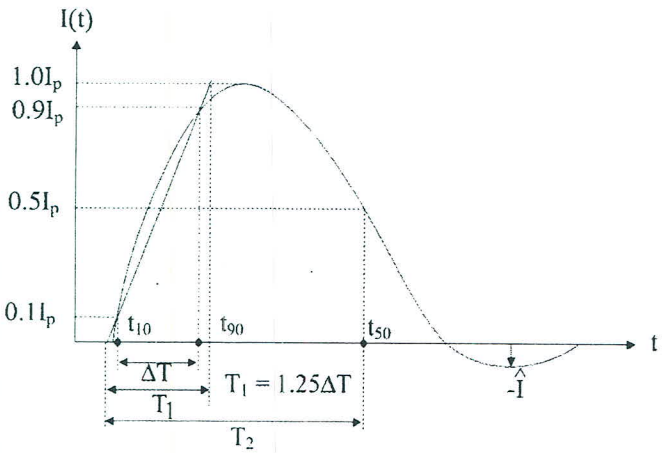
บทที่ 2
ทฤษฎี

ทฤษฎีการวัดกระแสอิมพัลส์

รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์มาตรฐาน ตามมาตรฐาน IEC 60060-1 [4] ได้กำหนดลักษณะรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์มาตรฐานดังในรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์มาตรฐาน

เมื่อ T_1 คือ Rise time

T_2 คือ Time to half value

I_p คือ Current peak value

ซึ่งรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์โดยทั่วไปจะกำหนดด้วยค่าองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้คือ

1. ค่ายอดกระแสอิมพัลส์ (Impulse Current peak, I_p)

2. เวลาหน้าคลื่น (Front time, T_1) เป็นช่วงเวลาที่กระแสอิมพัลส์เพิ่มขึ้นจากศูนย์จนถึงค่ายอดกระแสอิมพัลส์

3. เวลาหางคลื่น (Time to half-value หรือ tail time, T_2) เป็นช่วงเวลาตั้งแต่กระแสเริ่มเพิ่มขึ้นจากศูนย์ผ่านค่ายอดกระแสอิมพัลส์ จนกระทั่งขนาดลดลงจนเหลือครึ่งหนึ่งของค่ายอดกระแสอิมพัลส์

4. ขั้วของกระแส อาจจะเป็นขั้วบวกหรือขั้วลบก็ได้เมื่อเทียบกับดิน

การกำหนดชนิดของรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์จะแทนด้วย เวลาหน้าคลื่นต่อเวลาหางคลื่น หรือ T_1/T_2 เช่น รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ชนิด 8/20 μs หมายความว่าเป็นรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ที่มีเวลาหน้าคลื่นเท่ากับ 8 μs เวลาหางคลื่นเท่ากับ 20 μs เป็นต้น

รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์แบบ Double exponential ตามมาตรฐานของ IEC 60060-1(1989) [4] มีอยู่ด้วยกัน 4 ชนิด คือ

1) 1/20 μs รูปคลื่นที่มีเวลาหน้าคลื่นเท่ากับ 1 μs และหางคลื่นเท่ากับ 20 μs
2) 4/20 μs รูปคลื่นที่มีเวลาหน้าคลื่นเท่ากับ 4 μs และหางคลื่นเท่ากับ 20 μs
3) 8/20 μs รูปคลื่นที่มีเวลาหน้าคลื่นเท่ากับ 8 μs และหางคลื่นเท่ากับ 20 μs
4) 30/80 μs รูปคลื่นที่มีเวลาหน้าคลื่นเท่ากับ 30 μs และหางคลื่นเท่ากับ 80 μs

การวัดรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ที่ได้จากเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ จะต้องมีค่าความคลาดเคลื่อน ทั้งนี้ต้องอยู่ในขอบเขตตามมาตรฐานของ IEC 60060-2 (1984) [5] ที่ได้กำหนดไว้ โดยมีรายละเอียดในการกำหนดค่าดังนี้

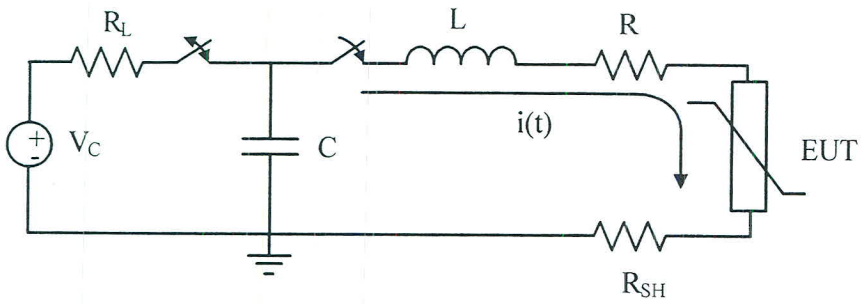
1. การวัดค่าช่วงเวลาหน้าคลื่น (T_1) ให้คำนวนจาก 1.25 เท่าของเวลาในช่วงที่รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์เพิ่มค่าจาก 10% ของค่ายอดจนถึงค่า 90% ของค่ายอดกระแสอิมพัลส์

2. การวัดค่าช่วงเวลาหางคลื่น (T_2) ให้คำนวณจากช่วงเวลาตั้งแต่จุดเริ่มต้นของรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ จนถึงจุดที่กระแสอิมพัลส์ลดค่าลงเหลือครึ่งหนึ่งของค่ายอดกระแส

3. จุดเริ่มต้นของรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์คือ จุดตัดระหว่างแกนนอน (แกนเวลา) กับเส้นตรงที่ลากผ่านระหว่างจุด 10% ของค่ายอดกระแสอิมพัลส์ และจุด 90% ของค่ายอดกระแส อิมพัลส์หน้าคลื่น

หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ [6]

การสร้างกระแสอิมพัลส์ทำได้โดยอาศัยหลักการของวงจรทรานเซี้ยน (Transient) ซึ่งประกอบไปด้วยตัวเก็บประจุ , ตัวต้านทาน , ตัวเหนี่ยวนำ , แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง และในวงจรมีอิเล็กโตรดทรงกลมเพื่อควบคุมการคายประจุของตัวเก็บประจุในช่วงเวลาสั้นๆ โดยมีหลักการทำงาน คือ ตัวเก็บประจุ C_s จะถูกอัดประจุหรือพลังงานไฟฟ้าเก็บไว้ แล้วทำการปล่อยให้ดิสชาร์จผ่านตัวเหนี่ยวนำ L ก็จะเกิดการแกว่งของสัญญาณแบบหน่วง เพราะในตัวเหนี่ยวนำ L นั้นจะมีความต้านทานโดยธรรมชาติและถ้าวัสดุทดสอบมีความต้านทานด้วยก็จะทำให้เกิด การหน่วงมากขึ้น ฉะนั้นวงจรของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์พื้นฐานจึงเขียนได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรพื้นฐานของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์

V_C	คือ	แรงดันกระแสตรงที่จ่ายให้กับตัวเก็บประจุ
R_L	คือ	ตัวต้านทานจำกัดกระแส
C	คือ	ตัวเก็บประจุในวงจร
R	คือ	ตัวต้านทานในวงจร
L	คือ	ตัวเหนี่ยวนำในวงจร
R_{SH}	คือ	ตัวต้านทานแบบชั้นท์สำหรับวัดกระแสอิมพัลส์
i(t)	คือ	กระแสอิมพัลส์
EUT	คือ	วัสดุทดสอบ

การเกิดการแกว่งของสัญญาณกระแสของวงจรรูปที่ 2 จะเกิดการหน่วงมากน้อยจะขึ้นอยู่กับความต้านทานรวม R ในวงจร และค่าความเหนี่ยวนำรวม L ในวงจร ค่ากระแสสูงสุดจะได้เมื่อค่า R มีค่าต่ำสุด คือ

$$R << 2\sqrt{\frac{L}{C}} \qquad (2.1)$$

การวัดรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ [6]

การวัดและบันทึกสัญญาณของกระแสที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วนั้น จำเป็นที่จะต้องใช้ระบบวัดที่มีแบนวิดท์กว้าง (Wide-band measuring) และมีเวลาขึ้นเร็วในเกณฑ์เดียวกับกระแสที่วัด ดังนั้นต้องใช้เครื่องวัดที่มีเวลาขึ้น (Rise time) ดีพอ เพื่อให้สามารถวัดกระแสที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของขนาดอย่างรวดเร็วได้ ซึ่งในการวัดรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์สามารถวัดได้โดยวิธีการดังต่อไปนี้

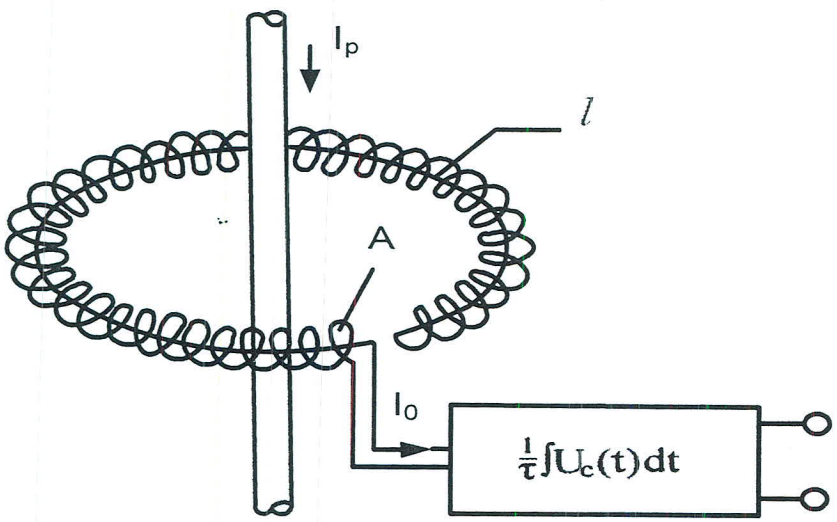
1. โรกอฟสกีคอยล์ (Rogowski coil)
2. ชั้นท์ความต้านทานต่ำ (Low ohmic shunts)

การวัดกระแสอิมพัลส์ด้วยโรกอฟสกีคอยล์ [1]

การวัดกระแสอิมพัลส์ด้วยชั้นท์เป็นวิธีการวัดแบบต่อผ่านตัวนำ (galvanic) จะมีขนาดใหญ่ตามขนาดกระแสใช้งาน มีความไม่สะดวกในการใช้งานหลายประการ และเป็นโหลดของวงจรวัด ในทางปฏิบัติจึงไม่นิยมใช้ชั้นวัดกระแสอิมพัลส์ที่มีค่าสูง ๆ แต่จะใช้วัดด้วยอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่สามารถวัดกระแสอิมพัลส์ที่มีค่าสูง และมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลารวดเร็ว โดยใช้หลักการของหม้อแปลงกระแสแบบพิเศษ เรียกว่า โรกอฟสกีคอยล์ (Rogowski's coil)

1 หลักการวัดกระแสอิมพัลส์ด้วยโรกอฟสกีคอยล์

การวัดกระแสอิมพัลส์ด้วยโรกอฟสกีคอยล์ เป็นการวัดกระแสโดยใช้หลักการของหม้อแปลงกระแส (CT) แบบพิเศษ กล่าวคือ โรกอฟสกีคอยล์เป็นอุปกรณ์วัดกระแสที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำให้เกิดการสร้างเส้นฟลักซ์แม่เหล็ก ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา เมื่อ ฟลักซ์แม่เหล็กนี้ไปคล้องขดลวดที่พันรอบแกนที่ไม่เป็นแม่เหล็ก ที่วางอยู่รอบตัวนำที่มีกระแสที่ต้องการวัดไหลผ่านอยู่ จะทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นที่ปลายขดลวด คือ $U_C(t)$ ซึ่งเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของกระแส di_p/dt ค่าแรงดันที่วัดได้จะเป็นสัดส่วนกับรูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านตัวนำนั้น ถ้านำแรงดันเหนี่ยวนำนี้ผ่านตัวอินทีเกรทที่เหมาะสม ก็จะได้รูปคลื่นกระแสที่ต้องการวัดอย่างถูกต้อง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขดลวดโรกอฟสกี

2 การพันขดลวดโรกอฟสกี

การวัดกระแสอิมพัลส์ที่อาศัยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก จะมีความถูกต้องก็ต่อเมื่อพื้นที่ภาคตัดขวาง และความถี่ของจำนวนรอบสม่ำเสมอตลอดช่วงความยาวแกน อีกประการหนึ่ง สนามแม่เหล็กที่ทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำในขดลวดต้องมาจากแหล่งกำเนิดที่เกิดจากระแสที่ต้องการวัดเพียงอย่างเดียว ไม่มีผลของสนามแม่เหล็กจากภายนอก ฉะนั้น เพื่อให้การวัดมีความถูกต้อง จึงต้องมีการพันโรกอฟสกีมีลักษณะพิเศษ คือ ต้องมีการพันย้อนกลับเข้าไปภายในขดลวดอีกหนึ่งรอบดังรูปที่ 3 ทั้งนี้ เพื่อให้แรงดันเหนี่ยวนำที่เกิดจากสนามแม่เหล็กภายนอกหักล้างกัน

ในรูปที่ 3 ขดลวดโรกอฟสกีคล้องตัวนำที่มีกระแสไหล I_p โดยอาศัยกฎของแอมแปร์จะได้ความเข้มสนามแม่เหล็กที่ขดลวด ซึ่งอยู่ห่างจากตัวนำแนวรัศมีเท่ากับ x คือ

$$H_x = \frac{I_p}{2\pi x} \tag{2.2}$$

ขดลวดวางอยู่ในอากาศ จะได้ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก ณ จุดนั้น คือ

$$B = \mu_0 H_x = \frac{\mu_0 I_p}{2\pi x} \tag{2.3}$$

ถ้าขดลวดมีพื้นที่ตัดขวางเท่ากับ A จึงหาค่าฟลักซ์แม่เหล็กที่วิ่งผ่านคล้องขดลวด ซึ่งมีจำนวนรอบทั้งหมด N รอบ และมีความยาวเท่ากับ $l = 2\pi x$ ได้คือ

$$\phi = \frac{\mu_0 A I_p}{l} \tag{2.4}$$

และโดยอาศัยกฎเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ จะหาค่าแรงดันเหนี่ยวนำบนขดลวดจำนวน N รอบได้

$$U_c(t) = N\frac{d\phi}{dt} = \frac{N\mu_0 A}{l}\frac{di_p}{dt}$$

$$U_c(t) = M\frac{di_p}{dt} \tag{2.5}$$

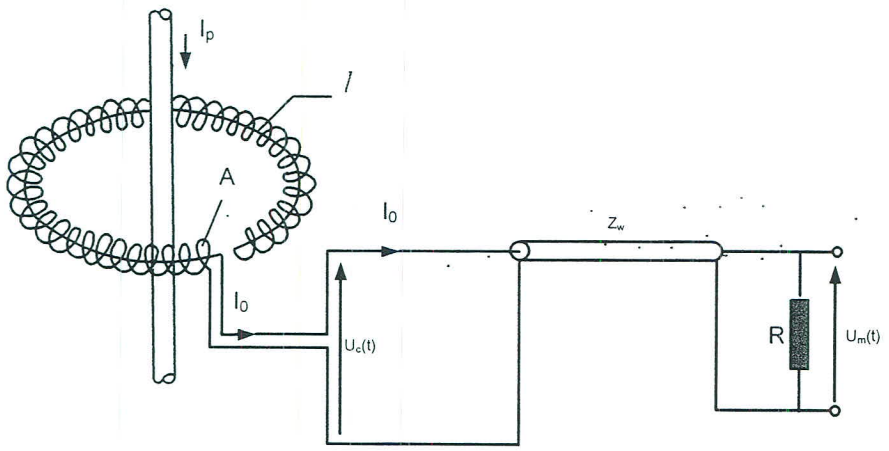
โดยที่ $M = \frac{N\mu_0 A}{l}$ คือความเหนี่ยวนำร่วมระหว่างขดลวดโรกอฟสกีกับตัวนำที่มีกระแสไหลผ่าน I_p

จากสมการที่ 2.5 จะพบว่าการวัดกระแสอิมพัลส์ของโรกอฟสกีคอยล์ จะต้องทำการ อินทีเกรทค่าแรงดันเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวด

3 วงจรด้านขาออกของขดลวดโรกอฟสกี

แรงดันด้านขาออกของโรกอฟสกีคอยล์ขึ้นกับอิมพีแดนซ์ขาออก ที่นำมาต่อเข้ากับ โรกอฟสกีคอยล์ ซึ่งเป็นวงจรอินทิเกรทที่เป็นพาสซีฟ ในทางปฏิบัติที่ใช้กันอยู่มี 2 แบบ คือ แบบ LR อินทิเกรเตอร์และแบบ RC อินทิเกรเตอร์

3.1 LR อินทิเกรเตอร์จะมีโหลดเป็น R ซึ่งมีค่าต่ำ เมื่อเทียบกับค่าเสิร์จอิมพีแดนซ์ของเคเบิลวัด ดังรูปที่ 4



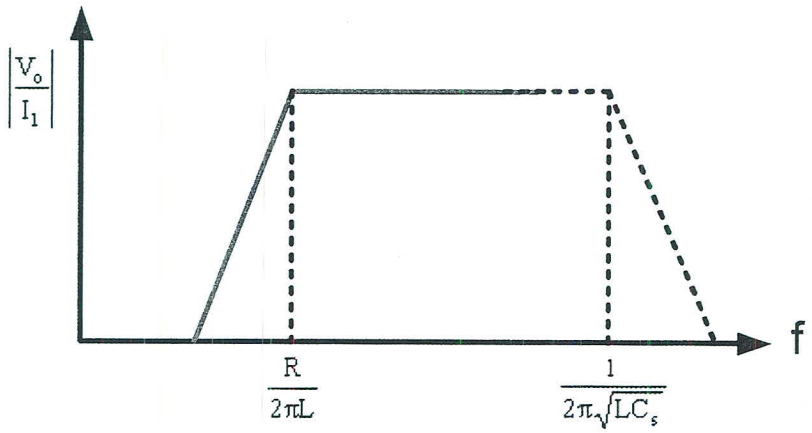
รูปที่ 4 โรกอฟสกีคอยล์ต่อด้วย LR อินทิเกรเตอร์

ความหมายในรูปวงจร

$U_c(t)$	=	แรงดันเหนี่ยวนำ
L_c	=	ความเหนี่ยวนำของขดลวดโรกอฟสกีคอยล์
R_c	=	ความต้านทานของขดลวดโรกอฟสกีคอยล์
R	=	ความต้านทานโหลด
Z_w	=	เสิร์จอิมพีแดนซ์ของสายวัดและความต้านทานสมคู่กัน
$U_m(t)$	=	แรงดันที่วัดได้

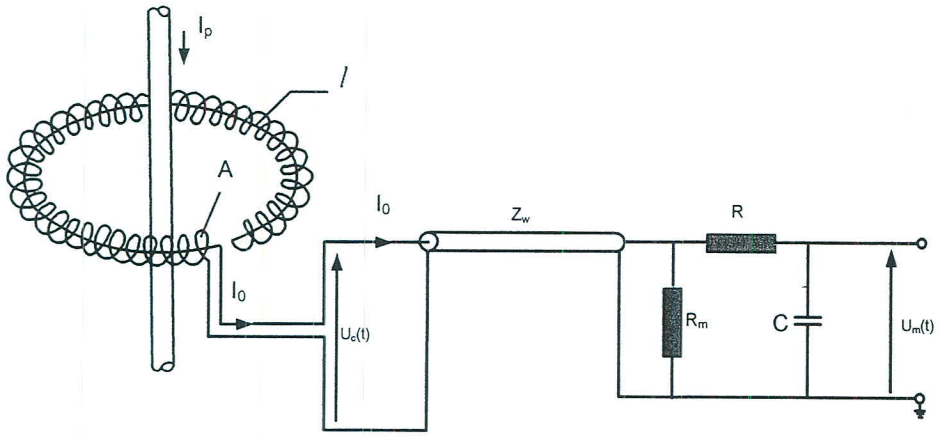
การต่อด้วย LR อินทิเกรเตอร์มีขีดจำกัดความถี่ต่ำ $\omega L >> (R+R_c)$ แรงดันที่วัดได้ $U_m(t)$ จะสามารถวัดกระแสในตัวนำที่ต้องการวัดได้จากความสัมพันธ์

$$U_m = \frac{R}{L_c} M i_p(t) \qquad (2.6)$$



รูปที่ 5 ผลตอบสนองความถี่ LR อินทิเกรเตอร์

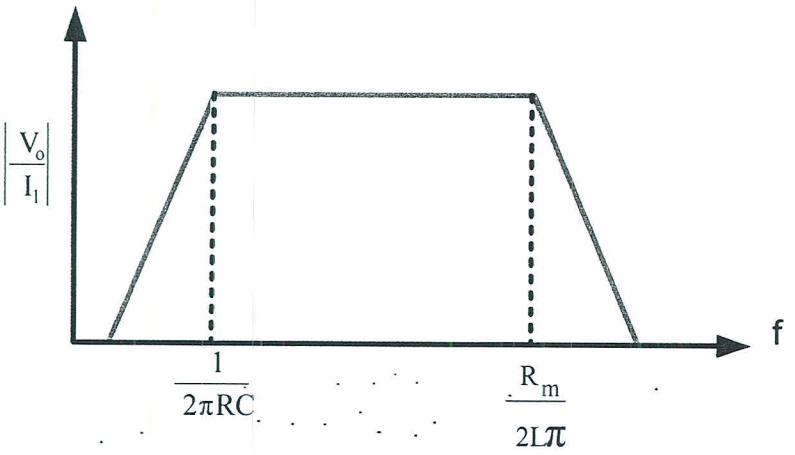
3.2 RC อินทิเกรเตอร์ จะเป็นวงจรที่มีความต้านทานสูง ($R >> Z_w$) ต่ออันดับอยู่กับตัวเก็บประจุ แล้ววัดแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุ C ดังรูปที่ 2.6 โดยมีเงื่อนไข $\omega L << Z_w$ และ $\frac{1}{\omega C} << R$, โดยที่ R_m เป็นความต้านทานแมชชิ่ง



รูปที่ 6 โรกอฟสกีคอยล์ต่อด้วย RC อินทิเกรเตอร์

การต่อโรกอฟสกีคอยล์ด้วย RC อินทิเกรเตอร์ จะมีขีดจำกัดความถี่ล่างและบน เป็นความถี่แถบผ่านแรงดันที่วัดได้ U_m (t) จะหาค่ากระแสที่ต้องการวัดได้จากความสัมพันธ์

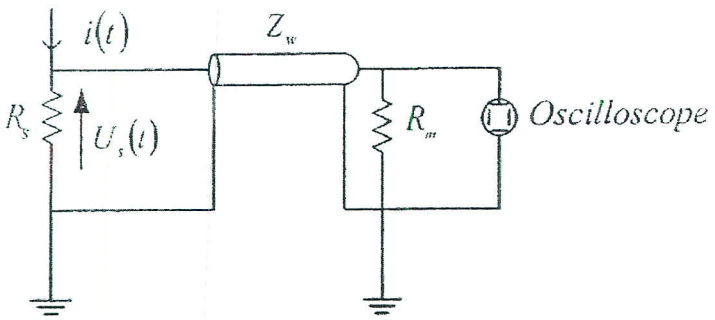
$$U_m = \frac{M}{RC} i_p(t) \qquad (2.7)$$



รูปที่ 7 ผลตอบสนองความถี่ RC อินทิเกรเตอร์

การวัดกระแสอิมพัลส์ด้วยตัวต้านทานชั้นท์ [6]

ตัวต้านทานชั้นท์ในที่นี้หมายถึง ตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานต่ำๆ และทราบค่าถูกต้องแน่นอน ใช้สำหรับวัดกระแสอิมพัลส์ โดยให้กระแสอิมพัลส์ที่ต้องการจะวัดไหลผ่านตัวต้านทานชั้นท์ จากนั้นวัดแรงดันที่ตกคร่อม (Voltage drop) ตัวต้านทานชั้นท์ด้วยออสซิลโลสโคป โดยสัญญาณของแรงดันที่วัดได้จะถูกส่งผ่านสายเคเบิลแกนร่วม (Coaxial cable) ที่มีตัวต้านทานสมดู่กัน (R_m) ต่อที่ปลายสายเคเบิลขนานกับออสซิลโลสโคป ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 วงจรวัดรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ด้วยตัวต้านทานชั้นท์

เมื่อ R_S คือ ตัวต้านทานชั้นท์

Z_w คือ ค่าเสิร์จอิมพีแดนซ์ของสายเคเบิล

R_m คือ ตัวต้านทานสมคู่

จากรูปวงจรที่ 2.8 ถ้าหากตัวต้านทานชั้นท์มีคุณสมบัติเป็นตัวต้านทานล้วน และไม่คิดถึงค่าของเสิร์จอิมพีแดนซ์ของสายเคเบิล (Z_w) เพราะ $R_S << Z_w$ จึงสามารถอาศัยกฎของโอห์มในการหาค่ากระแสได้คือ

$$i(t) = \frac{U_s(t)}{R_s} \qquad (2.8)$$

ตัวอย่างเช่นเมื่อมีกระแสอิมพัลส์ไหลผ่านตัวต้านทานชั้นท์ที่มีความต้านทาน 1 mΩ

สามารถวัดแรงดัน $\therefore U_s(t) = 100V$

$\therefore$ สามารถที่จะคำนวณกระแสอิมพัลส์ได้มีค่า $i(t) = \frac{U_s(t)}{R_s} = 100kA$

ในการวัดกระแสอิมพัลส์ซึ่งเป็นกระแสที่มีการเปลี่ยนแปลงของ สัญญาณรูปคลื่นกระแสอย่างรวดเร็ว (มีความถี่สูง, ω) ดังนั้นผลของ Stray Capacitance ที่เกิดขึ้นในสายเคเบิลแบบแกนร่วมในวงจรวัดนั้นจะมีค่าของ Capacitance Reactance เท่ากับ $\frac{1}{\omega C}$ แต่จะมีค่าที่น้อยมากซึ่งจะไม่

มีผลต่อระบบวัดมากนัก แต่ผลของสนามแม่เหล็กตกค้าง (Stray magnetic) ซึ่งจะมีค่า Reactance เท่ากับ ω L จะส่งผลต่อรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ที่วัดได้จากออสซิลโลสโคป

ในทางปฏิบัติเมื่อกระแสไหลผ่านตัวต้านทานชั้นท์จะเกิดสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ดังนั้นแรงดันตกคร่อมจริงจะเป็นไปตามสมการ

$$V(t) = R_s i(t) + L\frac{di(t)}{dt} \qquad (2.9)$$

เพราะฉะนั้นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบตัวต้านทานชั้นท์คือทำให้ L มีค่าน้อยที่สุด เนื่องจาก เป็นส่วนที่เราไม่ต้องการวัด ซึ่งถ้าไม่คำนึงถึงค่า L ส่วนของ $L\frac{di(t)}{dt}$ ก็จะเป็นค่าความผิดพลาดของการวัดที่ประกอบขึ้นเป็นค่า V(t)

เคเบิลวัด (Measuring Cables)

การวัดหรือบันทึกภาพแรงดันด้วยออสซิลโลสโคปที่มีค่าแรงดันป้อนเข้าที่กำหนดสูง เวลาใช้งานจริงๆ ไม่สามารถที่จะนำไปต่อเข้าโดยตรงกับขดลวดโรกอฟสกีได้ เพราะจะไม่ปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานและเพื่อลดการรบกวนจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้น้อยลงจำเป็นต้องตั้งออสซิลโลสโคป ให้อยู่ห่างจากขดลวดโรกอฟสกีพอสมควร ฉะนั้นการส่งสัญญาณแรงดันจากขดลวดโรกอฟสกีไปยังออสซิลโลสโคป ซึ่งต้องใช้สายเคเบิลวัด โดยทั่วไปจะใช้เป็นแบบแกนร่วม (Coaxial Cable) เคเบิลแกนร่วมที่ใช้ต้องมีการชีลด์อย่างน้อยสองชั้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นในชีลด์ อันเป็นส่วนหนึ่งของวงจรวัดแรงดันอันเนื่องจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นรบกวนไปบนสัญญาณที่วัดได้

ในกรณีวัดสัญญาณแรงดันที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ และไม่มีองค์ประกอบของความถี่สูง เคเบิลและสายวัดอาจคิดค่า C หรือ L ขึ้นอยู่กับลักษณะของโหลดที่ปลายสายวัด แต่ในที่นี้เราต้องการวัดสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เคเบิลวัดจึงต้องพิจารณาเป็นวงจรที่มีพารามิเตอร์กระจาย คือ คิดเป็นแบบสัญญาณคลื่นจร (Traveling Wave) เมื่อคลื่นจรเข้ามาที่ต้นสายเคเบิลจะมองเป็นเคเบิลเป็นความต้านทานบริสุทธิ์เท่ากับ Z_w (Surge impedance) ไม่ขึ้นอยู่กับโหลดที่ปลายสายเคเบิลว่าเปิดหรือลัดวงจร หรือมีโหลดอื่นใด โหลดที่ปลายทางจะไม่มีผลกระทบถึงสัญญาณต้นทาง จนกว่าจะถึงเวลา 2 เท่าของเวลาคลื่นเดินทาง (Transit Time) สายเคเบิลจะต้องเป็นแบบสายส่งทันที เมื่อ มีค่าใกล้เคียงกับเวลาขึ้นของคลื่น

เวลาช่วงเดินทาง τ ของสัญญาณอาจหาได้จากความเร็วแผ่กระจาย (Propagation) ของคลื่นคือ

$$\tau = \frac{l}{v} \tag{2.10}$$

เมื่อ l คือ ความยาวของสายเคเบิล และความเร็วที่แผ่กระจายคลื่นหาได้จากความสัมพันธ์

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}} \tag{2.11}$$

เมื่อ c คือ ความเร็วแสง (3×10^8 m/sec)

ε_r และ μ_r คือ เปอร์มิตติวิตี้และเปอร์มีบิลลิตี้สัมพันธ์ของฉนวนสายเคเบิลปกติสายเคเบิลจะมีค่า $\mu_r = 1$ ฉะนั้น

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}} \tag{2.12}$$

สายเคเบิลมาตรฐานที่ใช้กันอยู่มีฉนวนเป็น Polyethylene (PE) หรือ Teflon ซึ่งมีค่า ε_r ประมาณ 2.1 – 2.3 ฉะนั้น ความเร็วของสัญญาณจะอยู่ประมาณ 60-70 % ของความเร็วแสง ดังนั้นเคเบิลที่ยาวกว่า $1/4$ ของความยาวคลื่น คือ ช่วงเวลาขึ้น T_r นั่น อาจต้องคิดเป็นสายส่ง นั่นคือ จะต้องคำนึงถึงผลของคลื่นสะท้อนกลับ (Reflection) ปัญหานี้อาจแก้ไขโดยใช้การแมชชิ่งด้วยความต้านทานบริสุทธิ์ที่มีค่าเท่ากับเสิร์จอิมพีแดนซ์ (Z_w) ของสายวัดสัญญาณ

ความยาวของเคเบิลยังมีผลต่อการวัดแรงดัน คือ ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม การวัดแรงดันเฉพาะที่มีการตัดช่วงหน้าหน้าคลื่นจะต้องคำนึงถึงเรื่องนี้ เพราะจะทำให้ค่ายอดที่วัดได้ผิดพลาด โดยทั่วไปสายเคเบิลแกนร่วมยาวไม่เกิน 10 เมตร อาจทิ้งผลกระทบแรงดันตกคร่อมได้ ถ้าต้องใช้สายเคเบิลยาวๆ จึงควรเลือกสายเคเบิลที่มีค่าความต้านทานและอิมพีแดนซ์ที่มีค่าต่ำๆ

ความต้านทานแมชชิ่ง ในกรณีที่วัดสัญญาณแรงดันด้วยออสซิลโลสโคป โดยส่งสัญญาณที่วัดจากความต้านทานต่ำไปยังออสซิลโลสโคปโดยผ่านสัญญาณด้วยสายเคเบิลแกนร่วม เพื่อไม่ให้เกิดคลื่นสะท้อนกลับอันจะทำให้เกิดความผิดพลาดของค่าแรงดันที่วัดได้ จึงต้องใส่ตัวต้านทานแมชชิ่งระหว่างสายเคเบิลวัดกับชุดอินทิเกรเตอร์ โดยจะต่อตัวต้านทาน แมชชิ่ง $R_m = Z_w$ (ความต้านทานคลื่นจร) ไว้ปลายสายเคเบิลที่ต่อเข้ากับชุดอินทิเกรเตอร์ก่อนที่จะต่อกับออสซิลโลสโคป