

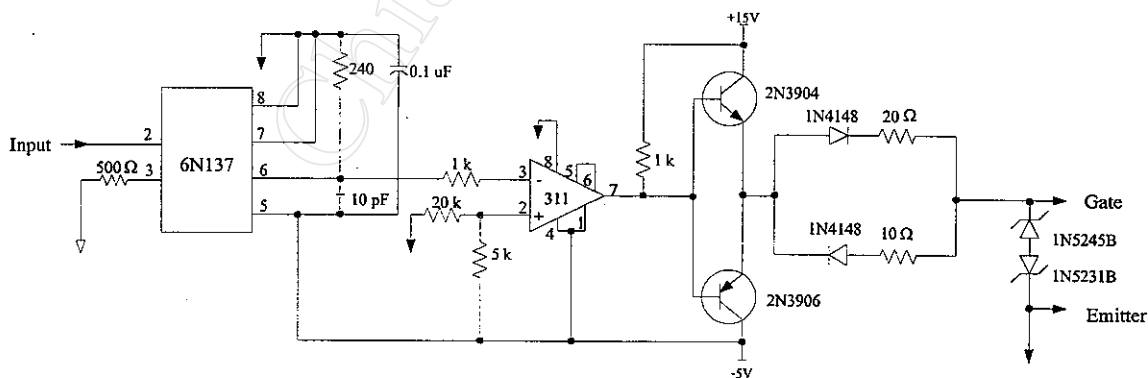
บทที่ 5

การออกแบบวงจรกำลังและวงจรควบคุม

5.1 การออกแบบวงจรกำลัง

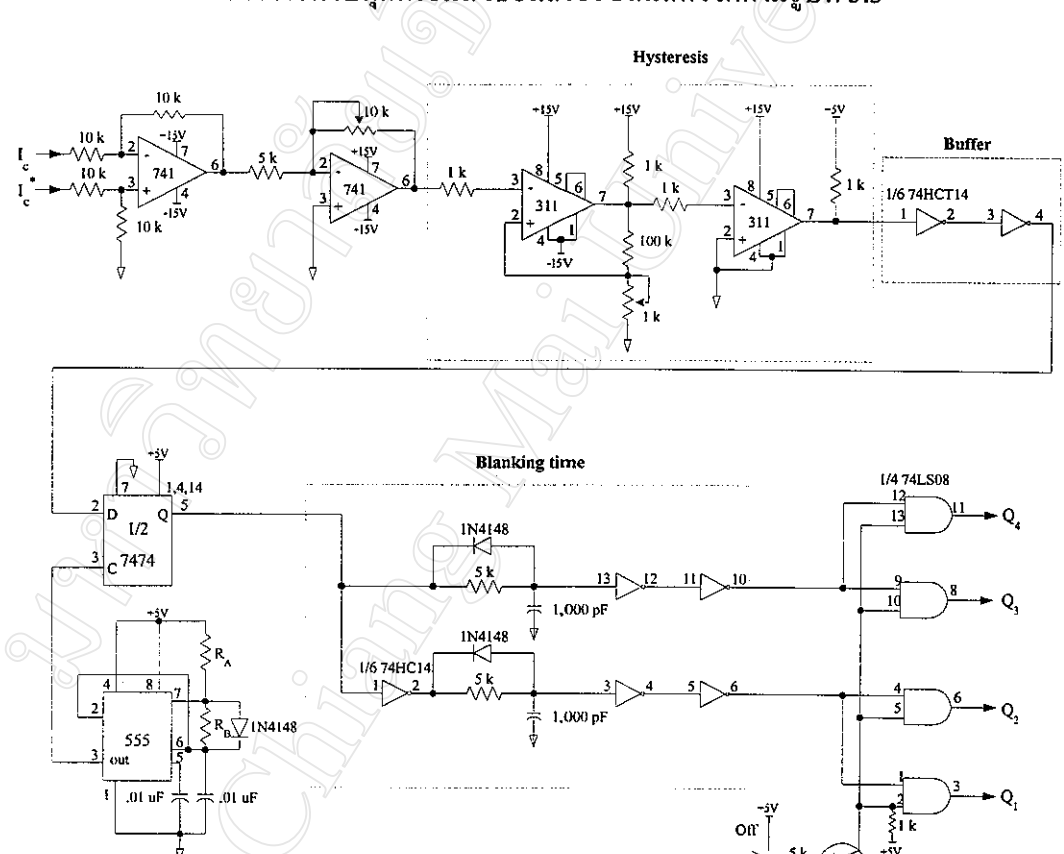
วงจรกำลังสำหรับวิทยานิพนธ์นี้คือส่วนของวงจรรอกำลังแอกทิฟซึ่งใช้ไอจีบีทีเป็นสวิตช์กำลังโดยสามารถเลือกพิกัดของไอจีบีทีจากพิกัดของวงจรรอกำลังแอกทิฟ ซึ่งจะออกแบบและสร้างวงจรรอกำลังแอกทิฟ ขนาด 3 กิโลวัตต์ นั่นคือกระแสของวงจรรอกำลังแอกทิฟในแต่ละเฟสมีค่าประมาณ 4.5 แอมแปร์ ซึ่งพิกัดกระแสต้องมีค่าไม่น้อยกว่าสองเท่าของกระแสวงจรรอกำลังแอกทิฟ ส่วนแรงดันพิกัดของไอจีบีทีเลือกที่ค่าประมาณทำงานได้ที่สองเท่าของแรงดันบั๊สกระแสตรง จึงเลือกใช้ไอจีบีทีของบริษัทแฮร์ริส (Harris) เบอร์ HGTG30N60C3D ซึ่งมีพิกัดกระแส 30 แอมแปร์ พิกัดแรงดัน 600 โวลต์ และมีขายตามท้องตลาด

วงจรภาคกำลัง 3 เฟส ซึ่งใช้ไอจีบีทีเป็นสวิตช์กำลัง ต้องการไอจีบีทีทั้งหมด 12 ตัว และต้องใช้วงจรขับเคลื่อนเกต (Gate drive) ทั้งสิ้น 12 ชุด ซึ่งวงจรสำหรับหนึ่งชุดแสดงได้ดังรูปที่ 5.1 โดยมีการใช้งานตัวเชื่อมต่อผ่านแสง (Optocoupler) เบอร์ 6N137 ซึ่งมีคุณลักษณะดังภาพผนวก ง โดยไอจีบีทีแต่ละตัวจะมีไดโอดต่อขนานอยู่ระหว่างขาอิมิตเตอร์และคอลเลกเตอร์ เพื่อให้กระแสไหลได้ทั้งสองทิศทาง ไดโอดจะอยู่ภายในไอจีบีทีเบอร์ HGTG30N60C3D ซึ่งอักษรสุดท้ายสุดหมายถึงไอจีบีทีมีไดโอดต่อขนานอยู่ระหว่างขาอิมิตเตอร์และคอลเลกเตอร์

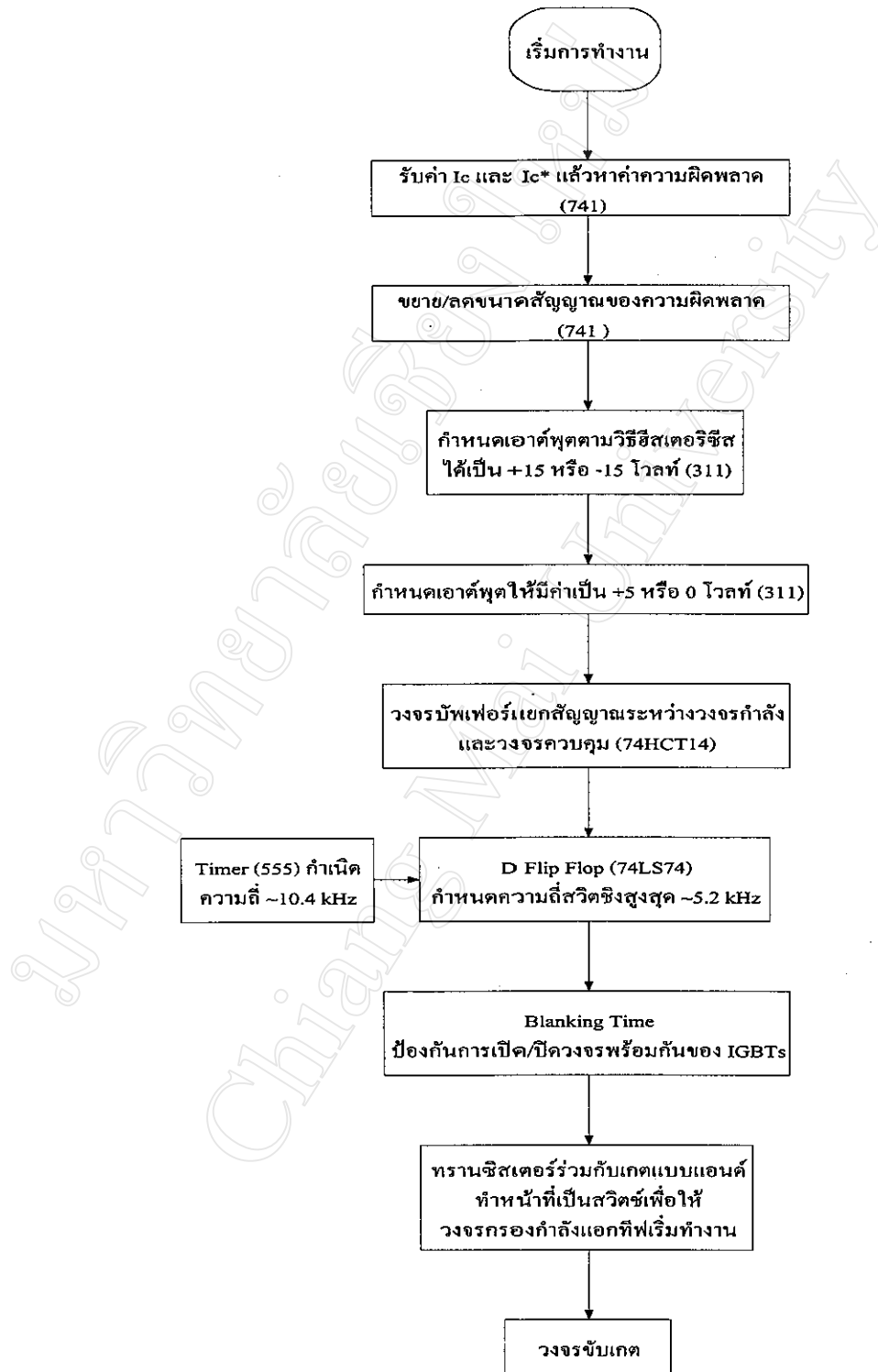


รูปที่ 5.1 วงจรขับขาเกต

สำหรับการควบคุมกระแสรีฟได้ใช้วงจรรวมเบอร์ LM311 สองตัว เป็นตัวกำหนดเงื่อนไขว่า จะให้ไอจีบีที่อยู่ในสถานะเปิดหรือปิดวงจร โดย LM311 ตัวแรกทำหน้าที่เป็นวงจรรีเซ็ตเตอร์ ซึ่ง เอาต์พุตมีค่าเป็น +15 โวลต์ หรือ -15 โวลต์ ส่วนตัวถัดมาทำหน้าที่เป็นวงจรถ่ายกลับเอาต์พุตให้มีความเป็น +5 โวลต์ หรือ 0 โวลต์ โดยวงจรสำหรับการควบคุมกระแสรีฟใช้สแตตเตอร์โดยรวมแสดงได้ดังรูปที่ 5.2 และผังแสดงการทำงานของวงจรควบคุมกระแสรีฟใช้สแตตเตอร์แสดงได้ตามรูปที่ 5.3

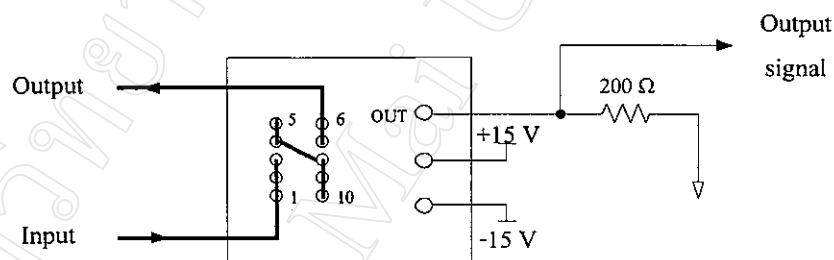


รูปที่ 5.2 วงจรควบคุมกระแสตัวรีเลย์อัตโนมัติ



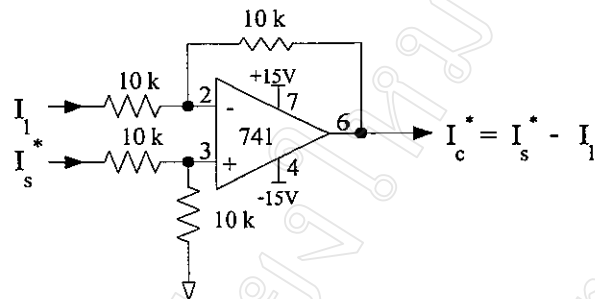
รูปที่ 5.3 แสดงการทำงานของวงจรควบคุมกระแสวิธีฮิสเทอรีซิส

จากรูป 5.2 I_c คือกระแสของวงจรรอกำลังแอกทีฟ โดยตรวจจับได้ด้วยการใช้ตัวตรวจจับกระแส (Current sensor) เบอร์ CLN-25 ของบริษัท F.W. Bell ซึ่งอาศัยหลักการทำงานของปรากฏการณ์ของฮอลล์ (Hall-effect) โดยมีคุณลักษณะดังภาคผนวก จ โดยวงจรต่อได้ดังรูปที่ 5.4 ซึ่งวิทยานิพนธ์นี้ใช้ตัวตรวจจับกระแสทั้งหมด 12 ตัวเพื่อวัดกระแสทั้ง 3 เฟส และสายกลาง ของกระแสโหลด กระแสของวงจรรอกำลังแอกทีฟ และกระแสของแหล่งกำเนิดกำลัง โดย Input ในรูปที่ 5.4 คือด้านอินพุตของกระแสที่ต้องการวัด ส่วน Output คือด้านเอาต์พุต และ Output signal คือสัญญาณแรงดันซึ่งกำเนิดสัญญาณตามอัตราส่วนของสัญญาณกระแสที่ผ่านตัวตรวจจับกระแสเอง โดยการเชื่อมต่อตามรูปที่ 5.4 นี้ เมื่อกระแสไหลผ่านตัวตรวจจับกระแส 1 แอมแปร์ จะได้แรงดัน Output signal เป็น 0.4 โวลต์ และสามารถวัดกระแสได้สูงสุด 12 แอมแปร์

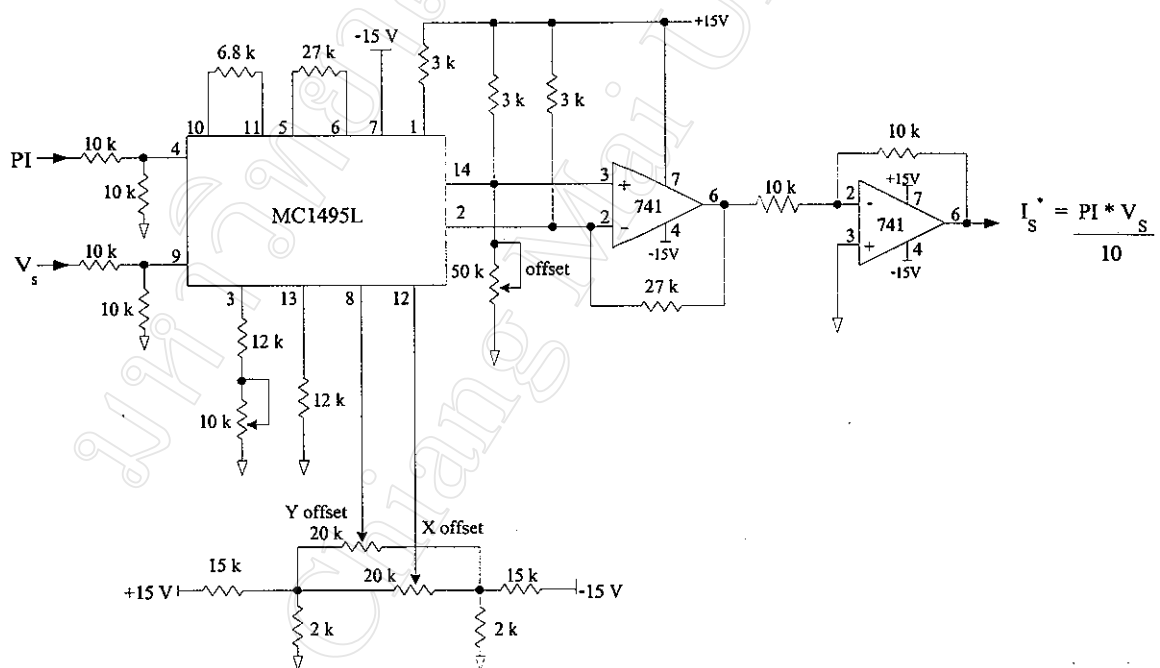


รูปที่ 5.4 วงจรตัวตรวจจับกระแส

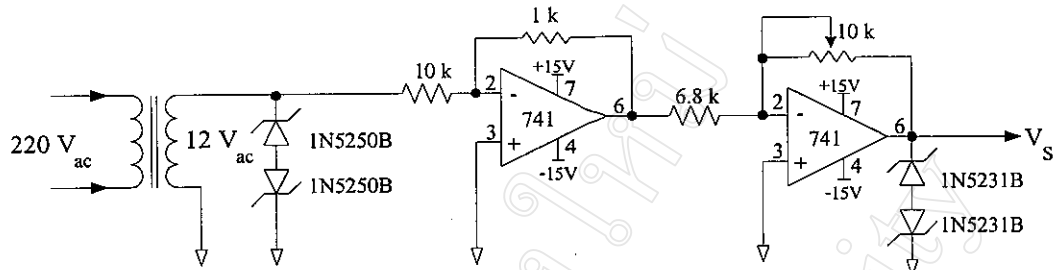
I_c ในรูปที่ 5.2 คือกระแสอ้างอิงของวงจรรอกำลังแอกทีฟ หาได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกระแสโหลด (I_L) กับกระแสอ้างอิงของแหล่งจ่าย (I_s) ซึ่งหาได้จากวงจรดังรูปที่ 5.5 ซึ่งกระแสอ้างอิงของแหล่งจ่ายได้มาจากการคูณด้วยวงจรในรูปที่ 5.6 ระหว่างแรงดันอ้างอิง (V_s) ตามวงจรในรูปที่ 5.7 กับเอาต์พุตของชุดควบคุมพีไอดังรูปที่ 5.8 ภาคอินพุตสำหรับชุดควบคุมพีไอคือค่าแรงดันบัสกระแสตรงซึ่งได้มาจากการคูณด้วยวงจรในรูปที่ 5.9 กับแรงดันอ้างอิงบัสกระแสตรงซึ่งคงที่เท่ากับ 2.7 โวลต์



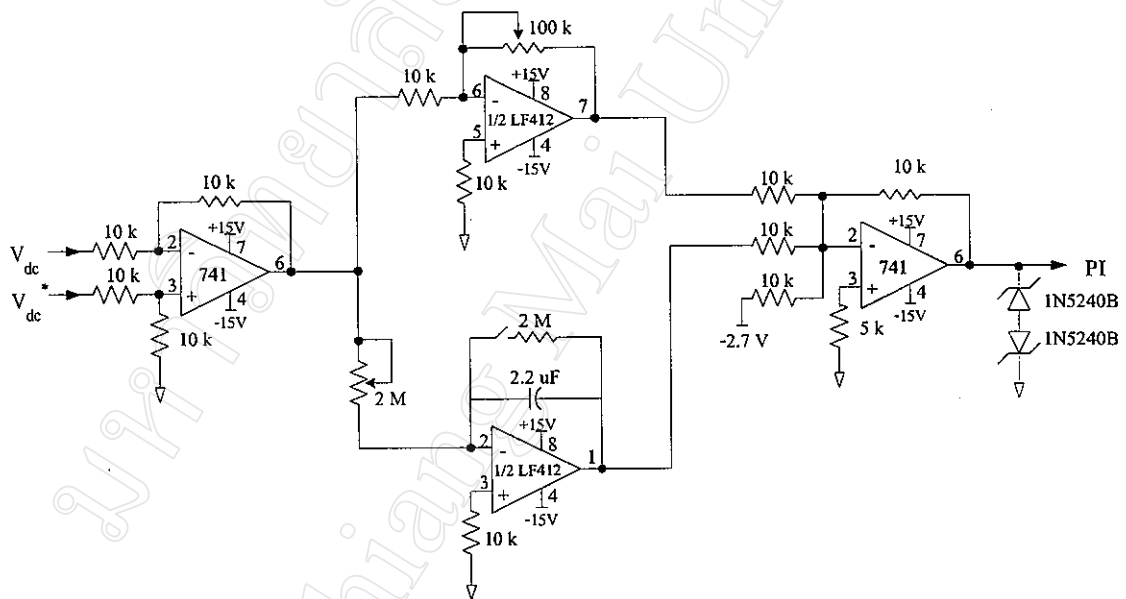
รูปที่ 5.5 วงจรเปรียบเทียบความแตกต่างของกระแส



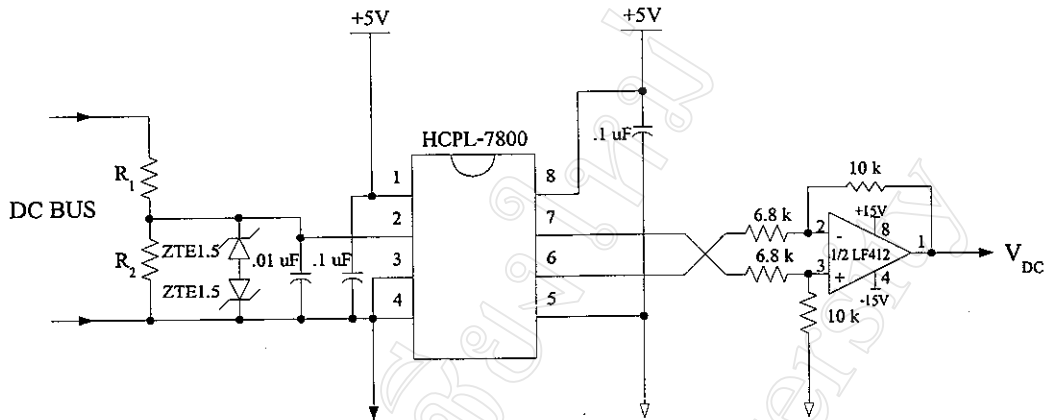
รูปที่ 5.6 วงจรตัวคูณ



รูปที่ 5.7 วงจรแรงดันอ้างอิง



รูปที่ 5.8 ชุดควบคุมพีไอ



รูปที่ 5.9 วงจรตรวจจับแรงดันบัลลิสต์กระแสดตรง

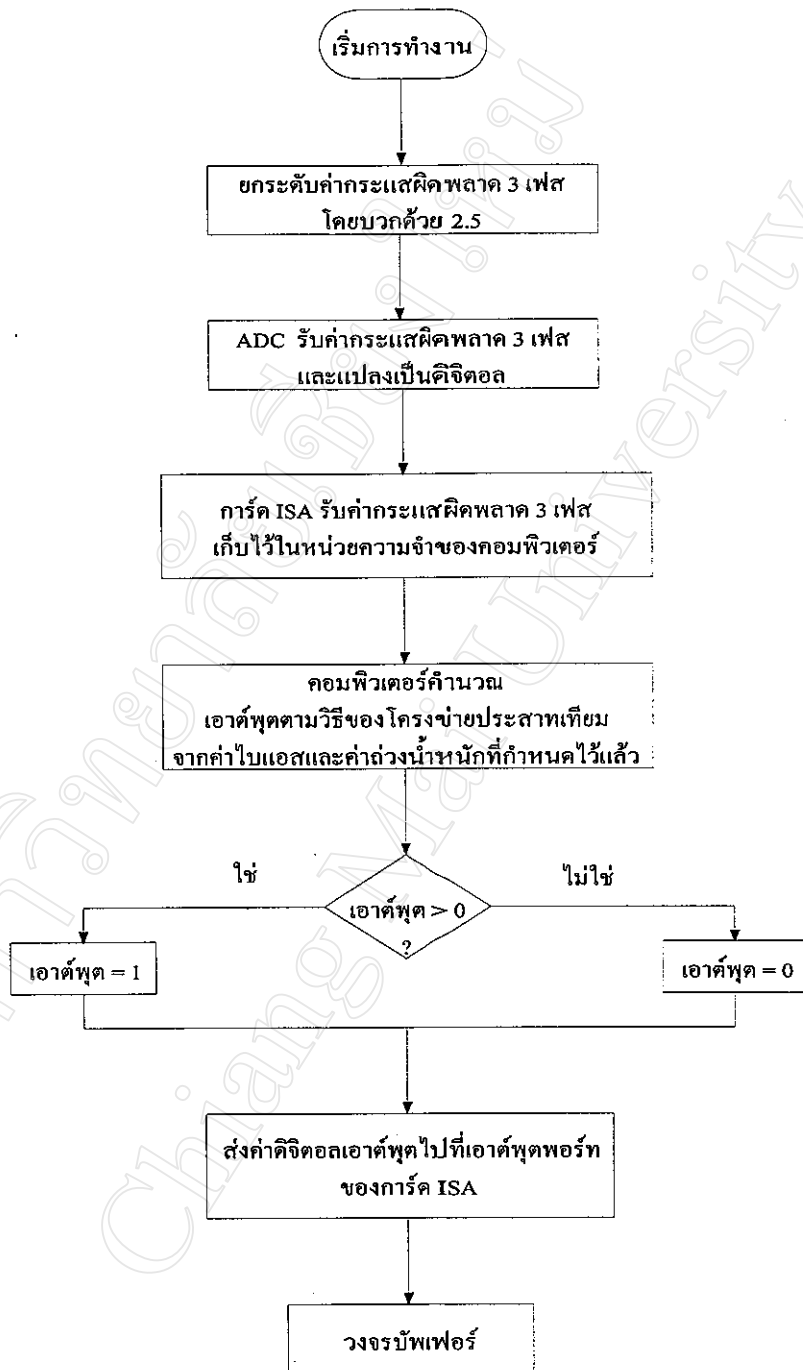
วงจรควบคุมในส่วนของแรงดันบัลลิสต์กระแสดตรงซึ่งใช้งานชุดควบคุมพีไอตามรูปที่ 5.8 นั้น วงจรรวม 741 ด้านซ้ายมือทำหน้าที่หาความผิดพลาดระหว่างแรงดันบัลลิสต์กระแสดตรง กับแรงดันอ้างอิงบัลลิสต์กระแสดตรงซึ่งคงที่ 2.7 โวลต์ ส่วนวงจรรวม 741 ด้านขวามือทำหน้าที่รวมค่าเอาต์พุตจากชุดควบคุมพีไอ และค่าคงที่ -2.7 โวลต์ (ใช้กรณีที่ค่าผิดพลาดเป็นศูนย์ จะได้เอาต์พุตเท่ากับ 2.7 โวลต์) โดยชุดควบคุมพีไอใช้วงจรรวมเบอร์ LF412 ซึ่งรูปแบบคือชุดควบคุมพีไอ รูปล่างคือชุดควบคุมไอ ต่อขนานกันอยู่ ซึ่งการทำงานของวงจรสามารถยกตัวอย่างได้เช่น กรณีแรงดันเฟสของระบบ 220 โวลต์ ซึ่งแรงดันบัลลิสต์กระแสดตรงจะต้องมีค่าน้อย $\sqrt{2} \times V_{rms}$ คือ 315 โวลต์ เมื่อแรงดันบัลลิสต์กระแสดตรงมีค่า 315 โวลต์ ซึ่งหมายความว่าแรงดันบัลลิสต์กระแสดตรงมีค่าตามที่ต้องการแล้ว ตัวต้านทาน R_1 และ R_2 ในรูปที่ 5.9 จะแบ่งแรงดัน 200 มิลลิโวลต์ เข้าวงจรรวมเบอร์ HCPL-7800 ซึ่งเป็นวงจรขยายสำหรับแยกโดด (Isolation amplifier) โดยมีคุณลักษณะดังภาคผนวก จ เพื่อแยกสัญญาณระหว่างภาควงจรกำลังกับภาควงจรควบคุมออกจากกัน เพื่อป้องกันความเสียหายอันอาจเกิดขึ้นกับภาคควบคุม แล้ว LF412 จะขยายสัญญาณให้มีขนาด 2.7 โวลต์ หมายความว่าแรงดันผิดพลาดภาคอินพุตของชุดควบคุมพีไอเป็นศูนย์ ดังนั้นกรณีนี้ชุดควบคุมพีไอจะไม่ทำการปรับค่าเอาต์พุตแต่อย่างใด โดยจะคงสถานะเดิมไว้ ถ้าหากแรงดันบัลลิสต์กระแสดตรงมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า 315 โวลต์ ภาคเอาต์พุตของ LF412 จะมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า 2.7 โวลต์ตามลำดับ นั่นก็จะมีค่าผิดพลาดเพื่อเป็นภาคอินพุตสำหรับชุดควบคุมพีไอ ซึ่งชุดควบคุมพีไอจะพยายามปรับค่าเอาต์พุตเพื่อรักษาระดับแรงดันบัลลิสต์กระแสดตรงมีค่า 315 โวลต์

5.3 การออกแบบวงจรควบคุมสำหรับวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

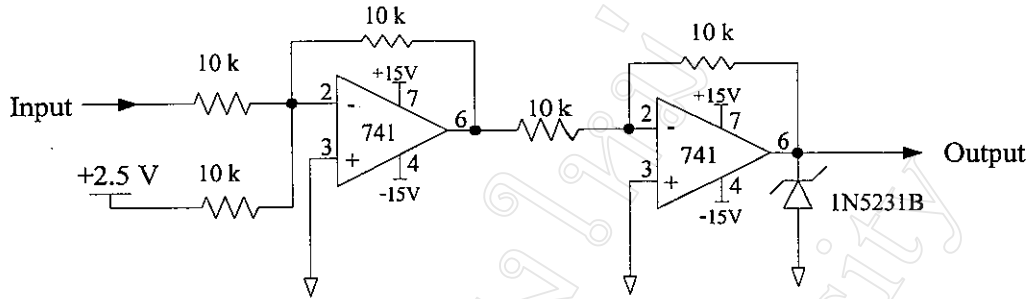
โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับวิทยานิพนธ์นี้มีขนาด 3 ชั้น ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งภาคอินพุตจะต้องรับสัญญาณซึ่งเป็นดิจิทัลของค่ากระแสผิดพลาดระหว่างกระแสของวงจรรอกำลังแอกทีฟ (I_c) กับกระแสอ้างอิงของวงจรรอกำลังแอกทีฟ (I_c^*) ดังนั้นจึงต้องมีการแปลงสัญญาณดังกล่าวซึ่งเป็นสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลโดยใช้เครื่องแปลงผันแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (ADC, Analog to digital converter) ก่อนนำไปเป็นอินพุตให้โครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งการแปลงสัญญาณนี้เลือกใช้เครื่องแปลงผันแอนะล็อกเป็นดิจิทัลเบอร์ ADC0820 ขนาด 8 บิต ซึ่งมีคุณลักษณะดังภาคผนวก ข

ภาคฮาร์ดแวร์สำหรับโครงข่ายประสาทเทียมนั้นเลือกใช้การ์ด ISA ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นโดยภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งมีรายละเอียดตามภาคผนวก ข ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ โดยการทำงานภาคฮาร์ดแวร์สำหรับโครงข่ายประสาทเทียมแสดงได้ด้วยผังตามรูปที่ 5.10 ซึ่งหลังจากวงจรบัฟเฟอร์แล้ววงจรส่วนอื่นจะเหมือนวิธีฮิสเตอร์ซิส

จากรูปที่ 5.10 เนื่องจากค่ากระแสผิดพลาดจะมีค่าทั้งบวกและลบ แต่เครื่องแปลงผันแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่เลือกใช้นั้น ใช้งานได้เฉพาะอินพุตซึ่งเป็นค่าบวกเท่านั้น ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องแปลงผันแอนะล็อกเป็นดิจิทัลและทำให้เครื่องแปลงผันแอนะล็อกเป็นดิจิทัลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นก่อนภาคอินพุตของเครื่องแปลงผันแอนะล็อกเป็นดิจิทัล จะต้องมีการยกระดับสัญญาณที่มีทั้งค่าบวกและลบให้เป็นค่าบวกทั้งหมดเสียก่อนโดยการบวกด้วยค่าคงที่ 2.5 นอกจากนี้จะต้องป้องกันไม่ให้เอาต์พุตของวงจรยกระดับสัญญาณมีค่ามากกว่า 5 โวลต์ ซึ่งคือค่าอินพุตที่เครื่องแปลงผันแอนะล็อกเป็นดิจิทัลทำงานได้ จึงใช้ซีเนอร์ไดโอดพิกัด 5.1 โวลต์ ต่อในวงจรดังรูปที่ 5.11 ซึ่งหลังจากแปลงเป็นค่าดิจิทัลซึ่งมีทั้งสิ้น 256 ระดับแล้ว เมื่ออินพุตคือ 0 โวลต์ จะได้เอาต์พุตคือ 128 (ประมาณ 2.5 โวลต์ ซึ่งเป็นค่าที่ยกระดับสัญญาณก่อนเข้าเครื่องแปลงผันแอนะล็อกเป็นดิจิทัล) ถ้าอินพุตคือ 2.5 โวลต์ จะได้เอาต์พุตคือ 255 จากนั้นจึงทำการลบค่าที่รับเข้ามาได้ที่คอมพิวเตอร์ด้วยค่า 128 เพื่อให้ค่าที่ได้ถูกต้องตามค่ากระแสผิดพลาด และหารด้วย 51 เนื่องจากถ้ากระแสผิดพลาดคือ 5 โวลต์ จะได้ผลการแปลงเป็นดิจิทัลเท่ากับ 255 ซึ่งไม่ใช่ค่ากระแสผิดพลาดที่แท้จริง ซึ่งหลังจากหารด้วย 51 แล้วจะได้ค่ากระแสผิดพลาดเป็น 5 โวลต์ ซึ่งเป็นค่าที่ถูกต้อง



รูปที่ 5.10 ฟังแสดงการทำงานภาคฮาร์ดแวร์สำหรับโครงข่ายประสาทเทียม



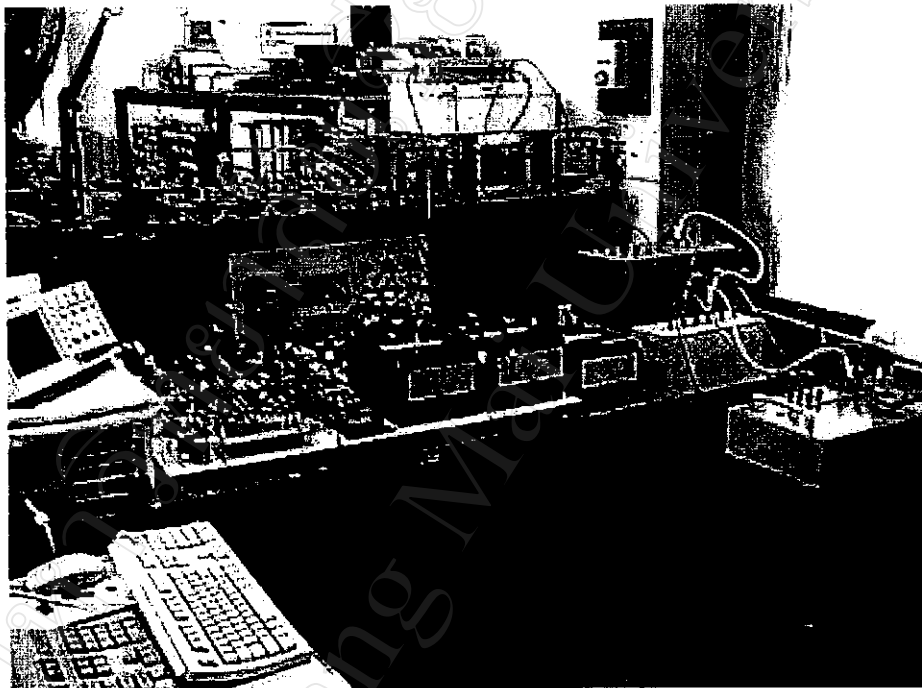
รูปที่ 5.11 วงจรยกระดับสัญญาณ

ในการรับค่ากระแสพิศพลาดนั้นจะต้องต่อเครื่องแปลงผันแอนะล็อกเป็นดิจิตอลทั้งสี่ตามตัวสำหรับค่ากระแสพิศพลาดทั้งสามเฟสเข้าที่การ์ด ISA เพื่อใช้ในการแปลงสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล โดยต้องกำหนดค่าแอดเดรสให้เครื่องแปลงผันแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแต่ละตัว เพื่อใช้รับค่ากระแสพิศพลาดของแต่ละเฟส โดยรับค่าที่ละเฟส แล้วทำการแปลงค่าให้เป็นดิจิตอลและเก็บค่าไว้ จากนั้นส่งค่าที่แปลงได้ทั้งสามเฟสผ่านการ์ด ISA เข้าไปยังคอมพิวเตอร์ตามค่าแอดเดรสที่กำหนดไว้ เพื่อใช้ในการคำนวณค่าเอาต์พุตตามวิธีของโครงข่ายประสาทเทียมต่อไป โดยโปรแกรมควบคุมการทำงานนั้นเลือกใช้ภาษาซีเนื่องจากเขียนได้ง่ายและใช้เวลาในการประมวลผลไม่มากนัก ซึ่งได้แสดงโปรแกรมภาษาซีเพื่อทำหน้าที่เป็นโครงข่ายประสาทเทียมไว้ในภาคผนวก ค

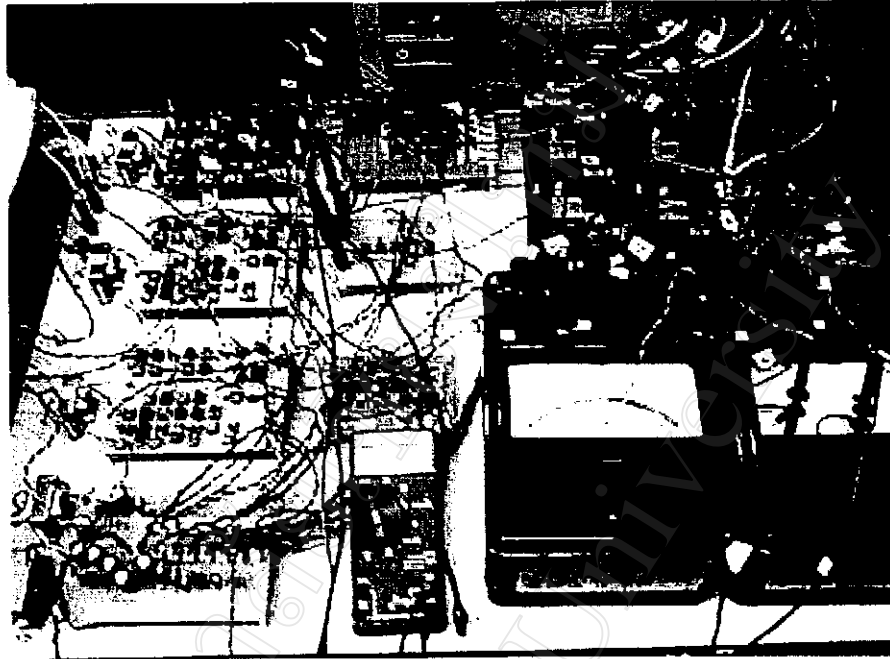
จากโปรแกรมฝึกโครงข่ายประสาทเทียม ในภาคผนวก ก จะได้ค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสซึ่งมีค่าเป็นเลขทศนิยม แต่เพื่อให้โปรแกรมทำงานได้รวดเร็วขึ้นในโปรแกรมภาษาซีจึงเปลี่ยนค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสที่เป็นเลขทศนิยมให้เป็นจำนวนเต็มเสียก่อน โดยนำค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสที่ได้จากการฝึกมาคูณด้วย 100 แล้วปัดเศษทิ้ง นอกจากนี้ค่ากระแสพิศพลาดหลังจากหารด้วย 51 จะมีค่าเป็นเลขทศนิยม ในโปรแกรมภาษาซีจึงได้เปลี่ยนเป็นค่าจำนวนเต็มก่อนเช่นกัน จากนั้นทดลองจำลองการทำงานโดยใช้คอมพิวเตอร์ว่าค่าถ่วงน้ำหนัก ค่าไบแอส และค่ากระแสพิศพลาดที่เปลี่ยนแปลงไปนั้น วงจรรอกำลังแอกทีฟสามารถทำงานได้หรือไม่ ซึ่งพบว่าค่าถ่วงน้ำหนัก ค่าไบแอส และค่ากระแสพิศพลาดนี้สามารถใช้งานกับวงจรรอกำลังแอกทีฟได้ จากนั้นจึงคำนวณตามกรรมวิธีของโครงข่ายประสาทเทียมต่อไป เมื่อได้ค่าเอาต์พุตแล้วจึงทำการเปรียบเทียบกับ 1 ว่ามากกว่าหรือไม่ โดยจะกำหนดให้มีค่าเป็น 0 หากน้อยกว่า 1 หรือกำหนดให้เป็น 1 หากมากกว่า 1 ตามทฤษฎีของโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อส่งค่าดิจิตอลเอาต์พุตผ่านการ์ด ISA แล้วส่งไปที่วงจรบัฟเฟอร์เพื่อต่อไปยังวงจรการแปลงกัวเวลา (Blanking time) เหมือนกับวิธีฮิสเตอร์ซิสต่อไป

5.4 การจัดชุดทดลองการทำงานของวงจรรอกำลังแอกทีฟ

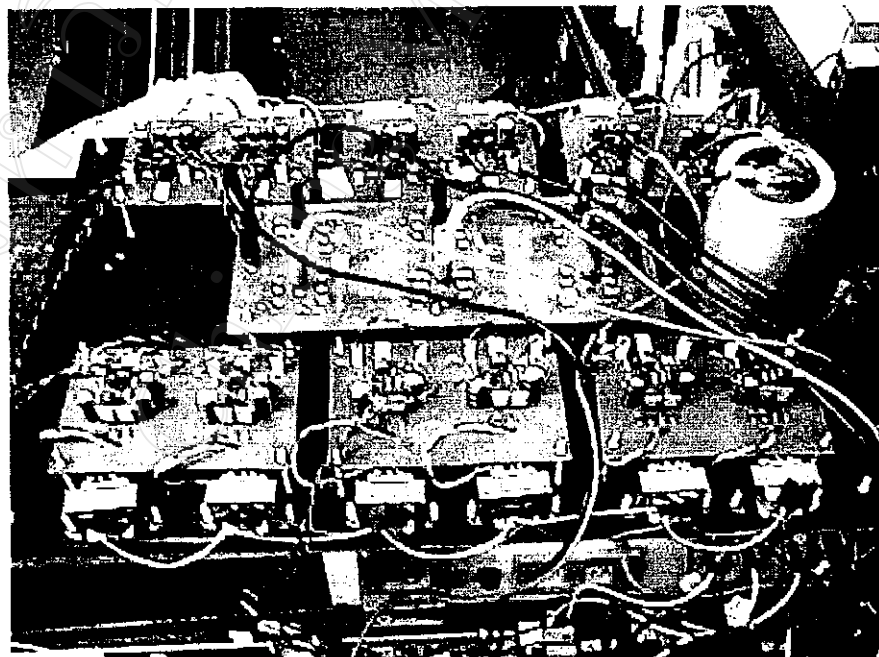
เมื่อได้ออกแบบวงจรครบทุกส่วนแล้ว จึงทำการสร้างวงจรในแต่ละส่วนแล้วนำมาประกอบรวมเข้าด้วยกันได้เป็นวงจรโดยรวมดังรูปที่ 5.12 ส่วนรูปที่ 5.13 คือรูปวงจรควบคุมวิธีซีสเตอร์ชีสและวิธีโครงข่ายประสาทเทียม รูปที่ 5.14 คือรูปวงจรจับขาเกต ไอจีบีที และตัวเก็บประจุสำหรับบัลลิสต์เรสตรง



รูปที่ 5.12 การจัดชุดทดลอง



รูปที่ 5.13 ชุดวงจรควบคุมวิธีฮิสเตอร์ซิสและวิธีโครงข่ายประสาทเทียม



รูปที่ 5.14 ชุดวงจรจับขาเกต ไอจีบีที และตัวเก็บประจุสำหรับบัคกระแสตรง