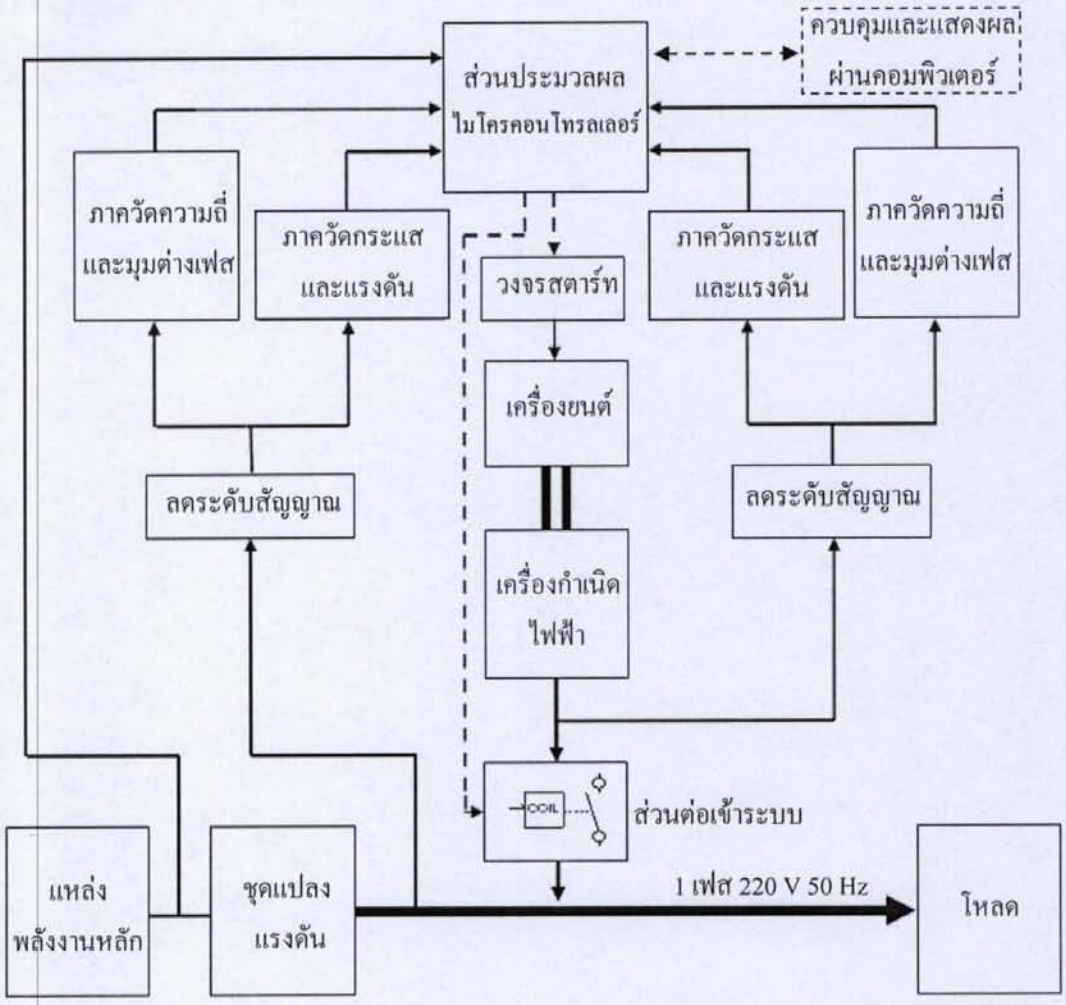
บทที่ 3

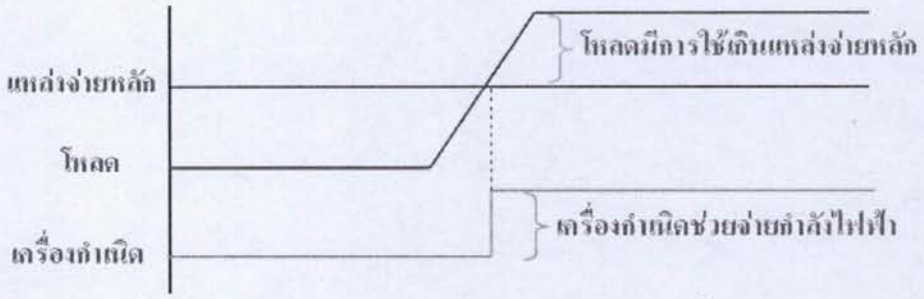
การออกแบบระบบควบคุม

3.1 การออกแบบวงจรควบคุม

การออกแบบและวิธีการดำเนินการนั้นสามารถอธิบายได้ดังแผนภูมิการสร้างชุดควบคุมการจ่ายเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงแผนผังการดำเนินการดังรูป



รูปที่ 3.1 แผนผังระบบควบคุม



รูปที่ 3.2 กราฟการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของแหล่งจ่ายทั้ง 2 แหล่ง

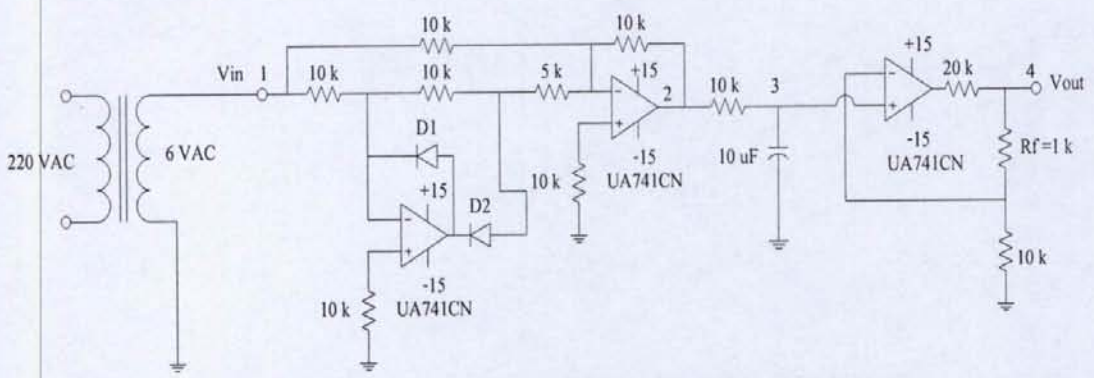
จากรูปที่ 3.1 และ 3.2 แสดงผังการควบคุมโดยสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานของรูปได้ดังต่อไปนี้

1) กรณีที่ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการของโหลด
   - ระบบก็จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดได้ตามปกติ
2) กรณีที่ระบบจ่ายพลังไฟฟ้าได้ไม่เพียงต่อความต้องการของโหลด (โหลดเพิ่มขึ้น)
   - ตรวจสอบสภาวะของโหลดแล้ว ปรากฏว่ามีโหลดเพิ่มขึ้นระบบไม่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของโหลด
   - ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้เครื่องยนต์ดีเซลเดินเครื่องขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้จ่ายพลังงานไฟฟ้าออกมา
   - ตรวจสอบว่าเครื่องยนต์ดีเซลเดินเครื่องแล้วหรือยัง ถ้าเครื่องยนต์ดีเซลยังไม่เดินเครื่องส่งสัญญาณไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้สตาร์ทเครื่องยนต์ดีเซลอีกครั้ง
   - ตรวจสอบเงื่อนไขในการขนานทั้ง 3 เงื่อนไข คือ ขนาดแรงดัน ความถี่ และมุมเฟสของแหล่งพลังงานหลักและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
   - ถ้าเงื่อนไขในการขนานยังไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้ชุดควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานปรับเปลี่ยนค่าพลังงานไฟฟ้าให้ได้ตามเงื่อนไข
   - ถ้าเงื่อนไขการขนานเป็นไปตามข้อกำหนดการขนานแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้รีเลย์สับสวิตช์ต่อวงจรขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับระบบ เพื่อจ่ายพลังงานให้กับโหลดไปพร้อมกัน
3) กรณีที่ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการของโหลดอีกครั้ง(โหลดลดลง)
   - ตรวจเช็คสภาวะความต้องการของโหลดแล้ว มีพลังไฟฟ้าเพียงพอต่อความต้องของโหลด
   - ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้เครื่องยนต์ดีเซลหยุดเดินเครื่องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดจ่ายพลังงานไฟฟ้า
   - ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดเพียงแหล่งจ่ายเดียวตามปกติ
4) ที่คอมพิวเตอร์มีหน้าที่การทำงานดังนี้
   - สั่งการให้ระบบทำงาน
   - แสดงสถานะของระบบ ได้แก่ สถานะการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สถานะการเชื่อมต่อเข้าระบบไฟฟ้า
   - แสดงค่าของ กระแส แรงดัน ความถี่ กำลังไฟฟ้า และตัวประกอบกำลัง ของทั้ง 2 แหล่งจ่าย

3.2 การวัดขนาดของแรงดัน

การวัดขนาดของแรงดันจะแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ แบบที่ต้องแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และแบบที่ใช้สัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับที่ถูกยกระดับสัญญาณขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การวัดขนาดแรงดันจากแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิผล (rms) กับค่าเฉลี่ยของสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ ถ้าทราบค่าเฉลี่ยของสัญญาณก็สามารถคำนวณหาค่า rms ได้ โดยการแปลงสัญญาณ ไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรงโดยผ่านวงจรเรียงกระแส (Rectifier) แต่สัญญาณจะต้องเป็นแบบ Sine เท่านั้น จึงจะทำให้การคำนวณถูกต้อง



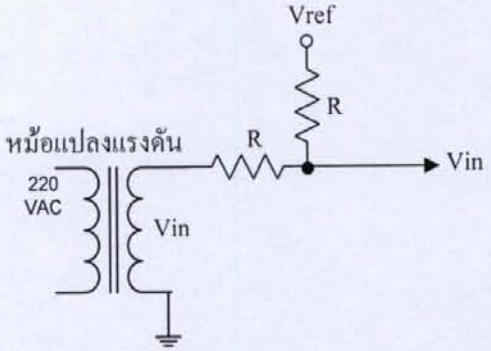
รูปที่ 3.3 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

การทำงานเริ่มจากการลดระดับแรงดันโดยใช้หม้อแปลงแรงดันหรืออาจจะใช้ความต้านทานที่ต่อแบบแบ่งแรงดันก็ได้ จากนั้นแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงโดยผ่านวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นโดยใช้ไดโอดต่อร่วมกับออปแอมป์ ส่วนสาเหตุที่ไม่ใช้ไดโอดต่อแบบบริดจ์เพราะที่ระดับแรงดันต่ำไดโอดไม่นำกระแสทำให้แรงดันที่ได้ไม่เป็นเชิงเส้น รูปคลื่นที่ผ่านวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นจะมีเฉพาะซีกบวกจากนั้นต่อตัวเก็บประจุเพื่อกรองให้สัญญาณเรียบเป็นเส้นตรง เพื่อส่งให้เป็นแรงดันอินพุตให้กับส่วนแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลของไมโครคอนโทรลเลอร์ คำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตหาได้จาก

$$Vout = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} Vin$$

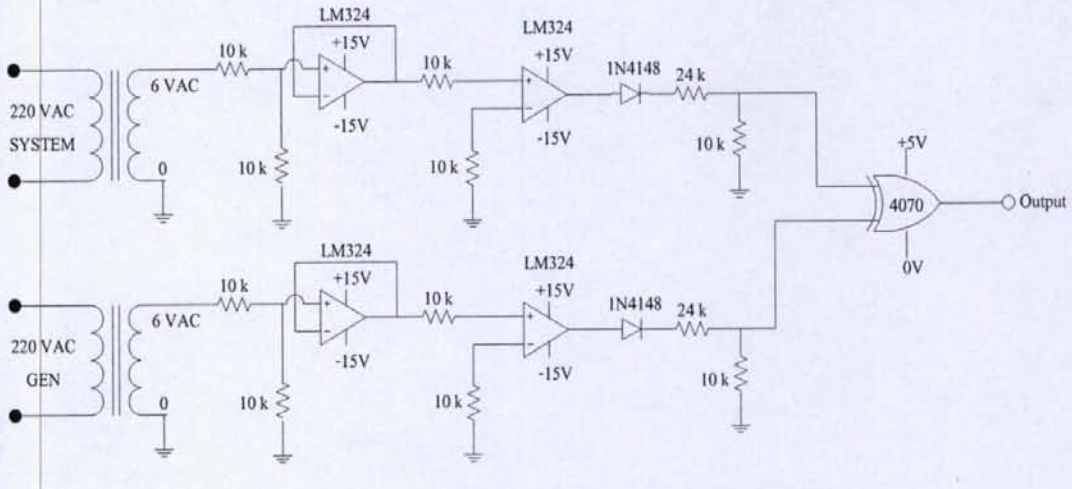
3.2.2 การวัดขนาดแรงดันจากการยกระดับสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ แบบนี้จะใช้การสุ่มข้อมูลในหนึ่งรอบสัญญาณและเนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณแบบบวกอย่างเดียว จึงต้องยกระดับสัญญาณขึ้นโดยต่อวงจรความต้านทานแสดงตามรูปที่ 3.4 ซึ่งเหมาะกับรูปสัญญาณที่ทราบค่าความถี่และจะได้ค่า rms ของสัญญาณที่ถูกต้อง

สัญญาณเอาต์พุตหาค่าได้จาก $V_{out} = (V_{in} + V_{ref})/2$



รูปที่ 3.4 การยกระดับสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ

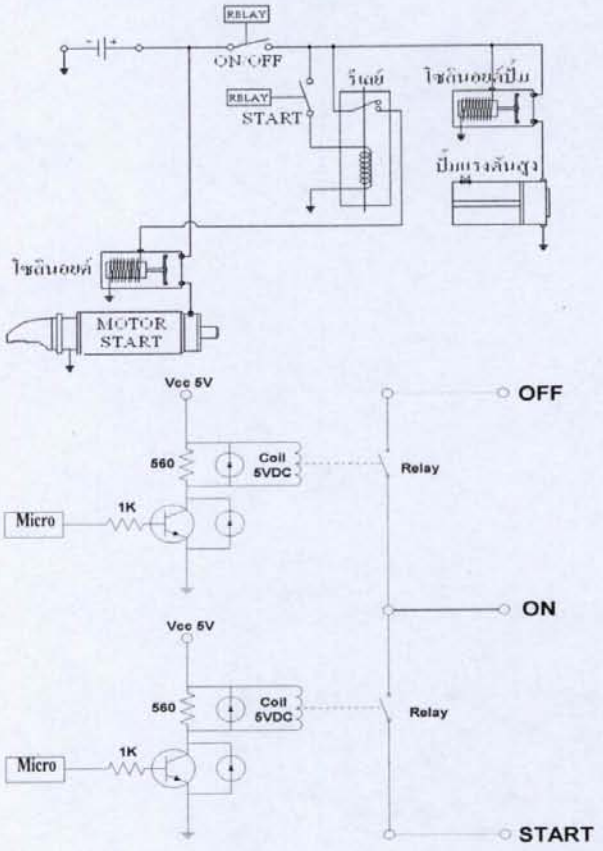
3.3 วงจรเปรียบเทียบมุมเฟสและความถี่



รูปที่ 3.5 วงจรเปรียบเทียบมุมเฟสและความถี่

จากวงจรในรูปที่ 3.5 นำสัญญาณที่ได้จากหม้อแปลงนำเข้าวงจรเปรียบเทียบเพื่อเปลี่ยนแปลงจากสัญญาณรูปซายน์ให้สัญญาณรูปสี่เหลี่ยม สัญญาณในช่วงลบจะถูกกั้นด้วยไดโอด จากนั้นนำค่าสัญญาณที่ได้ส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อคำนวณหาความกว้างของสัญญาณแล้วจึงคำนวณเป็นความความถี่โดยทำทั้งสองสัญญาณ ส่วนการหาค่ามุมต่างเฟสของสัญญาณหาจากการนำสัญญาณสี่เหลี่ยมมาเปรียบเทียบกันโดยใช้ลอจิกเกตชนิดเอ็กคลูซีฟออร์(Exclusive OR, XOR) ซึ่งถ้าเฟสตรงกันสัญญาณเอาต์พุตของ XOR จะออกเป็น “ ศูนย์ ” แต่ถ้าเฟสเลื่อนหรือไม่ตรงกันสัญญาณเอาต์พุตจะเป็น “ หนึ่ง ” โดยนำสัญญาณจาก XOR เข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อคำนวณหาค่าเวลาที่เป็นลอจิกหนึ่ง ก็จะได้จะถึงความต่างเฟสกันของสัญญาณทั้งสอง

3.4 วงจรการสตาร์ทและหยุดเดินเครื่องยนต์ดีเซล

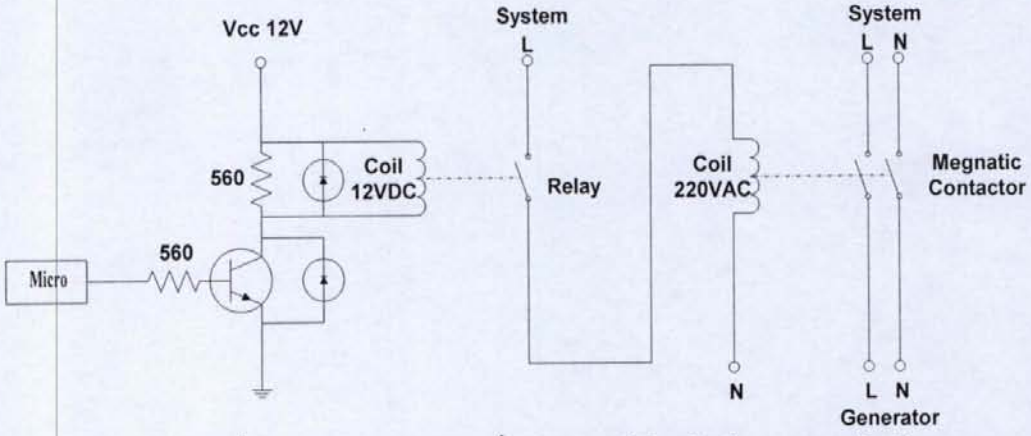


รูปที่ 3.6วงจรการสตาร์ทและหยุดเดินเครื่องยนต์ดีเซล

จากวงจรการสตาร์ทและหยุดเดินเครื่องยนต์ดีเซลแบบอัตโนมัตินั้น จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงาน โดยควบคุมที่ สวิตช์ START และสวิตช์ ON / OFF การทำงานของวงจรเริ่มจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้สวิตช์ ON / OFF ต่อวงจรเพื่อจ่ายไฟให้กับโซลินอยด์ปั๊มเพื่อเปิดปั๊มความดันสูงสำหรับจ่ายน้ำมันให้กับเครื่องยนต์ดีเซล และยังจ่ายไฟไปรอที่สวิตช์ START และเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้สวิตช์ START ทำงานต่อวงจร กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ผ่านสวิตช์ ON / OFF ผ่านสวิตช์ SART เข้าไปยังขดลวดรีเลย์ทำให้แท่งแม่เหล็กที่ขดลวดพันอยู่เกิดอำนาจแม่เหล็กก็จะดูดหน้าสัมผัสให้ต่อกัน ไฟจากแบตเตอรี่ที่มารออยู่ที่หน้าสัมผัสรีเลย์ก็จะต่อวงจร ไฟก็จะไหลผ่านหน้าสัมผัสของรีเลย์เข้าขดลวดแม่เหล็กโซลีนอยด์ ทำให้สวิตช์แม่เหล็กโซลีนอยด์ทำงาน หน้าสัมผัสของสวิตช์แม่เหล็กโซลีนอยด์ก็จะต่อวงจรจ่ายไฟไปยังมอเตอร์สตาร์ทช่วยในการเดินเครื่องยนต์ โดยตรวจสอบการทำงานของเครื่องยนต์ด้วยการตรวจสอบแรงดัน ถ้ายังไม่มีแรงดันก็จะสั่งให้สตาร์ทเครื่องยนต์อีกครั้ง ส่วนในการหยุดการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลนั้นสามารถทำได้โดยสั่งให้สวิตช์ ON / OFF จากออกตัดการทำงานของโซลีนอยด์ปั๊ม ทำให้ปั๊มหยุดจ่ายน้ำมันก็จะสามารถหยุดเดินเครื่องได้

3.5 การควบคุมการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าระบบไฟฟ้า

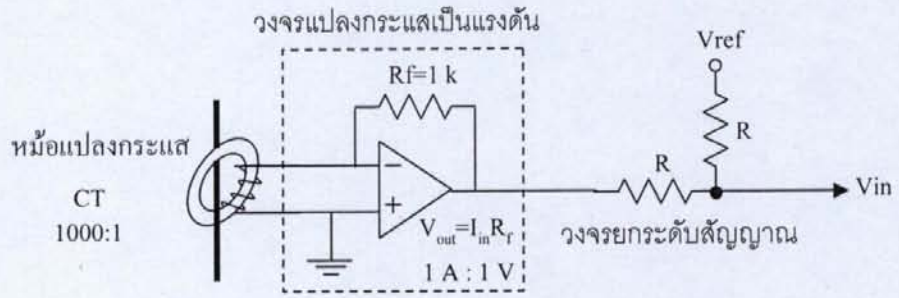
การควบคุมการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าระบบไฟฟ้าใช้การสั่งการผ่านรีเลย์โดยรับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อมาสั่ง ทรานซิสเตอร์ให้ทำงาน ซึ่งหน้าสัมผัสของรีเลย์จะไปควบคุมการทำงานแมคเนติกส์คอนเทคเตอร์ ซึ่งทนกระแสได้ตามพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 3.7 วงจรต่อขนานเครื่องกำเนิดเข้าไฟฟ้าเข้ากับระบบไฟฟ้า

3.6 วงจรวัดกำลังไฟฟ้า

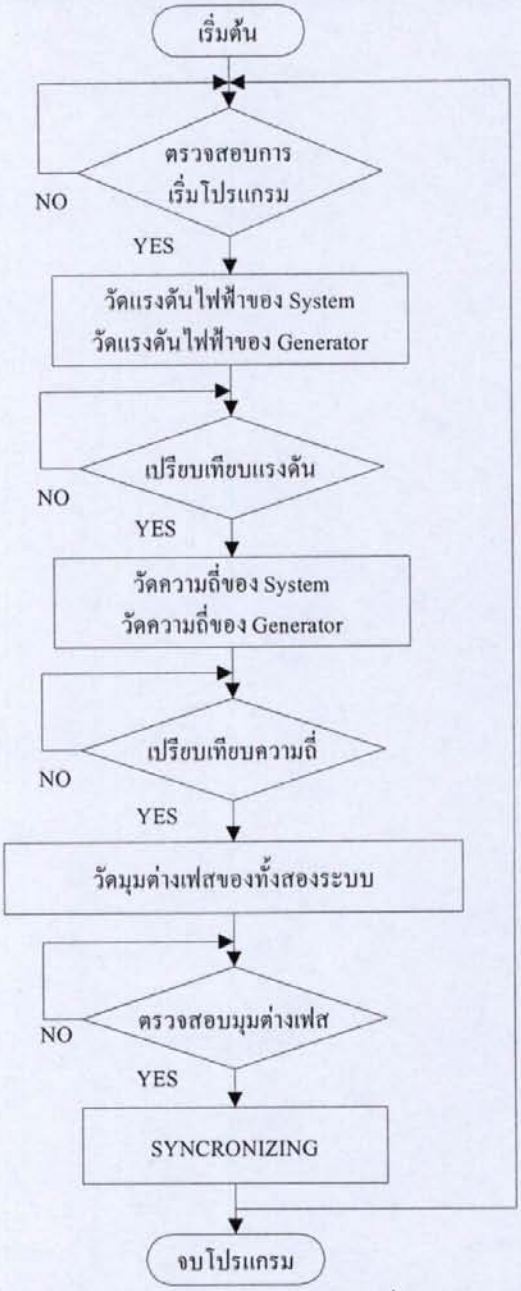
การวัดกำลังไฟฟ้าจะต้องวัดค่ากระแสและแรงดัน โดยค่าแรงดันใช้สัญญาณเดียวกับที่ใช้ตรวจสอบการต่อเข้าระบบ ส่วนกระแสต้องมีการต่อหม้อแปลงกระแสแล้วส่งเข้าวงจรแปลงกระแสเป็นแรงดันตามรูปที่ 3.8 การคำนวณค่าตัวประกอบกำลังหาได้จากมุมต่างเฟสเช่นเดียวการหาค่ามุมต่างเฟสของแรงดันที่แหล่งพลังงานหลักกับแรงดันที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 3.8 วงจรแปลงกระแสเป็นแรงดัน

3.7 การเขียนโปรแกรมควบคุม

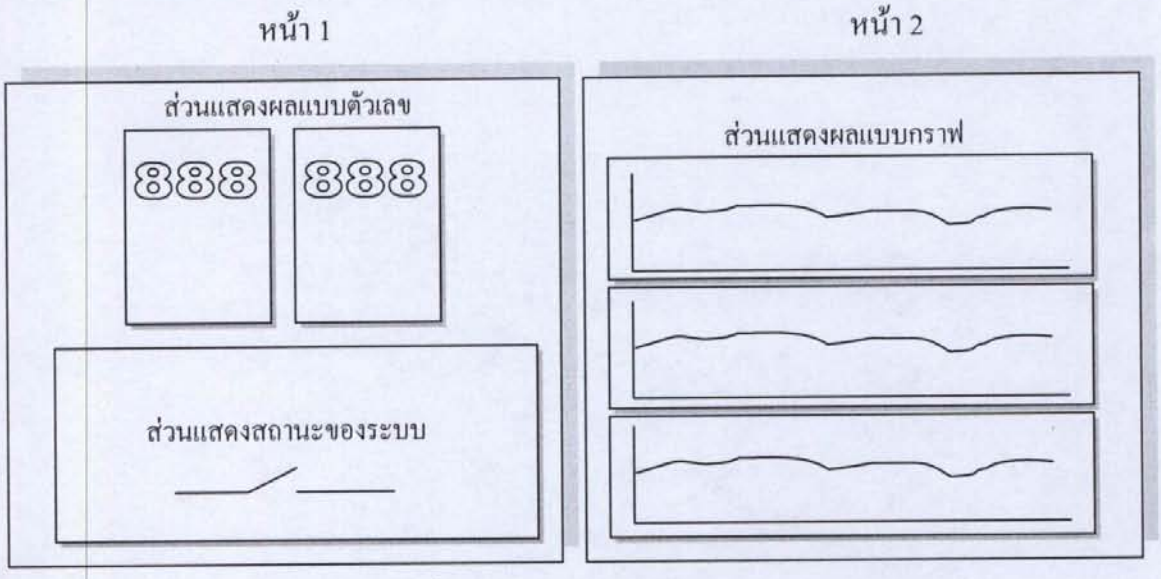
ขั้นตอนการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องยนต์ไบโอดีเซลเข้าระบบแบบอัตโนมัติแสดงการทำงานตามผังงาน(Flowchart) ดังรูปที่ 3.9 เมื่อระบบมีพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการของโหลด (กรณีที่โหลดเพิ่มขึ้น) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะตรวจพบความผิดปกตินี้จากพลังงานหลักก่อนเข้าอินเวอร์เตอร์ และจะส่งสัญญาณไปสั่งวงจรสตาร์ทให้สตาร์ทเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องยนต์ดีเซลให้เดินเครื่องเพื่อรอการสับขนานเข้ากับระบบ และไมโครคอนโทรลเลอร์จะตรวจสอบเงื่อนไขในการขนาน คือ แรงดันไฟฟ้า ความถี่ มุมเฟส ของระบบที่จะขนานเข้าไปกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องยนต์ดีเซล และเมื่อตราจสอบตรงตามเงื่อนไข ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ Magnetic Contactor ต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าระบบเพื่อช่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการของโหลด



รูปที่ 3.9 แผนผังโปรแกรมการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.8 การออกแบบส่วนแสดงผล

การแสดงผลจะเขียนโดยใช้โปแกรมวิชวลเบสิก 6 ซึ่งแบ่งส่วนประกอบของการแสดงผลเป็น 3 ส่วน คือส่วนแสดงสถานะการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ส่วนแสดงค่าทางไฟฟ้าแบบตัวเลข และส่วนแสดงค่าแบบกราฟ โดยมีตัวอย่างตามรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ส่วนประกอบการแสดงผล