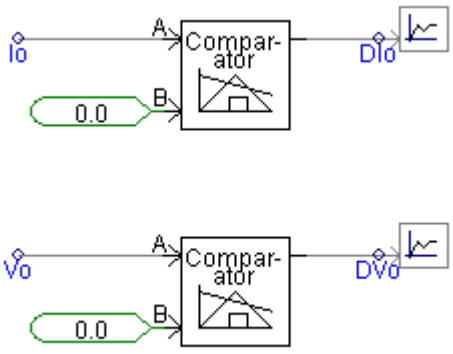


รูปที่ 4.12) แสดงผลการจำลองการทำงานในกรณี สัญญาณ U1 ล้าหลัง สัญญาณ U2

รูปแบบที่ใช้ในการจำลองการทำงานบนโปรแกรม PSCAD ของระบบควบคุมความถี่เรโซ แนนซ์อัตโนมัติของ Current-fed Parallel Inverter ดังแสดงในรูปที่ 4.13 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณหรือวงจร Zero-crossing Detector ใช้ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแรงดันของวงจรแทงค์ที่อยู่ในรูปของสัญญาณแอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลดังแสดงในรูปที่ 4.14

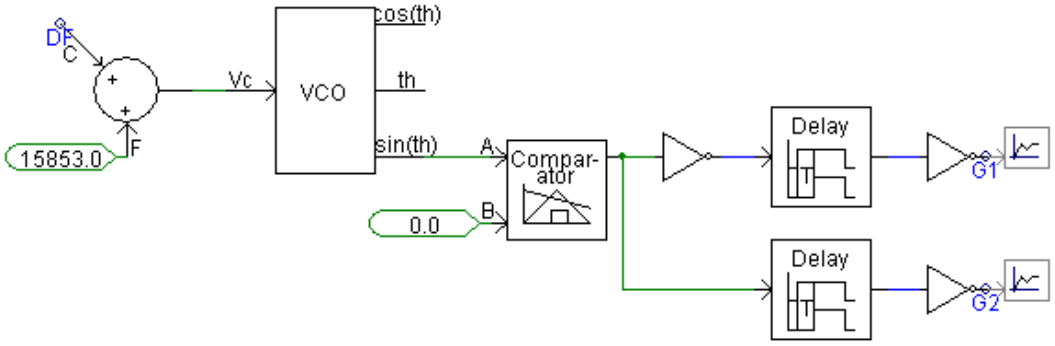


รูที่ 4.13 Current-fed Parallel Inverter

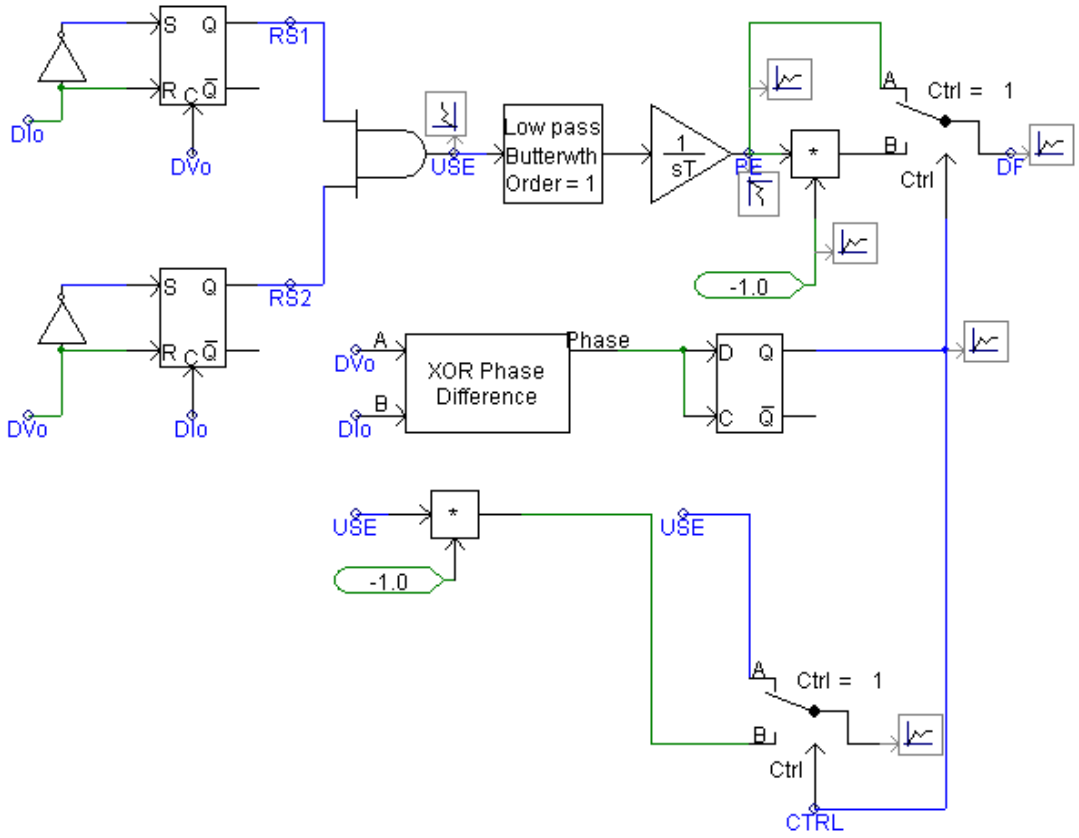


รูปที่ 4.14 Zero-crossing Detector

ในรูปที่ 4.15 เป็นรูปแบบของวงจรกำเนิดความถี่ หรือเรียกว่าวงจร Voltage Controlled Oscillator และในรูปที่ 4.16 เป็นรูปแบบของวงจรตรวจจับเฟสแบบเฟส-ความถี่ และวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน



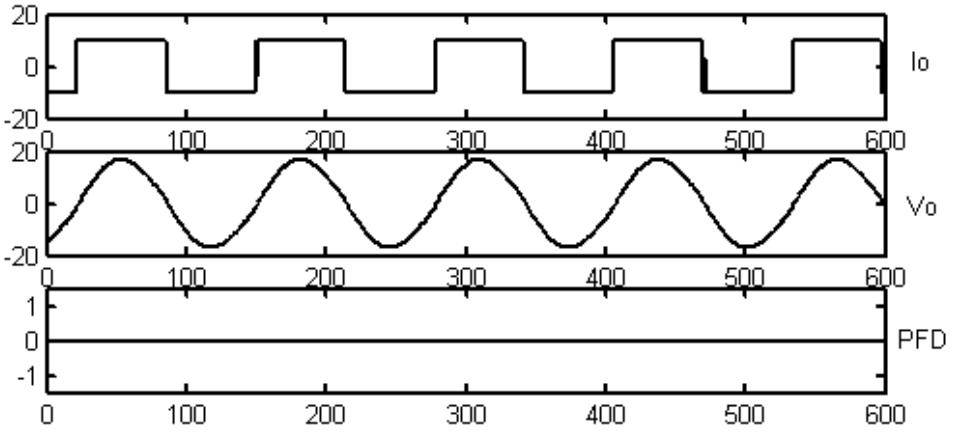
รูปที่ 4.15 วงจรกำเนิดความถี่



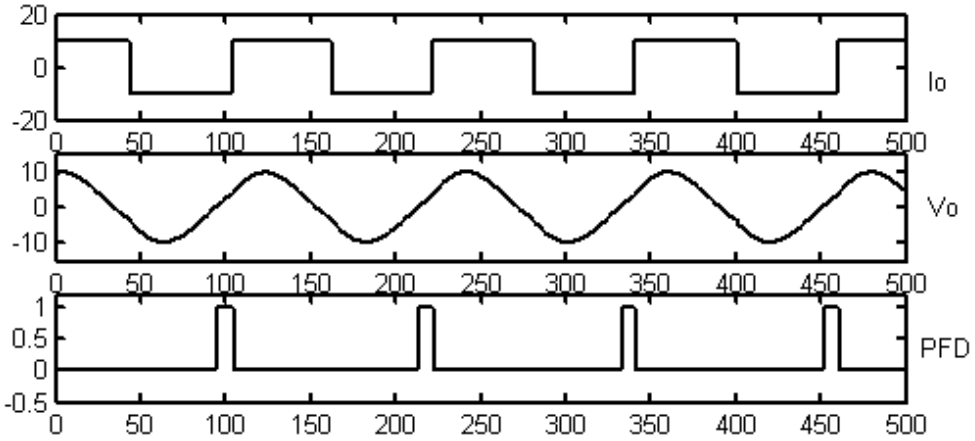
รูปที่ 4.16 ตัวตรวจจับเฟสแบบเฟส-ความถี่ และวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

การทดสอบระบบควบคุมความถี่ในการสวิตซ์ที่สภาวะเรโซแนนซ์แบบอัตโนมัติจะทำการทดลองด้วยกัน 3 สภาวะ โดยจะจำลองการทำงานบนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม PSCAD โดยตั้งค่าความถี่ในการสวิตซ์ไว้ที่ 15.85 kHz สภาวะที่ 1 กำหนดให้โหลดมีค่าตัวแปรดังนี้ตัวเหนี่ยวนำมีค่า 2.8 μH ตัวเก็บประจุมีขนาด 36 μF ตัวต้านทานมีค่า 0.059 โอห์ม เมื่อคำนวณความถี่เรโซแนนซ์ของวงจรมีค่าประมาณ 15.85 kHz ผลการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม

คอมพิวเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 4.17 จะพบว่าในตัวตรวจจับเฟสแบบเฟส-ความถี่ ตรวจจับค่าความคลาดเคลื่อนของเฟสของกระแสและแรงดันที่ใช้สำหรับขับโหลดมีค่าเป็นศูนย์ กระแสและแรงดันจะมีเฟสตรงกันแสดงว่าสภาวะนี้ระบบควบคุมสามารถควบคุมให้ความถี่ในการสวิตซ์ของอินเวอร์เตอร์มีความถี่เท่ากับความถี่เรโซแนนซ์ของโหลด

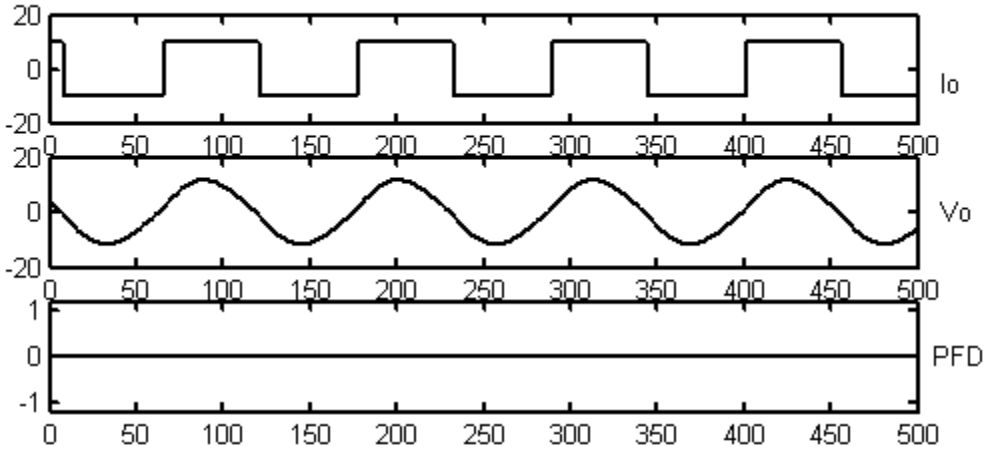


รูปที่ 4.17 ผลการจำลองการทำงานบนคอมพิวเตอร์กระแสและแรงดันที่ใช้สำหรับขับโหลดมีเฟสตรงกัน

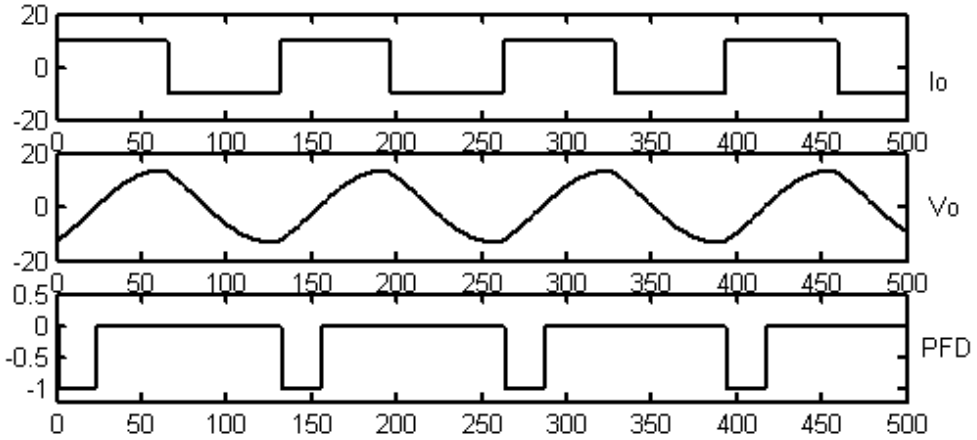


รูปที่ 4.18 ผลการจำลองการทำงานเมื่อตัวตรวจจับเฟสแบบเฟส-ความถี่ตัวจับค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในสภาวะบวกหรือนำหน้า

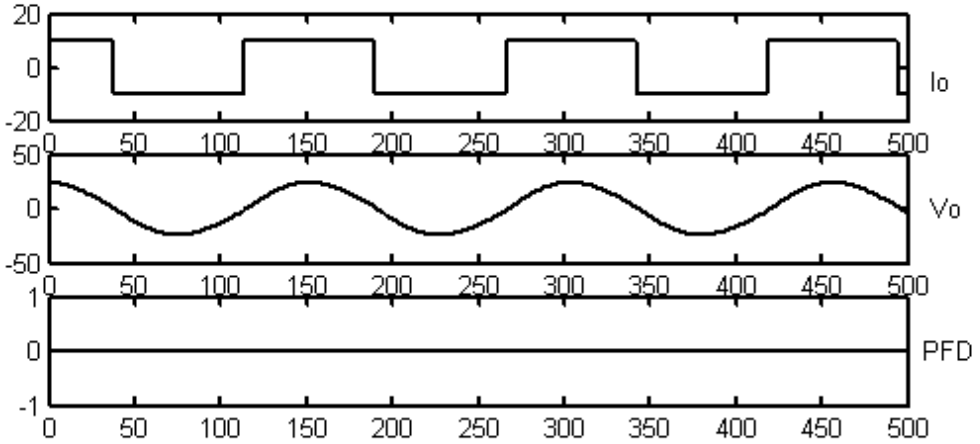
การทดสอบระบบควบคุมความถี่ในการสวิตซ์ที่สภาวะเรโซแนนซ์แบบอัตโนมัติในสภาวะที่ 2 เมื่อโหลดเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยตัวเหนี่ยวนำมีค่าลดลงจากเดิมจากสภาวะที่ 1 มีค่า 2 μH (ค่าเดิมคือ 2.8 μH) โดยให้ค่าตัวแปรของวงจรคงเดิมคือตัวเก็บประจุมีขนาด 36 μF ความต้านทานมีค่า 0.059 โอห์ม เมื่อคำนวณความถี่เรโซแนนซ์ของโหลดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 18.75 kHz)จากผลการจำลองการทำงานบนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม PSCAD แสดงในรูปที่ 4.18 จะพบว่าแรงดันที่ได้



รูปที่ 4.19 ผลการจำลองการทำงานบนคอมพิวเตอร์กระแสและแรงดันที่ใช้
สำหรับขับโหลดมีเฟสตรงกัน



รูปที่ 4.20 ผลการจำลองการทำงานเมื่อตัวตรวจจับเฟสแบบเฟส-ความถี่
ตัวจับค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในสภาวะลบหรือล้าหลัง



รูปที่ 4.21 ผลการจำลองการทำงานบนคอมพิวเตอร์กระแสและแรงดันที่ใช้
สำหรับขับโหลดมีเฟสตรงกัน

นำหน้ากระแส ตัวตรวจจับเฟสแบบเฟส-ความถี่ตรวจจับได้ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในสภาวะบวกหรือนำหน้าเมื่อค่าความคลื่อนของเฟสมีค่านำหน้า ระบบควบคุมความถี่จะทำการปรับเพิ่มความถี่อัตโนมัติ และจะหยุดเพิ่มความถี่อัตโนมัติเมื่อตัวตรวจจับค่าความคลาดเคลื่อนของเฟสมีค่าเป็นศูนย์ ดังแสดงในรูปที่ 4.19 (รูปที่ 4.19 เป็นผลการจำลองการทำงานที่ต่อเนื่องกับรูปที่ 4.18) เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนของเฟสมีค่าเป็นศูนย์แสดงว่าระบบสามารถควบคุมให้ความถี่ในการสวิตซ์ของอินเวอร์เตอร์มีความถี่เท่ากับความถี่เรโซแนนซ์ของโหลด

การทดสอบระบบควบคุมความถี่ในการสวิตซ์ที่สภาวะเรโซแนนซ์แบบอัตโนมัติในสภาวะที่ 3 เมื่อโหลดเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยตัวเหนี่ยวนำมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมจากสภาวะที่ 1 มีค่า 4 μH (ค่าเดิมคือ 2.8 μH) โดยให้ค่าตัวแปรของวงจรคงเดิมคือตัวเก็บประจุมีขนาด 36 μF ความต้านทานมีค่า 0.059 โอห์ม เมื่อคำนวณความถี่เรโซแนนซ์ของโหลดมีค่าลดลงคือค่า 13.26 kHz) จากผลการจำลองการทำงานบนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม PSCAD แสดงในรูปที่ 4.20 จะพบว่าแรงดันนำหน้ากระแส ตัวตรวจจับเฟสแบบเฟส-ความถี่ตรวจจับได้ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในสภาวะลบหรือล้าหลังเมื่อค่าความคลื่อนของเฟสมีค่าล้าหลัง ระบบควบคุมความถี่จะทำการปรับลดความถี่อัตโนมัติ และจะหยุดลดความถี่อัตโนมัติเมื่อตัวตรวจจับค่าความคลาดเคลื่อนของเฟสมีค่าเป็นศูนย์ ดังแสดงในรูปที่ 4.21 (รูปที่ 4.21 เป็นผลการจำลองการทำงานที่ต่อเนื่องกับรูปที่ 4.20) เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนของเฟสมีค่าเป็นศูนย์แสดงว่าระบบสามารถควบคุมให้ความถี่ในการสวิตซ์ของอินเวอร์เตอร์มีความถี่เท่ากับความถี่เรโซแนนซ์ของโหลด

สรุปได้ว่าจากผลการจำลองการทำงานบนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม PSCAD ได้แสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมที่ได้ออกแบบมีความสามารถในการควบคุมความถี่ในการสวิตซ์ของอินเวอร์เตอร์ให้มีค่าความถี่ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของโหลดแบบอัตโนมัติ โดยการปรับค่าความถี่เรโซแนนซ์แบบอัตโนมัตินั้นระบบควบคุมจะทำขบวนการตามค่าความคลาดเคลื่อนของเฟสที่จับได้โดยเมื่อค่าความคลาดเคลื่อนของเฟสมีค่าเป็นศูนย์แสดงว่าสัญญาณอินพุทที่เข้ามามีเฟสตรงกันหรืออยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์ แต่ถ้าระบบมีการจับค่าความคลาดเคลื่อนของเฟสเป็นบวกแสดงว่าอินพุทไม่ได้อยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์ดังนั้นระบบจะทำการปรับเพิ่มความถี่ในการสวิทชิ่งอินเวอร์เตอร์แบบอัตโนมัติจนกระทั่งค่าความคลาดเคลื่อนของเฟสมีค่าเป็นศูนย์จึงหยุดทำการเพิ่มความถี่ในการสวิทชิ่ง แต่ในทางตรงข้ามถ้าระบบมีการจับค่าความคลาดเคลื่อนของเฟสเป็นลบแสดงว่าอินพุทไม่ได้อยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์ดังนั้นระบบจะทำการปรับลดความถี่ในการสวิทชิ่งอินเวอร์เตอร์แบบอัตโนมัติลงจนกระทั่งค่าความคลาดเคลื่อนของเฟสมีค่าเป็นศูนย์จึงหยุดทำการลดค่าความถี่ในการสวิทชิ่ง โดยในวิทยานิพนธ์นี้ได้มีจุดประสงค์ในการควบคุมความถี่ในการสวิตซ์ที่สภาวะเรโซแนนซ์แบบอัตโนมัติไว้ 2 ข้อด้วยกันคือ 1)ในทางปฏิบัติค่าความเหนี่ยวนำจะลดลงเมื่อให้ความร้อนแก่โหลด ดังนั้นจะมีผลทำให้ค่าความถี่เรโซแนนซ์ของโหลดสูงขึ้น 2) ระบบควบคุมจะทำการสวิทชิ่งอินเวอร์เตอร์แบบอัติโนมัติให้ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของโหลดอยู่ในช่วงความถี่ 10kHz – 30 kHz โดยจะใช้ลักษณะเด่นของ PFD ซึ่งมีความสามารถในการ

ตรวจจับความคลาดเคลื่อนของเฟสและความถี่ของแรงดันที่มีต่อกระแสที่ใช้ในการขับโหลด ว่าอยู่ในสภาวะ นำหน้า หรือ ล้าหลัง โดยที่ระบบควบคุมที่ได้นำเสนอได้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการควบคุมกระแสและแรงดันที่ใช้สำหรับขับโหลดอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์ตลอดเวลา ดังนั้นระบบก็จะเกิดการส่งถ่ายกำลังงานสูงสุด