หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การออกแบบระบบวิเคราะห์ผลการทดสอบ BIL แบบดิจิตอล

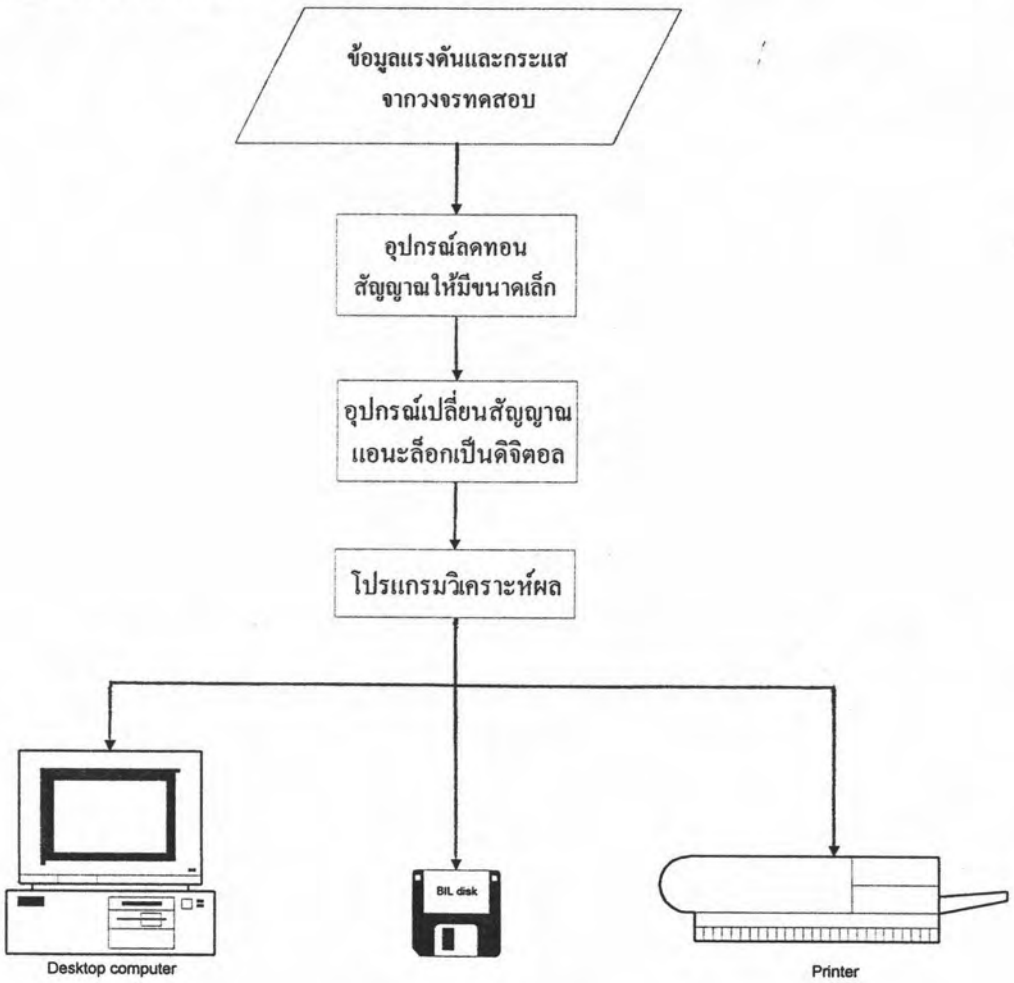
เนื่องจากระบบวิเคราะห์ผลการทดสอบแบบดิจิตอล ต้องการข้อมูลที่อยู่ในรูปสัญญาณดิจิตอล ซึ่งสามารถคำนวณโดยใช้โปรแกรมทางด้านซอฟท์แวร์เพื่อหาค่าเวลาหน้าคลื่น เวลาหางคลื่น และค่าร้อยละของแรงดันพุ่งเกินต่าง ๆ แต่ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเองเป็นข้อมูลสัญญาณแอนะล็อก 2 สัญญาณ โดยสัญญาณแรกเป็นสัญญาณของรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์ที่ป้อนให้กับหม้อแปลงที่ต้องการทดสอบ และสัญญาณที่สองเป็นสัญญาณของรูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านขดลวดด้านที่กำลังทดสอบ ขนาดของสัญญาณทั้งสองจะมีขนาดแรงดันค่อนข้างสูง เพื่อป้องกันการรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากวงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ ดังนั้นสัญญาณทั้งสองส่วนจะส่งผ่านสายนำสัญญาณมีชีลด์ (coaxial cable) มายังบริเวณห้องควบคุม

5.1 ส่วนประกอบของระบบวิเคราะห์ผลการทดสอบ BIL แบบดิจิตอล

ส่วนประกอบของระบบวิเคราะห์ผลการทดสอบ BIL จะประกอบด้วย อุปกรณ์ลดทอนสัญญาณ ดิจิตอลออสซิลโลสโคปที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากแอนะล็อกให้เป็นดิจิตอล และชุดคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยหน่วยประมวลผล และเครื่องพิมพ์ ดังแสดงในรูปที่ 5.1 และภาพถ่ายในรูปที่ 5.2

จากแผนภาพระบบวิเคราะห์ผลการทดสอบ BIL ที่แสดงในรูปที่ 5.1 ผู้ทดสอบจะได้รับสัญญาณที่จะทำการวิเคราะห์จากวงจรทดสอบซึ่งปกติจะมีขนาดค่อนข้างสูง จึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ลดทอนสัญญาณให้มีขนาดเล็กลง ในอุปกรณ์ลดทอนสัญญาณจะประกอบด้วยส่วนของโวลเตจดิไวเดอร์สองวงจร รายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อที่ 5.2 และสัญญาณจากอุปกรณ์ลดทอนสัญญาณที่มีขนาดเล็กลง จะได้รับการแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกให้เป็นดิจิตอล โดยดิจิตอลออสซิลโลสโคปที่มีอัตราการสุ่มสัญญาณสูง (ประมาณมากกว่า 100 ล้านตัวอย่างในหนึ่งวินาที) เพื่อให้มีความผิดพลาดในการสุ่มสัญญาณต่ำ จึงเลือกใช้ดิจิตอลออสซิลโลสโคปที่มีอัตราการสุ่มสัญญาณ 200 ล้านตัวอย่างในหนึ่งวินาที สัญญาณดิจิตอลที่ได้จะส่งผ่านไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของระบบโดยการใช้บัสเชื่อมโยงแบบขนาน GPIB ข้อมูลที่ได้จะได้รับการ

ประมวลผล และนำแสดงผลผ่านทางจอภาพ เครื่องพิมพ์ หรือบันทึกไว้ในแผ่นบันทึกข้อมูลเพื่อใช้ในการอ้างอิงภายหลังได้



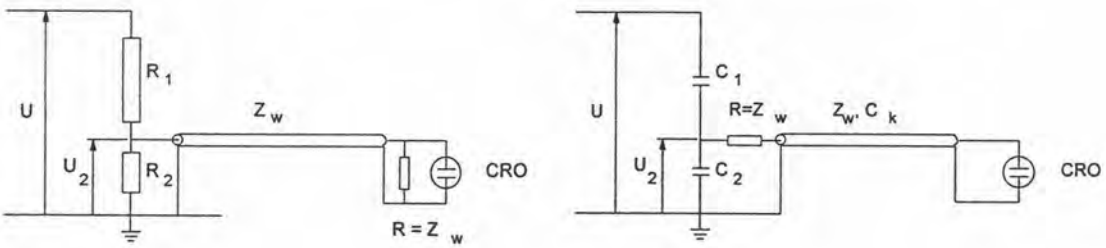
รูปที่ 5.1 แผนภาพโดยรวมของระบบวิเคราะห์ผลการทดสอบ BIL สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

รูปที่ 5.2 ภาพถ่ายแสดงส่วนประกอบของระบบวิเคราะห์ผลการทดสอบ BIL สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

5.2 การออกแบบองค์ประกอบของตัวลดทอนสัญญาณ

องค์ประกอบของตัวลดทอนสัญญาณดังกล่าวมีหน้าที่ ในการลดทอนขนาดสัญญาณให้มีขนาดเล็กลง เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากการทดสอบ BIL เป็นสัญญาณแอนะล็อกของรูปคลื่นแรงดันและรูปคลื่นกระแสที่มีขนาดแรงดันสูง จึงจำเป็นต้องใช้วงจรลดทอนสัญญาณทั้งสองซึ่งบรรจุอยู่ภายในกล่องโลหะ เพื่อป้องกันการรบกวนทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากวงจรทดสอบ

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.2.2.3 และรูปที่ 5.3 ดังแสดงข้างล่าง



ก) ข)

รูปที่ 5.3 รูปแสดงลักษณะและการต่อตัวลดทอนสัญญาณแบบความต้านทาน และแบบตัวเก็บประจุพร้อมด้วยความต้านทานแมทชิ่ง

ภายในกล่องอุปกรณ์ลดทอนสัญญาณจะประกอบด้วยวงจร 2 ส่วน กล่าวคือ

1) วงจรลดทอนขนาดของสัญญาณแรงดันที่ได้จากการทดสอบ
2) วงจรลดทอนขนาดของสัญญาณกระแสที่ได้จากการทดสอบ

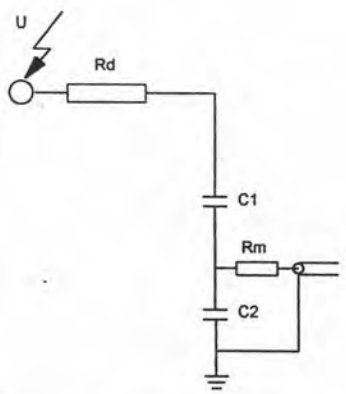
5.2.1 การออกแบบวงจรลดทอนสัญญาณแรงดัน

เนื่องจากสัญญาณที่ได้เป็นสัญญาณของแรงดันที่มีความถี่ประมาณ 10 MHz จึงจำเป็นต้องใช้ตัวลดทอนสัญญาณเป็นแบบตัวเก็บประจุ และเพื่อให้อุปกรณ์วัดมีค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าสูง ป้องกันการวัดที่ผิดพลาด จึงได้ทำการออกแบบค่าอิมพีแดนซ์รวมทางภาคแรงสูงประมาณ 100 pF โดยการใช้ตัวเก็บประจุย่อยขนาด 1000 pF ซึ่งแต่ละตัวสามารถทนแรงดันกระแสตรงได้ 2000 โวลต์เป็นจำนวน 10 ตัว นำมาต่ออนุกรมกัน และมีค่าอิมพีแดนซ์รวมทางภาคแรงต่ำ

ประมาณ 4 nF เพื่อให้อัตราส่วนการแบ่งแรงดันมีค่าประมาณ 40 (แรงดันทางภาคแรงสูงมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1600 โวลต์และแรงดันสูงสุดทางภาคแรงต่ำมีค่าเท่ากับ 40 โวลต์) ดังแสดงเป็นวงจรได้ดังในรูปที่ 5.4

ตัวลดทอนสัญญาณแบบตัวเก็บประจุนั้นจำเป็นต้องใส่ความต้านทานหน่วง (R_d) ไว้ที่ส่วนภาคแรงสูงของตัวลดทอนสัญญาณ เพื่อทำหน้าที่หน่วงการแกว่งที่เกิดขึ้นภายในโวลเตจดิไวเดอร์ เนื่องจากวงจรสมมูลของตัวลดทอนสัญญาณแบบตัวเก็บประจุ จะประกอบด้วยค่าความจุไฟฟ้าและค่าความเหนี่ยวนำของเส้นลวดที่เชื่อมต่อระหว่างตัวเก็บประจุ ดังแสดงในรูปที่ 5.4

จากรูปที่ 5.3 ก) เนื่องจากกล่องอุปกรณ์ลดทอนสัญญาณดังกล่าวต้องนำไปต่อกับสายนำสัญญาณที่ป้อนให้กับดิจิตอลออสซิลโลสโคป และเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดคลื่นสะท้อนกลับอันเป็นเหตุให้เกิดความผิดพลาดในการวัดได้ จึงต้องใส่ความต้านทานแมทชิ่ง ซึ่งค่าอิมพีแดนซ์ของความต้านทานแมทชิ่งนี้ จะต้องมีค่าเท่ากับเสิร์จอิมพีแดนซ์ของสายนำสัญญาณเส้นดังกล่าวด้วย และตำแหน่งการต่อความต้านทานแมทชิ่งจะต่ออยู่ที่ต้นทางของสายเคเบิลวัด ดังในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 วงจรแสดงการต่อตัวลดทอนสัญญาณแบบตัวเก็บประจุ แสดงตำแหน่งของความต้านทานหน่วงและความต้านทานแมทชิ่ง

โดยที่ U คือแรงดันทดสอบที่ต้องการวัด

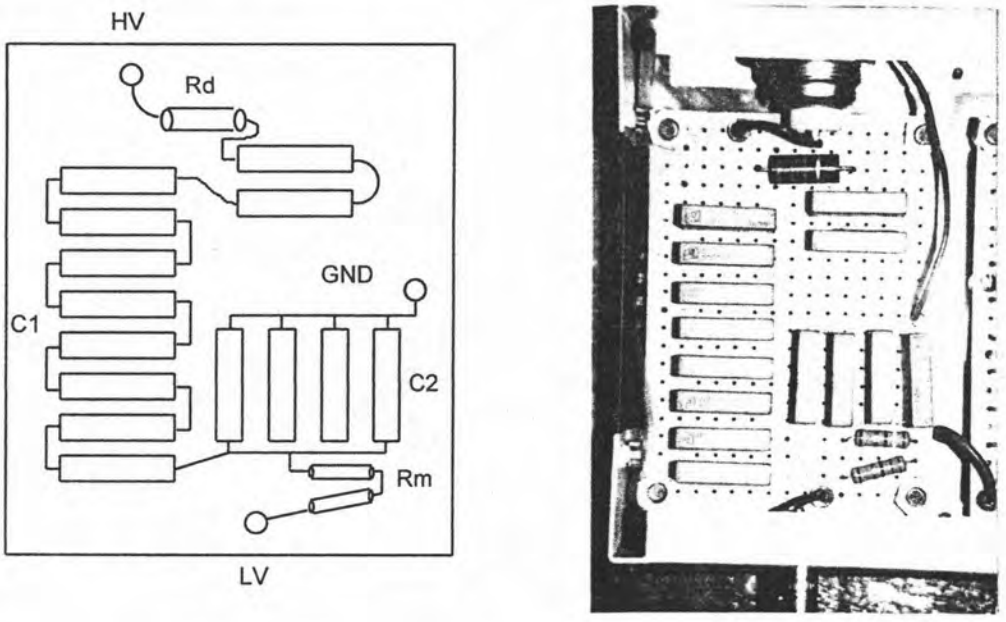
C_1 คือตัวเก็บประจุภาคแรงสูงของตัวลดทอนสัญญาณ

C_2 คือตัวเก็บประจุภาคแรงต่ำของตัวลดทอนสัญญาณ

R_d คือความต้านทานหน่วงเพื่อลดผลของการแกว่ง

R_m คือความต้านทานแมทชิ่ง

การจัดวางค่าองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการประกอบสร้างตัวลดทอนสัญญาณแบบตัวเก็บประจุ ดังแสดงในรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 แสดงการติดตั้งองค์ประกอบวงจรของตัวลดทอนสัญญาณแบบตัวเก็บประจุ

ค่าองค์ประกอบต่าง ๆ ของตัวลดทอนสัญญาณรูปคลื่นแรงดันเป็นดังนี้

1) ค่าความจุทางภาคแรงสูง C1 ประกอบด้วย ตัวเก็บประจุขนาด 1000 nF 2 kV-DC ต่ออนุกรมจำนวน 10 ตัว

วัดค่าความจุทางไฟฟ้ารวมได้ 103.2 pF

2) ค่าความจุทางภาคแรงต่ำ C2 ประกอบด้วย ตัวเก็บประจุขนาด 1000 nF 2 kV-DC ต่อขนานกันจำนวน 4 ตัว

วัดค่าความจุทางไฟฟ้ารวมได้ 3903.2 pF

ดังนั้นอัตราส่วนการแบ่งแรงดันหาได้ตามสมการ

$$a = \frac{C1 + C2}{C1} = \frac{103.2 + 3903.2}{103.2} = 38.82$$

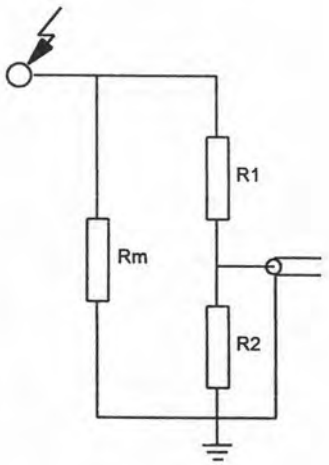
3) ค่าความต้านทานหน่วง (R_d) มีค่าเท่ากับ 227.2 Ω

4) ค่าความต้านทานแมทชิ่ง (R_m) มีค่าเท่ากับ 74.82 Ω

5.2.2 การออกแบบวงจรลดทอนสัญญาณกระแส

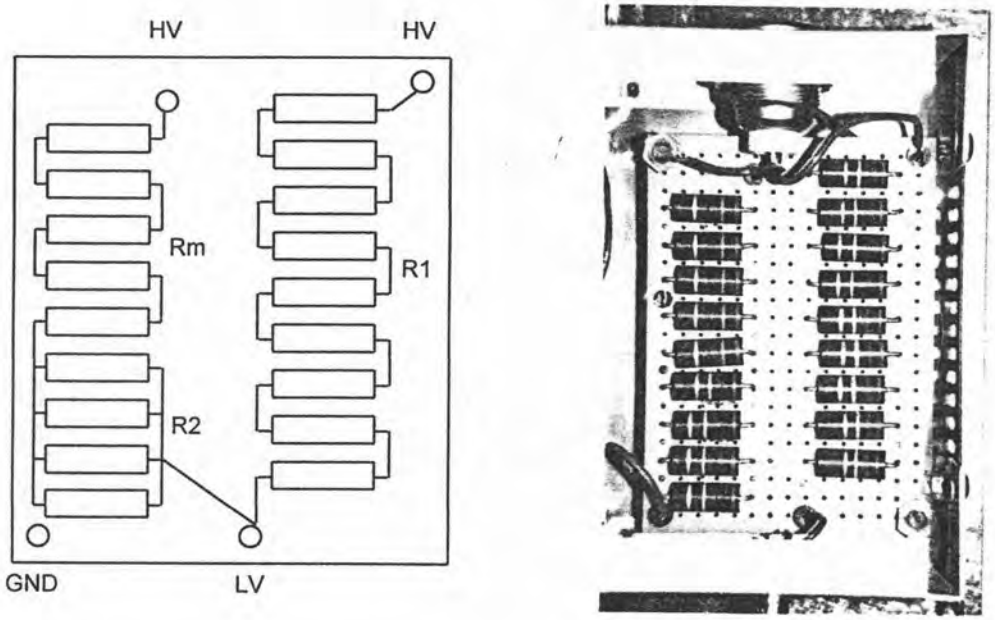
เนื่องจากสัญญาณของกระแสที่ได้มีความถี่ประมาณ 100 kHz จึงสามารถใช้ตัวลดทอนสัญญาณเป็นแบบความต้านทานได้ และเพื่อให้อุปกรณ์วัดมีค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าสูง จึงได้ทำการออกแบบค่าอิมพีแดนซ์รวมทางภาคแรงสูง(ไม่รวมความต้านทานแมทชิ่ง) มีค่าประมาณ 1 MΩ โดยการใช้ความต้านทานย่อยจำนวน 9 ตัว นำมาต่ออนุกรมกัน และมีค่าอิมพีแดนซ์รวมทางภาคแรงต่ำประมาณ 25 kΩ เพื่อให้อัตราส่วนการแบ่งแรงดันมีค่าประมาณ 40 (แรงดันทางภาคแรงสูงสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1600 โวลต์ และแรงดันทางภาคแรงต่ำสูงสุดมีค่าเท่ากับ 40 โวลต์) ดังแสดงเป็นวงจรได้ดังในรูปที่ 5.6

ตัวลดทอนสัญญาณแบบความต้านทานนั้นจำเป็นต้องใส่ความต้านทานแมทชิ่ง ไว้ที่ปลายสายเคเบิลวัดก่อนเข้าสู่ตัวลดทอนสัญญาณ เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการอ่านค่าแรงดันที่ตัวลดทอนสัญญาณแบบความต้านทาน ดังแสดงในรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 วงจรแสดงการต่อของตัวลดทอนสัญญาณแบบความต้านทาน
แสดงตำแหน่งของความต้านทานหน่วงและความต้านทานแมทชิ่ง

การจัดวางค่าองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการประกอบสร้างตัวลดทอนสัญญาณแบบความต้านทาน ดังแสดงดังในรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 แสดงการติดตั้งองค์ประกอบของตัวลดทอนสัญญาณแบบความต้านทาน

ค่าองค์ประกอบต่าง ๆ ของตัวลดทอนสัญญาณรูปคลื่นกระแสเป็นดังนี้

1) ค่าความต้านทานทางภาคแรงสูง R1 ประกอบด้วย ค่าความต้านทานขนาด 100 kΩ ต่ออนุกรมจำนวน 4 ตัว และค่าความต้านทานขนาด 120 kΩ ต่ออนุกรมจำนวน 5 ตัว

วัดค่าความต้านทานได้ 1057 kΩ

2) ค่าความต้านทานทางภาคแรงต่ำ R2 ประกอบด้วย ค่าความต้านทานขนาด 100 kΩ ต่อขนานกันจำนวน 4 ตัว

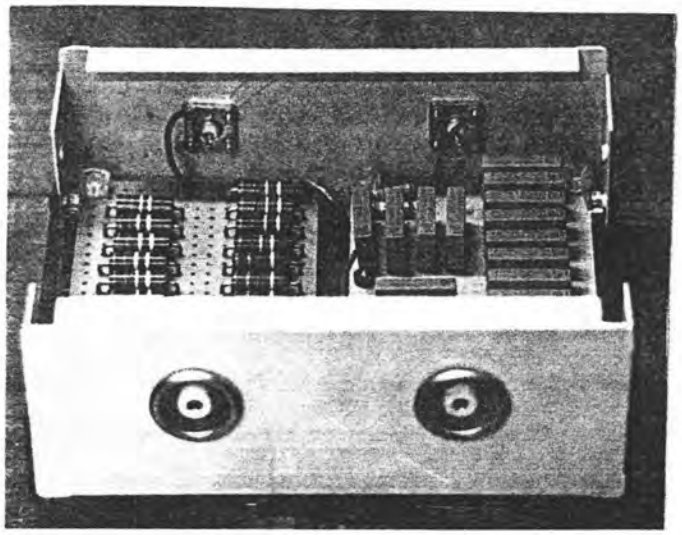
วัดค่าความต้านทานได้ 26.57 kΩ

ดังนั้นอัตราส่วนการแบ่งแรงดันหาได้ตามสมการ

$$a = \frac{R1 + R2}{R2} = \frac{1057 + 26.65}{26.65} = 40.66$$

3) ค่าความต้านทานแมทชิ่ง (R_m) มีค่าเท่ากับ 77.69 Ω

เมื่อนำส่วนของตัวลดทอนสัญญาณทั้งแบบตัวเก็บประจุ และความต้านทาน มาประกอบติดตั้งในกล่องอุปกรณ์ลดทอนสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 5.8 สำหรับการทดลองหาผลตอบสนองทางเวลา จะแสดงไว้ในผลการทดลองการหาค่าคงตัวทางเวลาในหัวข้อที่ 6.1 ต่อไป



รูปที่ 5.8 รูปแสดงกล่องอุปกรณ์ลดทอนสัญญาณ ซึ่งแสดงให้เห็นส่วน
ของตัวลดทอนสัญญาณแบบตัวเก็บประจุ และตัวลดทอนสัญญาณแบบความต้านทาน

5.3 การออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์ผลการทดสอบ

การออกแบบโปรแกรมมีวัตถุประสงค์เพื่อ ต้องการให้ผู้ใช้ที่มีความรู้ทุกระดับสามารถใช้งานได้ มีลำดับขั้นตอนการทำงานง่าย ๆ มีคำสั่งแนะนำการทำงานตลอดเวลา โดยมีส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรมการทำงานที่ครบถ้วนทุกขั้นตอน

5.3.1 ส่วนประกอบของโปรแกรม

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นอาจแบ่งออกเป็นภาคต่าง ๆ ตามลำดับขั้นการทำงานได้ดังนี้

1) ภาคการนำเสนอชื่อโครงงานวิจัย และผู้ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัย แสดงได้ดังในรูปที่ 5.9
2) ภาคการปรับเทียบอัตราส่วนของแรงดันก่อนเริ่มการทดสอบ
3) ภาคการเตรียมแผ่นเก็บข้อมูล โดยการตรวจสอบเนื้อที่ว่างในแผ่นบันทึกข้อมูลของช่องเก็บข้อมูลที่ทางผู้ใช้ได้เลือกไว้ในส่วนของค่าเริ่มต้น ถ้าแผ่นบันทึกข้อมูลที่ใช้ยังไม่ได้รับการจัดระเบียบ (unformat) ก็จะทำการจัดระเบียบให้ และถ้าเนื้อที่ว่างมีไม่พอในการเก็บข้อมูล (น้อยกว่า 152,000

ไบต์) จะมีการรายงานความผิดพลาดและออกจากโปรแกรมเพื่อให้มีการเปลี่ยนแผ่นเก็บบันทึกข้อมูลใหม่ต่อไป

4) ภาคของช่องรายการเลือก เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกการทำงานได้เช่น เริ่มการทดสอบใหม่ หรือทำการเรียกข้อมูลเก่ามาดู

5) ภาคการจัดเก็บข้อมูลลักษณะจำเพาะของหม้อแปลงเช่น บริษัทผู้ผลิต หน่วยงานที่ต้องการให้ทดสอบ ขนาดกำลังงานของหม้อแปลง ขนาดแรงดันของหม้อแปลงที่ต้องการทดสอบ และหมายเลขเครื่องของหม้อแปลงที่นำมาทดสอบ เป็นต้น

6) ภาคการควบคุมการทำงานดิจิตอลออสซิลโลสโคป และการรับข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการคำนวณจากดิจิตอลออสซิลโลสโคป

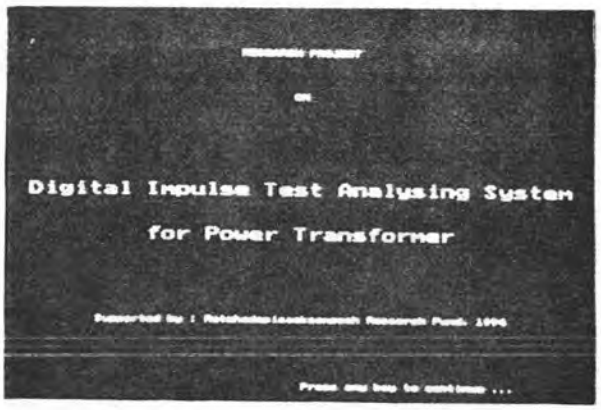
7) ภาคการคำนวณหาค่าเวลาหน้าคลื่น ค่าเวลาหางคลื่น ค่ายอดของแรงดัน และค่าร้อยละของแรงดันพุ่งเกิน

8) ภาคการเลือกชนิดของมาตรฐานที่จะใช้ในการตรวจวิเคราะห์

9) ภาคการแสดงผลกราฟฟิกทางจอภาพ

10) ภาคการพิมพ์รายงานผลการทดสอบทางเครื่องพิมพ์

11) ภาคการเรียกแฟ้มข้อมูลเก่าที่ได้จัดเก็บไว้มาดู



รูปที่ 5.9 ภาพกราฟฟิกในภาคการนำเสนอชื่อโครงการวิจัย

5.3.2 องค์ประกอบของไฟล์ในโปรแกรมระบบวิเคราะห์ผลการทดสอบ BIL

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้โดยต้องมีองค์ประกอบของไฟล์ต่าง ๆ ต่อไปนี้

1) ไฟล์ BIL.EXE เป็นไฟล์โปรแกรมหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์ และแสดงผล

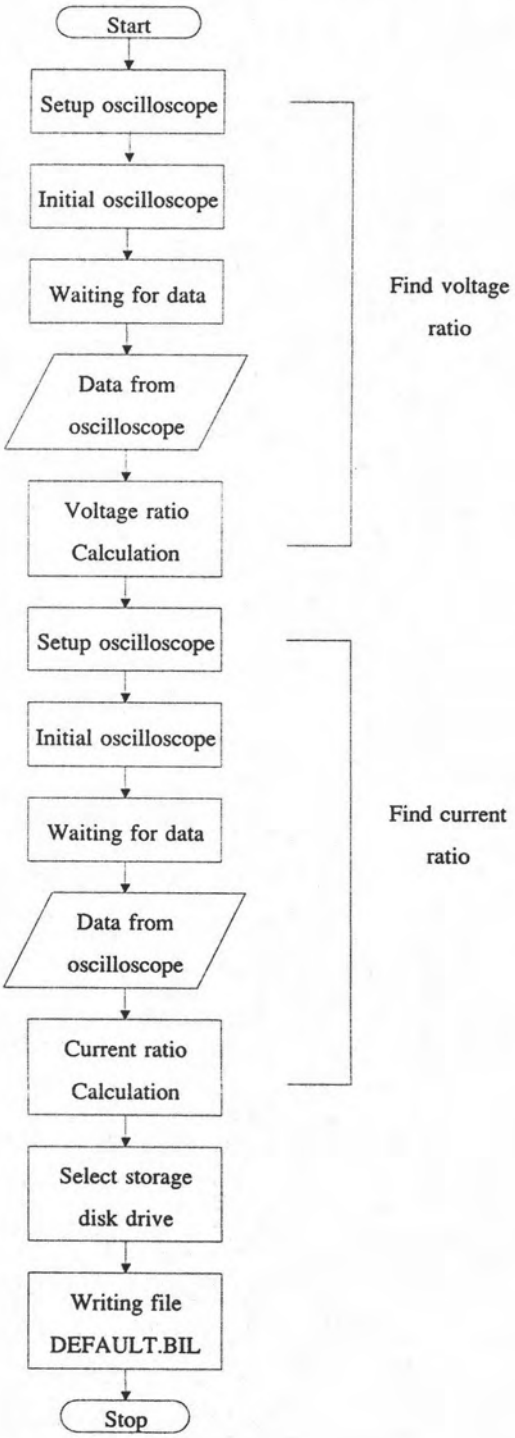
2) ไฟล์ DEFAULT.BIL เป็นไฟล์ช่วย มีหน้าที่ในการเก็บค่าอัตราส่วนสำหรับสัญญาณแรงดัน และกระแส เป็นที่เก็บตัวเลือกของช่องเก็บข้อมูล (A หรือ B) และเป็นที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบอื่น ๆ ที่สำคัญ
3) ไฟล์ DEFAULT.EXE เป็นไฟล์สร้าง DEFAULT.BIL มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของดิจิตอลออสซิลโลสโคป และอ่านข้อมูลพร้อมกับวิเคราะห์หาอัตราส่วนแบ่งแรงดันสำหรับสัญญาณแรงดัน และสัญญาณกระแส
4) แบตซ์ไฟล์ DSKREADY.BAT เพื่อให้โปรแกรมได้เรียกใช้เพื่อตรวจสอบแผ่นบันทึกข้อมูลว่ามีความพร้อมในการบันทึกข้อมูลหรือไม่ ในแบตซ์ไฟล์จะมีไฟล์ประกอบด้วยคือ DREADY.COM และ VOLUME.BAT
5) ไฟล์ DRIVE.TEM เป็นไฟล์ชั่วคราวที่โปรแกรมจะสร้างขึ้น เมื่อมีการเริ่มโปรแกรม โดยจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับช่องเก็บข้อมูลที่เลือกไว้ใน default.bil ชื่อของไดเร็กทอรีที่จะใช้ในการเก็บข้อมูล และเนื่องจากไฟล์ดังกล่าวเป็นไฟล์ชั่วคราวที่สร้างขึ้นในขณะที่โปรแกรมกำลังทำงาน และจะลบทิ้งทันทีที่มีการออกจากโปรแกรม
6) ไฟล์ DATA.TEM เป็นไฟล์ชั่วคราวที่โปรแกรมสร้างขึ้น เพื่อใช้เป็นที่เก็บข้อมูลที่ได้รับจากดิจิตอลออสซิลโลสโคป และจะมีการเรียกใช้ในโปรแกรมภาคการวิเคราะห์และประมวลผล ไฟล์ดังกล่าวจะลบออกทันทีที่มีการออกจากโปรแกรม
7) ไฟล์ PRINT_CI.PZD เป็นไฟล์จัดเก็บค่าองค์ประกอบของตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในโปรแกรมช่วยพิมพ์ PIZZA ใช้ในการจัดพิมพ์ภาพวงจรทดสอบ BIL ออกผ่านทางเครื่องพิมพ์
8) ไฟล์ PRINT_OS.PZD เป็นไฟล์จัดเก็บค่าองค์ประกอบของตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในโปรแกรมช่วยพิมพ์ PIZZA ใช้ในการจัดพิมพ์ภาพออสซิลโลแกรมแต่ละขั้นตอนระหว่างการทดสอบออกผ่านทางเครื่องพิมพ์

5.3.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมปรับเทียบอัตราส่วนแรงดันก่อนการทดสอบ

ความสำคัญของส่วนโปรแกรมนี้คือ ทำการปรับเทียบอัตราส่วนแรงดันก่อนการทดสอบ ซึ่งจะใช้เป็นโปรแกรมเพื่อตั้งค่า (default) ต่าง ๆ ให้กับโปรแกรมใหญ่ BIL.EXE ข้อมูลที่ได้ประกอบด้วย ช่องเก็บข้อมูล (A หรือ B) ชื่อไดเร็กทอรีที่จะนำข้อมูลไปเก็บ อัตราส่วนแบ่งแรงดันสำหรับสัญญาณรูปคลื่นแรงดัน และอัตราส่วนแบ่งแรงดันสำหรับสัญญาณรูป

คลื่นกระแส

ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสามารถอธิบายได้ดังในแผนภาพรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนในไฟล์ DEFAULT.EXE

โครงสร้างของไฟล์ DEFAULT.EXE ประกอบไปด้วย ส่วนทำการปรับเทียบอัตราส่วนแบ่งแรงดันของตัวลดทอนสัญญาณสัญญาณรูปคลื่นแรงดัน และการปรับเทียบอัตราส่วนแบ่งแรงดันของตัวลดทอนสัญญาณสัญญาณรูปคลื่นกระแส ซึ่งการทำงานของโปรแกรมนี้ต้องอาศัยการทำงานร่วมกับ ดิจิตอลออสซิลโลสโคปในการรวบรวมข้อมูลที่อ่านได้ของสัญญาณแรงดันและสัญญาณกระแส เพื่อนำมาหาค่าอัตราส่วนแบ่งแรงดัน และนำค่าอัตราส่วนที่หาได้นี้ไปเก็บไว้ในแฟ้มชื่อ default.bil

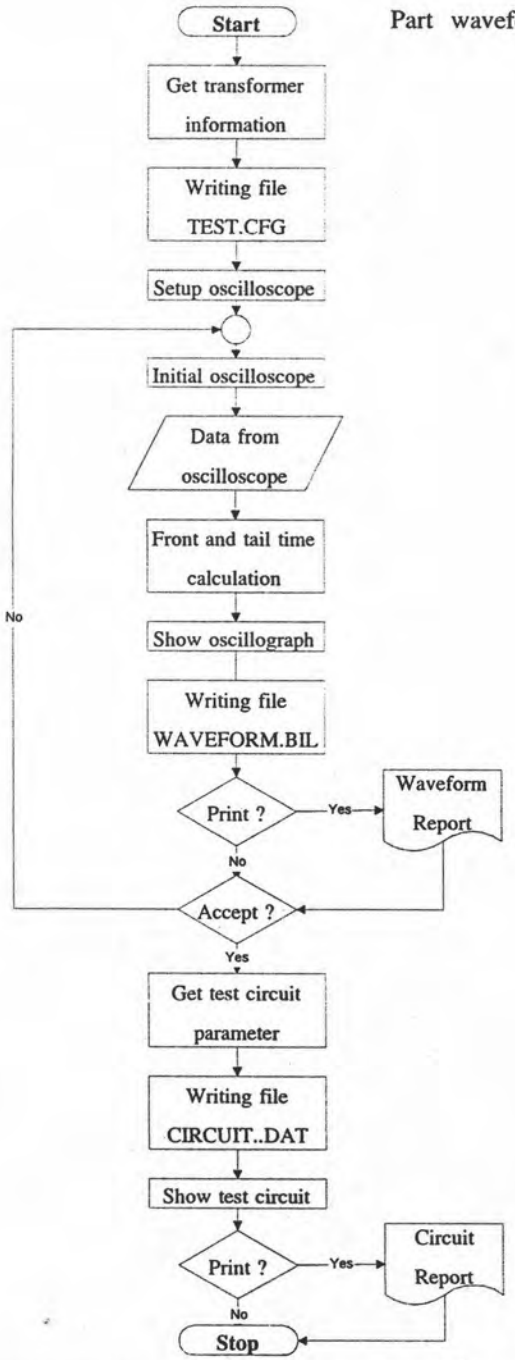
แฟ้ม default.bil ประกอบด้วยตัวแปรดังต่อไปนี้

UNIT	ใช้สำหรับเก็บจำนวนหม้อแปลงที่ทดสอบแล้วในวันที่ทดสอบ
DRIVE	ใช้สำหรับเก็บตัวเลือกของช่องเก็บข้อมูล (0 = 'A', 1 = 'B')
VOLT_DIV	อัตราส่วนแบ่งแรงดันสำหรับตัวลดทอนสัญญาณสัญญาณแรงดัน
CURR_DIV	อัตราส่วนแบ่งแรงดันสำหรับตัวลดทอนสัญญาณสัญญาณกระแส
NAME	ชื่อของไดเร็กทอรี และชื่อเริ่มต้นของไฟล์เก็บข้อมูล ซึ่งโครงสร้างของชื่อไดเร็กทอรีจะประกอบด้วย วัน, เดือนและลำดับที่ทำการทดสอบ เช่น ทำการทดสอบวันที่ 15 กุมภาพันธ์ หม้อแปลงใบที่ 2 ดังนั้นชื่อไดเร็กทอรีจะเป็น 021502 โดยสองตัวแรกแทนเดือน(02 = กุมภาพันธ์) สองตัวถัดมาแทนวันที่(15) และสองตัวสุดท้ายแทนลำดับที่ที่ทำการทดสอบ(02) เป็นต้น

5.3.4 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการปรับเทียบรูปคลื่นมาตรฐาน

หน้าที่ของส่วนโปรแกรมการปรับเทียบรูปคลื่นมาตรฐานนี้คือ ทำการปรับเทียบรูปคลื่นอิมพัลส์แรงดันทดสอบ เพื่อให้ได้รูปคลื่นตามที่มาตรฐานกำหนดก่อนทำการทดสอบ BIL ซึ่งเป็นส่วนโปรแกรมที่จะต้องทำงานก่อนที่จะมีการขอดูวงจรทดสอบ และเลือกมาตรฐานในเมนูรายการหลัก เนื่องจากในส่วนของโปรแกรมเหล่านั้นต้องการค่าของข้อมูลต่าง ๆ ที่เก็บอยู่ในไฟล์ TEST.CFG และ CIRCUIT.DAT ซึ่งล้วนเป็นไฟล์ที่สร้างขึ้นจากส่วนของโปรแกรมนี้

โปรแกรมการปรับเทียบรูปคลื่นมาตรฐานนี้ จะทำการรับข้อมูลแรงดันทดสอบ แล้วจะทำการคำนวณหาค่าเวลาหน้าคลื่น และหางคลื่น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 และจะนำค่าที่ได้เก็บไว้ในแฟ้มชื่อ WAVEFORM.BIL ในไดเร็กทอรีที่กำหนดให้เป็นที่เก็บข้อมูล เพื่อใช้ในการอ้างอิงต่อไปลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสามารถอธิบายได้ดังในแผนภาพรูปที่ 5.11

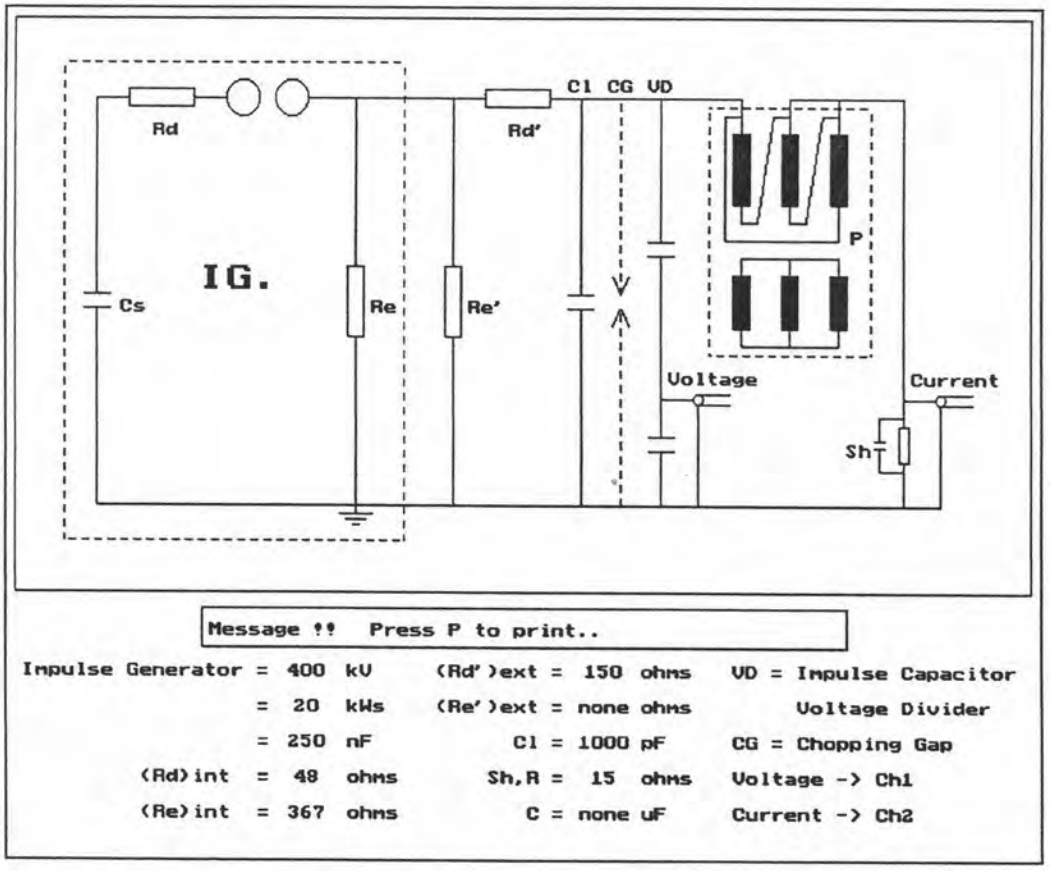


รูปที่ 5.11 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานเพื่อรับข้อมูลและคำนวณกับส่วนโปรแกรม waveform ในไฟล์ BIL.EXE

ในรูปที่ 5.11 แสดงลำดับขั้นตอนส่วนหนึ่งของโปรแกรม BIL.EXE เพื่อทำการตรวจวัดรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์มาตรฐาน โดยในส่วนโปรแกรมดังกล่าวสามารถอธิบายลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

1) เริ่มจากการรับข้อมูลจำเพาะของหม้อแปลง เช่น ชื่อของบริษัทผู้ผลิต ชื่อผู้ให้ทดสอบ กำลังงานพิกัด หมายเลขเครื่องของหม้อแปลงที่นำมาทดสอบ ระบบแรงดันและระดับแรงดัน BIL ของขดลวดด้านที่ต้องการทดสอบ
2) ข้อมูลจำเพาะของหม้อแปลง จะเก็บอยู่ในไฟล์ TEST.CFG ซึ่งในไฟล์นี้จะประกอบด้วย ชื่อไฟล์ข้อมูลทั้งหมดในไดเร็กทอรี วันที่ทำการทดสอบ ข้อมูลจำเพาะของหม้อแปลง มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ เป็นต้น
3) ชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของดิจิตอลออสซิลโลสโคป เพื่อตั้งค่าต่าง ๆ ให้พร้อมรับข้อมูลจากการทดสอบ และจัดส่งข้อมูลที่ได้รับให้กับคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของสัญญาณดิจิตอลต่อไป การตั้งค่าฐานเวลาของดิจิตอลออสซิลโลสโคปจะตั้งไว้ที่ 5 μsec เพื่อที่จะสามารถนำแสดงผลทั้งหน้าคลื่นและหางคลื่นได้ในเวลาเดียวกัน โดยที่
   - จำนวนข้อมูลทั้งหมดต่อ 1 สัญญาณเท่ากับ 501 จุดข้อมูล เวลาเทียบเท่า 50 μsec
   - สัญญาณแรงดันหน้าคลื่นจะประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 100 จุดข้อมูล เวลาเทียบเท่า 10 μsec
   - สัญญาณแรงดันหางคลื่นจะประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 501 จุดข้อมูลรวมกับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณจากสมการเส้นกราฟหางคลื่น เพื่อให้เวลาเทียบเท่าเป็น 100 μsec
4) ภาคการคำนวณค่ายอดของแรงดันอิมพัลส์ ค่าเวลาหน้าคลื่น เวลาหางคลื่น ร้อยละของค่าแรงดันพุ่งเกิน ซึ่งได้กล่าวรายละเอียดไปแล้วในบทที่ 4
5) ภาคการนำแสดงข้อมูลพร้อมรูปกราฟที่ได้ออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ และพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ พร้อมกับนำเก็บในแผ่นบันทึกข้อมูลเพื่อใช้อ้างอิงในภายหลังได้ ถ้ารูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์ที่ได้ยังไม่เป็นไปตามมาตรฐาน สามารถเลือกที่จะให้โปรแกรมดังกล่าวทำงานอีกกี่รอบก็ได้ (หลังจากที่ได้ปรับปรุงองค์ประกอบความต้านทานในวงจรเครื่องกำเนิดแล้ว) และถ้าได้รูปคลื่นตามที่มาตรฐานกำหนด หรือเป็นที่พอใจแก่ผู้ทดสอบแล้ว โปรแกรมการทดสอบจะผ่านไปยังขั้นตอนต่อไป

6) ภาคการนำเสนอวงจรทดสอบ หลังจากที่ได้รูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์แล้ว ส่วนของโปรแกรมนี้จะถาม องค์ประกอบที่ใช้ภายในเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ (พิกัดกำลังของเครื่องกำเนิด) ค่าความต้านทานหน่วงทั้งภายในวงจรและภายนอกวงจร ค่าความต้านทานคายประจุทั้งภายในและภายนอกวงจร ค่าตัวเก็บประจุโหลด ค่าความต้านทานชันต์ เป็นต้น หลังจากนั้นจะแสดงวงจรทดสอบ พร้อมค่าองค์ประกอบที่ใช้ในวงจรทดสอบ ดังแสดงได้ในรูปที่ 5.12 และผู้ทดสอบสามารถพิมพ์ภาพดังกล่าวออกทางเครื่องพิมพ์ได้อีกด้วย หลังจากนั้นโปรแกรมจะกลับไปสู่เมนูรายการหลัก เพื่อรอการทำงานต่อไป



รูปที่ 5.12 แสดงวงจรทดสอบที่นำเสนอในส่วนของส่วนโปรแกรมสำหรับการปรับเทียบรูปคลื่นมาตรฐานและค่าองค์ประกอบที่ใช้ในวงจร

5.3.5 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสำหรับการทดสอบ BIL

หน้าที่ของส่วนโปรแกรมนี้คือ ทำการทดสอบ BIL โดยการเลือกมาตรฐานที่ต้องการใช้ เนื่องจากมาตรฐานที่ทดสอบมีลำดับขั้นตอนที่เหมือนและแตกต่างกันกล่าวคือ

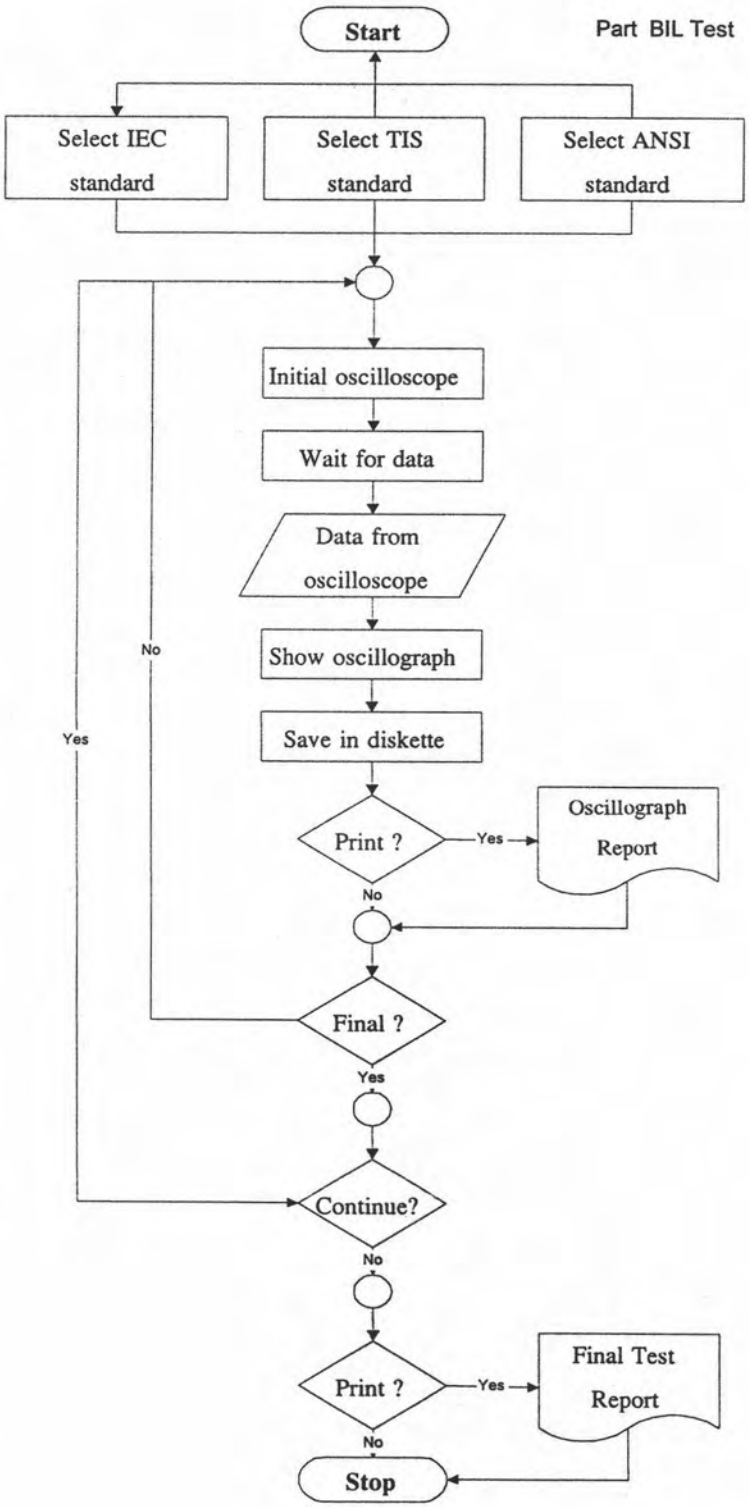
1) ในมาตรฐาน IEC และ สมอ. มีลำดับขั้นตอนเหมือนกัน ประกอบด้วย
   - ระดับแรงดันลดระดับประมาณ 50-75 % ของระดับแรงดันทดสอบ 1 ครั้ง
   - ระดับแรงดันทดสอบ 100 % 3 ครั้ง
2) ในมาตรฐาน ANSI มีลำดับขั้นตอนประกอบด้วย
   - ระดับแรงดันลดระดับประมาณ 50-75 % ของระดับแรงดันทดสอบ 1 ครั้ง
   - แรงดันรูปคลื่นตัดประมาณ 100-115 % ของระดับแรงดันทดสอบ 2 ครั้ง
   - ระดับแรงดันทดสอบ 100 % 1 ครั้ง

เนื่องจากการตั้งค่าฐานเวลาเพื่อรอรับสัญญาณในแต่ละขั้นตอนแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องมีการเลือกมาตรฐานที่ต้องการทดสอบ โดยในการตรวจวัดรูปคลื่นแรงดันและกระแสทดสอบลดระดับและที่ระดับแรงดันทดสอบใช้ค่าฐานเวลาสำหรับดิจิตอลออสซิลโลสโคปเป็น 50 μsec

- จำนวนข้อมูลทั้งหมดต่อ 1 สัญญาณเท่ากับ 501 จุดข้อมูล
  เวลาเทียบเท่า 500 μsec
- สัญญาณรูปคลื่นแรงดันจะประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 100 จุดข้อมูล
  เวลาเทียบเท่า 100 μsec
- สัญญาณรูปคลื่นกระแสจะประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 250 หรือ 500 จุดข้อมูล เวลาเทียบเท่า 250 หรือ 500 μsec ตามลำดับ ขึ้นอยู่กับขนาดของค่ายอดรูปคลื่นกระแสที่ตำแหน่งท้ายสุดของรูปคลื่นกระแสกล่าวคือ เมื่อโปรแกรมทำการคำนวณขนาดค่ายอดของรูปคลื่นกระแส ถ้าปรากฏว่าขนาดดังกล่าวน้อยกว่า 50 % ของค่ายอดของรูปคลื่นกระแส ข้อมูลของเวลาจะเทียบเท่า 250 μsec และถ้าขนาดมากกว่า 50 % โปรแกรมจะนำแสดงข้อมูลทั้งหมดซึ่งเทียบเท่า 500 μsec

ในการตรวจสอบสำหรับการทดสอบ BIL ขั้นตอนของการทำรูปคลื่นตัด จะต้องตั้งค่าฐานเวลาที่ 1 μsec เพื่อให้สามารถเก็บรายละเอียดของรูปคลื่นได้ทั้งหมด ลำดับขั้นตอน

การทำงานของส่วนโปรแกรมการทดสอบ BIL สามารถอธิบายได้ดังในแผนภาพรูปที่ 5.13



รูปที่ 5.13 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานเพื่อรับข้อมูลกับส่วนโปรแกรมการทดสอบ BIL ในไฟล์ BIL.EXE

จากรูปที่ 5.13 ส่วนของโปรแกรมดังกล่าว เริ่มจากการเลือกมาตรฐานที่ต้องการทำการทดสอบ หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการตั้งค่าดิจิตอลออสซิลโลสโคป เพื่อให้ดิจิตอลออสซิลโลสโคปพร้อมที่จะรับข้อมูล และเมื่อรับข้อมูลแล้ว จะส่งข้อมูลมาให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการคำนวณและนำเสนอทางภาพกราฟฟิก พร้อมทั้งเก็บข้อมูลในแผ่นบันทึกข้อมูล และสามารถพิมพ์รายงานผ่านทางเครื่องพิมพ์ได้

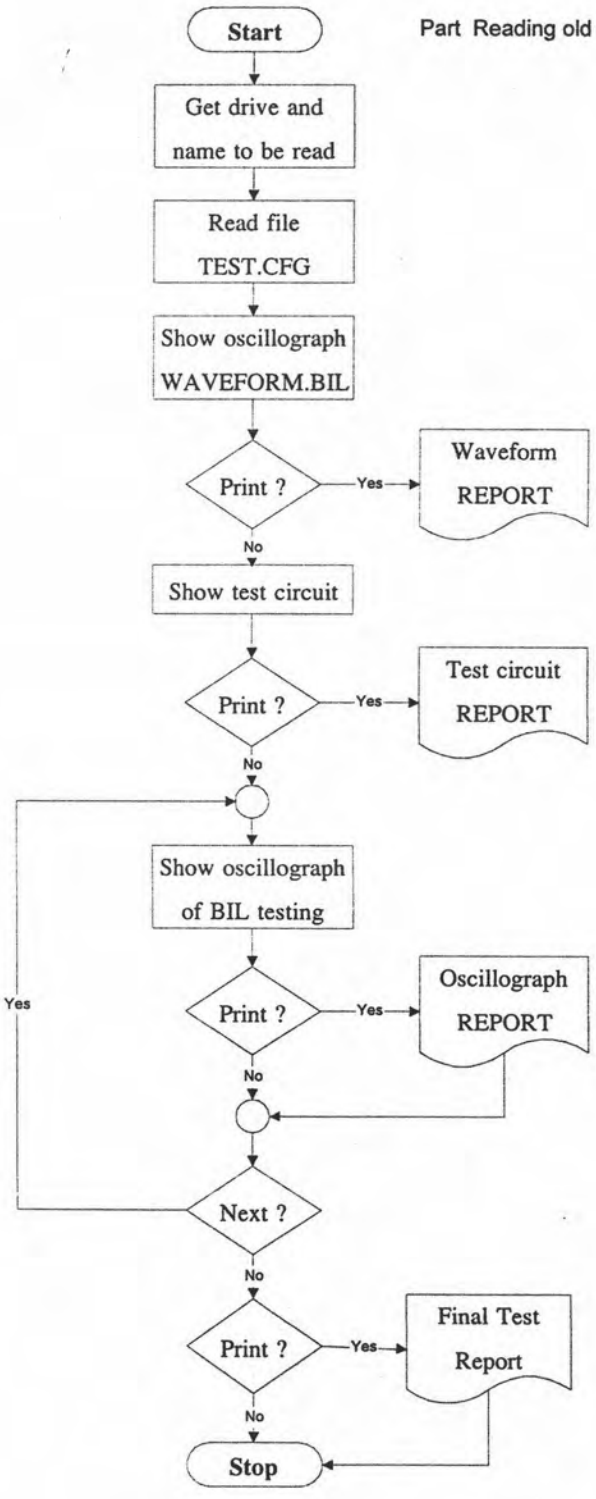
เมื่อทำการเสร็จสิ้นแต่ละขั้นตอน โปรแกรมจะทำการตรวจสอบว่าสิ้นสุดขั้นตอนตามที่มาตรฐานกำหนดแล้วหรือไม่ ถ้าไม่ก็จะมีการทำงานซ้ำ แต่ถ้าสิ้นสุดขั้นตอนตามแต่ละเฟสแล้ว โปรแกรมจะผ่านไปที่ขั้นตอนเพื่อ สอบถามผู้ทดสอบว่าต้องการทำงานต่อหรือไม่ ถ้าต้องการทำต่อโปรแกรมจะทำงานต่อไป แต่ถ้าไม่ทำงานต่อโปรแกรมจะออกจากส่วนของโปรแกรมโดยการสอบถามถึง ความต้องการในการพิมพ์รายงานผลการทดสอบ และกลับเข้าสู่เมนูรายการหลักต่อไป

5.3.6 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสำหรับการเรียกดูข้อมูลเก่า

หน้าที่ของโปรแกรมนี้คือ การเรียกข้อมูลเก่าที่ได้ทำการทดสอบไว้แล้วออกมาดูเพื่อการวิเคราะห์และดูลักษณะของรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์และรูปคลื่นกระแส สำหรับหม้อแปลงที่ได้รับการทดสอบ เพื่อสามารถเข้าใจถึงหลักการออกแบบ การวางขดลวดของหม้อแปลงที่ต้องการลดความแตกต่างของแรงดันกระจายที่ไม่สม่ำเสมอ และการจัดการฉนวนของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเป็นต้น ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมดังแสดงในรูปที่ 5.14

ในรูปที่ 5.14 แสดงลำดับขั้นตอนของโปรแกรม โดยเริ่มจากนำแผ่นข้อมูลที่มีไฟล์ต้องการเรียกดูใส่ในช่องบันทึกข้อมูล หลังจากนั้นให้เลือกช่องเก็บข้อมูลให้ตรงกับแผ่นข้อมูลที่ต้องการเรียกดู โปรแกรมจะถามชื่อไดเร็กทอรีที่ต้องการเรียกเช่น "A:\.." หรือ "B:\.." เมื่อแผ่นข้อมูลได้รับการอ่านจากโปรแกรม โปรแกรมจะทำการอ่านข้อมูลจำเพาะของการทดสอบจากไฟล์ TEST.CFG ก่อนซึ่งจะทำให้ทราบเกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ รวมทั้งจำนวนและชื่อแฟ้มที่กำลังจะเรียกดู หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการอ่านไฟล์ WAVEFORM.BIL เพื่อแสดงภาพกราฟฟิกของรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์ที่ใช้ในการทดสอบ พร้อมทั้งมีคำสั่งให้เลือกการพิมพ์รายงาน เมื่อเสร็จแล้วโปรแกรมจะทำการอ่านและแสดงผลภาพกราฟฟิกเกี่ยวกับวงจรทดสอบ พร้อมทั้งมีคำสั่งให้เลือกการพิมพ์รายงาน ขั้นต่อไปโปรแกรมจะทำการอ่านข้อมูลการทดสอบทีละภาพจนครบ

จำนวน พร้อมคำสั่งให้เลือกการพิมพ์ หลังจากที่นำแสดงข้อมูลหมดแล้ว ในท้ายสุดของโปรแกรมจะมีคำสั่งให้เลือกพิมพ์รายงาน และกลับเข้าสู่เมนูรายการหลัก เพื่อทำงานอื่นต่อไป



รูปที่ 5.14 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานเพื่อการเรียกดูข้อมูลเก่า

โครงสร้างไฟล์ในไดเร็กทอรีที่เก็บข้อมูลการทดสอบจะประกอบด้วยไฟล์ต่าง ๆ โดยสมมติตัวอย่างให้หม้อแปลงได้รับการทดสอบเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ ลำดับที่ของหม้อแปลงที่ทดสอบในวันนั้นเท่ากับ 2 ดังนั้นจะได้ชื่อของไดเร็กทอรีเป็น 021002 ในไดเร็กทอรี 021002 จะประกอบด้วยไฟล์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) WAVEFORM.BIL เป็นไฟล์ที่เก็บข้อมูลของรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์ที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด
2) TEST.CFG เป็นไฟล์สำหรับเก็บข้อมูลจำเพาะของหม้อแปลงที่ทดสอบเช่น วันที่ทดสอบ มาตรฐานที่ใช้ ชื่อแฟ้มที่อยู่ในไดเร็กทอรี 021002 และจำนวนรูปคลื่นที่บันทึกไว้เป็นต้น
3) CIRCUIT.DAT ไฟล์สำหรับเก็บข้อมูลเกี่ยวกับวงจรทดสอบ
4) 021002A1.BIL ไฟล์สำหรับเก็บข้อมูลลำดับขั้นที่ 1 ของเฟส A
5) 021002A2.BIL ไฟล์สำหรับเก็บข้อมูลลำดับขั้นที่ 2 ของเฟส A
6) 021002A3.BIL ไฟล์สำหรับเก็บข้อมูลลำดับขั้นที่ 3 ของเฟส A
7) 021002A4.BIL ไฟล์สำหรับเก็บข้อมูลลำดับขั้นที่ 4 ของเฟส A
8) 021002B1.BIL ไฟล์สำหรับเก็บข้อมูลลำดับขั้นที่ 1 ของเฟส B
9) 021002B2.BIL ไฟล์สำหรับเก็บข้อมูลลำดับขั้นที่ 2 ของเฟส B
10) 021002B3.BIL ไฟล์สำหรับเก็บข้อมูลลำดับขั้นที่ 3 ของเฟส B
11) 021002B4.BIL ไฟล์สำหรับเก็บข้อมูลลำดับขั้นที่ 4 ของเฟส B
12) 021002C1.BIL ไฟล์สำหรับเก็บข้อมูลลำดับขั้นที่ 1 ของเฟส C
13) 021002C2.BIL ไฟล์สำหรับเก็บข้อมูลลำดับขั้นที่ 2 ของเฟส C
14) 021002C3.BIL ไฟล์สำหรับเก็บข้อมูลลำดับขั้นที่ 3 ของเฟส C
15) 021002C4.BIL ไฟล์สำหรับเก็บข้อมูลลำดับขั้นที่ 4 ของเฟส C

ตัวอย่างรายงานผลการทดสอบนั้นสามารถดูได้จากเอกสารในภาคผนวก จ