



PRÁCTICA DE LABORATORIO N° 2

OPERACIÓN DE LA

FUENTE DE PRUEBA DE CORRIENTE ALTERNA



RECUERDE CUMPLIR LAS NORMAS DE SEGURIDAD

1. CONOCIMIENTOS PREVIOS

- Principio de funcionamiento de los sistemas de prueba de alta tensión alterna.
- Componentes fundamentales de un sistema de prueba de alta tensión alterna.
- Tipos de transformadores utilizados en los sistemas de prueba.
- Características de los autotransformadores utilizados para la regulación de tensión.
- Diferentes sistemas de medición utilizados para alta tensión alterna.
- Elementos fundamentales de los sistemas de mando, control y protección.
- Características de los aisladores de suspensión.
- Normas de seguridad para el trabajo en el Laboratorio de Alta Tensión.

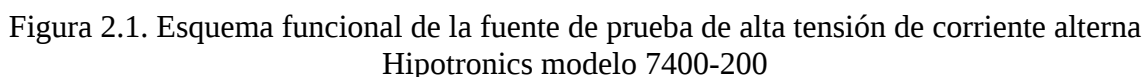
2. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Identificar los elementos fundamentales que forman el sistema de prueba en alta tensión de corriente alterna existente en el Laboratorio.
- Operar del sistema de prueba en alta tensión de corriente alterna y los sistemas de medición disponibles en el Laboratorio.
- Realizar ensayos con elementos aislantes.

3. ASPECTOS DE OPERACIÓN DE LA FUENTE DE PRUEBA DE ALTA TENSIÓN DE CORRIENTE ALTERNA DEL LABORATORIO DE ALTA TENSIÓN

3.1 Características generales de la fuente de prueba

La operación de la fuente de prueba de alta tensión de corriente alterna está basada en el esquema funcional que se muestra en la Figura 2.1



- Fuente de alimentación monofásica.
- Tensión de alimentación 440 V.
- Frecuencia de operación 60 Hz.
- Tensión de salida: 0...400 kV.
- Razón de crecimiento variable.
- Corriente máxima de salida 300 mA.

El sistema de medición de la fuente de prueba de alta tensión de corriente alterna está previsto con cuatro (4) posibilidades de medición de la tensión de salida:

- Medición a través de la relación de transformación en el lado de baja tensión del transformador de prueba.
- Medición a través de los espinterómetros.

- Medición por indicador analógico a través de una derivación conectada al pasatapas (*bushing*) de alta tensión del transformador elevador. Este esquema cuenta con tres (3) rangos de medición, a escalas máximas de 100, 200 y 400 kV.
- Medición por indicador digital de un divisor capacitivo acoplado a la fuente de prueba.

Cada uno de los sistemas presenta sus propias particularidades que deben considerarse (ver el manual de operación de la Fuente de Alta Tensión de Corriente Alterna en el anexo). Adicionalmente a continuación se presenta una definición de los esquemas de medición a través de espinterómetros y de divisores de potencial tipo capacitivo.

3.2.1 Medición a través de Espinterómetros

Uno de los métodos más utilizados en las mediciones del valor pico de alta tensión es el de la separación entre los electrodos esféricos. A través de este método se han desarrollado tablas de calibración en las cuales se relacionan las tensiones de ruptura con los tamaños de las esferas y la separación de las mismas, corregidas en función de las condiciones de presión y temperatura al momento del ensayo.

3.2.2 Medición a través de divisores de potencial tipo capacitivos

Un divisor de potencial es básicamente la combinación en serie de dos (2) impedancias, una de mayor magnitud que la otra. A estas impedancias se les asocia un voltímetro a la de menor magnitud para, a través del cálculo de divisor de tensión, indicar la tensión total del arreglo. Éstos se pueden construir de resistencias, capacitores y combinaciones de ambas.

En la medición de tensiones de corriente alterna se utilizan los divisores de potencial del tipo resistivos y los capacitivos. Las capacitancias parásitas presentan un problema de construcción de los del tipo resistivo, las cuales requieren un diseño más complejo y costoso para su eliminación. Esto trae como consecuencia que se generalice el uso de los del tipo capacitivo en estas mediciones. Sus principales ventajas son: facilidad en la construcción, de apantallamiento para eliminar las capacitancias parásitas y la ausencia de calentamiento.

3.3 Sistema de protección por sobrecorriente

Se dispone de un sistema de medición de corriente y protección por sobrecorriente en el lado de alta tensión del transformador de prueba. Éste tiene un alto grado de precisión, con sensibilidad variable para la protección por sobrecarga. También dispone de protección por baja tensión ajustada a 400 mA.

3.4 Sistema de mando

El sistema de mando se encuentra ubicado en una consola en conjunto con los indicadores de tensión y corriente. El mismo cuenta con indicadores lumínicos que señalan las operaciones que se han efectuado. A continuación se listan los elementos presentes en la consola y la Figura 2.2 muestra su ubicación.

1. MAIN POWER: indicador verde que simboliza la conexión del interruptor I.
2. Llave de seguridad del circuito de control.
3. Interruptor que activa el circuito de control.
4. Indicador verde que indica que el circuito de control esta energizado.
5. Indicador amarillo que indica que no esta activado el sistema de bloqueo.
6. Selector de escala del voltímetro. Posiciones: LOW, MED, HIGH.
7. Selector de la razón de crecimiento de la tensión.
8. Selector de la sensibilidad de la protección por sobrecorriente.
9. Pulsador que realiza la conexión del interruptor I.
10. Indicador rojo que indica que se ha realizado la conexión del transformador de prueba.
11. RAISE: pulsador que eleva la tensión de prueba.
12. LOWER: pulsador que disminuye la tensión de prueba.
13. Pulsador que abre el interruptor II.
14. Indicador amarillo que indica que la tensión del transformador de prueba se encuentra fuera de cero (0).
15. Indicador rojo que indica que ha actuado la protección de sobrecarga
16. Pulsador para reposicionar la protección de sobrecarga después que ha actuado.

4. EQUIPOS A UTILIZAR DURANTE LA PRÁCTICA

- Sistema de la Fuente de prueba de alta tensión de corriente alterna Hipotronics modelo 7400-200.
- Espinterómetros de 25 cm con mando a distancia y disponibilidad vertical.
- Aislador de muestra y su sistema de soporte.

5. ACTIVIDADES DE LABORATORIO

5.1 Identificación de los elementos fundamentales del sistema de prueba.

1. Identifique los elementos que componen el sistema de la fuente de prueba de alta tensión de corriente alterna. Compruebe el esquema de conexiones según se muestra en la Figura 2.1.
2. Ubique cuidadosamente la posición del interruptor de alimentación y el de prueba. Anote el principio de funcionamiento de cada uno de ellos.
3. Analice la consola de mando y medición e identifique cada uno de los elementos que la componen, ver el Manual Técnico y la Instrucción de Operación IO-001-09 en el Anexo).
4. Estudie los sistemas de medición de la tensión y anote el principio de funcionamiento.

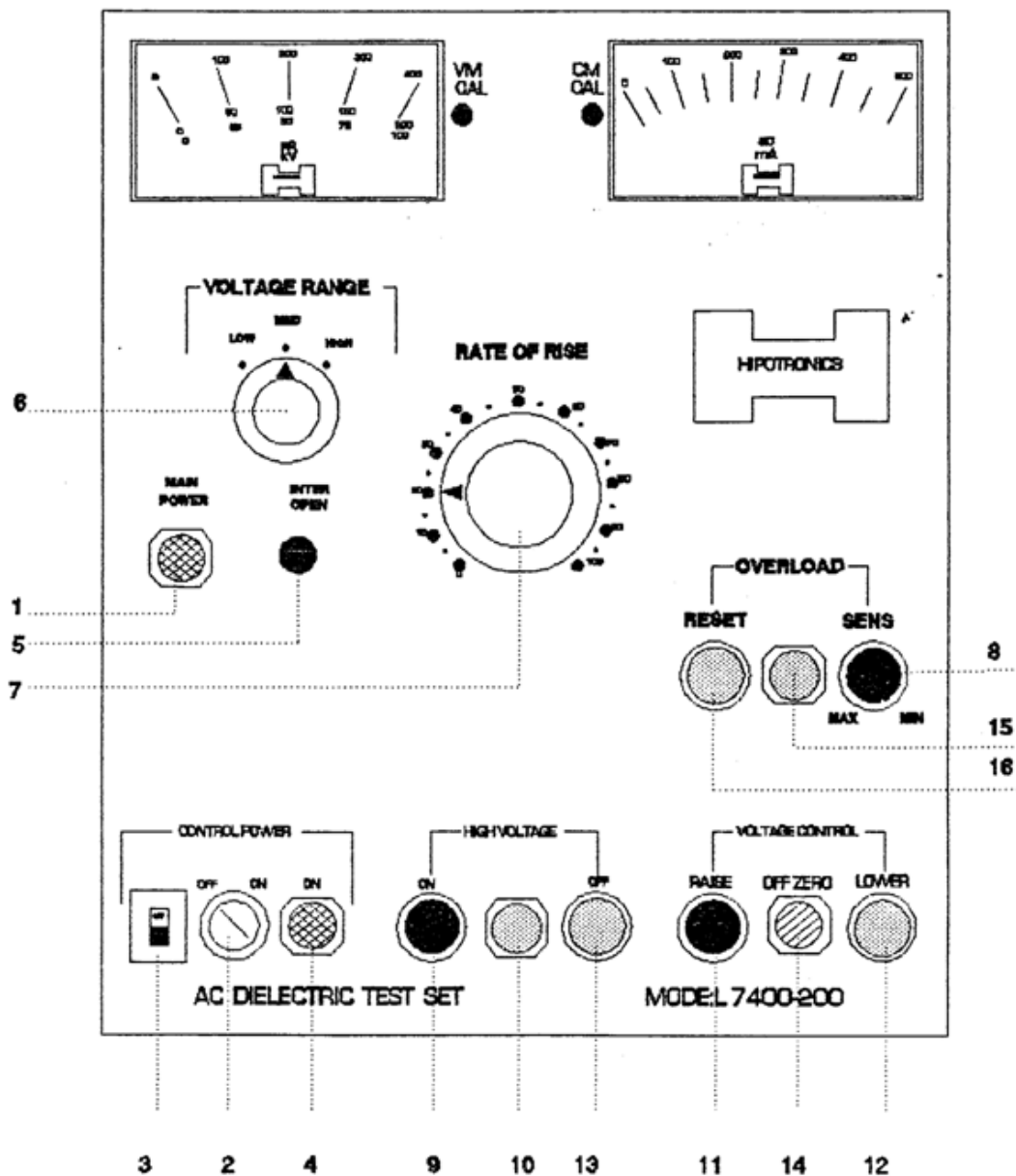


Figura 2.2. Sistema de mando de la Fuente de Alta Tensión de Corriente Alterna Hipotronics modelo 7400-200

5.2 Operación del sistema de prueba.

- Anote las condiciones de temperatura y presión existentes en el laboratorio, en la Tabla 2.1.

- Atendiendo a lo establecido en la instrucción de operación I0-001-94 disponga la fuente para la ejecución de ensayos hasta 200 kV y realice las anotaciones correspondientes.

5.3 Comparación de los sistemas de medición de la tensión

1. Revise el sistema de prueba que se encuentra conectado según el esquema mostrado en la Figura 2.1.
2. Sitúe los participantes para que atiendan cada uno de los sistemas de medición.
3. Calibre la posición de cero del espinterómetro.
4. Sitúe una separación a distancias de 15, 20, 25 y 30 mm en el espinterómetro.
5. Proceda para cada separación indicada en el numeral 4 a elevar la tensión hasta que se produzca la ruptura del aire. Anote el valor de la tensión, según los diferentes sistemas de medición disponible, y la corriente medida en el Amperímetro de la consola. Realice las anotaciones en la Tabla 2.2.
6. Repita la operación en tres (3) ocasiones y anote los valores de la tensión medida con los diferentes sistemas. Realice las anotaciones de los resultados. Realice las anotaciones en la Tabla 2.2.

Tabla 2.1. Condiciones ambientales en el Laboratorio a la hora de iniciar los ensayos

Norma	IEC 60060-1 (1989)
Diámetro del espinterómetro (cm)	25
Temperatura (°C)	
Presión (mm Hg)	
Relación de Transformación	

Tabla 2.2. Anotaciones de tensión para los diferentes ensayos en el Laboratorio.

Ensayo	Espinterómetro (mm)	Diviso Capacitivo (kV)	Divisor Capacitivo del pasatapas (kV)	Relación de Transformación	
				(V)	(kV)
1	15				
2	20				
3	25				
4	30				
Corriente a las salida de la fuente (mA)					

5.4 Tensión de Descarga en seco de un aislador

1. Revise el sistema de prueba que se encuentra conectado según el esquema mostrado en la Figura 2.1.

2. Según las dimensiones del aislador, identifique a que clase pertenece, según los datos que se muestran en la Tabla 2.3.
3. Sitúe un aislador de suspensión en su posición de trabajo.
4. Sitúe a una separación de casi un (1) m el espinterómetro.
5. Sitúe un aislador de suspensión en su posición de trabajo.
6. Sitúe a una separación el espinterómetro en aproximadamente un (1) m.

Proceda a elevar la tensión hasta que se produzca la descarga disruptiva sobre la superficie del aislador. Anote el valor de la tensión según los diferentes sistemas de medición disponibles en la Tabla 2.4. Compare la tensión resultante, corregida por presión y temperatura, a las características que debe tener según su clase.

Tabla N° 4.3: Características eléctricas de los aisladores tipo suspensión según la clasificación de la Norma ANSI C29.2

Clase de Aislador (Según Norma ANSI)	52-1	52-2	52-3	52-4	52-5	52-6	52-8	52-9	52-10	52-11	52-12
Distancia de fuga (mm)	178	210	292	292	279	279	279	171	279	279	381
Tensión de contorno en seco (kV)	60	65	80	80	80	80	80	60	80	80	80
Tensión de contorno en húmedo (kV)	30	35	50	50	50	50	50	30	50	50	50
Tensión de contorno a impulso crítico positivo (kV)	100	115	125	125	125	125	125	100	125	140	140
Tensión de contorno a impulso crítico negativo (kV)	100	115	130	130	130	130	130	90	130	140	140

Tabla 2.4. Anotaciones de tensión para los diferentes ensayos en el Laboratorio.

Ensayo	Espinterómetro (kV)	Diviso Capacitivo (kV)	Divisor Capacitivo del pasatapas (kV)	Relación de Transformación	
				(V)	(kV)
1					
2					
3					

6. PRESENTACIÓN DEL INFORME

El informe será presentado por cada grupo no mayor a tres (3) integrantes y deberá contener siempre:



- Nombre y Número de cédula de los integrantes del grupo.
- Fecha de realización de la práctica.
- Condiciones ambientales al inicio de la práctica y los valores de tensión medidos y calculados durante los distintos ensayos.
- Respuestas del siguiente cuestionario.

7. CUESTIONARIO

1. Explique brevemente el funcionamiento del sistema de la fuente de prueba utilizada.
2. Explique el principio en que se basan los sistemas de medición de la tensión que fueron utilizados.
3. Defina rigidez eléctrica, descarga disruptiva, tensión de descarga en seco, clases de un aislador, distancia de fuga
4. Explique la importancia de controlar la razón de crecimiento de la tensión.
5. Cree usted que si varían los valores de presión y temperatura los valores de tensión medidos se verán afectados. De un ejemplo simulando que incrementa la temperatura en 5, 10 y 15° ¿Cómo se verían influenciados los valores de la tensión? De otros dos (2) ejemplo en los cuales el valor de la presión disminuye y aumente en 30 mmHg ¿Qué pasaría con los valores de la tensión para ambos casos? Analice cuidadosamente y explique.
6. Presente los resultados obtenidos con los diferentes métodos de medición. Grafique y compare los resultados. Explique las posibles divergencias y sugiera el valor de mayor precisión, justifíquelo.
7. Explique su análisis del desarrollo de la descarga en seco sobre el aislador. Justifique su análisis.
8. Partiendo de los valores de corriente medidos señale la carga que representa para el sistema de la fuente prueba utilizada. Justifique su análisis.
9. Indique que importancia tiene las terminaciones metálicas recrecidas que se encuentra en las conexiones de la fuente de prueba utilizada.

10. Cree usted que si las pruebas realizadas en el laboratorio se hubiesen hecho con las esferas de espinterómetros de diámetro menor las tensiones de rupturas medidas serian menos o mayor. Razone su respuesta.

BIBLIOGRAFÍA

Almirall, J. (2002). *Técnica de alto voltaje*. Ediciones. ISPJAE. Cuba. Disponible en formato digital.

Martínez, J. (2008). *Coordinación de aislamiento en redes eléctricas de alta tensión*. Mc Graw Hill. España.

Navarro, J., Montañés, A. y Santillán, Á. (1999). *Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión. Sistemas de maniobra, medida y protección*. Paraninfo. España.

Ryan, H. (2001). *High Voltage Engineering and Testing*. 2nd Edition. IEE Power and Energy Series 32. United Kingdom.

Sigert, L. (1996). *Alta Tensión y Sistemas de Transmisión*. Editorial Limusa. Venezuela.

PÁGINAS WEB DE CONSULTA

<http://www.hipotronics.com/>

<http://www.haefely.com/>

<http://www.procobre.org/procobre/documentos.html>