

**PUENTE DE ALTA PRECISION PARA LA MEDICION DE CAPACIDAD Y
FACTOR DE DISIPACION ($\text{tg}\delta$) EN ALTA TENSION**

Ricardo I. García
I.N.T.I.

Ariel F. Medina - Eduardo G. Zaretsky
CONIMED SA*

Resumen

Se describe un puente para medición de capacitores en alta tensión, basado en divisores inductivos de corriente de doble núcleo, para obtener exactitudes de 10^{-5} en la medición del factor de pérdidas de capacitores. Se dan detalles constructivos y el método de calibración.

Palabras clave

Puentes de alta tensión- Medición de capacidad- Ensayos en alta tensión- Medición de factor de pérdidas

1. Introducción

El uso de puentes con acoplamiento inductivo para la medición de capacidad y factor de pérdidas está muy difundido, tanto para su uso en laboratorio como en campo y reemplaza al puente de Schering en la mayoría de las aplicaciones. Es adecuado para medición de capacidades de bajo valor y de alto valor mediante transformadores adaptadores. [1-2]

Los puentes pueden ser de dos tipos: transformador o divisor de tensión, o el dual basado en comparador o divisor de corriente. En alta tensión se usan habitualmente los de corriente.

Los puentes basados en comparadores de corriente o transformadores de 3 bobinados son

los más exactos en la medición de capacitores de bajo valor.

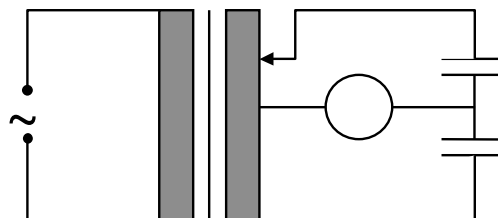


Fig.1- Puente transformador de 3 bobinados

Las caídas de tensión en los bobinados debidos a las resistencias e inductancia de dispersión, cuando se miden capacitores de alto valor, generan incertidumbres inaceptables. En estos casos el uso de divisores inductivos es una solución más adecuada. Si los divisores son del tipo de dos etapas se obtienen exactitudes comparables a los anteriores en bajos valores de capacidad. [3]

Los capacitores patrones en alta tensión con dieléctrico gaseoso tienen una capacidad de 100pF, (1000 pF sólo hay hasta 25 kV).

Las capacidades a medir pueden ser de 1 μF por ejemplo en el caso de cables de XPLE con factores de pérdidas de 10^{-4} o capacitores de compensación de factor de potencia ($\approx 100 \mu\text{F}$) con dieléctrico de polipropileno. En estos casos

son deseables exactitudes de 10^{-5} y resoluciones de 10^{-6} en la medición del factor de pérdidas. Usos habituales son la medición de aisladores pasantes (bushings) y también la calibración de transformadores de tensión. [4]

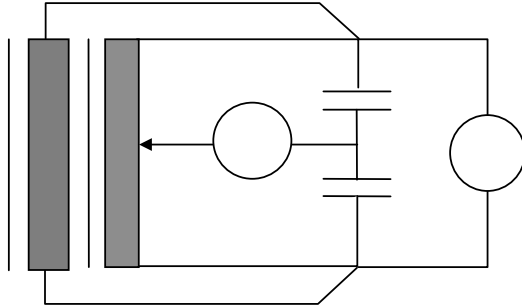


Fig.2- Puente con divisor inductivo de 2 etapas

Los requerimientos de estos puentes son muy severos: comparación de capacidades que pueden diferir en 10^6 veces y determinación de factores de pérdidas con exactitudes de 10^{-5} .

El puente que se describe está basado en un divisor inductivo de corriente, y un divisor en cascada con el anterior, para obtener resoluciones de 10^{-6} del rango en la medición de la capacidad y un transformador de corriente para obtener una relación de $10^4 : 1$ en la comparación de capacidades. Divisor y transformador son del tipo de 2 etapas.

Para la determinación del factor de pérdidas se usa una red R-C pasiva. Se evita el uso de amplificadores operacionales, ya que para el uso en alta tensión, sea en laboratorio o en campo los sistemas pasivos son más insensibles a sobretensiones.

2. Descripción del comparador

La figura 3 muestra el circuito del comparador. El divisor está constituido por dos núcleos toroidales de alta permeabilidad inicial; sobre N_1 están arrollados el bobinado de detección y los que son alimentados por las corrientes de compensación de D_2 y T.

Sobre N_1 y N_2 están arrollados los bobinados de rango y de relación y el alimentado por la corriente secundaria de D_2 .

La década de 10×100 espiras y el bobinado de rango $10 - 100$ espiras están bobinados con la

técnica habitual en los divisores con el alambre trenzado de igual diámetro de tal forma que la resistencia por espira sea igual y que tomen el mismo flujo [5].

La última década de 10×1 espira está conectada en paralelo con 10 espiras que están distribuidas uniformemente en toda la circunferencia para compensar variaciones espaciales de flujo.

T es un transformador de corriente de doble núcleo que multiplica el rango $\times 10$ y $\times 100$. Sus primarios tienen baja resistencia, para que su valor no afecte el factor de pérdidas de C_x ; D_2 es un divisor de doble núcleo cuya última década es resistiva. La primera es de 10×10 espiras para tener baja resistencia de salida.

Las décadas de resistencia R y los capacitores de rango son para la compensación del factor de pérdidas.

2.1 Ajuste de la red R-C para la medición del factor de pérdidas.

La determinación del factor de pérdidas se obtiene con la expresión:

$$\operatorname{tg} \delta = \omega (C_i + C'_s + C_c + C_a) \cdot (R + R_d)$$

C_i son los capacitores de rango

$C'_s + C_c$ es la capacidad del patrón más la del cable, medidas entre el conductor central y la malla del cable conectando el borne de alta tensión del capacitor a la malla del cable.

C_a es un capacitor de ajuste tal que:

$$C'_s + C_c + C_a = (2 \pm 0,02) \text{ nF}$$

Para cada capacitor patrón y cable es necesario ajustar el valor de C_a , que está ubicado en una caja externa. Se eligió el valor de 2 nF para permitir el uso de capacitores de 100 ó 1000 pF como patrones.

R_d es la resistencia de los divisores de corriente que varía según la posición de los diales. El mayor valor se obtiene para la posición central 0,555... como en un potenciómetro. En este caso el valor de R_d es de 5Ω . El valor máximo de R es $10 \text{ k}\Omega$.

El producto $\omega (C_i + C'_s + C_c + C_a)$ toma los valores de 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} F/s.

3. Calibración

3.1 Capacidad

Se realiza por un método de “step up”, con un divisor inductivo para los diales de capacidad.

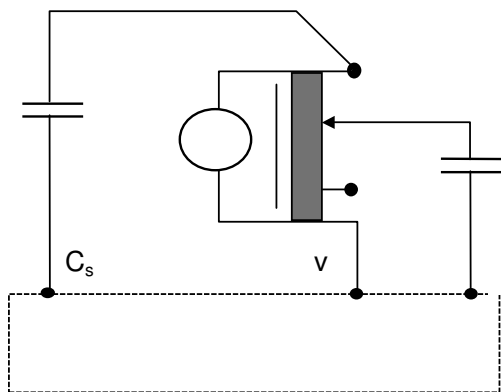


Fig. 4.

El divisor inductivo es de 7 diales con una linealidad de 10^{-6} . La tensión admisible a 50 Hz es de 300 V, la suficiente para tener una adecuada sensibilidad. La impedancia de salida presenta una resistencia de $2,9 \Omega$ y una inductancia de $32 \mu\text{Hy}$ (valores máximos).

Por ejemplo los diales se pueden calibrar con un capacitor de 1 nF como patrón y uno de 10 nF como incógnita. Variando los diales del divisor se pueden calibrar los diales del puente y el multiplicador. Luego, con la salida 1,0 y 0,1 del divisor se calibra el multiplicador según el esquema de la tabla siguiente. Se calibran los capacitores y multiplicador simultaneamente.

C_s nF	C_x nF	Rango	D	Calibra
1	10	0,1	1	rango n 1
1	100	0,1	0,1	C_x
1	100	1	1	rango 1
1	1.000	1	0,1	C_x
1	1.000	10	1	rango 10
1	10.000	10	0,1	C_x
1	10.000	100	1	rango 100

Los capacitores de 1 nF y 10 nF se pueden comparar entre sí con el divisor inductivo de tensión.

3.2 Factor de pérdidas

Se realiza mediante la calibración de las décadas de resistencias y los capacitores de rango.

La disposición es similar a la anterior. Se conecta un resistor de $1 \text{ M}\Omega$ ó $100 \text{ k}\Omega$ a la salida del divisor y un capacitor de distinto valor según el rango en el punto 1,0 del divisor.

El valor del factor de pérdidas se obtiene por cálculo.

4. Detector

Se usa un detector de cero sintonizado alimentado a batería instalado en el mismo gabinete del puente. El mismo permite realizar mediciones aún a relativamente baja tensión (300 V) con una sensibilidad de $1 \mu\text{A}$ espira.

5. Conclusiones

El puente descrito se ha usado en el ensayo de cables de XLPE, en la medición en campo de aisladores pasantes, en la calibración de transformadores de tensión y en la comparación de capacitores patrones de alta tensión con resultado satisfactorio.

BIBLIOGRAFIA

1. Baker W.P. - "Recent developments in 50 c/s bridge networks with inductively coupled ratio arms for capacitance and loss-tangent measurements"- Proc. IEE v.109A pp 243-7 (1962)
2. Kuster NL; Peterson O. -" A transformer-ratio arm bridge for high voltage capacitance measurements"- Trans IEEE v.CE 82 pp 606-11 (1963)
3. Leslie WP. -" Choosing transformer ratio arm bridges"- Proc. IEE v. 108B pp 539-45 (1961)
4. Anderson W.E. -" A calibration Service for voltage transformers and High Voltage Capacitor NBS-SP 250-33
5. Deacon A., Hill J. "Two stage inductive voltage dividers" Proc. IEE v 115 pp 888-92 (1968)

Fig. 3 - Circuito del Comparador

