

### 3. FUNDAMENTOS DE DETECCIÓN DE DESCARGAS PARCIALES.

#### 3.1 Circuitos básicos de detección.

La mayoría de los circuitos utilizados para la medida de descargas parciales provienen de los tres circuitos básicos representados en las figuras 1a, 1b, y 1c mostrados a continuación:

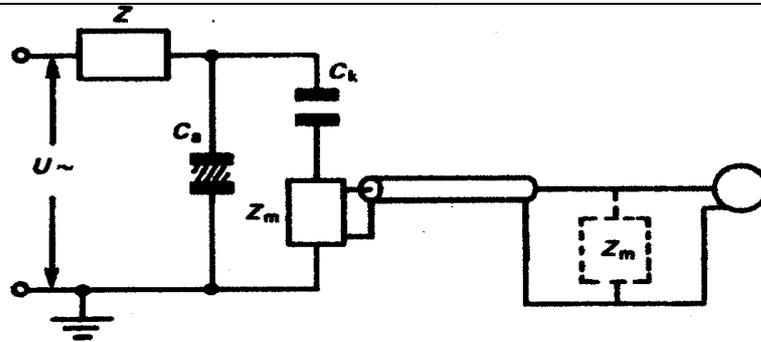


Fig. 1a – Impedancia de medida en serie con el condensador de acoplamiento

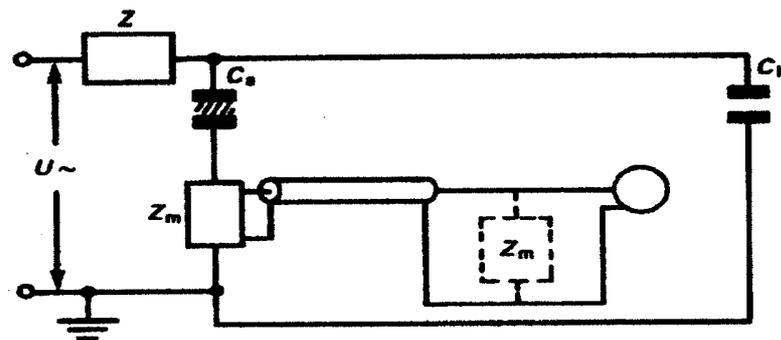


Fig. 1b – Impedancia de medida en serie con el objeto en ensayo

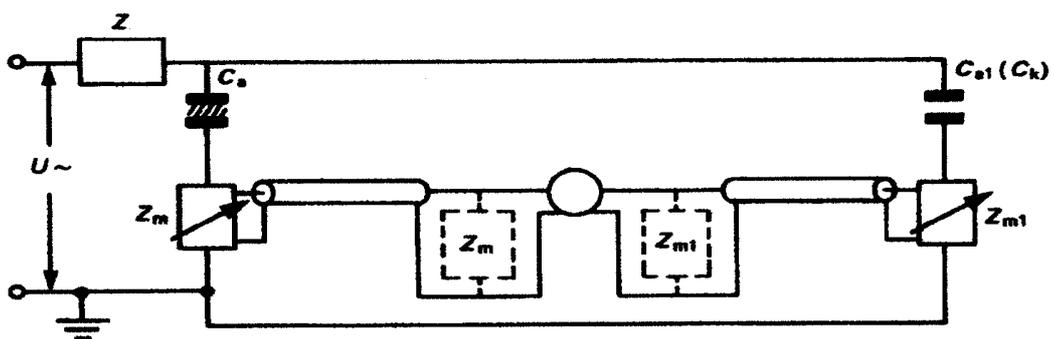


Fig. 1c – Esquema de un circuito equilibrado

Fig. 1 – Circuitos básicos de ensayo para medida de descargas parciales

Cada uno de estos circuitos se compone principalmente de:

- Un objeto de ensayo, cuyo comportamiento puede aproximarse muchas veces como una capacidad,  $C_a$ .
- Un condensador de acoplo,  $C_k$ .
- Un circuito de medida compuesto por la impedancia de medida  $Z_m$  (y a veces por una segunda impedancia  $Z_{m1}$ ), el cable de conexión y el aparato de medida.
- En ocasiones se añade una impedancia o filtro  $Z$  para reducir las perturbaciones generadas por la fuente de alta tensión (en este caso, el transformador), que se superponen a las perturbaciones provocadas por la fuente de descargas parciales.

Las descargas parciales en el objeto de ensayo provocan transferencias de cargas al circuito de ensayo que producen impulsos de corriente a través de la impedancia de medida. Esta impedancia determina, junto con el objeto en ensayo y el condensador de acoplamiento, la forma y duración de los impulsos de tensión medidos. Estos impulsos se transforman y amplifican para suministrar a un aparato de medida un valor proporcional a la magnitud "carga aparente".

El circuito utilizado en los ensayos de este proyecto ha sido el representado en la figura 1-a.

### 3.1.1 Características del circuito de medida.

Los circuitos de medida se dividen en dos grupos, según sea la banda pasante de frecuencias de medida: banda ancha y banda estrecha. La banda pasante del circuito de medida viene fijada por el elemento medidor (aparato de medida LDS-6).

Los siguientes parámetros determinan las características más importantes del circuito de medida:

- a) *Frecuencias de corte inferior y superior  $f_1$  y  $f_2$ .*

Las frecuencias de corte inferior y superior son aquellas para las que la respuesta a una tensión sinusoidal de entrada es constante, y cae en magnitud una cantidad dada, normalmente 3 dB en los circuitos de banda ancha, respecto a la amplitud de la señal de entrada, y 6 dB en los circuitos de banda estrecha.

- b) *Banda pasante  $\Delta f$ .*

La banda pasante viene definida por:

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

En medidas de banda ancha  $\Delta f$  es, normalmente, del mismo orden de magnitud que  $f_2$ . El sistema de detección disponible en Linealt (Laboratorio de investigación y ensayos de alta tensión) tiene una frecuencia de corte superior  $f_2$  de 400KHz, y la frecuencia de corte inferior  $f_1$  es 100 KHz, por tanto la banda pasante es de 300 KHz, y

por eso es considerado como un circuito de detección de banda ancha.

c) *Tiempo de resolución de impulsos.*

El tiempo de resolución es el intervalo de tiempo más corto entre dos impulsos consecutivos que provocan un error de amplitud no mayor del 10% debido a la superposición producida por la proximidad de los impulsos entre sí.

El tiempo de resolución es inversamente proporcional a la banda pasante del circuito de medida. En este trabajo se ha considerado un tiempo de resolución de 10  $\mu$ s.

d) *Impedancia de medida.*

En el laboratorio, la impedancia de medida esta compuesta por una resistencia de 50  $\Omega$ , y un condensador de 210 nF en paralelo.

La impedancia de medida puede configurarse como un cuadripolo cuya respuesta en frecuencia se ha escogido de modo que la señal de la tensión de ensayo no pueda llegar hasta el medidor. La impedancia de medida puede estar constituida por una resistencia, o una resistencia y un condensador en paralelo, o un circuito sintonizado, o filtros más sofisticados. En los circuitos de medida de banda estrecha la impedancia de medida suele estar sintonizada con la frecuencia de medida del medidor.

e) *Condensador de acoplamiento.*

El condensador de acoplamiento debe presentar una inductancia parásita pequeña y su frecuencia de resonancia debe ser mayor de 3 veces la frecuencia superior  $f_2$ . Además, no debe mostrar descargas parciales significativas a la tensión de ensayo.

En el circuito utilizado para la realización de este proyecto se ha colocado un condensador de 0.3 nF.

### 3.2 Consideraciones básicas del sistema de medida de descargas parciales.

Las descargas parciales producen localmente una corriente transitoria confinada en el margen de los nano a los microsegundos. Estas corrientes son consecuencia del transporte de las llamadas cargas aparentes entre los electrodos del aislante, las cuales son detectables por el sistema de medida y filtradas en paso de banda. El pico de la tensión monitorizado se espera que sea proporcional a la carga aparente.

La carga aparente es la carga eléctrica “movilizada” en la actividad de descargas parciales [Bartnikas, 1997].

Este proceso tiene las siguientes consideraciones:

- 1) La carga aparente, en un sistema aislante, depende de varios parámetros que no están relacionados con el tipo de descarga (forma y espesor del aislante, material empleado,...) y que de hecho no caracterizan suficientemente la descarga.
- 2) La carga aparente, como consecuencia de un reagrupamiento de cargas en los electrodos, depende de la posición del defecto dentro del aislante y del campo eléctrico local, y sin estos datos no podemos evaluar el daño que produce la descarga.
- 3) Sólo en equipos compactos se puede asegurar una medida correcta, ya que en equipos extensos (modelados con parámetros distribuidos como cables, motores,...), los defectos de la propagación de ondas entre la fuente de DP y el equipo de medida deben ser tenidos en cuenta, ya que este aspecto tiende a distorsionar los resultados de las medidas de DP. La carga aparente ya no es específica de un defecto del aislante, sino también del canal de transmisión entre la fuente y el equipo de medida. Por tanto, es importante realizar unas medidas de ruido para evaluar la distorsión creada por el circuito de detección, la línea de transmisión y el equipo de medida antes de probar el aislante.
- 4) Las señales de DP son normalmente muy débiles y están superpuestas o confundidas con el ruido, interferencias o distorsiones del sistema de medida y entorno; además son dependientes de la recombinación de las cargas “movilizadas” en estas distorsiones. Por eso, un filtro de paso de banda es la mayoría de las veces ineficiente y se deben de seguir otras estrategias más sofisticadas para poder medir claramente las descargas parciales.
- 5) El equipo de medida puede distorsionar las características de la descarga por sí mismo; por ejemplo, si se producen dos pulsos consecutivos en un tiempo inferior al tiempo de resolución del equipo, la magnitud de la carga aparente medida es errónea, ya que ambos pulsos se superponen en uno solo, ( error de superposición). En este sentido, el equipo de medida también considera que el pulso tiene una duración mínima igual al tiempo de resolución, aunque en muchos casos la duración del pulso sea menor (error de integración).

Estos problemas son muy relevantes a la hora de medir DP [Wang,1997].

Estas dificultades remarcan la necesidad de añadir información a las medidas de descargas parciales y así poder interpretarlas correctamente:

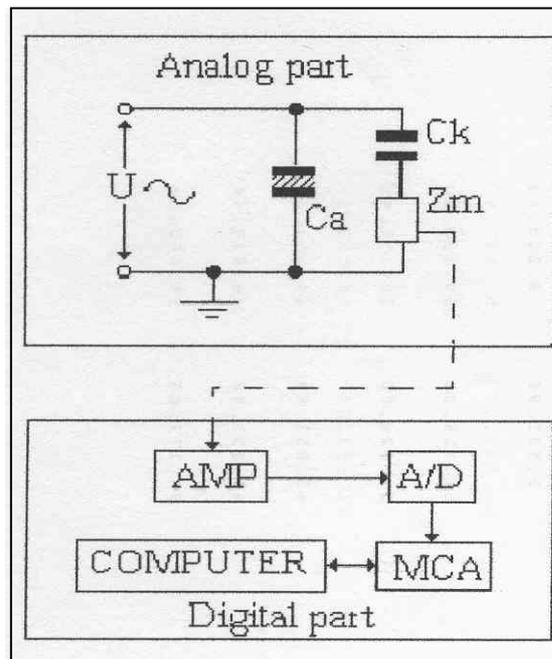
- 1) Las características de las señales de descargas parciales: su polaridad, amplitud, frecuencia, y relación con la fase de la tensión aplicada [Apartado 2].
- 2) Datos sobre la estructura del sistema aislante como máximos locales del campo y características de la propagación interna de la señal.
- 3) Modelos físicos de defectos, para poder relacionar la carga aparente medida, con la carga real en el defecto y asociarlo, con posibles daños producidos y riesgo de fallo del aislante.

### 3.3 Descripción del sistema de medida.

Como consecuencia de las dificultades de medida de descargas parciales consideradas anteriormente, y de las características (que se han descrito en el capítulo 2) de las mismas, el sistema de medida debe ser capaz de medir estadísticamente la frecuencia de los pulsos de ocurrencia de DP, y la dependencia de su magnitud con la fase del voltaje aplicado.

El sistema representa estas magnitudes de diferentes maneras, incluso en un diagrama triple llamado Patrón de fases de descargas parciales (PFDP) o huella dactilar.

La realización técnica del equipo necesita de un analizador de PFDP (APFDP) [Niemeyer,1992]. Cuyo diagrama de bloques consta de una parte analógica y otra digital, como se observa en la figura 3.1:



*Fig 3.1. Esquema del sistema.*

La parte analógica consiste en una impedancia de medida  $Z$  acoplada al circuito de detección que actúa como una fuente de señal que alimenta al amplificador con pulsos.

La señal de salida del amplificador, se muestrea, retiene y digitaliza en el convertidor (A/D) (con una resolución típica de 14 bits) en el canal correspondiente del analizador multicanal.

Después se realiza la cuasi-integración (muestreo) de estos pulsos en el dominio de la frecuencia, donde cada pico es proporcional a su carga aparente. La señal analógica es adaptada a los sensores, impedancias y ancho de banda de nuestro equipo de medida. Esta salida de la parte analógica se conecta a la entrada del sistema digital. Un convertidor de analógico a digital (A/D), un analizador multicanal de dos dimensiones (MCA) (un eje corresponde a la fase, el segundo eje a la carga aparente). Por último, se almacenan y procesan los datos en un ordenador personal [Niemeyer,1992].

La memoria del MCA esta sincronizada con la fase de la tensión alterna a través de una unidad de sincronización especial que es parte del sistema de medida.

El experimento total se calibra inyectando una carga conocida  $q_0$  en el objeto de ensayo; para ello utilizamos el calibrador LDC-5.

La separación de la parte analógica de la digital hace posible el uso del mismo equipo para diferentes aplicaciones. De esta forma los parámetros como la carga media, la energía de descarga, la frecuencia, etc... son fácilmente calculados por el ordenador una vez que tiene todos los datos, lo que sería prácticamente imposible sin la herramienta informática adecuada.