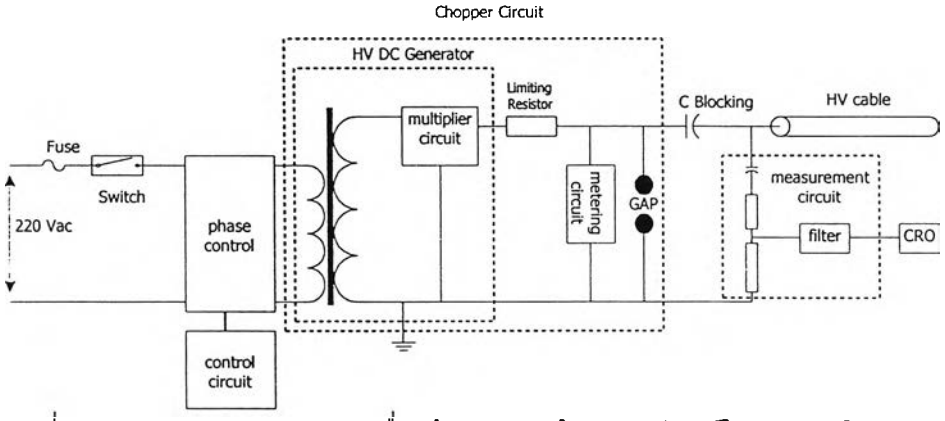
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
การออกแบบและประกอบสร้าง

3.1 โครงสร้างของเครื่องหาตำแหน่งฟอลต์ในสายเคเบิลแรงสูง

เครื่องหาตำแหน่งฟอลต์ในสายเคเบิลแรงสูงที่ได้ประกอบสร้างนั้น จะใช้หลักการของการตัดรูปคลื่นแรงดันกระแสตรง (Chopper) เพื่อให้เกิดคลื่นกระแสอิมพัลส์ขึ้นมา วิ่งเข้าไปยังสายเคเบิลที่ต้องการทดสอบ คลื่นที่วิ่งไปมาในสายเคเบิลนั้นจะถูกตรวจจับโดยส่วนของวงจรตรวจจับรูปคลื่น (Detector Circuit) แล้วส่งไปยังออสซิโลสโคป เพื่อแสดงผลรูปคลื่นและทำการหาระยะห่างของรูปคลื่นเพื่อหาจุดที่เกิดฟอลต์

เครื่องหาตำแหน่งฟอลต์ในสายเคเบิลแรงดันสูงสามารถใช้หาจุดที่เกิดฟอลต์ในสายเคเบิลแรงสูง โดยจุดที่เกิดฟอลต์ต้องอยู่ห่างจากปลายสายเคเบิลเป็นระยะทางไม่น้อยกว่าความกว้างของพัลส์ เพื่อไม่ให้พัลส์ลูกที่สองที่เกิดจากการสะท้อนกลับมาทับซ้อนกับพัลส์ลูกแรก ซึ่งทำให้การวัดผิดพลาดขึ้นได้ โดยเครื่องต้นแบบนี้มีส่วนประกอบโครงสร้างหลักที่สำคัญดังรูปข้างล่าง รูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 Block diagram ของเครื่องต้นแบบหาตำแหน่งฟอลต์ในสายเคเบิลแรงสูง

ส่วนประกอบที่สำคัญของโครงสร้างหลัก ได้แก่

3.1.1 วงจรควบคุม (Control circuit)

3.1.2 วงจรคอนโทรลเฟส (Phase control circuit)

3.1.3 วงจรกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรง (HV DC generator)

3.1.4 วงจรวัดแรงดันกระแสตรง (DC metering circuit)

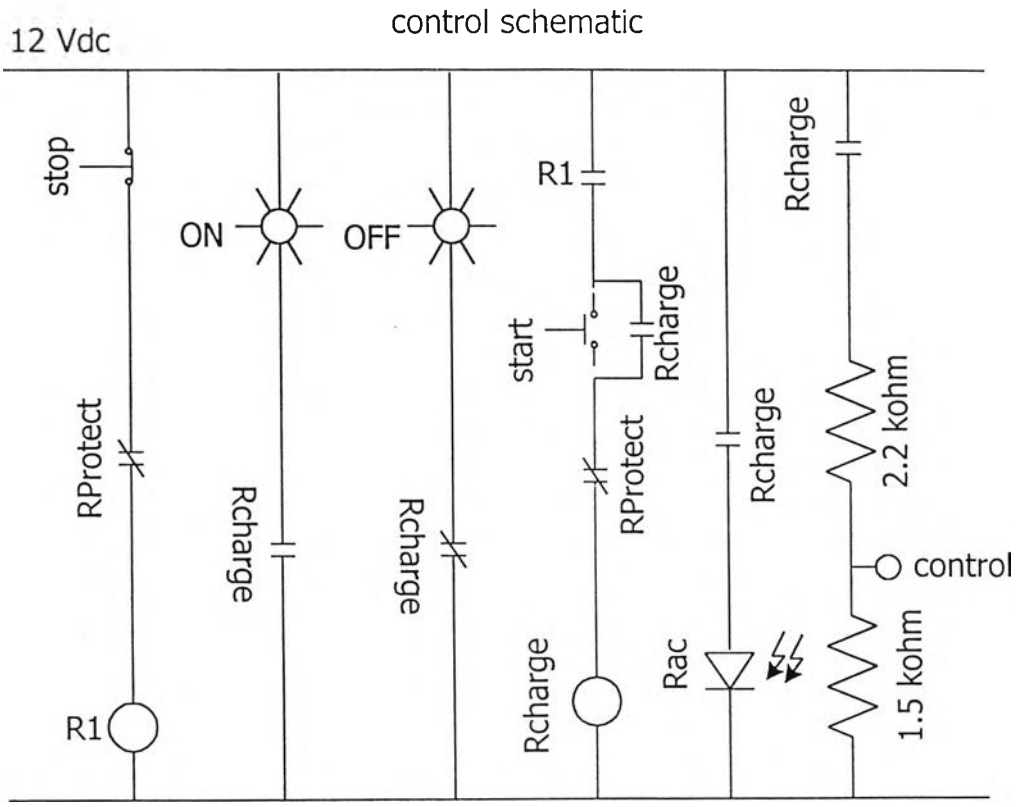
3.1.5 วงจรตัดแรงดันกระแสตรง (Chopper circuit)

3.1.6 วงจรตรวจจับและวัดรูปคลื่น (Detect and measurement circuit)

3.1.1 วงจรควบคุม

ในส่วนนี้จะทำการออกแบบวงจร โดยใช้แผนผังแลดเดอร์ (Ladder Diagram) มาใช้ทำการออกแบบวงจร

โดยสามารถอธิบายการทำงานของวงจรได้ดังนี้ เมื่อทำการเปิดเครื่องให้ทำงาน รีเลย์ R1 เริ่มทำงาน ขณะเดียวกันไฟที่แสดงสถานะพร้อมที่ทำงานของเครื่องติดสว่าง เมื่อทำการกดปุ่ม start จะทำให้รีเลย์ Rcharge ทำงาน ซึ่งทำให้หลอดไฟที่แสดงสถานะทำงานของเครื่องติดสว่าง และดับไฟที่แสดงสถานะพร้อมที่ทำงาน ขณะเดียวกันก็สั่งให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ Rac ติดกันเพื่อป้อนไฟให้กับวงจรขับไตรแอค (Triac driver) ให้พร้อมที่จะทำงาน และสั่งให้วงจรควบคุมเฟส (Phase controller) พร้อมทำงาน เมื่อกดปุ่ม Charge เพื่อป้อนแรงดันให้กับหม้อแปลงแรงดันสูง ถ้าเกินค่าแรงดันที่ตั้งเอาไว้ วงจรป้องกันจะทำการสั่งให้รีเลย์ Rprotect ตัดวงจรของรีเลย์ R1 ไม่ให้ทำงาน ซึ่งทำให้ตัดวงจรควบคุมทั้งหมดออก การทำงานของวงจรป้องกันจะกล่าวในหัวข้อต่อไป หรือเมื่อกดปุ่ม Stop ก็จะตัดวงจรควบคุมออกเช่นเดียวกัน ดังรูปวงจรที่ 3.2



R1,Rcharge =Relay (coil dc contact dc)

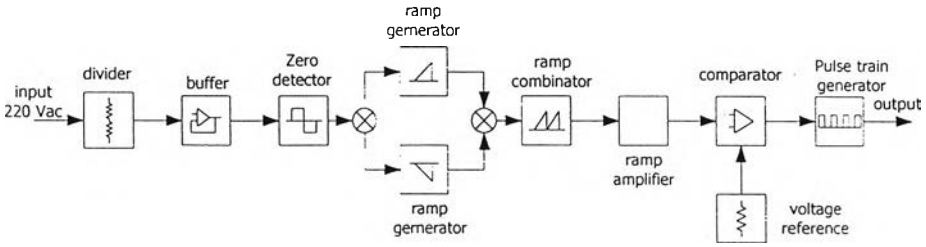
Rac = Relay (coil dc contact ac)

รูปที่ 3.2 Diagram ของวงจรควบคุม

แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงสำหรับจ่ายแรงดันให้กับวงจรทั้งหมดนั้น จะใช้ Switching power supply ซึ่งสามารถจ่ายแรงดันกระแสตรงได้ทั้ง +5, -5, +12, +15 โวลต์ ซึ่งพอเพียงกับส่วนของวงจรทั้งหมด และยังสามารถนำไปจ่ายให้กับวงจรส่วนต่างๆได้อีก โดยที่กำลังไฟฟ้าไม่ตกลง และยังทำให้สามารถประหยัดพื้นที่ในการประกอบลงกล่องได้อีกด้วย

3.1.2 วงจรควบคุมเฟส (Phase controller)

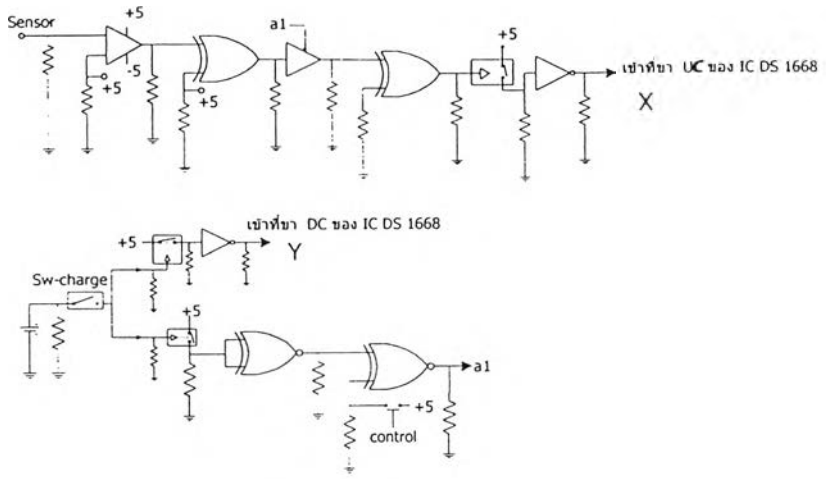
ในส่วนของวงจรควบคุมเฟสนี้ มี Block Diagram ในการอธิบายการทำงาน ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 Block Diagram ของวงจรควบคุมเฟส

จาก Block Diagram อินพุทรับแรงดันกระแสสลับ 220 V ผ่านโวลเตจดิไวเดอร์เพื่อลดทอนแรงดันลงมาเหลือ 3 V แล้วป้อนเข้าสู่บัฟเฟอร์ (Buffer) ก่อนส่งไปยังส่วนของวงจร Zero Detector เพื่อป้องกันไม่ให้วงจร Zero Detector เป็นโหลดของโวลเตจดิไวเดอร์ หลังจากนั้นป้อนเข้าสู่วงจรสร้างสัญญาแรมป์ (Ramp Generator) ทั้งแรงดันบวกและแรงดันลบ แล้วป้อนเข้าไปยังวงจรรวมสัญญาณแรมป์ (Ramp Combinator) และวงจรขยายสัญญาณแรมป์ (Ramp Amplifier) จากนั้นนำสัญญาณแรมป์ที่ได้ป้อนไปยังวงจรเปรียบเทียบ (Comparator) เพื่อเปรียบเทียบกับแรงดันที่ได้จากวงจรแรงดันอ้างอิง (Voltage Reference) สัญญาณที่ได้จะเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) ซึ่งแรงดันที่ได้นี้จะป้อนเข้าไปสู่วงจรสร้างพัลส์ต่อเนื่อง (Pulse Train) เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์ต่อเนื่องไปขับไตรแอคต่อไป

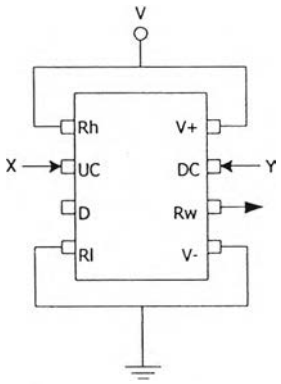
วงจรแรงดันอ้างอิง (Voltage Reference) จะทำหน้าที่เป็นตัวสร้างแรงดันอ้างอิงขึ้นมาเพื่อใช้เปรียบเทียบกับสัญญาณแรมป์ ซึ่งวงจรนี้จะแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรแรงดันอ้างอิง

การทำงานของวงจรในรูปที่ 3.4 จะทำงานร่วมกับ IC เบอร์ DS1668 ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งเป็น IC ของบริษัท DALLAS SEMICONDUCTOR และ IC นี้เป็นประเภท Electronic Digital Rheostat ซึ่งรายละเอียดของการทำงานของ IC สามารถหาดูได้จาก data sheet ของ IC เบอร์นี้ จาก เว็บไซต์ www.Dallas.com

การทำงานของ IC เบอร์นี้ จะใช้เป็นตัวสร้างแรงดันอ้างอิง โดยจะใช้วงจรในรูปที่ 3.4 เป็นตัวควบคุมขา UC และขา DC ซึ่งเอาท์พุท ที่ออกมาจาก IC ที่ขา Rw จะมีแรงดันอยู่ในช่วง 0-5 V โดยจะนำแรงดันที่ได้นี้ป้อนเป็นสัญญาณอินพุทร่วมกับแรงดันที่ได้จากวงจรสร้างสัญญาณแรมป์ให้กับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์ออกมาควบคุมวงจรสร้างพัลส์ต่อเนื่อง ดังแสดงใน Block Diagram ของวงจรควบคุมเฟส ในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.5 การทำงานของ IC DS1688

3.1.3 วงจรกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรง (HV DC Generator)

วงจรในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย ส่วนหลักๆ 2 ส่วน คือ

3.1.3.1 หม้อแปลงแรงดันสูง (HV Transformer)

หม้อแปลงที่ใช้ เป็นของบริษัท ESTEL แสดงดังรูปที่ 3.6 ซึ่งมีพิกัด ดังนี้

Primary Voltage 230 V

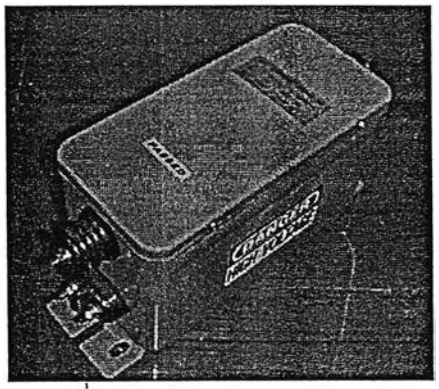
Secondary Voltage 15 kV

Primary Current 2 A

Secondary Current 30 mA

Secondary Mid Point Grounded

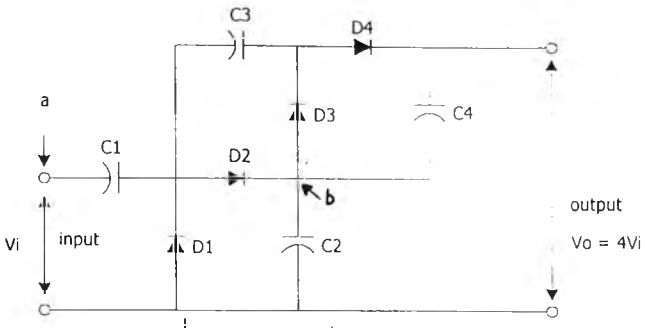
หม้อแปลงที่ใช้นี้จะมีขั้วทางด้าน Secondary ออกมา 2 ด้าน โดยแต่ละด้านจะมีแรงดันออกมาสูงสุด 7.5 kV หม้อแปลงจะทำหน้าที่แปลงแรงดันที่รับจากวงจร Triac driver โดยจะแปลงแรงดันจาก 0-230 V ไปเป็นแรงดันสูงขนาด 0-7.5 kV แล้วส่งแรงดันต่อไปยังวงจรทวีแรงดัน (Multiplier Circuit)



รูปที่ 3.6 หม้อแปลงแรงดันสูง

3.1.3.2 วงจรทวีแรงดัน (Multiplier Circuit)

วงจรทวีแรงดัน จะประกอบไปด้วยตัวเก็บประจุ (Capacitor) และ(Diode) ต่อกันแบบขั้นบันได ซึ่งสามารถกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรงเป็นจำนวน 4 เท่าของแรงดันอินพุท ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.7 ที่ปลายด้าน a ของตัวเก็บประจุ C1 แรงดันจะเปลี่ยนแปลงตามแรงดันของแรงดันอินพุท ที่ป้อนเข้ามา เมื่อแรงดันที่จุด a ลดลงจนถึง –v ตัวเก็บประจุ C1 จะถูกอัดประจุโดยผ่านตัวไดโอด D1 จนมีแรงดันเป็น v สำหรับตัวเก็บประจุ C2 นั้น เมื่อจุด a มีแรงดันเป็น v+ ที่จุด b จะมีแรงดันเป็น +2v ตัวเก็บประจุ C2 จะอัดประจุจนมีแรงดันเป็น 2 v เช่นเดียวกัน แรงดันที่ output ของวงจรดังรูปที่ 3.7 จะมีค่าเป็น 4v ไดโอดแต่ละตัวต้องทนแรงดันย้อนกลับได้มากกว่า 2 v ตัวเก็บประจุจะต้องทนแรงดันได้มากกว่า 2v ด้วยเช่นกัน ยกเว้นตัวเก็บประจุที่อยู่ติดกับอินพุทสามารถทนแรงดันเพียง v ได้



รูปที่ 3.7 วงจรทวีแรงดัน

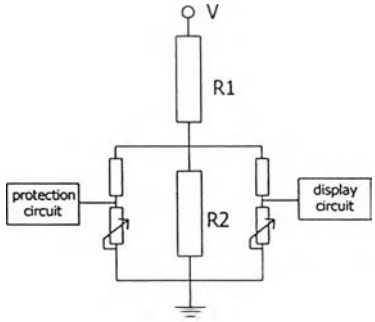
3.1.4 วงจรวัดแรงดันกระแสตรง (DC Metering Circuit)

วงจรวัดแรงดันกระแสตรง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.8 จะประกอบไปด้วย

3.1.4.1 โวลเตจดิไวเดอร์

3.1.4.2 วงจรโวลต์มิเตอร์

3.1.4.3 วงจรป้องกันแรงดันเกิน (Overvoltage Protection Circuit)



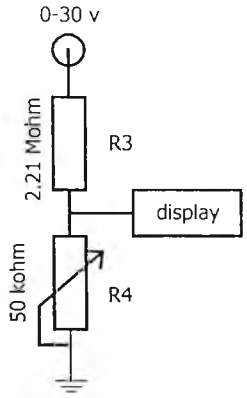
รูปที่ 3.8 วงจรวัดแรงดันกระแสตรง

3.1.4.1 โวลเตจดิไวเดอร์

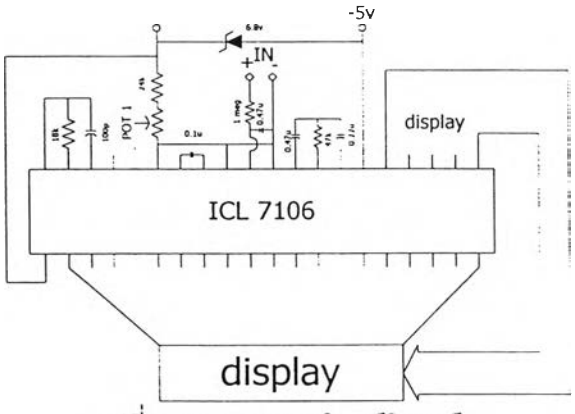
โวลเตจดิไวเดอร์ที่ทำการออกแบบเป็นแบบความต้านทาน (Resistive Voltage Divider) ประกอบไปด้วยความต้านทานภาคแรงสูง R1 และความต้านทานภาคแรงต่ำ R2 มีอัตราส่วนแรงดัน a = (R1+R2)/R2 ใช้ในการลดทอนแรงดันสูงกระแสตรงลงมาให้ได้แรงดันที่เหมาะสมเพื่อป้อนเข้าวงจรแสดงผลและวงจรป้องกัน ทำการออกแบบค่าความต้านทาน R1 ให้มีค่า 600 MΩ โดยใช้ตัวต้านทานที่ทำด้วยคาร์บอนฟิล์มขนาด 100 MΩ 1 W มาต่ออนุกรมกัน 6 ตัว และความต้านทาน R2 ให้มีค่า 600 kΩ แล้วนำตัวความต้านทานทั้งสองใส่ในท่อพีวีซี แล้วหล่อด้วยเรซิน แรงดันสูงกระแสตรงที่ต้องการวัดสูงสุดเท่ากับ 30 kV ดังนั้นโวลเตจดิไวเดอร์จะต้องสามารถทนแรงดันและวัดแรงดันได้สูงถึง 30 kV หลังจากนั้นนำโวลเตจดิไวเดอร์ที่ได้มาทดสอบหาค่าอัตราส่วนของแรงดัน ซึ่งจะได้ค่าอัตราส่วนของแรงดัน V1/V2 เท่ากับ 1054:1

3.1.4.2 วงจรโวลต์มิเตอร์ (Volt Meter)

ใช้ในการอ่านค่าแรงดันที่ได้จากการวัดแรงดันสูงกระแสตรง ด้วยโวลเตจดิไวเดอร์แบบความต้านทาน เพื่อนำมาแสดงผลแบบตัวเลข โดยใช้ IC เบอร์ ICL 7106 โดยมีตัวต้านทานปรับค่าได้ POT1 สำหรับปรับค่า Correction factor ให้ได้ตัวเลขที่เหมาะสมและถูกต้องตรงกับแรงดันที่เกิดขึ้นจริงทางภาคแรงสูง รายละเอียดของวงจรแสดงดังรูปที่ 3.9 แรงดันอินพุท ที่ป้อนเข้าที่ขา IC นี้จะอยู่ในช่วง +5 ถึง –5 V แต่เอาท์พุทที่ออกมาจากโวลเตจดิไวเดอร์ที่ค่าอยู่ในช่วง 0-30 V จึงต้องมีการลดทอนแรงดันจากโวลเตจดิไวเดอร์ลงมาอีก โดยได้ออกแบบให้อินพุท ที่ป้อนเข้าที่ขา IC มีค่าอยู่ระหว่าง 0-2 V ค่าความต้านทาน R3 มีค่าเท่ากับ 2.21 MΩ และตัวต้านทาน R4 จะใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ 50 kΩ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.9 วงจรแสดงผล



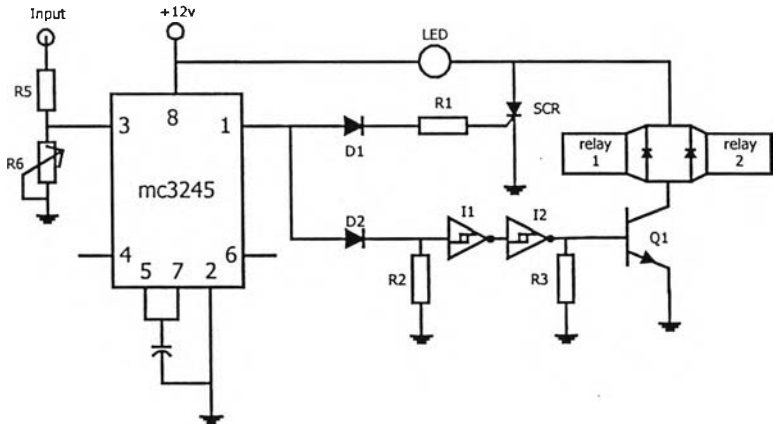
รูปที่ 3.10 วงจรของโวลต์มิเตอร์

3.1.4.3 วงจรป้องกันแรงดันเกิน (Overvoltage Protection Circuit)

วงจรป้องกันแรงดันเกินที่ได้ออกแบบนี้ จะใช้สำหรับป้องกันไม่ให้แรงดันสูงกระแสตรงเกินกว่าแรงดันที่ตั้งเอาไว้ คือ 30 kΩ ซึ่งอาจทำให้อุปกรณ์ภายในเครื่องหรือเคเบิลที่ทำการ

ทดสอบเสียหายได้ ทำโดยการตรวจจับแรงดันสูงกระแสตรงด้วยโวลเตจดิไวเดอร์ แล้วป้อนเข้าสู่ IC สำเร็จรูปเบอร์ MC3425 ถ้าแรงดันที่ป้อนเข้ามาเกินกว่าแรงดันที่ตั้งเอาไว้ IC นี้จะสั่งให้ระบบควบคุมเครื่องตัดวงจรทั้งหมดและจะมีหลอดไฟ (Alarm LED) ติดสว่างเตือนอยู่ หลอดไฟนี้ยังคงติดสว่างอยู่จนกว่าจะปิดสวิตซ์ของเครื่อง

หลักการทำงานของวงจรนี้ คือ จะรับแรงดันจากโวลเตจดิไวเดอร์ แล้วนำมาป้อนให้กับ IC MC3425 โดยจะต้องลดแรงดันลงมาก่อน เนื่องจาก IC เบอร์นี้มีแรงดันอ้างอิง 2.5 V ดังนั้นแรงดันอินพุทที่ป้อนเข้าไป เพื่อเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงนี้ต้องไม่เกิน 2.5 V เพื่อให้สภาวะปกติวงจรนี้ไม่ทำงาน แต่ถ้าแรงดันเกินค่าแรงดันอ้างอิง วงจรนี้จะทำงานทันที ออกแบบให้ค่าความต้านทาน R5 มีค่าเท่ากับ 1.314 MΩ และตัวต้านทาน R4 จะใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ 200 kΩ เมื่อแรงดันอินพุทที่ป้อนเข้ามาเกิน 2.5 V เอาท์พุทที่ขา 1 ของ IC นี้จะไปสั่งให้ SCR ทำงาน ทำให้หลอด LED สว่าง และขณะเดียวกันก็สั่งให้ Q1 ทำงาน ทำให้ Relay1 และ Relay 2 ทำงานเพื่อไปตัดวงจรควบคุมของเครื่องทั้งหมดออก รายละเอียดวงจรแสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 วงจรป้องกัน (Protection Circuit)

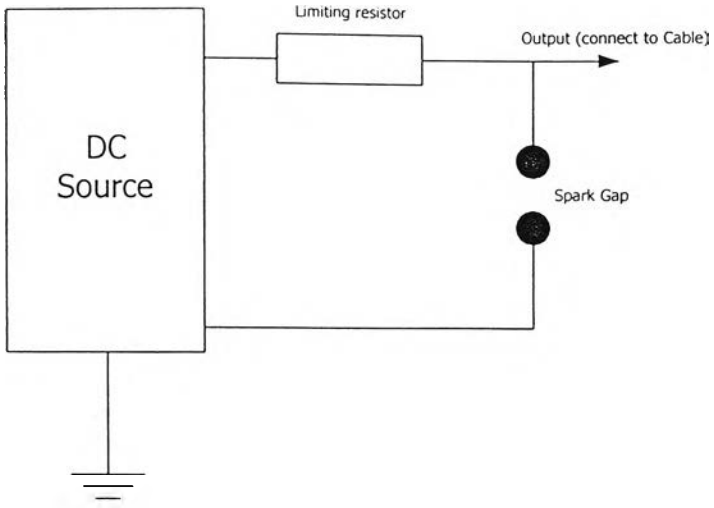
3.1.5 วงจรตัดแรงดันกระแสตรง (Chopper Circuit)

วงจรตัดแรงดันกระแสตรง ดังรูปที่ 3.12 จะประกอบด้วย

3.1.5.1 แหล่งกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรง (High Voltage Generator)

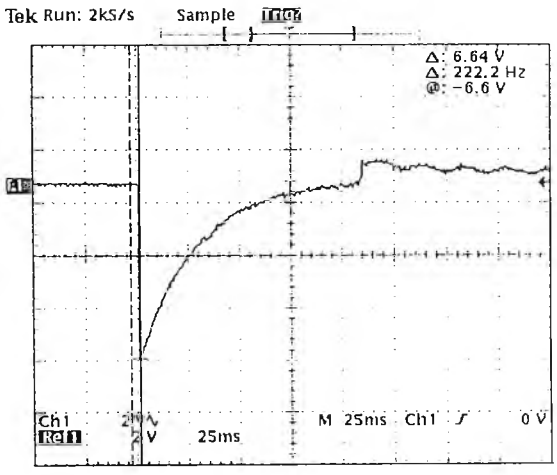
3.1.5.2 ตัวต้านทานจำกัดกระแส (Limiting Resistor)

3.1.5.3 แกปทรงกลม (Sphere Gap)

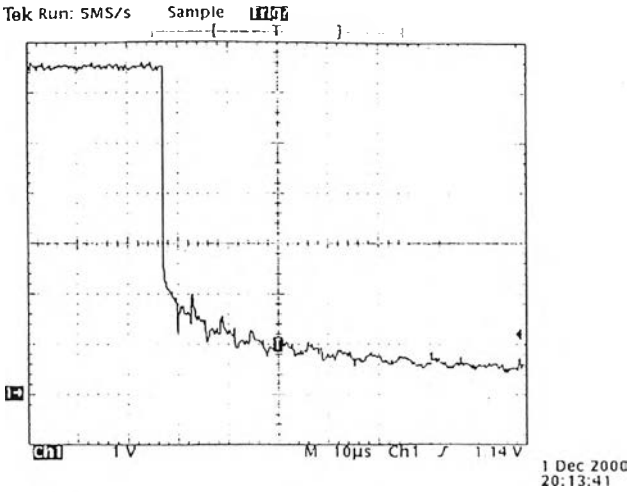


รูปที่ 3.12 วงจรตัดแรงดันกระแสตรง (Chopper Circuit)

เมื่อทำการป้อนแรงดันสูงกระแสตรงจากแหล่งกำเนิดแรงดันที่ได้ออกแบบไปแล้วในหัวข้อ 3.1.3 ไปยังโหลดที่ต่ออยู่ซึ่งเป็นสายเคเบิลที่ใช้ทดสอบ จนถึงค่าแรงดันค่าหนึ่งซึ่งจะอยู่ในช่วง 20-22 kV ก็จะเกิดการ Spark ระหว่างโลหะทรงกลมทั้งสองลูก และทำให้แรงดัน Chop ลงมาเกือบถึงศูนย์โวลต์ ดังรูปที่ 3.13 ทำให้เกิดกระแสอิมพัลส์ขึ้นมา วิ่งเข้าไปยังสายเคเบิลที่ต่ออยู่ โดยมีตัวต้านทานจำกัดกระแสต่ออยู่ระหว่างแหล่งกำเนิดแรงดันกับโลหะทรงกลมทั้งสอง เพื่อจำกัดกระแสไม่ให้ไหลจากแหล่งกำเนิดมากเกินไป ใช้ตัวต้านทานแบบคาร์บอนขนาด 1 kΩ มาต่ออนุกรมกัน 5 ตัว ซึ่งจะได้ค่าความต้านทานรวมเท่ากับ 4.94 kΩ ดังรูปที่ 3.12 แรงดันที่ Chop ลงมา ดังรูปที่ 3.13 เมื่อนำมาขยายสเกลทางด้านเวลา จะได้รูปคลื่นแรงดันตัด (Chopped Voltage) ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.13 รูปคลื่นแรงดันตัด (Chopped Voltage)



รูปที่ 3.14 รูปคลื่นแรงดันตัด (Chopped Voltage) ที่ขยายสเกลทางด้านเวลา

จากรูปที่ 3.1 ซึ่งแสดง Block Diagram ของเครื่องหาตำแหน่งฟอลต์นั้น จะมี Blocking Capacitor ต่ออยู่ระหว่างสายเคเบิลที่ทดสอบกับวงจรตัดแรงดัน (Chopper circuit) เนื่องจากสายเคเบิลที่นำมาทดสอบบางครั้งนั้น ไม่สามารถทราบได้ว่าสายเคเบิลเส้นนั้นเกิดฟอลต์แบบเปิดวงจร (Open circuit) หรือปิดวงจร (Short circuit) ดังนั้นจึงต้องใส่ Blocking Capacitor เข้าไป เพื่อป้องกันไม่ให้วงจรตัดแรงดัน (Chopper circuit) ไม่ทำงานและความต้านทานจำกัดกระแสเสียหาย เนื่องจากกระแสที่ไหลผ่านอย่างต่อเนื่อง ในกรณีที่สายเคเบิลเกิดฟอลต์แบบลัดวงจร

ในการออกแบบ Blocking Capacitor นั้น จะใช้ตัวเก็บประจุขนาด 0.1 µF ทนแรงดันได้ 2 kV มาต่ออนุกรมกัน 20 ตัว ทำให้มีค่าขนาดเก็บประจุ (capacitance) 5 nF ทนแรงดันรวมได้ 40 kV

3.1.6. วงจรตรวจจับและวัดรูปคลื่น (Detect and Measurement Circuit)

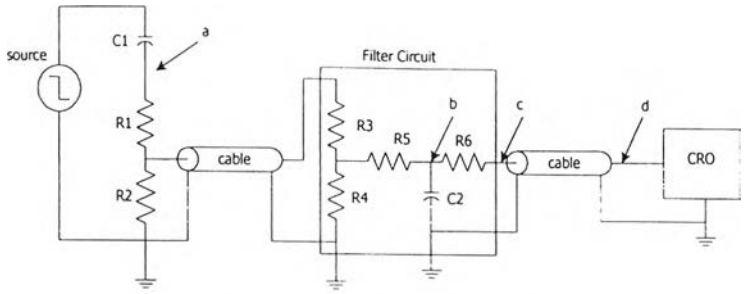
ในการออกแบบวงจรส่วนนี้ จะใช้โปรแกรม Pspice ของบริษัท MicroSim มาทำการออกแบบ โดยทำการจำลองวงจรขึ้นมาในโปรแกรม ดังรูปที่ 3.15 แล้วทำการ simulate วงจร เพื่อหาผลเฉลยของวงจร โดยป้อนสัญญาณพัลส์ ซึ่งเป็น Step Voltage จะจำลองเป็น Chopped voltageดังรูปที่ 3.16 ผลที่ได้จากการจำลองวงจรจะแสดงดังรูปที่ 3.17, 3.18,3.19 และ 3.20

วงจรตรวจจับรูปคลื่นอิมพัลส์ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.15 ซึ่งจะประกอบไปด้วย

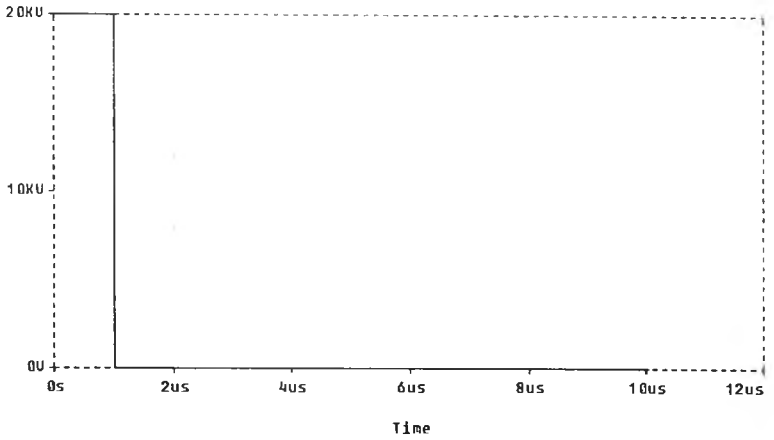
3.1.6.1 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

3.1.6.2 โวลเตจดิไวเดอร์แบบความต้านทาน (Resistive Voltage Divider)

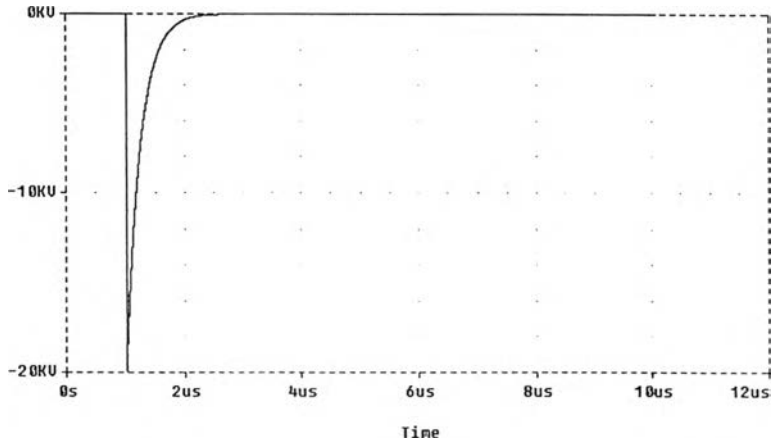
3.1.6.3 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter)



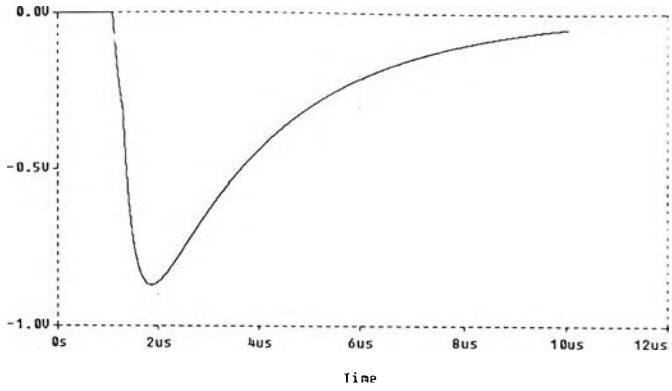
รูปที่ 3.15 วงจรตรวจจับรูปคลื่นอิมพัลส์



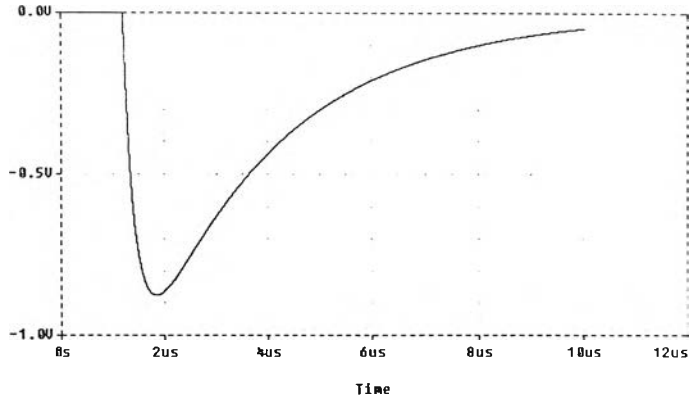
รูปที่ 3.16 รูปของแรงดัน Step Voltage ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายแรงดัน



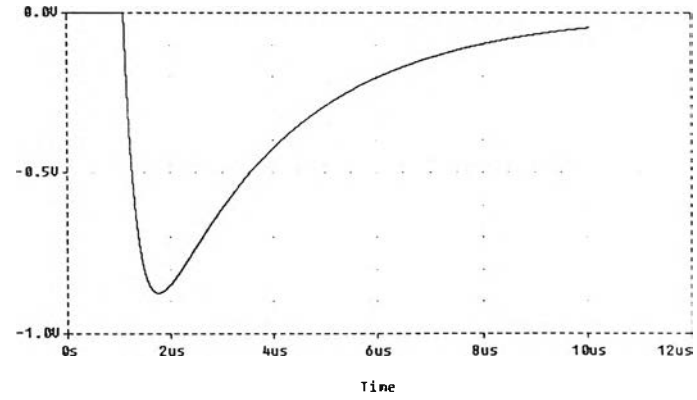
รูปที่ 3.17 รูปของแรงดันโดยวัดที่จุด a



รูปที่ 3.18 รูปของแรงดันโดยวัดที่จุด b



รูปที่ 3.19 รูปของแรงดันโดยวัดที่จุด c



รูปที่ 3.20 รูปของแรงดันโดยวัดที่จุด d

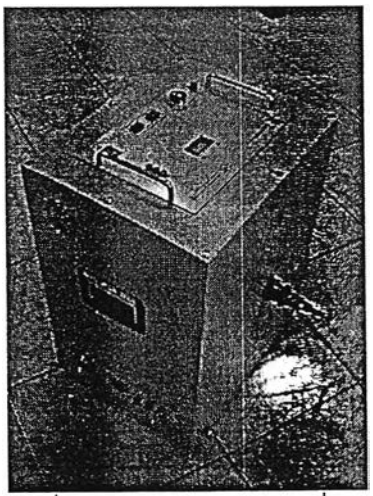
ในการออกแบบวงจรส่วนแรก คือตัวเก็บประจุ และโวลเตจดิไวเดอร์แบบความต้านทาน นั้นจะต้องคำนึงถึงรูปร่างของคลื่น โดยจะต้องออกแบบให้ตอบสนองกับความถี่ของคลื่นพัลส์ที่เคลื่อนที่ในสายเคเบิล ซึ่งมีความถี่อยู่ในช่วง 0 ถึง 10 MHz ผลจากการจำลองวงจร จะใช้ค่าความจุไฟฟ้า 0.295 nF ทนแรงดัน 40 kV โดยใช้ตัวเก็บประจุ 5 nF แรงดัน 2 kV มาต่ออนุกรมกัน ค่า

ความต้านทานที่เลือกใช้ทางภาคแรงสูง คือ 836 Ω โดยใช้ตัวต้านทานขนาด 250 Ω มาต่ออนุกรมกัน 4 ตัว ทางภาคแรงต่ำ คือ 6.1 Ω เพื่อทำการลดขนาดแรงดันพัลส์ในช่วง 0 ถึง 20 kV มาเหลือ 0 ถึง 150 V ตัวต้านทานที่ใช้ทั้งภาคแรงสูงและแรงต่ำนั้นจะใช้ตัวต้านทานแบบคาร์บอนฟิล์ม ซึ่งไม่มีความเหนี่ยวนำเข้ามาเกี่ยวข้อง เพราะไม่ต้องการให้เกิด Oscillation ของรูปคลื่น

ในส่วนของวงจรกรองความถี่สูงผ่านนั้น จะรับแรงดันอิมพัลส์ โดยผ่านสายเคเบิลซึ่งมีค่าเสิร์จอิมพีแดนซ์ 75 Ω อินพุทอิมพีแดนซ์ของวงจรกรองนี้จะต้องมีค่าอิมพีแดนซ์ 75 Ω ด้วย เพื่อให้เกิดการ Matching กัน เพื่อป้องกันการสะท้อนกลับไปกลับมาของคลื่น และขณะเดียวกันต้องลดทอนขนาดแรงดันพัลส์ลงมาเหลือในช่วง 0-50 V เพื่อส่งต่อไปยังออสซิโลสโคป ดังนั้นจากรูปที่ 3.15 จึงออกแบบความต้านทาน R3 ให้มีค่า 67.7 Ω และ R4 6.8 Ω หลังจากนั้นแรงดันอิมพัลส์ที่ตกคร่อม R4 จะส่งต่อไปยัง วงจรกรองความถี่สูงผ่าน ซึ่งประกอบด้วย ความต้านทาน R5 ต่ออนุกรมกับ C2 โดยออกแบบให้ R5 มีค่า 3.3 Ω และตัวเก็บประจุมีค่า 0.286 μF และวงจรนี้ยังมีตัวต้านทาน R6 ขนาด 65 Ω ต่ออยู่ที่ปลายของตัวต้านทาน R5 และตัวเก็บประจุ C2 เพื่อปรับค่าความต้านทานรวมของเอาท์พุทของวงจร ให้มีค่า 75 Ω เท่ากับเสิร์จอิมพีแดนซ์ของสายเคเบิล (Matching) เพื่อป้องกันการสะท้อนของคลื่น ซึ่งทำให้การวัดรูปคลื่นผิดพลาดได้

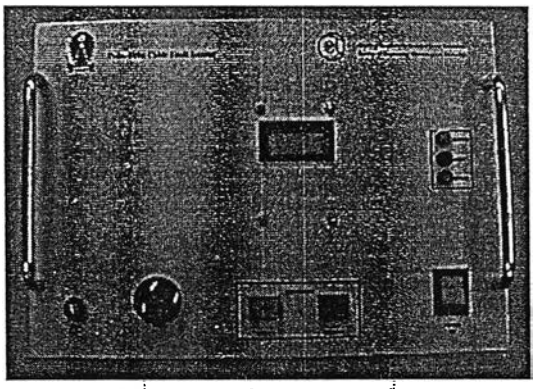
3.2 โครงสร้างของกล่องใส่อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ของเครื่อง

โครงสร้างของกล่อง ทำด้วยแผ่นเหล็ก หนา 1.2 mm เพื่อให้มีความแข็งแรง ทนทานต่อการเคลื่อนย้ายในการนำไปใช้งานในสถานที่ต่างๆ โดยมีขนาดกล่อง คือ ความกว้าง 50 cm ความยาว 50 cm ความสูง 65 cm แสดงดังรูปที่ 3.21 และ 3.22 และได้มีการออกแบบหน้าปัดของเครื่องให้มีความสวยงาม ซึ่งมีปุ่มต่างๆ และหลอดไฟแสดงสถานะ เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.21 โครงสร้างของเครื่อง

รูปที่ 3.22 ด้านข้างของโครงสร้างของเครื่อง



รูปที่ 3.23 หน้าปัดของเครื่อง