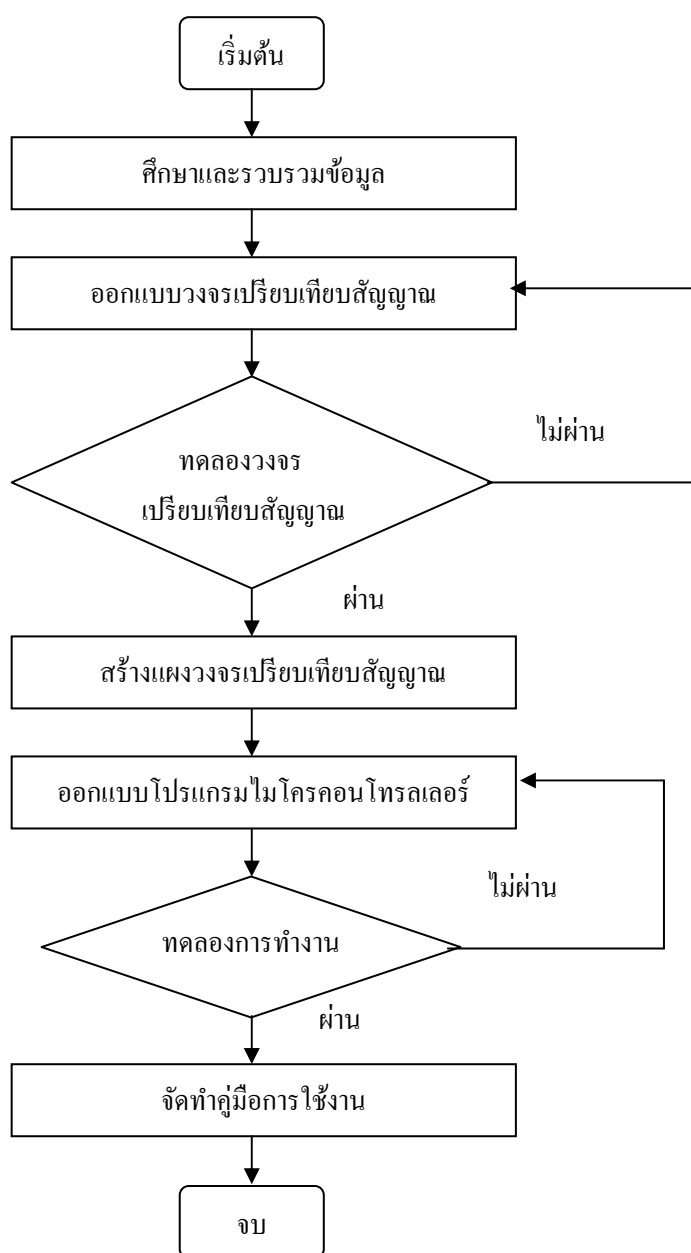


### บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์คุณสมบัติการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ต้องอาศัยการทำงานที่มีขั้นตอน มีความรอบคอบ และรวบรวมข้อมูลในส่วนของเงื่อนไขในการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างวงจรประมวลผล ให้เข้ากับเงื่อนไขดังกล่าว ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานสามารถอธิบายได้ตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

### 3.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

#### 3.1.1 ทฤษฎีการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส

ซึ่งได้ดำเนินการศึกษาข้อมูลในหัวข้อดังต่อไปนี้

##### 3.1.1.1 วิธีการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส

- ก) การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้หลอดไฟ
- ข) การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยชิงโครสโคป

##### 3.1.1.2 กระแส แรงเคลื่อน และกำลังไฟฟ้าจากการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

- ก) การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสองตัวเข้าด้วยกันโดยไม่มีโหลดต่ออยู่
- ข) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวหนึ่งจ่ายโหลดอยู่แล้ว ขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกตัวหนึ่งเข้ามาเพื่อจ่ายโหลดด้วยกัน
- ค) การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวใหม่เข้ากับระบบไฟฟ้ากำลัง

#### 3.1.2 การศึกษาในส่วนของการออกแบบวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ

ในขั้นตอนการสร้างวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลในส่วนของการทำงานของอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์บางตัว เนื่องจากการทำงานเป็นในลักษณะเฉพาะของทางบริษัทผู้ผลิต ซึ่งวงจรที่ต้องทำการพิจารณามีอยู่ 4 วงจรหลักด้วยกันคือ

##### 3.1.2.1 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบสัญญาณแรงดันจะใช้ความสามารถในการแปลงสัญญาณจากอานาล็อก ไปเป็นดิจิทัล ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877A

##### 3.1.2.2 วงจรเปรียบเทียบความถี่

การออกแบบวงจรเปรียบเทียบความถี่ครั้งนี้ ได้เลือกใช้ไอซีที่แปลงสัญญาณความถี่ในรูปไฟฟ้ากระแส สลับไปเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเป็นอุปกรณ์นี้มีข้อมูลเฉพาะตัวอุปกรณ์ ดังนั้น การศึกษาข้อมูลในส่วนนี้ จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลทางเทคนิคและการประยุกต์ใช้งานจากบริษัทผู้ผลิตเป็นหลัก

### 3.1.2.3 วงจรเปรียบเทียบลำดับเฟส

การศึกษาในส่วนของวงจรเปรียบเทียบลำดับเฟส จะเน้นหนักไปที่การทำงานของฟลิปฟล็อปเบอร์ CD4013BC ซึ่งต้องพิจารณาตารางการทำงานที่สำคัญณานาฬิกาต่างๆ

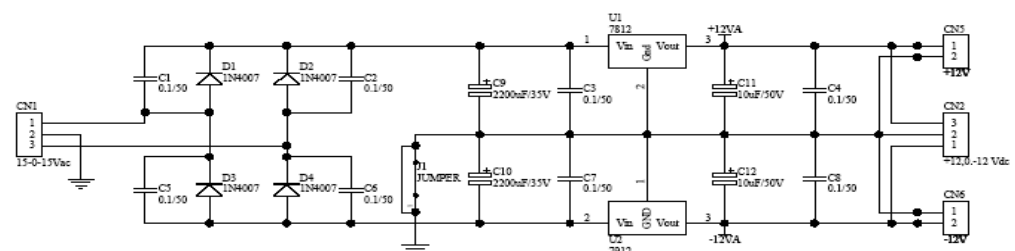
### 3.1.2.4 วงจรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าผ่านจุดตัดศูนย์

การศึกษาในส่วนของวงจรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าผ่านจุดตัดศูนย์ จะเน้นหนักไปที่การทำงานในรูปของโมโนสเตเบิลแบบ โดยใช้ไอซี 555 และออฟโด้คัปเปอร์

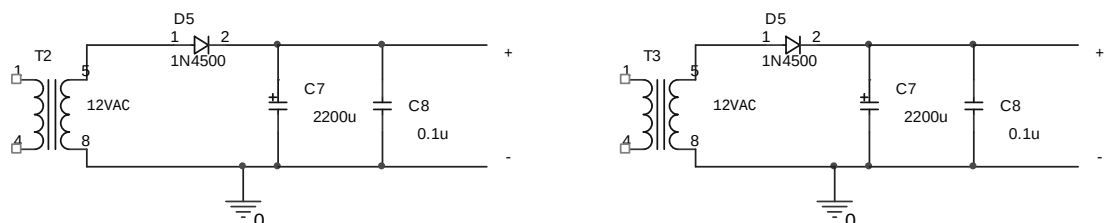
## 3.2 การออกแบบวงจรที่ใช้งาน

ในขั้นตอนการออกแบบวงจรที่ใช้งานนี้ เบื้องต้นจะอาศัยการจำลองการทำงานในคอมพิวเตอร์ดูผลของสัญญาณเอาต์พุตก่อน โดยใช้โปรแกรม ORCAD และ MATLAB ซึ่งวงจรที่ได้ทำการออกแบบ มีดังนี้คือ

1. วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งวงจรนี้จะประกอบไปด้วยส่วนของภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง  $\pm 12\text{ V}$  1 A โดยอาศัยไอซีเรกูเลเตอร์รักษาระดับแรงดันภาคไฟบวกคือ LM7812 และ LM7912 สำหรับไฟลบ เพื่อนำใช้ในวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ และวงจรขับรีเลย์ ส่วนอีกภาคหนึ่งเป็นวงจรลดทอนสัญญาณ เพื่อใช้ในวงจรเปรียบเทียบแรงดันและความถี่โดยใช้หม้อแปลงลดแรงดันจาก 220 V เหลือ  $15 - 0 - 15\text{Vac}$  ซึ่งไดอะแกรมการต่อวงจรสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 3.2



(ก) วงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง  $\pm 12\text{ V}$

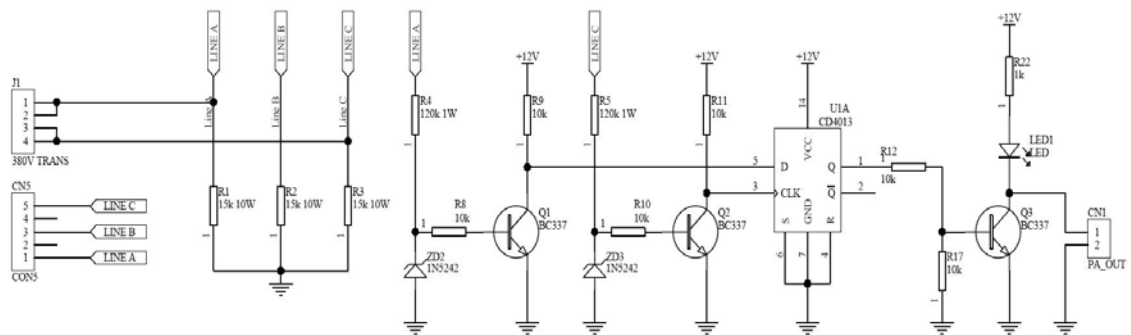


(ข) วงจรลดทอนแรงดันสำหรับวงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า

รูปที่ 3.2 ก. แสดงไดอะแกรมของวงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง  $\pm 12\text{ V}$

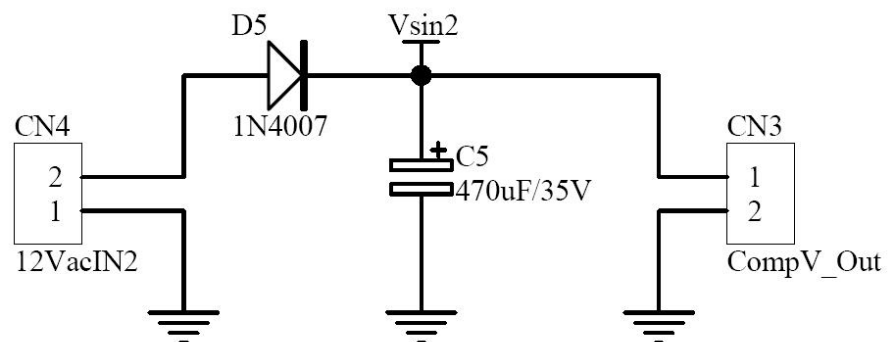
ข. แสดงวงจรลดทอนแรงดันสำหรับวงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า

2. วงจรเปรียบเทียบลำดับเฟส การทำงานอ้างอิงรูปคลื่นระบบไฟฟ้าสามเฟส โดยพิจารณาที่ จุดตัดศูนย์ของเฟสใดเฟสหนึ่ง เฟสที่ตามมาจะเป็นบวก และเฟสที่ 3 จะเป็นลบนี้เป็นเงื่อนไขที่เราใช้ ตรวจสอบ จากวงจรจะใช้เพียงสองเฟสไปตรวจสอบ ในกรณีเฟสหมุนตามเข็มนาฬิกา Q1 จะไม่นำกระแส อินพุต D มีลอจิกเป็น 0 ส่งผลให้เอาต์พุต Q ของฟลิปฟล็อปเป็น 0 ส่วนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา เอาต์พุต Q มีลอจิกเป็น 1 วงจรสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โค้ดแกรมของวงจรเปรียบเทียบลำดับเฟส

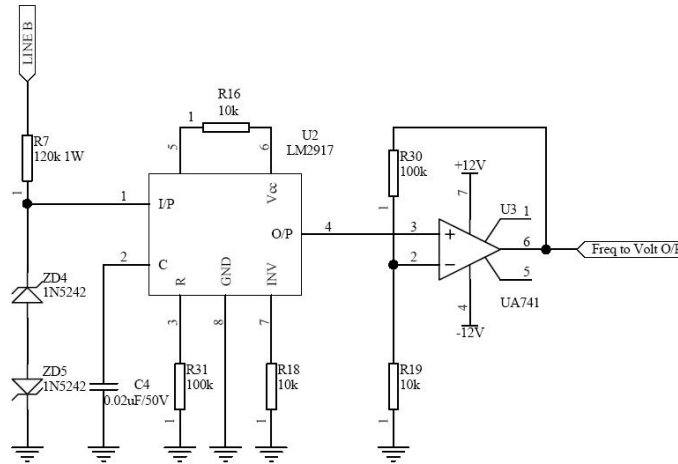
3. วงจรเปรียบเทียบสัญญาณแรงดัน อาศัยการทำงานของออปแอมป์เบอร์ LM324 สองตัว แยกกันทำงานระหว่างแหล่งจ่ายแต่ละตัว และนำสัญญาณที่ได้มาขับทรานซิสเตอร์เพื่อควบคุมแรงดัน เอาต์พุต ช่วงความกว้างของแรงดันสามารถควบคุมได้โดยการปรับตัวต้านทาน R13 เป็นการควบคุม ค่าแรงดันที่ขาลบของออปแอมป์ตัวที่สอง แสดงโค้ดแกรมการต่อตามรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 โค้ดแกรมของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณแรงดัน

4. วงจรเปรียบเทียบความถี่ การออกแบบวงจรเปรียบเทียบความถี่จะเลือกใช้ไอซีชนิดที่แปลง จากความถี่ไปเป็นแรงดัน เป็นไอซีเบอร์ LM2917 แต่แรงดันทางเอาต์พุตจะมีปริมาณน้อยซึ่ง

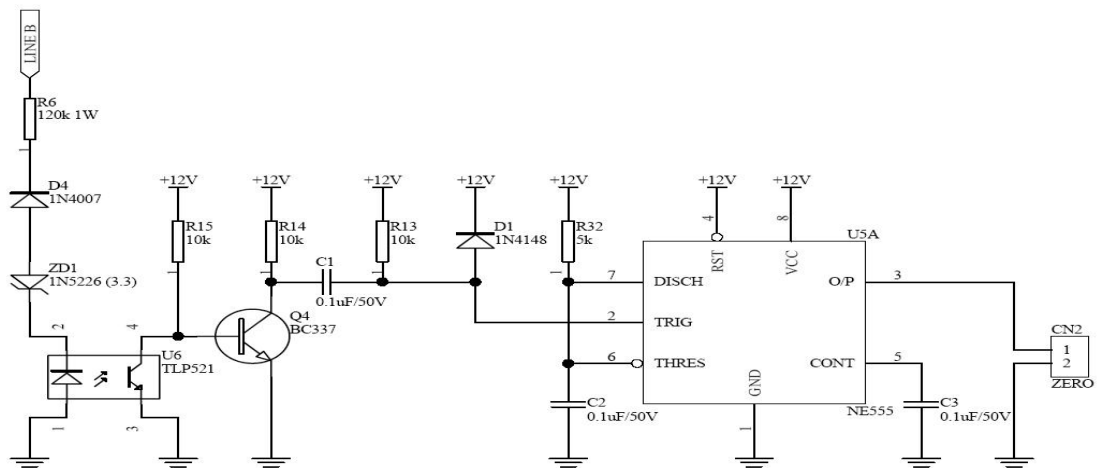
จำเป็นต้องมีวงจรขยายสัญญาณอีกทีหนึ่ง เพื่อนำสัญญาณแรงดันที่ได้ขยายแล้วนี้ไปเปรียบเทียบกับอีกครึ่งหนึ่ง แสดงไดอะแกรมการต่อตามรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ไดอะแกรมการต่อวงจรของวงจรเปรียบเทียบความถี่ (แสดงเพียงแหล่งจ่ายเดียว)

#### 5. วงจรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าผ่านจุดตัดศูนย์

การทำงานของวงจรตรวจจับแรงดันผ่านจุดตัดศูนย์ จะตรวจจับแรงดันของ Phase B ทั้งระบบและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้ฮอปโตไดโอดในการเชื่อมโยงสัญญาณจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูง เพื่อเปลี่ยนสัญญาณรูปคลื่นไซน์เป็นสัญญาณพัลส์ สัญญาณที่ได้ถูกส่งต่อไปยังทรานซิสเตอร์ BC337 เพื่อส่งสัญญาณที่ได้ต่อไปยัง R14, C1, R13 และ D1 เพื่อกำเนิดสัญญาณกระตุ้น (Triggering Network) ได้สัญญาณทริกที่มีความกว้างที่เหมาะสมส่งไปกระตุ้นไอซี NE555 ซึ่งทำงานแบบ Mono Stable โดยสัญญาณที่ออกจากไอซี NE555 คือสัญญาณพัลส์ที่มีคาบเวลา เท่ากับ  $T = R32 * C2$  หนึ่งลูกคลื่นต่อการกระตุ้นหนึ่งครั้ง



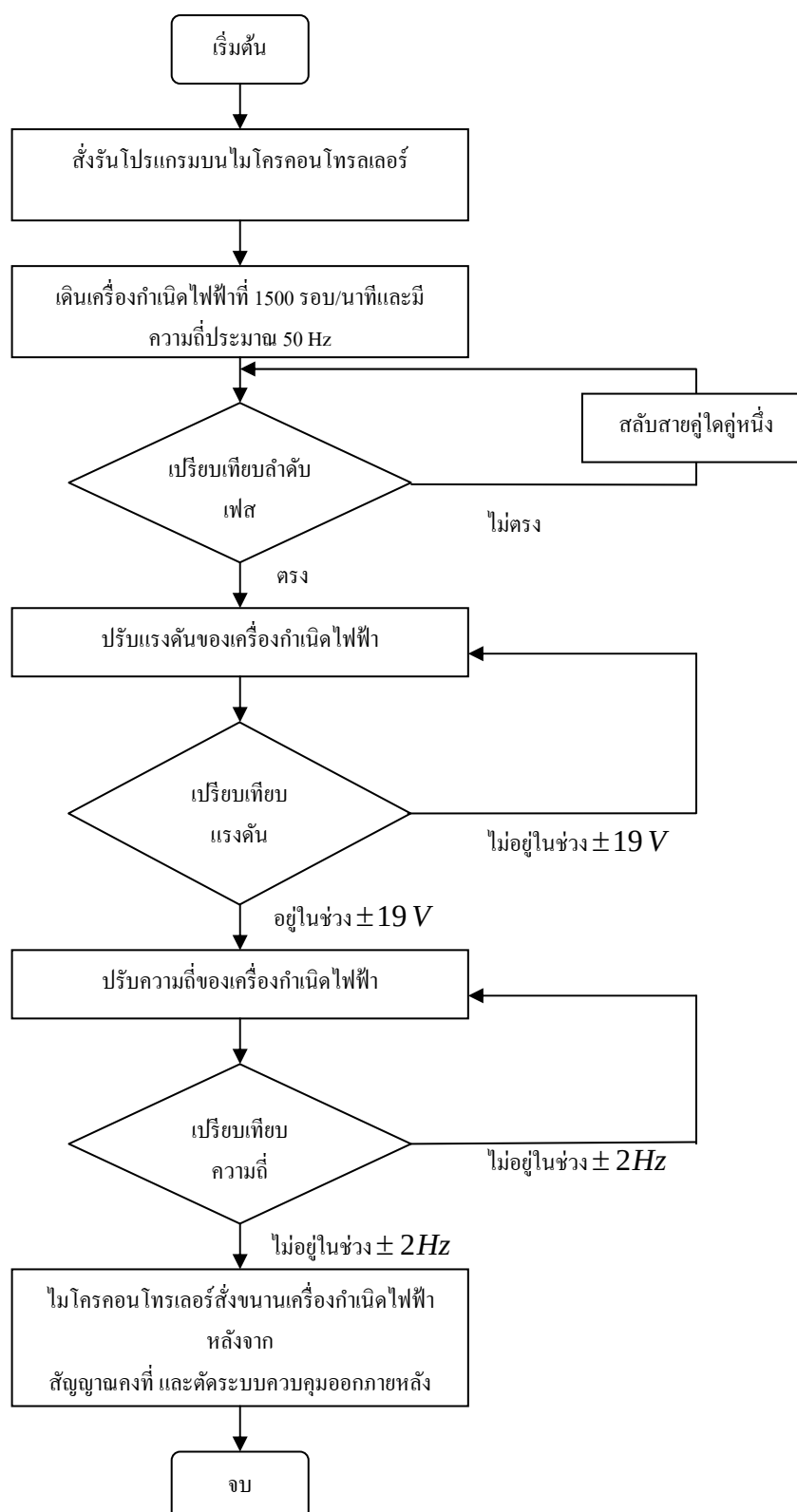
รูปที่ 3.6 รูปแสดงวงจรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าผ่านจุดตัดศูนย์

### 3.3 การทดลองการทำงาน

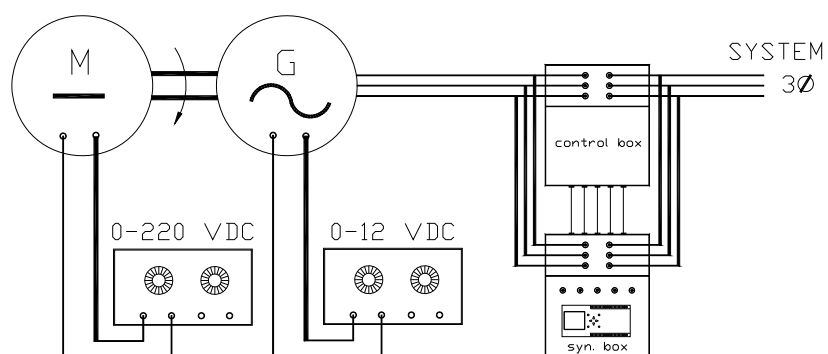
การทดลองการทำงานของวงจรทั้งหมดเมื่อรวมเข้าด้วยกัน จะดำเนินการทดสอบโดยขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับระบบของการไฟฟ้า ซึ่งมีอยู่ 2 ขนาดคือ 0.33 kW และ 0.09 kW การทดสอบจะสำเร็จก็ต่อเมื่อเงื่อนไขทั้งหมดเป็นจริงคือ แรงดันไฟฟ้าและความถี่ไฟฟ้าต้องอยู่ในย่านที่กำหนด และลำดับเฟสตรงกันที่แรงดันไฟฟ้าผ่านจุดตัดศูนย์ถ้าเงื่อนไขเป็นจริงทั้งหมดไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องทำงานเพื่อสั่งขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับระบบ แต่ถ้าการทำงานไม่เป็นไปตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ต้องดำเนินการแก้ไขในส่วนของการออกแบบวงจรหรือโปรแกรมคำสั่งในไมโครคอนโทรลเลอร์อีกครั้งเกณฑ์การพิจารณาในการทดสอบมีดังนี้

1. ระบบจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อกดปุ่ม ON เริ่มการทำงานที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับสัญญาณอินพุต 4 ภาคว
2. เมื่อเงื่อนไขหลักทั้ง 4 ข้อในการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นจริง หลอดไฟต้องแสดงที่หน้าปัดกล่องควบคุมทั้งหมด
3. จากข้อที่ 3.5.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องสั่งให้ระบบทำการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทันที และหลอดไฟแสดงสถานะการขนานสว่างขึ้นทั้งหมด
4. ระบบทั้งหมดจะหยุดทำงานเมื่อกดปุ่ม OFF เป็นการหยุดการทำงานที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือสามารถกดหยุดการทำงานได้ทุกสถานะการทำงาน

### ลำดับขั้นตอนการทดลองการทำงานของชุดขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 3.7 ลำดับขั้นตอนการทดลองการทำงานของชุดขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 3.8 วงจรการทดสอบการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ