เครื่องบันทึกลักษณะสัญญาน

SURGE SCOPE

ดนัย รักษิตตธรรม

นฤธี จารุประกร

DANAI RAKKITTATAM

NARUTHEE CHARUPRAKARA

อาจารย์ที่ปรึกษา

สมเจตน์ เทียมเมือง

ADVISOR

SOMJET TIENMUANG B. Eng (KMIT),

M. Eng (Tokai)

วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2531

023113 -8.ค. 2532

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2531

เรื่อง เครื่องบันทึกลักษณะสัญญาน

SURGI SCOPE

ผู้จัดทำ

1. นายคนัย รักชิตศธรรม 26.1075
2. นายนฤชี จารุประกร 26.1114

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สมเจตน์ เทียมเมือง)

023113

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
Abstract	
บทนำ	
บทที่ 1 การวัดพัลส์	1
1.1 การวัดแรงดัน	1
1.2 การวัดโดยช่องว่างแรงกลม	1
1.3 การวัดแรงดันอิมพัลส์โดยออสซิโลสโคป	1
1.4 ปริมาณที่ต้องทำการวัด, ความละเอียดและข้อกำหนดของระบบการวัด	5
บทที่ 2 เครื่องบันทึกลักษณะสัญญาน	8
2.1 ส่วนประกอบของ Surge Scope	9
2.2 คำอธิบาย และหน้าที่ของสวิทช์, ปุ่มและจุดต่อต่าง ๆ	10
2.3 รายละเอียดหน้าปัทม์	10
2.4 วิธีการใช้งาน	12
2.5 การใช้งาน	12
บทที่ 3 การทำงานของวงจร	15
3.1 วงจรหลอดภาพรังสีกาโถด	15
3.2 วงจรฐานเวลาที่ใช้หลอดโพราตรอน	19
3.3 วงจรขยายสัญญาน	22
3.4 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	22
3.5 วงจรปรับตำแหน่ง	23
บทที่ 4 การทดลองและการใช้งาน	24
4.1 การใช้งาน	24
4.2 การทดสอบฉนวนด้วยแรงกันอิมพัลส์	24
4.3 การทดสอบฉนวนน้ำมันแรงสูง (บุชชิ่ง)	25

สารบัญ

	หน้า
4.4 การทดสอบหม้อแปลงด้วยแรงดันอิมพัลส์	26
4.5 ขั้นตอนการใช้ห้องทดลองแรงสูง	27
บทที่ 5 งานที่ทำ	29
ข้อเสนอแนะ	30
หนังสืออ้างอิง	
กิตติกรรมประกาศ	

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องบันทึกลักษณะสัญญาน
โดย	คนัย รักชิตกธรรม 28 : 1075
	นฤธี จารุประกร 28 : 1114
อาจารย์ที่ปรึกษา	สมเจตน์ เทียมเมือง
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	ไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2531

บทคัดย่อ

ในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูงนี้ เครื่องมือที่ใช้วัดสัญญานจากเครื่องกำเนิด แรงดันอิมพัลส์ คือ Surge Scope ซึ่งเป็นออสซิโลสโคป ชนิดที่มีความเร็วสูง และสามารถวัดสัญญานอิมพัลส์ในช่วงเลาสั้น ๆ ได้แม่นยำ

การทำงานของ Surge Scope จะใช้การ Charge และ discharge ของตัวเก็บประจุ ผ่านหลอด Thyratron สร้างสัญญานกวาดขึ้นตามเวลา ซึ่งจะมีฐานเวลาที่แน่นอน

เนื่องจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในห้องปฏิบัติการ มีความเสียหายเกิดขึ้นมาก และมีราคาแพง โครงการนี้เป็นการตรวจซ่อม Surge Scope เพื่อนำมาใช้งานได้อย่างปกติ.

Title	Surge Scope
By	Danai Rakkittatam
	Naruthee Charuprakara
Advisor	Somjet Tiemmuang
Level of Study	Bachelor degree in Electrical Engineering
Department	Electrical
Academic Year	1988

Abstract

In the High Voltage laboratory, the apperatus for measure the output signal from impulse voltage generator is Surge Scope. The Surge Scope is the high velocity oscilloscope which measured the short period impulse signal precisely.

The operation of Surge Scope using charging and discharging of condenser through thyratron tube, Generating precisely timebase sweep signal.

According to the out off order of the apparatus in this laboratory. Our group was assigned to check the Surge Scope and make it good condition for measurement.

บทนำ

ในปัจจุบันงานทางด้าน High Voltage ถือว่าเป็นงานที่มีความสำคัญมากที่ควบคู่กับการพัฒนาประเทศไทยไปสู่ประเทศอุตสาหกรรมใหม่ เพราะมีความจำเป็นมากที่จะส่งพลังงานไฟฟ้าไปยังแหล่งที่ต้องการอยู่มากมาย และในการส่งพลังงานไฟฟ้าไปในระยะทางไกล ๆ จึงต้องส่งในระดับแรงดันสูง เพื่อลดการสูญเสียเนื่องมาจาก ความต้านทานของสายลง และอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงต่าง ๆ เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า ลูกถ้วย เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้ต้องมีการออกแบบให้สามารถใช้งานได้ในระดับแรงดันสูง และจะต้องสามารถทนต่อแรงดันเกิน ที่อาจเกิดขึ้นจากภายในระบบเอง หรือจากธรรมชาติ เช่น แรงดันที่เกิดมาจากฟ้าผ่าได้โดยไม่เกิดความเสียหายขึ้น

อุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้จึงต้องมีการทดสอบภายในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง ก่อนการนำไปใช้งาน ซึ่งจะมีทั้งการทำสอบต่อแรงดันเกิน, แรงดันอิมพัลส์ สำหรับการทดสอบของแรงดันอิมพลส์ ภายในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูงมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันอิมพัลส์ขนาด 1500 กิโลโวลต์ และจะมีอุปกรณ์ที่ใช้วัดแรงดันอิมพัลส์นี้สำหรับดู Wave form ของคลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ซึ่งอุปกรณ์ตัวนี้คือ Surge Scope แต่เนื่องมาจากภายในห้องปฏิบัติการทางไฟฟ้าแรงสูง ขาดการบำรุงรักษาเป็นเวลานาน จึงทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ชำรุด เสียหายเป็นจำนวนมาก การนำเอามาใช้งานจึงต้องมีการซ่อมแซม บำรุงรักษาในส่วนที่เสียหาย โครงงานนี้จึงเป็นการซ่อมบำรุง อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการโดยเลือกซ่อมSurge Scope ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูง เพื่อให้สามารถนำมาใช้งานได้อย่างปกติ พร้อมกันนี้ยังได้จัดทำคู่มือการใช้เครื่องและการทำงานของ Surge Scope นี้ เพื่อเป็นแนวทางในการซ่อมบำรุงในครั้งต่อ ๆ ไป นอกจากคู่มือในการซ่อมบำรุงแล้ว ยังมีส่วนของการทดลองการทดสอบฉนวนอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วยแรงดันอิมพัลส์ เพื่อเป็นการทำสอบการใช้งานของอุปกรณ์วัดแรงดันดิมพัลส์ต่อไป

อย่างไรก็ตาม การซ่อมแซม และการทดสอบที่จัดทำขึ้นนี้เป็นการปฏิบัติงานที่ต้องใช้ความระมัดระวังเพราะต้องใช้ระดับแรงดันที่สูงมาก ผู้ที่ทำการทดลองจึงต้องปฏิบัติตามระเบียบของการใช้งานทางห้องทดลองไฟฟ้าแรงสูงอย่างเคร่งครัด เพื่อความปลอดภัยของผู้ทดลองเอง

ดังนั้นจึงหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ กับผู้ที่ต้องการพัฒนาอุปกรณ์วัดแรงดันดิมพัลส์อยู่บ้างไม่มากก็น้อย

บทที่ 1

1.1 การวัดแรงดันอิมพัลส์

การวัดแรงดันอิมพัลส์ ซึ่งเป็นแรงดันที่สูง มีข้อแตกต่างจากการวัดแรงดันต่ำที่สำคัญ คือ การวัดแรงดันอิมพัลส์เป็นการวัด Wave form ของการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของแรงดันและกระแส ซึ่งค่าของแรงดันหรือกระแสอาจจะมากมายจนถึงขนาดหลายล้านโวลเตจ หรือแอมแปร์ก็ได้ โดยการวัดแรงดันสูงต้องอาศัยเทคนิคบางประการ โดยอาศัยอุปกรณ์และเครื่องวัดและลักษณะสมบัติที่ต้องการของอุปกรณ์และเครื่องวัดที่สำคัญได้แก่

1. ความถูกต้องเที่ยงตรง
2. ความไวต่อสัญญาณที่ต้องการวัด
3. ความเชื่อถือได้
4. จัดความสามารถของเครื่องมือวัด
5. ความเร็วของเครื่องวัดที่จะติดตามการเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่นแรงดัน

ในการวัดแรงดันอิมพัลส์สามารถวัดแค่เพียงยอดคลื่น หรือวัดจากรูปคลื่นโดยตรงเลยก็ได้ โดยมีวิธีการวัดได้ 2 วิธีคือ

1. วัดโดยใช้ช่องว่างทรงกลม
2. วัดโดยใช้ออสซิโลสโคป

1.2 การวัดโดยช่องว่างทรงกลม

เป็นการทำให้เกิดเบรคดาวน์ของช่องว่างทรงกลม ซึ่งค่าเบรคดาวน์ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างทรงกลม, เส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกลม, สภาวะของบรรยากาศขณะทำการทดลอง ในการปฏิบัติงานเราจะให้มีการจัดประจุให้กับคาแปซิเตอร์แรงสูงของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ให้ได้แรงดันอัดประจุตามที่ต้องการ แล้วจึงปล่อยดิสชาร์ท ออกไปที่ช่องว่างทรงกลม ซึ่งอาจเกิดเบรคดาวน์หรือไม่เกิดก็ได้ทั้งที่แรงดันสูงพอ และการวัดแรงดันอิมพัลส์แบบนี้เราจะทราบเฉพาะค่ายอดของแรงดันอิมพัลส์เท่านั้น ไม่ทราบการเปลี่ยนแปลงของแรงดันตามเวลา

1.3 การวัดแรงดันอิมพัลส์โดยออสซิโลสโคป (Surge Scope)

Surge Scope คือ ออสสิโลสโคป ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีหน้าที่ในการวัดแรงดันอิมพัลส์ แต่เป็นออสิโลสโคปที่พิเศษกว่าออสสิโลสโคปทั่วไปคือ มีความเร็วในการกวาดแกนเวลาสูง

ในระบบออสสิโลสโคปยุคแรกจะมีแบบ Cold - cathode System โดยใช้วัดตั้งแต่ 100 กิโลโวลต์ขึ้นไปโดยไม่มีโวทเตจดิโอเออร์ แต่ในปัจจุบันนี้เป็นแบบ Sealed hot - Cathode tubes ซึ่งมีแบบวิดท์กว้างมากขึ้นและเวลาขึ้นมากขึ้น

การวัดแรงดันอิมพัลส์แบบนี้เราจะรู้ถึงแรงดันที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วยแต่ด้วยเหตุที่ว่าแรงดันอิมพัลส์เป็นแรงดันของคลื่นที่ไม่ซ้ำ ดังนั้น Surge Scope จึงต้องเป็นแบบที่มีความเร็วสูง และต้องมีแบนวิท์ที่กว้างพอ และมีเวลาขึ้นสูงและต้องการมีการป้องกันไม่ให้ไวต่อคลื่นรบกวนที่เกิดขึ้นในบริเวณใกล้เคียงโดยเนื่องมาจากคลื่นไฟฟ้ารบกวน และต้องมีค่าแรงดันป้อนเข้าสูงคือไม่ใช้แอมปลิฟลายในแกนตั้ง ซึ่งเป็นผลดีในการขจัดคลื่นรบกวน ดังรูป 1.

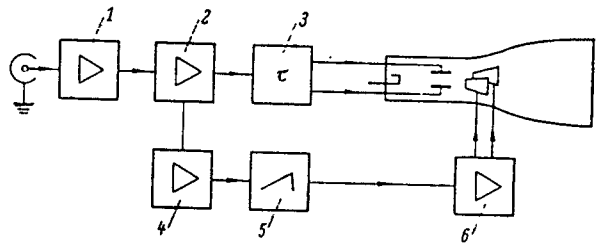


Fig. 1. Simplified block diagram of cathode-ray oscilloscope

1. Plug-in amplifier, 2. vertical amplifier, 3. delay line, 4. trigger amplifier, 5. sweep generator, 6. horizontal amplifier.

ในระบบการวัดนี้ต้องการเวลาในการเริ่มกวาดทางแกนนอนเราเรียกว่า " Trig-geoing" ซึ่งมีทั้งแบบภายในและภายนอก และปกติการสร้างการกวาดทางแนวแกนนอนจะช้ากว่าการกวาดตามแนวแกนตั้งประมาณ 100 นาโนวินาที ซึ่งจะเป็นผลให้เกิดสัญญาณดีเลย์โดย. เวลาดีเลย์จะเท่ากับเวลาที่การกวาดเวลาแนวแกนนอนดีเลย์จึงอาจจะมี delay line ดังรูปที่ 1 แต่ออสสิโลสโคปบางชนิดไม่มี delay line อาจจะใช้วิธีเชื่อมต่อเคเบิลระหว่างโวลเตจดิไวเดอร์กับออสสิโลสโคปโดยยาวประมาณ 20-40 เมตรแทน delay line

ในการใช้งานจริง ๆ ไม่สามารถนำ Surge Scope ไปต่อวัดที่ดิไวเดอร์

โดยตรงได้ เพราะไม่ปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติ และเพื่อลดการรบกวนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จึงต้องตั้ง Surge Scope ให้ห่างจากคีไวเดอร์ จึงต้องอาศัยเคเบิลในการส่งสัญญาณมายัง

และเคเบิลที่ใช้อย่างน้อยต้องเป็นแบบชิลดิ้ 2 ชั้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นในสายชิลด์อันเป็นส่วนหนึ่งของวงจรแรงดนอันเนื่องมาจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นซ้อนไปบนสัญญาณ โดยเคเบิลจะต่อมาจากคีไวเดอร์ ซึ่งจะไม่สามารถใช้เคเบิลต่อเข้าโดยตรงกับออสซิโลสโคปได้ เนื่องจากคลื่นอิมพัลส์เป็นคลื่นวงจร ดังนั้นถ้าต่อเข้าโดยตรงก็จะเกิดคลื่นย้อนกลับขึ้นในสายส่งทำให้รูปคลื่นที่ได้ผิดไปจากความเป็นจริง จึงต้องใช้แม็ทชิ่งอิมพีแด็นซ์ช่วยจากบล็อกแม็ชชิ่ง จะต่อไปสู่ Surge Scope ที่จุด A,B ดังรูป 2

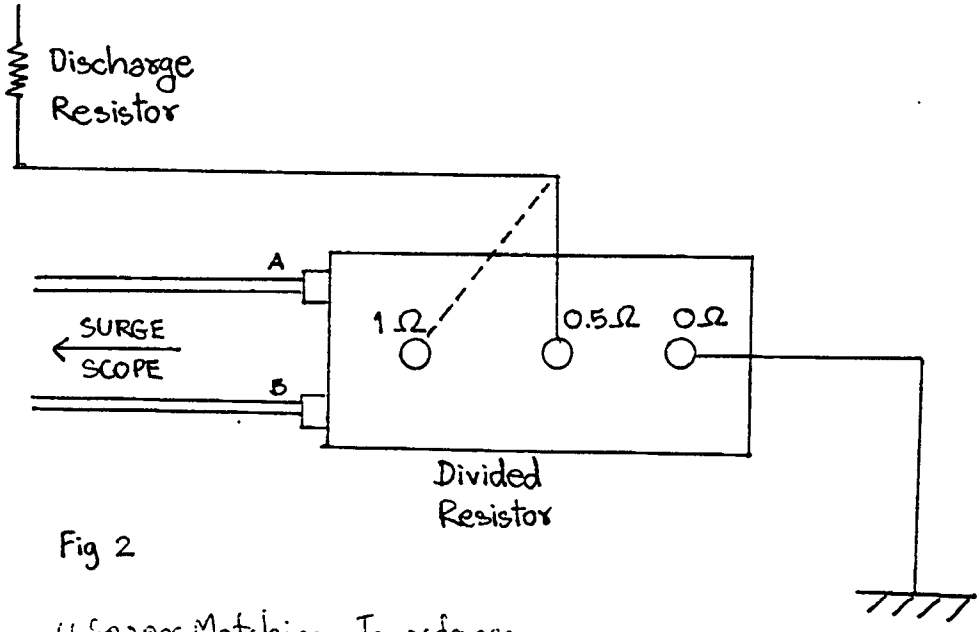


Fig 2

666วงจร Matching Impedance

และสัญญาณอิมพัลส์เป็นสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เคเบิลจะต้องพิจารณาเป็นวงจรที่มีพารามิเตอร์กระจายคือคิดเป็นสัญญาณแบบคลื่นจร และเหมือนเมื่อคลื่นจรเข้ามาที่ต้นทาง จะเห็นเคเบิลเป็นความต้านทานเท่ากับ Z_w .. (Surge Impedance)

โดยโหลดที่ปลายทางไม่มีผลต่อสัญญาณจนกว่าจะถึงเวลา τ เท่าของคลื่นเดินทาง τ ซึ่งเคเบิลจะคิดเป็นแบบสายส่งโดย τ หาโดย

$$\tau = 1/v \qquad l = \text{ความยาวของเคเบิล}$$

$$v = \text{ความเร็วแผ่กระจายคลื่นหาจาก}$$

$$v = c/\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}$$

ε_r, μ_r คือเปอร์มิตติวิตี้ และเปอร์มีบิลลิตี้ สัมพันธ์ตามลำดับของฉนวนสาย

ดังนั้นเคลเบิลที่ยาวกว่า $\frac{1}{4}$ ของความยาวคลื่นจะต้องคิดเป็นสวยส่งก็จะเกิดคลื่นสะท้อนกลับ แก้ไขโดยใช้แม็ทชิ่งอิมพีแด็นซ์ช่วยโดยมีค่าเท่ากับ 2 โวลต์

โดยทั่วไปในการวัดแรงดันอิมพัลส์โดยใช้ออสซิโลสโคป เราจะใช้โวลเตจดิไวเดอร์ทำหน้าที่ลดทอนขนาดของแรงดัน จากทางด้านแรงดันสูงไปสู่แรงดันต่ำ เพื่อความปลอดภัยของตัวผู้ทดลอง และองค์ประกอบที่เหมาะสมในการใช้โวลเตจดิไวเดอร์คือ ความต้านทาน, คาปาซิเตอร์ และเทคนิคของการดิไวเดอร์แรงดันสูงที่แตกต่างไปจากทางด้านแรงดันต่ำที่สำคัญคือ ความคงทนต่อแรงดันขององค์ประกอบเช่นดิไวเดอร์ที่ต่อเข้าภาคแรงสูงของโวลเตจดิไวเดอร์ขนาด 1000 กิโลโวลต์ แรงดันสูงขนาดนี้จะทำให้เกิดความเครียดสนามไฟฟ้าบนผิวของตัวต้านทาน และเกิดความเครียดสนามไฟฟ้าบนผิวของตัวต้านทานเนื่องมาจากความหนาแน่นของกระแส ซับซ้อนกับความเครียดสนามไฟฟ้าที่เกิดจากปลายแรงดันสูงของภาคแรงสูง ฉนั้นความต้านทานจึงต้องทนต่อความเครียดสนามไฟฟ้าได้ จึงต้องใช้ความต้านทานหลายตัวมาต่ออนุกรม เพื่อให้ได้ค่าตามต้องการและให้มีความยาวหลายเมตร โดยหลีกเลี่ยงการใช้ความต้านทานตัวเดียว แล้วมีค่าสูงตามต้องการหรือตัวต้านทานที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ เพื่อให้ความเครียดสนามไฟฟ้าลดลง

โดยทั่วไปการวัดแรงดันอิมพัลส์โดยใช้ Surge Scope จะมีส่วนประกอบ 4 ส่วนคือ

1. สายนำแรงสูง
2. ตัวดิไวเดอร์
3. เคเบิลแรงดันแกนร่วม
4. ออสซิโลสโคป

และลักษณะการนำ Surge Scope ไปต่อร่วมกับอุปกรณ์อื่นในห้องทดลองเป็นดังรูป3

ลักษณะของ SURGE SCOPE ที่นำไปใช้งานจริง แสดงดัง BLOCK DIAGRAM นี้

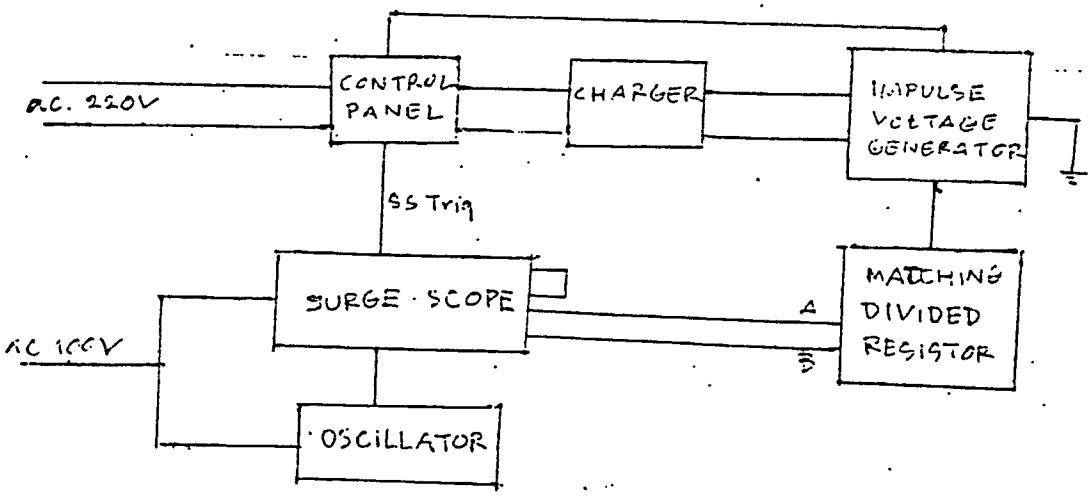


Fig3

โดยเมื่อเราจะดูลักษณะสัญญาณทำโดยดังสัญญาณมาจากจุดปลายของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ ไปยังออสซิโลสโคป ซึ่งต้องมีตัวลดทอนสัญญาณแรงดันลงโดยใช้ตัวต้านทานเป็นตัวลดทอนโดยใช้ความต้านทาน 20 ตัว แต่ละตัวมีค่าความต้านทานประมาณ 91.1 โอมห์ ดังนั้นจะมีความต้านทานรวม 1822 โอมห์ และที่จุดหลายของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ช่วงนำสัญญาณไปยังวัสดุทดสอบจะมีค่าแปซิเทอร์ต่ออยู่ แต่จากจุดนี้จะไม่มีการนำสัญญาณไปใช้เนื่องจากจะต้องนำสัญญาณไปเข้าออสซิโลสโคป Ds - 6020 ซึ่งไม่มีใช้ และสัญญาณที่ไปเข้าลูกทรงกลมใหญ่ที่เพื่อนำสัญญาณเข้าได้ 2 ที่เนื่องจากออสซิโลสโคป เป็นแบบ DUAL BEAM

1.4 <u>ปริมาณที่ต้องทำการวัด, ความละเอียดและข้อกำหนดของระบบการวัด</u>

1. ปริมาณที่ต้องทำการวัดในการทดสอบด้วยแรงดันอิมพัลส์ ประกอบด้วย

- ค่ายอดคลื่นของคลื่นอิมพัลส์แบบเต็มและคลื่นอิมพัลส์ที่ถูกตัดบริเวณย่านใกล้ ๆ ยอดคลื่นและบริเวณหางคลื่น (chopped on tail) โดยผิดพลาดได้ไม่เกิน 10 %

- ค่ายอดคลื่นของคลื่นอิมพัลส์ที่ถูกตัดบริเวณหน้าคลื่น โดยผิดพลาดได้ $\pm\Delta$ ซึ่งขึ้นอยู่กับเวลาที่ทำการตัดคลื่น T_c ดังนี้คือ

ถ้า $T_c > 2\mu s$ ใช้ $\Delta \leq 3\%$

ถ้า $0.5\mu s \leq T_c \leq 2\mu s$ ใช้ $\Delta \leq 3\%$

และถ้า $T_c < 0.5\ \mu s$ อนุญาตให้ $\Delta > 5\%$ แต่ยังไม่มีค่าที่ยอมรับกันอย่างทั่วไป

- ค่าพารามิเตอร์เวลาที่บอกรูปร่างของคลื่นอิมพัลส์ โดยผิดพลาดได้ไม่เกิน 10 %

- ค่าการแกว่งไกวบนคลื่นอิมพัลส์ด้วยความละเอียดเพียงพอที่จะไม่ผิดพลาดเกินระดับที่กำหนดในขบวนการทดสอบ อันจะได้กล่าวต่อไป

2. ความละเอียดของค่าสเกลแฟคเตอร์ของระบบการวัดจะต้องได้ตามกำหนดดังนี้

ก) อัตราส่วนแรงดันของตัวปรับระดับแรงดันต้องมีเสถียรภาพเพียงพอและอ่านค่าได้ผิดพลาดไม่เกิน 1 %

สำหรับกรณีที่ตัวปรับระดับแรงดันแบบคาปาซิทีพต่อใช้งานร่วมอยู่กับออสซิโลสโคปหรือโวลท์มิเตอร์ที่ใช้วัดค่ายอดคลื่นและสัญญาณอินพุทที่ป้อนเป็นแบบ Step input ซึ่งจะทำให้สัญญาณเอาท์พุทที่วัดได้มีค่าสุดท้ายเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงทำให้อัตราส่วนที่ปรากฏมีค่าไม่คงที่ตลอดช่วงของคลื่นอิมพัลส์-ถ้าช่วงนั้นยาวมาก ๆ จึงพอที่จะอนุโลมได้ถ้าหากอัตราส่วนที่ปรากฏมีค่าคงที่เพียงช่วง 1 % ของเวลาที่คลื่นอิมพัลส์ที่ต้องการวัดจะมีค่ายอดคลื่นและมีค่าคงที่อยู่ในช่วง 5% ไปจนถึงเวลาที่ขนาดของคลื่นอิมพัลส์มีขนาดลงครึ่งหนึ่ง

ข) ค่าสเกลแฟคเตอร์ของออสซิโลสโคปหรือโวลท์มิเตอร์วัดขนาดยอดคลื่น (ซึ่งรวมทั้งอุปกรณ์ attenutors หรืออุปกรณ์ coupling ด้วย) ต้องอ่านค่าได้คงที่แน่นอน และผิดพลาดไม่เกิน 2 %

ค) สเกลเวลาของออสซิโลสโคปต้องมีค่าที่คงที่และแน่นอน โดยผิดพลาดไม่เกิน 2 %

3. ข้อกำหนดของการตอบสนอง (Response requirements)

ก) เวลาการตอบสนอง (response time) ของระบบการวัด ซึ่งแปรตามรูปคลื่นอิมพัลส์ที่วัดจะต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตาราง 1 .

ตาราง 1

Response Time Requirements

Impulse to Be Measured	Requirements
Full standard 1.2/50 lightning impulse and lightning impulses chopped on the crest or tail	$\|T\| \leq 0.2\ \mu s$
Linearly rising front chopped lightning impulses, rise time T_r	$\|T\| \leq 0.05\ T_r$ and $\leq 0.2\ \mu s$
Nonlinearly rising lightning impulse chopped at T_c	$\|T\| \leq 0.05\ V_{max}/S_L$ (see NOTE 1)
All switching impulses	$\|T\| \leq 0.03\ T_c$ and $\leq 0.03\ T_{cr}$ (see NOTE 2)

Definitions of T_r, T_c, and T_{cr} are given in Section 2 of this standard, "Test Procedures."

NOTES:

(1) A nonlinearly rising impulse is to be approximated by a number of closely fitting straight lines. Provided the chopping is rapid and the last straight line covers 10 percent or more of the front, the slope of this line S_L together with the measured crest value V_{max} is used to determine the requirement on T. No information can be given relating to the error in the measurement of T_c. For impulses not fitting into the above category, some guidance is given in the impulse subsection in Section 4 of this standard.

(2) For the measurement of partial discharges during switching impulses, the response time of the measuring system should be considerably better than that given above but no specifications can be given at present.

(3) The above limits for the response time, if entirely utilized, may produce the maximum permitted error without considering other types of errors (see 3.4.3.1). It is recognized that under these conditions, the total error may exceed that specified in 3.4.1. This, however, is still considered to be acceptable.

ข) การตอบสนองของระบบการวัดต่อการแกว่งไกวแบบทรานส์เซียนที่เกาะอยู่บนคลื่นอิมพัลส์ที่วัดได้จะขึ้นอยู่กับความถี่ของการแกว่งไกวและรูปคลื่นของการตอบสนองแบบของระบบ ดังนั้นจึงอาจจะมีการแก้ไข (corrections) ขนาดรูปคลื่นที่ทำการวัดบ้างเท่าที่จำเป็น แต่ทั้งนี้ขนาดของการแกว่งไกวที่แก้ไขแล้วต้องมีค่าคงที่ อยู่ในช่วง $\pm$ 20% ของค่าสูงสุดที่ยอมได้

บทที่ 2

เครื่องบันทึกลักษณะสัญญาณ (Surge Scope)

เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ สามารถสร้างแรงดันอิมพัลส์และเรามีวิธีที่จะวัดได้ 2 วิธี คือ

1. ใช้ลูกทรงกลมวัด
2. ใช้ Surge Scope วัด

การใช้ Surge Scope วัดนั้น ต้องมีการลดทอนสัญญาณโดยใช้ตัวต้านทานดังที่กล่าวไว้ข้างต้น อุปกรณ์ Surge Scope ที่ใช้นั้น เป็นออสซิโลสโคปความเร็วสูงมาก การตรวจสัญญาณเคยใช้ Surge Scope ซึ่งอาศัยหลักการ อัดและปล่อยประจุ ของตัวคาแปซิเตอร์ทำให้วงจรกวาดแกนทำได้เที่ยงตรงและทำได้ง่าย และอาศัยระบบกวาดวงจรภายในทำให้การซิงโครไนซ์ทำได้ง่ายขึ้น อุปกรณ์นี้สามารถปรับระดับการกวาดสัญญาณได้ถึง 5 ระดับของความเร็ว

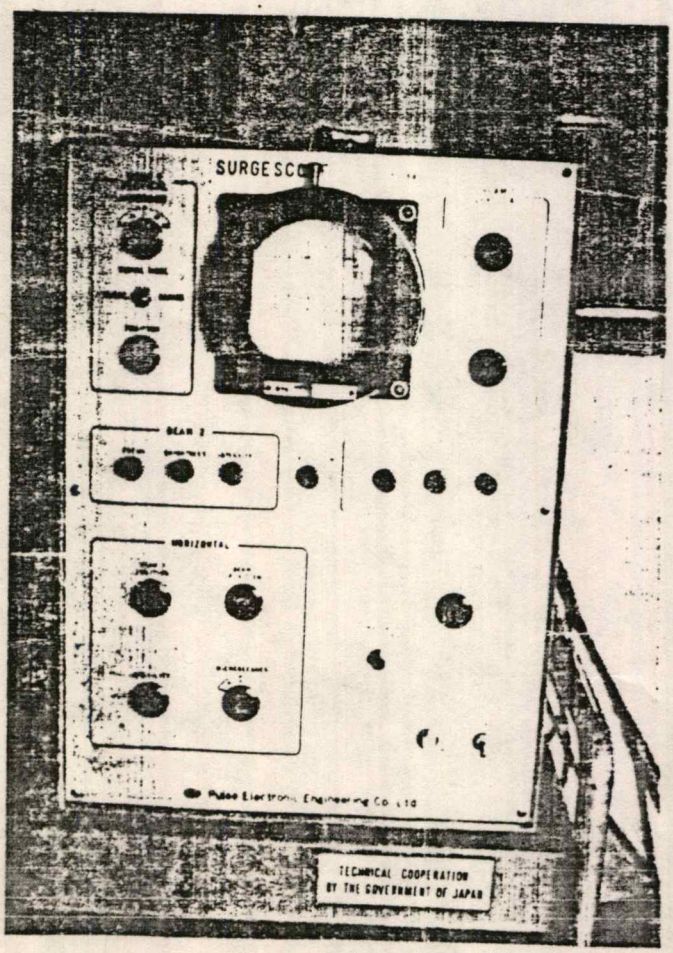


Fig 4 แสดง Surge Scope ที่ใช้ในปัจจุบันและความเร็วสูง.

พิกัดของ

1)	ชนิด	: DS-150 (Dual Beam)
2)	อินพุทโวลเตจ	: 100 VAC 50Hz, 60 Hz
3)	ชนิดของหลอด	: 130 GB 11
4)	ช่วงการวัด	: AC 3KHz , 10 KHz, Impulse Waveform
5)	ระบบของวงจรกวาด	: by Tryratron the capacitor charge-discharge
6)	ความเร็วของการกวาด	: 5,10,20,50,100 sec
7)	อัตราเร่งโวลเตจ	: 10KV DC
8)	แฟคเตอร์สะท้อนในแกน	: 12V/cts
9)	โวลเตจ	: ± 10 VP
10)	การลดทอนสัญญาณ	: 20,40,60,80,100% (75)*2 chanel
11)	คีเลเคเบิล	: 5c2v 400n*2

2.1 ส่วนประกอบของ Surgr scope

อุปกรณ์ต่าง ๆ ต่อไปนี้ถูกบรรจุในตัวถังเดียวกัน และตั้งอยู่บนรถ

1)	หม้อแปลง	1 piece
	ขดปฐมภูมิ	100V
	ขดทุติยภูมิ	6.3*7
	ขนาด	65VA
2)	หม้อแปลง	1 piece
	ขดปฐมภูมิ	100V
	ขดทุติยภูมิ	3.6KV,550V, 120V
	ขนาด	50VA
3)	หม้อแปลงแรงดันคงที่	1 piece
	ขดปฐมภูมิ	100V±10%
	ขดทุติยภูมิ	100V± 1%
	ขนาด	120VA

023113

4) หลอดภาพ 1 piece

ชนิด 130GB11

5) เรคติไฟเออร์ 1 set

6) Thyratron 1 piece

ชนิด 1G35P

7) คาแปซิเตอร์, ความต้านทาน, และอื่น ๆ 1 set

8) อุปกรณ์ประกอบด้านหน้า 1 set

9) อุปกรณ์ช่วยอื่นเช่น

ก. ออสสิเลเตอร์ (100KHz, 500MHz) 1 set

ข. กล้องโพลาลอยย์ 1 set

2.2 คำอธิบายและหน้าที่ของ สวิทช์, ปุ่ม, และจุดต่อต่าง ๆ

1) จุดต่อ (EXT.IN)

สำหรับทริกเกอร์พัลส์ และกวาดแกนเวลา (±10V/-in)

2) จุดต่อ (MARKER)

สำหรับปรับแต่งแกนเวลา

3) SURGE 1,2 (A,B)

สำหรับสัญญาณโวลเตจ (ซึ่งแตกต่างที่อินพุท)

----สายสัญญาณ

----สายดิน

4) ดีเลย์ 1, 2 (A,B)

ต่อเข้าที่ดีเลย์เคเบิล

----200 เมตร (502V)

----1 เมตร (502V)

5) กราวน์

ต่อที่จุดดิน

2.3 รายละเอียดหน้าปัทม์

1) สวิชท์กด (MANUAL TRIGGER)

สำหรับให้เกิด sine wave ที่จอภาพ (oscillator)

2) BRIGHTNESS (BEAM 1,2)

สำหรับกำหนดความสว่างของรูปคลื่นสัญญาณและจอภาพ

3) INTENSITY (BEAM 1,2)

กำหนดความสว่างและความเข้มของแสงที่สัญญาณ

4) FOCUS (BEAM 1,2)

สำหรับปรับแต่งโฟกัสของจุดสัญญาณ

5) VERTICAL POSITION (BEAM 1,2)

สำหรับกำหนดตำแหน่งของจุดสัญญาณที่แกนตั้ง

6) HORIZONTAL POSITION (BEAM 1,2)

สำหรับกำหนดตำแหน่งของจุดสัญญาณที่แกนนอน

7) ATTENUATION (BEM 1,2)

20, 40, 60, 80, 100 % (75)

8) SIGNAL MODE (BEAM 2)

SURGE - MARKER

9) TRIGGER SELECTION

INT (+-)

EXT (+ -)

10) MICRO SECOND (5,10,20,50,100)

สำหรับเลือกความเร็วของการทำงานของการกวาดของสัญญาณ

11) SNAP SWITCH ON THE OCSILLOSCOPE

สำหรับเปิดหรือปิดการทำงานของออสสิเลเตอร์

12) STABILTY

สำหรับทริกเกอร์ระดับการบังคับ

13) ADJ

สำหรับการกำหนดขนาดของออสสิเลเตอร์

14) BIAS

สำหรับการกำหนดขนาดของกระแสตรง และภาคเอาท์พุทของออสสิเล-เตอร์

15) CHANGE OVER SWITCH (KHK)

สำหรับการเปลี่ยนความถี่ของออสิเลเตอร์

16) CONNECTOR (OUTPUT)

เป็นจุดออกสำหรับออสสิเลเตอร์กับจุดต่อ (MARKER)

2.4 วิธีการใช้งาน

1) เบื้องต้น

ต่อแหล่งไฟขนาด 100VAC และตรวจสอบ ฟิวส์ ว่ายังอยู่ในสภาพที่ดีหรือไม่

2) การต่อสาย

1 ทำการต่อจุดกรวน เข้ากับจุดดิน ด้วยเคเบิล

3) ทำการต่อ (Power Source) ที่ 100 VAC ด้วยเคเบิล

4) ที่จุดต่อ (MARKER) เป็นจุด output ของจุดต่อตัวกำเนิดแรงดันพัลส์ทริกเกอร์กับสายโคแอกเชียลเคเบิล

5) ที่จุดต่อ (Surge AR) ไปที่ output กับจุดต่อของออสสิเลเตอร์กับโค-แอกเชียลเคเบิล

6) ที่จุดต่อ (Surge AB) ไปที่ output ของตัวกำเนิดสัญญาณด้วยสายโคแอกเชียลเคเบิล 2 เส้น ซึ่งมี characterristic impedance ของโคแอกเชียลเคเบิล 75 Ω

2.5 การใช้งาน

สามารถใช้งานได้ดังวิธีการดังต่อไปนี้

1. กดสวิทช์เพื่อทำการเปิดเครื่อง และหลอดไฟก็จะติด ซึ่งจะต้องใช้เวลาประมาณ 20 วินาทีเป็นอย่างน้อย เพื่อทำการอุ่นไส้หลอด
2. ที่สวิทช์ (BRIGHTNESS) และ (FOCUS) ทำให้จุดของสัญญาณเหมาะสมในการใช้งาน

3) ที่สวิชท์ (VER.POS) , เป็นตัวกำหนดตำแหน่งให้ไปอยู่ที่จุดกึ่งกลาง และที่สวิชท์ (HORI.POS) ให้ไปอยู่ที่จุดด้านซ้ายสุดของจอภาพ

4) ทำการกดสวิชท์ (MANUAL.TRIGGER), , จะมีการกวาดของจอภาพ, ที่สวิชท์ (BRIGHTNESS) และ (INTENSITY) , ควบคุมความสว่างเพื่อให้เหมาะสมที่สุด, และ (STABILITY) ปรับแต่งให้เกิดการเหมาะสมในการใช้งาน

5) ทำการเปิดสวิชท์ที่ออสสิเลเตอร์ และหลอดไฟที่ออสสิเลเตอร์ก็จะติด

6) ทำการกดปุ่มสวิชท์ (MANUAL TRIGGER) , สัญญาณรูปไซน์จากออสสิเลเตอร์ จะปรากฏที่จอภาพ เราสามารถที่จะปรับขนาดของสัญญาณได้ที่สวิชท์ (ADJ) , ความถี่ของรูปคลื่นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ที่สวิชท์ (KHz) , และระดับแรงดันไฟตรงที่จอภาพที่ (BIAS) , เพื่อให้เหมาะสมที่สุดในการใช้งาน

7) สัญญาณที่ถูกนำเข้าที่จุดนำเข้า (Surge A,B) และระดับแรงดันทริก - เกอร์พัลส์โวลเตจที่จุดต่อเข้า (EXT.IN) , และรูปคลื่นของสัญญาณจะปรากฏที่จอภาพการใช้งานควรจะปรับขนาดให้ได้ขนาดที่เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงที่สวิชท์ (ATTENUATION) , ความเร็วในการกวาดสัญญาณสามารถเลือกได้ที่สวิชท์ (MICRO SECONDS)

8) ขนาดสูงสุดของระดับโวลที่เข้าที่ (Surge A,B) ที่ยอมได้คือ และที่จุดต่อ (TRIGGER IN) คือ 500 V P

รายละเอียดของการกวาดของจอภาพ

the range (มิ)	the neasurement data (มิ)
5	4.5
10	9.0
20	18.0
50	45.0
100	91.0

ตารางที่ 2

ความไวต่อการมีผลต่อคลื่นสะท้อนกลับ

Y AXIS	13.0 V/ div
Y AXIS	15.0 V/ div

ATTENUATOR %

SIGNAL HIDE

SCALE ILLUM.

6.3V×1.1A (V₁)

6.3V×0.3A (V₂)

6.3V×0.6A (V₃)

6.3V×0.6A (V₄)

6.3V×6.1A (V₅)

55VA

60VA

120VA

BDLC-4

F(1A)

V₆ 130GB11

V₇ 6AT7

V₈ 2D21

V₉ 2D21

V₁₀ 6F35P

TRIGGER SELECTOR

STABILITY

INT.

EXT. IN

SURGE. 1

DELAY. 1

SURGE. 2

DELAY. 2

GND

POSITION

INTENSITY

MICROSECONDS

ERSAS

SURGE SCOPE

品名	サージスコープ(2現象形)回路
型式	DS-130
図番	IS— 351494

Peer パルス電子技術株式会社

Pulse Electronic Eng. Co., Ltd.

351494

บทที่ 3

การทำงานของวงจร

3.1 วงจรหลอดภาพรังสีคาโถด (cathod ray tube circuit) วงจรหลอดภาพรังสีคาโถดมีส่วนประกอบและรายละเอียดดังนี้

3.1.1 คาโถด (cathod) ลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาดเล็กมีหน้าที่สร้างอิเลคตรอนด้วยวิธีให้ความร้อนโดยตรงเข้าที่ขั้วคาโถดจากแหล่งจ่ายความร้อน (heater supply) ขนาด 6.3 โวลต์ 10.6 แอมแปร์

3.1.2 ขั้วอิเลคโทรด (electrode) มีสองส่วนคือกริด (control grid) และอาโนด (anode) โดยกริดจะมีศักดาไฟฟ้าเป็นลบเมื่อเทียบกับคาโถด(ค่าความต่างศักย์ สูงสุด = -150 V.dc ด้วยการปรับค่าความต่างศักย์นี้สามารถควบคุมความสว่าง (electron beam) ของจุดที่ปรากฏบนจอภาพได้ส่วนอาโนดมีแรงดันไฟฟ้าเป็นบวกเมื่อเทียบกับคาโถด มีหน้าที่เร่งอัตราเร็วและจัดแนวทางของอิเลคตรอนให้เป็นลำอิเลคตรอน (electron beam)

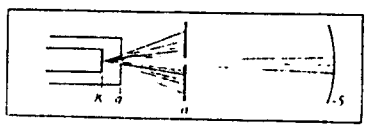


Fig 5 Arrangement of electrodes of C.R.T. with control grid (Wehnelt cylinder). k = cathode; g = grid (Wehnelt cylinder) a = anode; S = luminescent screen

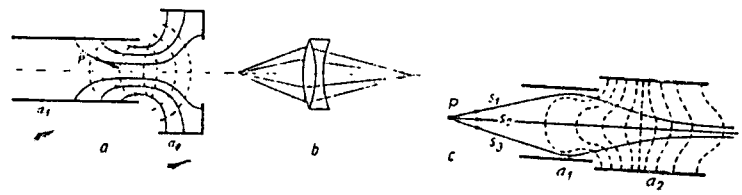


Fig 6 Electron optics – light optics.
a) Voltage relationship between anode a_2 and auxiliary anode a_1 and its effect on the electron beam.
b) Analogy with *a*) behaviour of light rays in a glass lens.
c) Influence of electrostatic field on electron beam for rays S_1, S_2 and S_3, emanating from point P

การเพิ่มอาโนดช่วยระหว่างอาโนดกับคาโถด โดยมีแรงดันไฟฟ้าค่าบวกประมาณหนึ่งในสามของอาโนดจะเกิดสนามไฟฟ้าสถิตย์ระหว่างอาโนดและอาโนดช่วยจึงสามารถบีบลำอิเลคตรอนได้คล้ายกันเลนซ์รวมแสง ซึ่งคือการโฟกัส (focus) จุดบนจอภาพ โดยการปรับแรงดันของอาโนด (voltage divider)

3.1.3 การเบี่ยงเบนของลำอิเลคตรอน (deflecting the beam)

ถัดจากอาโนดจะมีแผ่นเพลทเบี่ยงเบน (deflecting plate) เบี่ยงเบนลำอิเลคตรอนออกจากแนวทางของมันด้วยสนามไฟฟ้าสถิตย์โดยการสร้างความต่างศักย์ DC. ซึ่งสามารถคำนวณหาการเบี่ยงเบนได้หลังจากที่อิเลคตรอนผ่านอาโนดแล้วโดยกำหนดอัตราเร็วเฉลี่ยของอิเลคตรอนตามแนวแกนของหลอดภาพให้มีค่าเป็น v_e จะเกิดงานบนอิเลคตรอนคือ

$$W = Va.e \qquad (a)$$

(e = ประจุของอิเลคตรอน)

งานนี้จะเท่ากับพลังงานจลน์ คือ

$$W = V_a.e = \frac{1}{2} m. v_e^2 \qquad (b)$$

จะได้

$$V_e^2 = 2 \frac{e}{m} \cdot V_a \qquad (c)$$

เมื่ออิเลคตรอนเคลื่อนที่มาถึงสนามไฟฟ้าของเพลท ซึ่งมีระยะห่างกันเท่ากับ d และมีความต่างศักย์ V_y จะมีความแข็งแรงของสนาม (field strength) E คือ

$$E = \frac{V}{d_y} \qquad (d)$$

แรงที่เกิดบนตัวอิเลคตรอนแต่ละตัวคือ

$$F = E.e \qquad (e)$$

อัตราเร่งของอิเลคตรอนจะมีค่า

$$a = \frac{F}{m} = E. \frac{e}{m} \qquad (f)$$

อิเลคตรอนอยู่ภายในแผ่นเพลทในเวลา t_1

$$V_y = a.t_1 = E.\frac{e}{m}. t_1 \qquad (g)$$

ช่วงเวลา t_1 กำหนดจากอัตราเร็วของอิเลคตรอนผ่านความยาวค่า l ของแผ่นเพลท

$$\therefore t_1 = \frac{l}{v_l} \qquad (h)$$

จะได้

$$V_y = E. \frac{e}{m} . \frac{l}{v_l} \qquad (i)$$

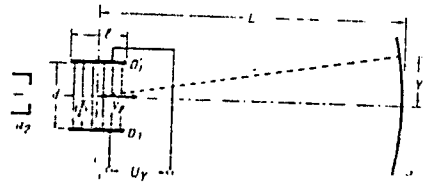


Fig 7 Electrode system for electrostatic beam deflection. a_2 = anode; D_1, D'_1 = deflection plates; S = screen

อิเลคตรอนยังคงมีอัตราเร็ว v_1 ผ่านระยะ L ในเวลา t_2 ,จะได้

$$t_2 = \frac{L}{v_1} \qquad (j)$$

อิเลคตรอนที่ถูกเบี่ยงเบนจะกลุมระยะทาง (วัดจากแนวเดิม) เท่ากับ

$$Y = t_2 \cdot v_y = \frac{V}{d}y \cdot \frac{e}{m} \cdot \frac{l}{v_l} \cdot \frac{L}{v_2} \qquad (1)$$

แทนค่า V_e^2 จาก (e) ในสมการ (1) ส่วนเบี่ยงเบนบนสกรีนจะได้

$$Y = \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{V_a} \cdot \frac{l}{d} \cdot V_y \qquad (2)$$

จะพบว่าค่าการเบี่ยงเบนมีความสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์เชิงเส้นกับแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้เบี่ยงเบน การกำหนดค่าลักษณะการเบี่ยงเบนได้จากการป้อนแรงดัน 1.0V ให้กับเพลทแล้วสังเกตระยะทางที่เปลี่ยนไปของจุดบนจอภาพ โดยแสดงเป็นค่าความไวของการเบี่ยงเบน (deflection sensivity)

$$DS. = \frac{Y}{V_y} = \frac{1}{2} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{1}{V_a} \cdot L \qquad (3)$$

สัมประสิทธิของการเบี่ยงเบน (deflection coeffietent) ใช้อธิบายลักษณะของหลอดโดยเป็นส่วนผกผันของความไวการเบี่ยงเบน

$$Dc. = \frac{V_y}{Y} = \frac{2}{l} \cdot \frac{d}{L} \cdot V_a = KVa \qquad (4)$$

ค่า K เป็นค่าคงที่ขึ้นกับค่า d, l และ L

สัมประสิทธิ์การเบี่ยงเบนจะชี้ว่าต้องใช้แรงดันไฟตรงขนาดเท่าใดจึงจะเบี่ยงเบนจุดไปได้ในหนึ่งหน่วยความยาวบนจอภาพ (ขึ้นอยู่กับ V_a)

3.1.4 การเบี่ยงเบน 2 มิติ (two - dimension deflection of the beam) เป็นการใช้แผ่นเพลทจำนวน 2 คู่ วางตั้งฉากกัน เพื่อแสดงลักษณะขนาดของสัญญาณในแนวแกนราบ(X -axis) ขณะเดียวกันขนาดของสัญญาณอ้างอิงจะปรากฏในแนวดิ่ง (Y-axis)

จึงแสดงได้ในฟังก์ชันของ X

$$Y = f(X)$$

ตัวแปรทั้ง 2 ตัวสามารถเบี่ยงเบนจุดบนจอภาพให้เคลื่อนที่เป็นโลคัส(locus) ได้ทุก ๆ ที่บนจอ เนื่องจากผลรวมทางเวคเตอร์ของแรงดันจากเพลททั้งคู่

3.1.5 วงจรของเพลทเบี่ยงเบน (deflection plate circuit)

ความต่างศักย์ระหว่างอาโนดกับเพลทเบี่ยงเบนจะต้องไม่มากนักเพราะความเร็วของอิเลคตรอนอาจเปลี่ยนแปลงเนื่องจากโพลาริตี (potarity) ของเพลทได้และต้องจัดอิเลคโทรดของเพลทให้สมมาตร เพื่อกันการเกิดการรบกวน(distortion) ของสนามไฟฟ้า ดังรูป

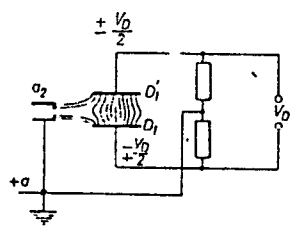


Fig 8 Balanced circuit for deflection plates

ทำให้สนามไฟฟ้ากระจายบนเพลทมีค่าคงที่ $\pm \frac{V_D}{2}$

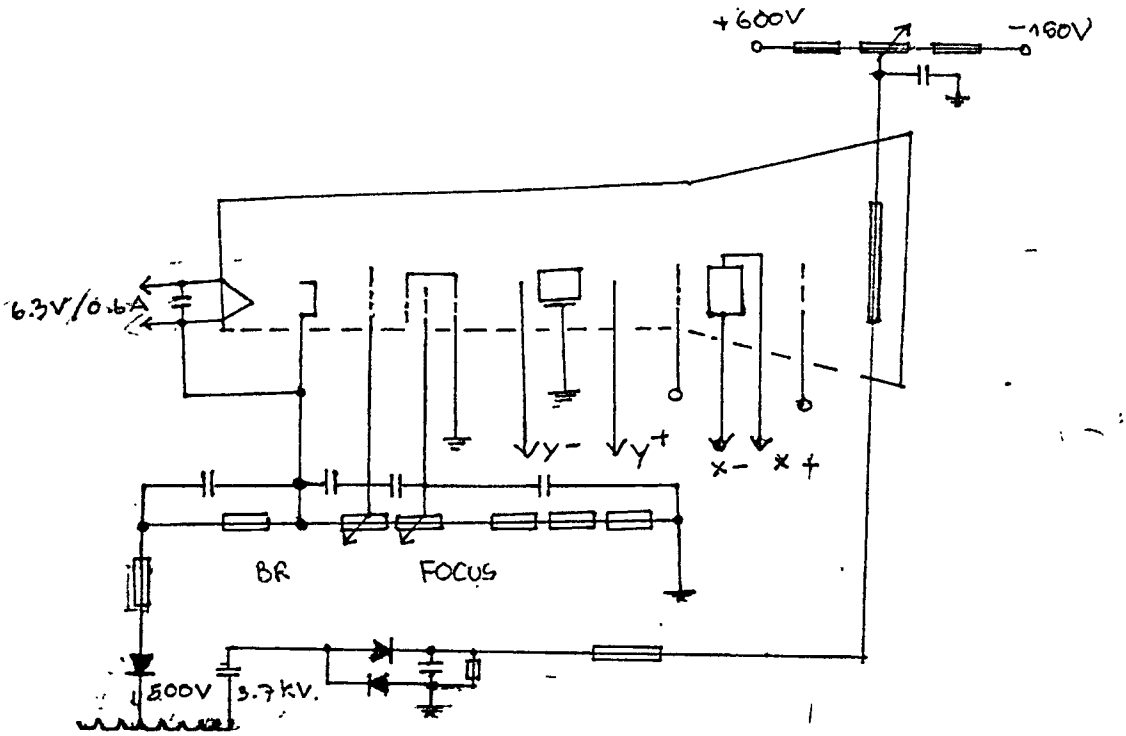


Fig 9 วงจรหลอดรังสีแคโทด Surge Scope DS-130 (Dual beam)

3.2 <u>วงจรฐานเวลาที่ใช้หลอดไทราตรอน</u> (time base circuit using a thyratron)

3.2.1 <u>แรงดันไฟฟ้าของฐานเวลา</u> (time base voltage)

ในการสร้างฐานเวลาเบี่ยงเบนจะต้องใช้แรงดันไฟฟ้าที่มีลักษณะเพิ่มขึ้นในเชิงเส้นซึ่งสามารถปรับค่าได้ และลดลงอย่างรวดเร็วต่อเนื่องกันเป็นรูปคลื่นฟันเลื่อย(saw-touth) ในการสังเกตสัญญาณที่ไม่มีส่วนกลับ (non- recurrant) ฐานเวลาจะถูกสร้างขึ้นเพียงรอบเดียวโดยให้ครอบคลุมสัญญาณหมดโดยสมบูรณ์ จากคุณสมบัติของ DC $=X/V_x$ จะได้แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการเบี่ยงเบนคือ

$$V_x = X.DS$$

3.2.2 <u>หลอดไทราตรอน</u> (Huyratron)

หลอดไทราตรอนประกอบไปด้วยขั้วคาโถด (cathod) , กริด (control grid) และอาโนด (anode) ภายในหลอดแก้วบรรจุด้วยก๊าซเฉื่อยที่ความ

ต้นต่ำ (เช่น นีออน อาร์กอน, ฮีเลียมหรือไฮโดรเจน)

ในสภาวะเริ่มต้นขณะที่ยังไม่มีการจุดไส้หลอด อิเลคตรอนบนผิวของคาโถดจะถูกควบคุมด้วยความต่างศักย์ระหว่างคาโถดกับเพลทกริด มีค่าเป็นแรงดันควบคุม(V_{contr}) ซึ่งจะประกอบไปด้วยแรงดันของกริดและอิทธิพลของแรงดันจากอาโนดที่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมีค่าทางเรขาคณิตของเพลทกริดระยะทางระหว่างอาโนดกับกริด, ความหนาของเพลทเป็นต้น โดยคุณสมบัตินี้ถูกกำหนดเป็นเฟคเตอร์ D

แรงดันไฟฟ้าควบคุมจะแสดงได้เป็น

$$V_{contr} = V_1 + V_a \cdot D$$

โดยกระแสอาโนดจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันกริดมากกว่าการเปลี่ยนแรงดันอาโนด

ในสภาวะที่มีการจุดไส้หลอดแรงดันควบคุมจะเป็นศูนย์ทำให้แรงดันอาโนดเท่ากับ $V_a = -\mu \cdot V_a$ โดยค่า μ เป็นส่วนกลับของ D เรียก μ ว่าแฟคเตอร์ของการจุดไส้หลอด (inition factor)

แรงดันของฐานเวลาจะเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับศักย์ไฟฟ้าของอาโนด (Va)และศักย์ไฟฟ้าในครึ่งวัฏจักรก่อนหน้านี้ของอาโนด (V_{ave})

$$V_s = V_a - V_{ave}.$$

เพราะฉะนั้นศักย์ไฟฟ้าบนตัวเก็บประจุจะมีค่าแรงดันให้กับการเบี่ยงเบน $Vc=Va= V_s + V_{ave}$.

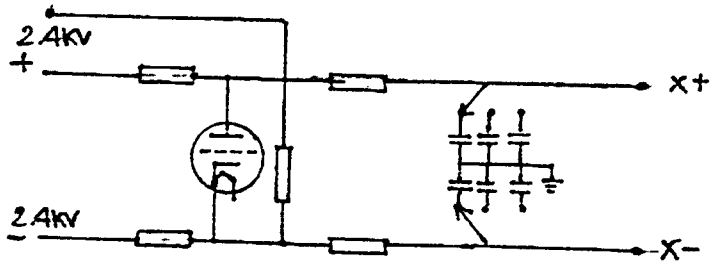


Fig 10

3.2.3 ช่วงเวลาฟลายแบค (flyback time)

การเคลื่อนกลับมาของจุดที่ปรากฏบนจอภาพ คือเวลาที่ใช้ในการคายประจุ จะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานและค่าตัวเก็บประจุ (ค่า Re-constant) การชาร์จประจุใช้เวลา T_h และการดิสชาร์จใช้เวลา T_r , จะได้

$$T_x = T_h + T_r$$

คือเวลาทั้งหมดในการกวาด (Sweep)

การคำนวณช่วงเวลาดิสชาร์จ(หรือฟลายแบค) และเวลาในการชาร์จได้จาก

$$T_r = \frac{2.Vx.c}{Iamax} \quad , \quad T_h = \frac{Vx.c}{Ic}$$

โดย V_x เป็นค่าแรงดันเบี่ยงเบน , e เป็นค่าตัวเก็บประจุของวงจร I_{amax} เป็นค่ากระแสดิสชาร์จและ Ic เป็นกระแสชาร์จเฉลี่ย

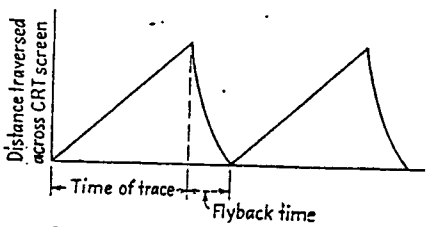


Fig 11 . A simple saw-tooth sweep.

3.2.4 อัตราเร็วในการกวาด (sweep velocity)

ประสิทธิภาพของฐานเวลาอาจกำหนดความยาวของสัญญาณในหน่วยเวลา โดย V_x เพิ่มมากขึ้น T_x ก็จะสัมพันธ์ดังนี้

อัตราเร็วของแรงดันกวาด (velocity of sweep voltage)

$$= V_x = \frac{Vx}{Tx}$$

3.2.5 วงจรทริกเกอร์ (trigger circuit)

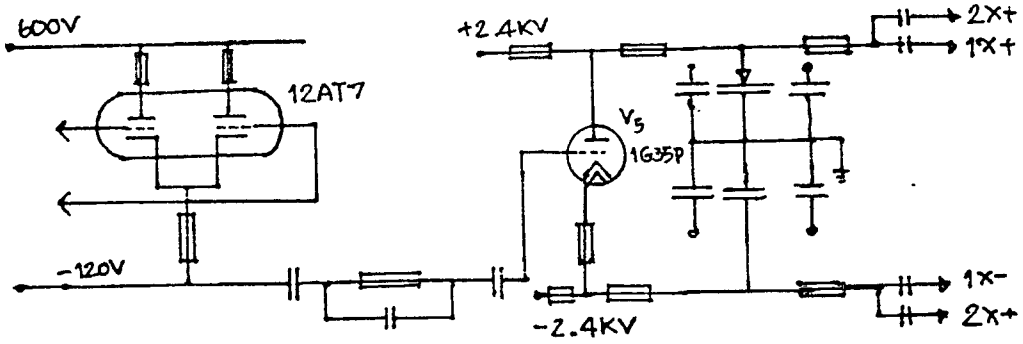


Fig 12

สัญญาณจากภายนอกจะส่งผ่านจุด CXT.IN เข้ามายังหลอด V_1 (AT7) เพื่อทำการเปรียบเทียบแรงดันนั้นกับกราวด์ จากนั้น V_1 จะสร้างสัญญาณทริก ค่าลบไปให้กิริด ของ V_5 (1635F) สร้างฐานเวลาเพื่อซิงโครไนซ์ (synchronization) กับสัญญาณจากเสริจ์ 1,2

3.3 <u>วงจรขนาดสัญญาณ</u> (attenuator circuit)

มีทั้ง 2 มีมในแนวดิ่งเพื่อใช้ลดขนาดของแอมปลิจูดให้เหมาะสมกับจอภาพ ด้วยหลักของการแบ่งแรงดัน (voltage divider) โดยเพิ่มค่าความต้านทานทีละขั้น ดังวงจร

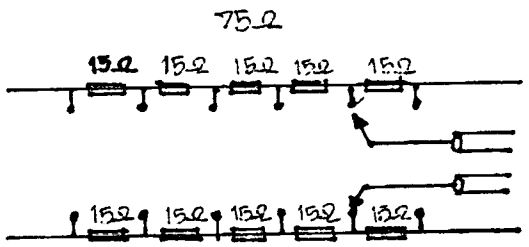


Fig 13 แสดงวงจรขนาดสัญญาณ

3.4 <u>วงจรแหล่งจ่ายไฟ</u> (power supply)

ประกอบไปด้วยหม้อแปลงไฟฟ้า 3 ตัว ขนาด 65 VA 60 VA และ 120 VA โดยทั้งหมดมีแรงดันทางด้านปฐมภูมิ 100 V_{rms} (50 หรือ 60 Hz) หม้อแปลงตัวแรกจะจ่ายไฟให้กับขั้วคาโถดของทุก ๆ หลอดในวงจร ตัวที่สองจะผ่านวงจรแคติพ่ายให้ไฟตรงเลี้ยงวงจรทั้งหมด ตัวที่สามเป็นหม้อแปลงค่าคงที่ (constant tromsformer)

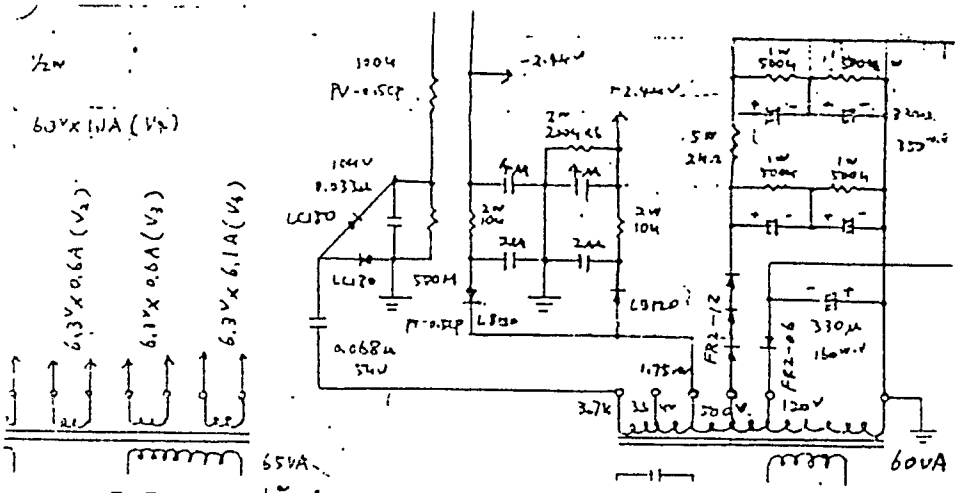
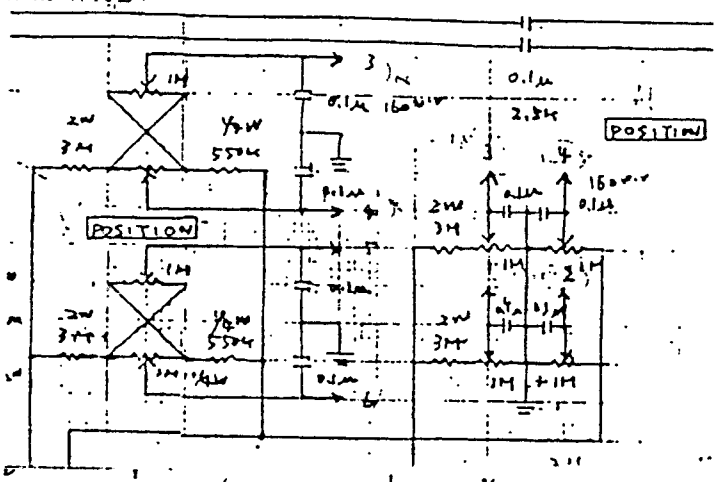


Fig 14

3.5 วงจรปรับตำแหน่ง (postion circuit)

ทำหน้าที่ปรับตำแหน่งของจุดหรือภาพสัญญาณให้อยู่ในความเหมาะสมมี้ทั้ง 2 ปุ่มและ 2 แกน ดังรูป 15

Fig 15



ใช้หลักการแบ่งแรงดันโดยการปรับค่าความต้านทาน

บทที่ 4

การทดลองและใช้งาน

4.1 การใช้งาน

ในการทดลองและการนำเอา Surge soope ไปใช้งานนั้นทำโดย ออกแบบการทดลองโดยใช้ไฟฟ้าแรงดันอิมพัลส์ ทดสอบอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่นหม้อแปลง, ปลอกฉนวนนำสายไฟแรงสูง (บุชชิ่ง) แล้วเอา Surge Scope ไปวัดแรงดันอิมพัลส์ที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้ และดูลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางแรงดันและกระแสจาก Surge Scope แล้วใช้กล่องบันทึกลักษณะภาพ บันทึกเอาไว้ โดยการทดลองทดสอบอุปกรณ์ต่าง ๆ มี 2 แบบ

1. type test
2. routinetest

1. type test คือ การทดสอบการออกแบบว่าสามารถนำไปใช้งานได้ไหม
2. routinetest คือ การทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ว่าเป็นไปตามที่กำหนดไหม

4.2 การทดสอบฉนวนด้วยแรงดันอิมพัลส์

1. Impulse Witstand Voltage

การทดสอบนี้ทำในสภาวะแห้ง ถ้าทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้งแล้วฉนวนนั้นยังมีสภาพปกติอยู่ คือไม่วาบไฟตามผิวหรือทะลุผ่าน ถือว่าฉนวนนั้นใช้ได้หรือถ้าทดลองประมาณ 10 ครั้ง แล้วเกิดเหตุใดเหตุหนึ่งเพียงอย่างเดียว ถือว่าผ่าน

2. Impulse Flashover Voltage

การทดสอบนี้กระทำที่ระดับโวลเทจที่สูงกว่าที่กำหนด แต่ก็เป็นการยากที่จะปรับให้เกิด 50 % จึงใช้ค่าเฉลี่ยของค่าที่สูงกว่าและต่ำกว่าที่กำหนด และที่ผิวของฉนวนจะต้องไม่ถูกทำให้เกิดการเสียหาย หรือเกิดรอยขรุขระหรือชีดช่วน

3. Pollution Testing

เป็นการทดสอบที่เลียนแบบธรรมชาติจริง ๆ ที่จะเกิดกับฉนวนในเวลาใช้งานจริง

โดยจำลองเหตุการณ์ในธรรมชาติ คือ ฝุ่น ควัน กรด ความชื้น น้ำแข็ง ซึ่งจะทำให้เกิดการคาย ประจุบางส่วนหรือโคโรน่าขึ้นที่ฉนวน และการทดสอบนี้ไม่มีมาตรฐานเป็นที่แน่นอนจึงขึ้นอยู่กับผู้ทำการทดลอง ว่าจะทำการทดลองที่สภาวะการใด หรือเหตุการณ์ใด ในเวลา ณ สถานที่ใด และการทดลองถ้าฉนวนสามารถทนได้ 3 ใน 4 ได้ถือว่าฉนวนนี้ใช้ได้

4.3 <u>การทดสอบฉนวนนำสายไฟแรงสูง</u> (บุชชิ่ง)

ปลอกฉนวนนำสายโดยทั่วไป มี 2 แบบคือ แบบคาแปซิเตอร์ และแบบไม่เป็นคาแปซิเตอร์ โดยปลอกฉนวนนำสายที่ใช้โดยทั่วไป เช่น ปลอกฉนวนนำสายสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ม่อแปลงไฟฟ้า สวิชท์เกียร์ ฝาผนัง หรือ อุปกรณ์ที่ต่อระหว่างดินกับจุดที่มีไฟฟ้าแรง-สูง เงื่อนไขการทดสอบและการใช้งาน จะต้องระบุให้ตรงกับสภาพการใช้งานจริง เช่น ระบุถึงชนิดของแรงดัน ในระบบที่มีการต่อนิวตรอนลงดินอย่างดี แรงดันจะเพิ่มไม่เกินแรงดันปกติระหว่างเฟสกับดิน จึงต้องทราบว่ามีการต่อนิวตรอนลงดินหรือไม่

การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของปลอกฉนวนนำสาย ซึ่งการทดสอบจะทำการวัดเกี่ยวกับ Power Factor , Partial Discharge และความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้า ความถี่ต่ำ และอิม-พัลส์ และจะกล่าวถึงการจัดแรงดันเกินอย่างเดียว

การทดสอบแรงดันเกินโดยใช้รูปคลื่นอิมพัลส์ สามารถกระทำได้โดยป้อนแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นมาตรฐานชั้วใดชั้วหนึ่ง และต้องไม่เกิดวาบไฟตามผิวหรือบกพร่องในการทดสอบ

การทดสอบ Bushing โดยอิมพัลส์ทำได้ดังนี้

1. Full Wave Witstand Test

ทำการทดสอบด้วยรูปคลื่นมาตรฐานเกิมเฉลี่ย จำนวน 5 ครั้ง ถ้าเกิดความวาบไฟตามผิวจำนวน 2 ครั้ง ถือว่าไม่ผ่าน ถ้าการทดสอบ 10 ครั้ง เกิดวาบไฟ 1 ครั้ง ถือว่าใช้ได้

2. Under-oil Flashover / Witstand Test

การทดสอบนี้จะใช้ระดับโวลเตจสูงกว่าการทดสอบเต็มคลื่นประมาณ 15% ทำการทดสอบ 1 ครั้ง ต้องไม่เกิดวาบไฟจึงภายใน คือ ฉนวนน้ำมัน

3. Chopped Wave Witstand and Switching Surge Test

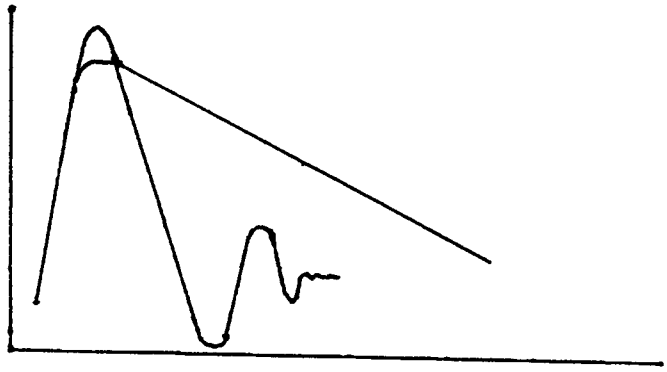
ซึ่งการทดสอบนี้ในปัจจุบันนิยมมาก และการทดสอบก็กระทำเหมือนการทดสอบเต็มรูปคลื่นแต่รูปคลื่นจะแตกต่างจากอิมพัลส์ โดยจะใช้รูปคลื่น แบบ Switching Surge แทน

4.4 การทดสอบหม้อแปลงด้วยแบบคลื่นอิมพัลส์

หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์สำคัญยิ่งในระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า นอกจากได้รับความเครียดสนามไฟฟ้าจากแรงดันใช้งานความถี่ต่ำแล้ว จะมีโอกาสได้รับแรงดันเกินจากการทำงานของสวิชท์และแรงดันเกิดจากฟ้าผ่าด้วย ซึ่งในสภาพการใช้โอกาสที่ได้รับแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นตัด คือ ความชันช่วงนั้นจะยิ่งสูงขึ้น การกระจายแรงดันบนขดลวดช่วงปลายแรงสูงจะได้รับความเครียดสูงการทดสอบก็สามารถกระทำโดยป้อนแรงดันเข้าขดลวดที่ต้องการทดสอบ แล้วขดลวดที่ไม่ทดสอบก็ให้ต่อเข้าด้วยกันแล้วต่อลงดิน เพื่อป้องกันแรงดันเหนี่ยวนำ ทำให้เกิดแรงดันเกินในขดลวดที่ไม่ได้ทดสอบ

และการทดสอบแบบอิมพัลส์ มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความคงอยู่ของฉนวนหม้อแปลงต่อแรงดันไฟฟ้าเกินทรานเซี้ยนเนื่องจากฟ้าผ่า เพราะแรงดันเกินอิมพัลส์มีช่วงหน้าคลื่นสูงแรงดันจะกระจายไม่เท่ากันตลอดความยาวของขดลวด คือ ขดลวดตอนต้น ๆ จะได้รับความเครียดสูง

การทดสอบหม้อแปลงจะกระทำทั้งเต็มหน้าคลื่นและรูปตัด จากรูปคลื่นมาตรฐานดังรูป



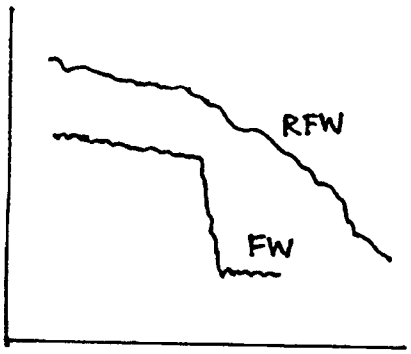
ในการทดลองหม้อแปลงจำเป็นที่จะต้องบันทึกรูปของคลื่นไว้ และการทดสอบจะมีขั้นตอน ดังนี้

1. ป้อนแรงดันอิมพัลส์ ประมาณ 75% ของค่า rating ของหม้อแปลง
2. ป้อน 100% ของรูปเต็มคลื่น ด้วยแรงดัน 1 ลูกคลื่น
3. ป้อนรูปคลื่นตัด ขนาด 115% ของ 2 ลูกคลื่น
4. ป้อนรูปคลื่นเต็ม ขนาด 100% ของ 1 ลูกคลื่น

5. ป้อนรูปคลื่นเต็ม ขนาด 75% ของ 1 ลูกคลื่น

และสามารถตรวจสอบสิ่งผิดปกติได้ดังนี้

การสังเกตุจากภายนอก คือ สังเกตุจากเสียงหรือเกิดควันหรือฟองอากาศขึ้น หรือสังเกตุจากรูปคลื่น คือจะเกิด ซึ่งจะเกิดขึ้นเสียงบางส่วนหรือทั้งหมดด้วย ซึ่งวิธีนี้จะไม่สามารถตรวจพบความผิดพลาดที่ต่ำกว่า 5%ได้



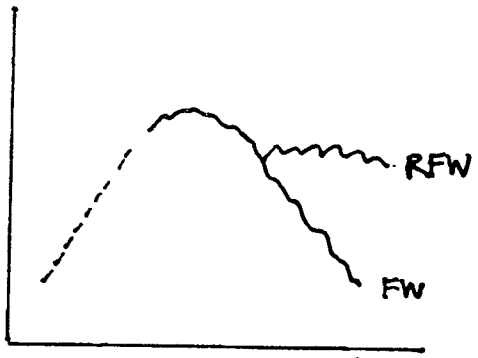


Fig load to ground through oil 8.5% wedding fail

FW (Full wave voltage) . แรงดันเต็มรูปคลื่นขนาด 100%

AFW(reduce full wave voltage) ป้อนแรงดันเต็มรูปคลื่นขนาด 50-75% ของแรงดันที่ทดสอบ

โดยการทดสอบกระทำการตรวจสอบเปรียบเทียบรูปคลื่นแรงดันที่ป้อนที่ 100 % กับรูปคลื่นอ้างอิงที่ได้จากการป้อนแรงดัน 50-75 % หม้อแปลงที่มีฉนวนได้

ที่กำหนดจะพิจารณาจากเส้นรูปคลื่นจะมองเหมือนไม่มีการออสสิเลต ซึ่งผลปกติขึ้นในเส้นรูปคลื่น รูปคลื่นต้องไม่มีองค์ประกอบกระแสตรงเพิ่มขึ้น

การทดสอบกระแสในนิวตรอน เคยเมื่อเกิดการอาร์คระหว่างระบบในหม้อแปลงที่ลงกราวน์ และกระแสถูกเพิ่มเนื่องจากคลื่นสะท้อนจากกราวน์ และสามารถตรวจสอบได้จะรูปคลื่นเปลี่ยนไปโดยจะมีการออสสิเลจน์ความถี่สูง และรูปคลื่นไม่เปลี่ยนและการตรวจสอบวิธีนี้จะลดความอ่อนไหวลง ถ้าจำนวนรอบอื่น ๆ ที่ไม่ถูกทดสอบ ถูกต่อลงกราวน์ไว้

4.5 <u>ขั้นตอนการใช้ห้องทดลองแรงสูง</u>

1) ต้องมีผู้ร่วมทำการอย่างน้อย 2 คน คนหนึ่งปฏิบัติงานและอีกคนอยู่ประจำอยู่ที่แผงควบคุมและดูแลความปลอดภัยภายในห้องทดลอง

2) อ่านคู่มือการใช้งานเครื่องมือและแผงควบคุมรวมทั้งวิธีการวัดให้เข้าใจ สามารถปฏิบัติงานได้โดยไม่ติดขัด

3) จัดเตรียมอุปกรณ์การทดลองให้เรียบร้อยและต้องต่อกราวน์ไว้เสมอทุกครั้ง

4) ก่อนทำการทุกครั้งต้องกราวน์เครื่องอัดประจุเสียก่อน

5) ขณะทำการทดลองต้องแน่ใจว่าไม่มีบุคคลอื่นอยู่ในห้องทดลองเป็นอันขาด

6) ปิดห้องทดลองก่อนจึงเริ่มทำการทดลองได้

7) ขณะทำการทดลองทุกครั้งห้ามเล่นหยอกล้อกันเพราะอาจเผลอเลอเกิดอุบัติเหตุได้

8) หลังการทดลองทุกครั้งต้องปิดเครื่องทั้งทางด้านผู้ควบคุมและแหล่งจ่ายไฟเข้าตู้ควบคุม รวมทั้งต้องกราวน์เครื่องอัดประจุทุกครั้ง

9) พึงระวังเสมอว่า ภายในห้องทดลองไฟฟ้าแรงสูงเป็นส่วนที่เป็นตัวนำมีไฟฟ้าแรงสูงไหลอยู่เสมอ ดังนั้น จึงไม่ควรประมาท

พึงระลึกไว้ว่า "กราวน์ก่อนแตะเสมอ"

บทที่ 5

งานที่ทำ

ในขั้นแรก ได้ศึกษาถึงรายละเอียดของวงจร หลักการทำงานของ Surge scope เคยใช้เวลานานพอสมควร เพราะเนื่องจาก Surge Scope ตัวนี้ ไม่มีรายละเอียดหลักการทำงานของเครื่องมาให้ มีแต่วงจรไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว เมื่อได้เข้าใจหลักการทำงานนี้แล้วได้ทำการทดลองเปิดเครื่องโดยใช้ แหล่งจ่ายไฟสลับ 110 V ให้ โดยปกติ Surge Scope ตัวนี้ได้รับไฟจากแหล่งจ่ายไฟในตู้ Control ของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ แต่ตู้ Control ของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์เสีย จึงได้ใช้แหล่งจ่ายไฟสลับ 110V จาก Variac โดยมีวงจรดังรูป

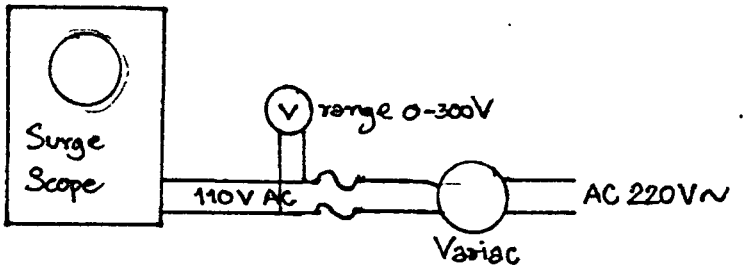


Fig16
วงจรป้อนไฟ 110 V AC
จาก Variac

จากนั้นได้เปิดเครื่องดูพบว่าไม่มีสัญญาณปรากฏที่จอ เมื่อเช็ค fuse ดูพบว่าfuse ขาด จึงทำการเปลี่ยน fuseใหม่ขนาด 2A ก็พบว่ามีเสียงดังแปรบ ๆ อยู่ระยะคล้ายกับมีไฟรั่ว และมีสัญญาณเป็นแถบใหญ่ในแนวดิ่งที่ Bean 1 และเป็นจุดใน Beam 2 เนื่องมาจากเพลท Y ของ Beam 1 ไม่มีแรงดันระหว่างเพลท จากการไล่วงจรดูพบว่าวงจร position ของ beam 1 ค่า คาปาซิเตอร์ ลัดวงจรลงกราวน์ จึงเปลี่ยนค่าคาปาซิเตอร์ 0.1 MF 2 ตัว ผลทำให้สามารถสแกนภาพออกเป็นจุดได้ทั้ง 2 beam แต่จุดทั้งสอง 2 beam ยังไม่นิ่งและยังมีเสียงดังอยู่ทำให้ส่วนที่เสียหายควรจะมาจากวงจรกวาดแกนเวลาเพราะมีสัญญาณหรือเกิดขึ้นเองเข้าที่ V_5 (1G35P) จึงทำการไล่วงจรอีกจาก V_5 (1G35P) จนมาถึงแหล่งจ่ายไฟพบว่าทาง rectifly ที่จ่ายไฟ DC ในทางลบที่จ่ายให้กับวงจรกวาดแกนเวลาและวงจรที่มาเสี้ยงจอภาพทางด้านสัญญาณลบ เสียหาย จึงเปลี่ยน ไดโอด (FRI-06) และคาปาซิเตอร์ขนาด 350/MF จุดบนจอภาพทั้ง 2 beam จึงหยุดนิ่งและสามารถเลื่อนตำแหน่งโดยปกติได้

และจากการทดสอบการสแกนของจุดทั้ง 2 beam โดยใช้ออสซิเลเตอร์ภาย

นอกเครื่องต่อกับจุด Marker สร้างสัญญาณรูป sine เข้าไป เมื่อทดสอบโดยการกดปุ่ม Manual Trigger พบว่า มีการกวาดเป็นรูป Sine ที่ beam 2 และที่ beam 1 มีการกวาดตามปกติ แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องมาจากว่าระบบคู้ control ของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ซึ่งชำรุดอยู่ จึงทำการทดสอบ Surge Scope กับแรงดันอิมพัลส์จริง ๆ ไม่ได้ และเนื่องจากระยะเวลาในการทำโครงงานมีจำกัด จึงทำให้ไม่สามารถซ่อมคู้ Control ได้จึงไม่ได้ทำการทดสอบ อย่างไรก็ตาม ผู้จัดทำโครงการฯคาดว่าจะมีนักศึกษารุ่นต่อไปมารับช่วงโครงการฯอีก โดยซ่อมคู้ Control ให้สมบูรณ์พร้อมที่จะใช้งานต่อไปได้ แล้วได้นำการทดลองต่าง ๆ ที่ในบทที่ 4 ไปทดสอบระบบนี้ให้สมบูรณ์ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ในการปรับปรุง Surge Scope ส่วนใหญ่ก็สำเร็จด้วยดี เพียงแต่ในตอนแรกมีอุปสรรคการทำงานมากเนื่องจากรายละเอียดข้อมูลของอุปกรณ์มีน้อยมาก และอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับ Surge Scope ยังขาดไป เช่น กล้องบันทึกลักษณะแรงดันเป็นต้น อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ในส่วนอื่น ๆ ที่ใช้ร่วมกับ Surge Scope ก็ยังเสียหายเช่นคู้ Control ทำให้ทำการทดสอบ การใช้งานจริง ๆ ไม่ได้ โครงการต่อไปน่าจะมีการซ่อมแซมพัฒนาคู้ Control ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้พร้อมทั้งนำการทดสอบในบทที่ 4 มาใช้ test อุปกรณ์ต่าง ๆ

หนังสืออ้างอิง

สุวัฒน์ วงศ์สวรรค์พร, สุบิน พงศ์พันธุ์มีสุข, อรรถพร ขันติวัฒนะกุล " High Voltage Measurement" ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, ปีการศึกษา 2526

วิชัย โชติวิเชียร " Impulse High Voltage Measurement " ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, ปีการศึกษา 2529

Adolf J. Schwab " High-Voltage Measurement Technique " The Massachusetts Institute of Technology, 1972

E. Kuffel and M. Abdullah. " High Voltage Engineering " Pergamon Press, 1970

Forest K. Harris, Ph. D. " Electrical Measurements " John Wiley & Sons, INC. ,1971

N.V. Philips " Oscilloscope Measuring Technique " The Netherlands, 1965

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้นั้น เนื่องจากความร่วมมือจากหลายฝ่าย ดังนั้น ขาพเจาผูจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนีขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อ. สุมเจตน์ เทียมเมือง ที่ให้คำแนะนำและเอกสารในการทำปริญญานิพนธ์ และสุดทายนี ขอขอบคุณบุคคลทุกท่านที่ช่วยเหลือให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนีสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี