



MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD

GUÍA PARA EL MANTENIMIENTO DE RELÉS

PROYECTO DE GUÍA PARA EL MANTENIMIENTO DE RELÉS

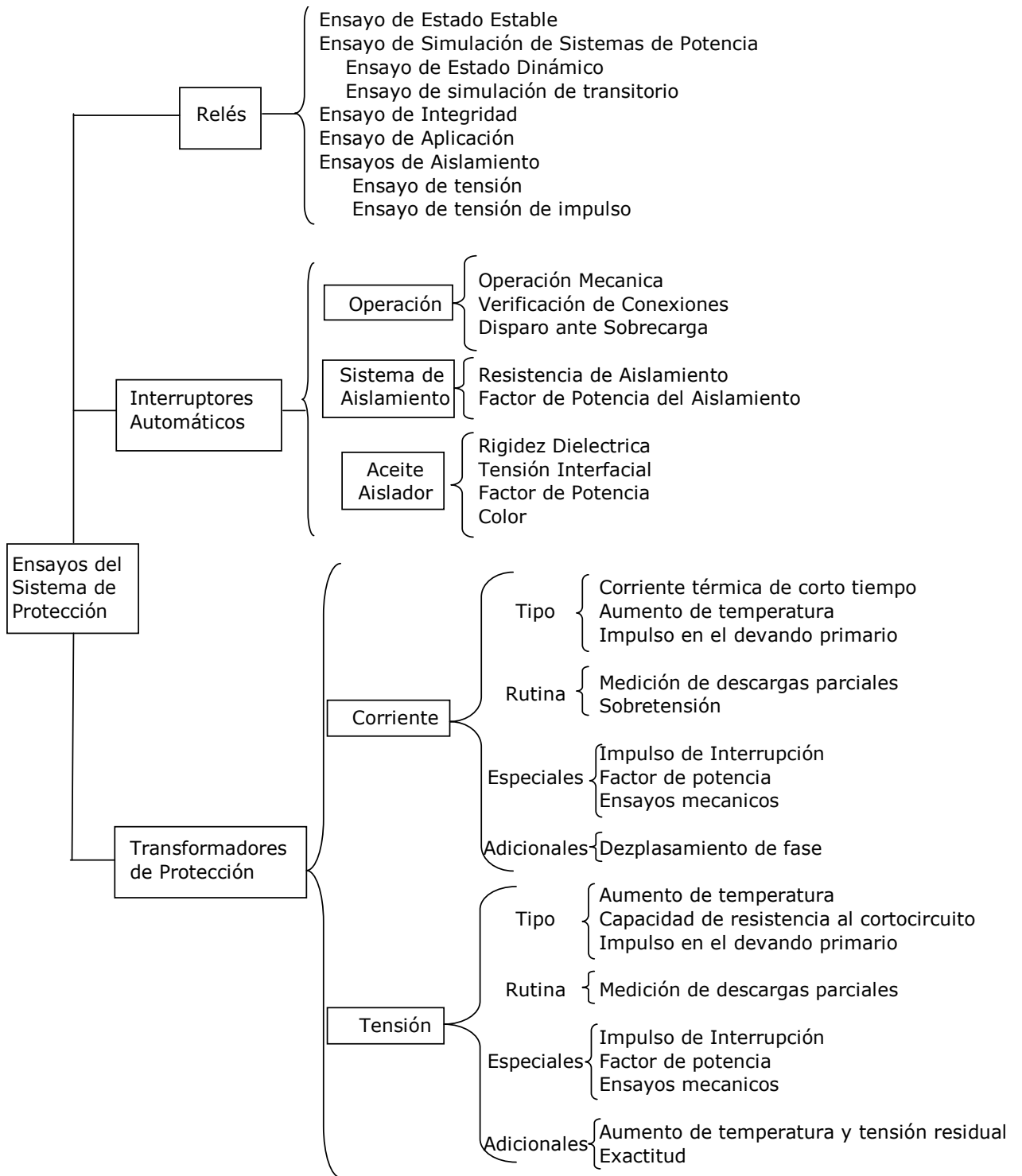
Lima, 21 de Mayo del 2007

GUÍA DE MANTENIMIENTO DE RELÉS, INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS Y TRANSFORMADORES DE PROTECCIÓN

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVO	4
3. ENSAYOS A RELÉS	4
3.1 ENSAYOS DE ESTADO ESTABLE	5
3.2 ENSAYOS DE SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE POTENCIA	6
3.3 ENSAYOS DE INTEGRIDAD	9
3.4 ENSAYOS DE APLICACIÓN	9
3.5 SELECCIÓN DEL EQUIPO DE ENSAYO	10
3.6 ENSAYOS DE AISLAMIENTO.....	11
4. ENSAYOS A INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DE POTENCIA	18
4.1 ENSAYOS DE OPERACIÓN DEL INTERRUPTOR	18
4.2 ENSAYOS AL SISTEMA DE AISLAMIENTO.....	19
4.3 ENSAYOS AL ACEITE AISLADOR.....	20
5. ENSAYOS A TRANSFORMADORES DE PROTECCIÓN	24
5.1 ENSAYOS A TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.....	24
5.2 ENSAYOS A TRANSFORMADORES DE TENSIÓN	29
ANEXO 1: SEÑALES DE ENSAYO PARA LOS RELÉS	35
ANEXO 2: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RECOMENDADAS DEL PROBADOR DE RELÉS	42

TABLA DE CONTENIDO



1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en nuestro país existen diversas maneras de realizar el mantenimiento a los equipos que conforman el sistema de protección, basadas en procedimientos propios de cada empresa y en función del diseño del sistema de protección en particular. Al no existir ninguna norma que estandarice estos conceptos cada empresa elige el procedimiento y la norma internacional que mejor se ajuste a sus necesidades.

En ese sentido, se han revisado normas internacionales con el propósito de estandarizar los diversos tipos de ensayos, unificando los procedimientos y criterios empleados.

2. OBJETIVO

La "Guía de mantenimiento de relés, interruptores automáticos y transformadores de protección" se desarrolla con el propósito de estandarizar los procedimientos para realizar un correcto mantenimiento de los equipos que conforman el sistema de protección.

3. ENSAYOS A RELÉS

3.0 GENERALIDADES

Los ensayos descritos en este capítulo son de aplicación a todos los Relés en forma general independiente de la función que éste desempeñe en el Esquema de Protección. Se recomienda realizar todos los ensayos descritos para cualquier sistema que se opere ya sea Generación, Transmisión o Distribución.

La mejor forma de probar un relé es aquella en la que se involucra el comportamiento del esquema de protección ante las condiciones operativas normales y de falla del sistema de potencia.

En general existen dos oportunidades de efectuar los ensayos: los ensayos de recepción de un relé y durante su vida útil, según el programa de mantenimiento o después de eventos que lo justifiquen. Cuando es un ensayo de recepción se realizan primero los Ensayos de Integridad, Ensayos de Estado Estable y luego en operación se realizan los Ensayos de Integridad, Estable, Aplicación, Dinámico, Transitorio.

Los ensayos de Estado Estable, solo evalúan la condición de diseño del sistema y por tanto sirven únicamente para verificar que los ajustes que se han puesto cumplan con las especificaciones de los

fabricantes, es por esta razón que el primer ensayo de recepción o de iniciación de un Relé es el Ensayo de Estado Estable.

Los Ensayos de Integridad (Señales de Estado Estable) son considerados ensayos de rutina y se efectúan en todos los Relés sin excepción, estos son procedimientos básicos y deben preceder a los Ensayos de Aplicación (Señales de Simulación de Sistemas de Potencia: Dinámico y Transitorio). Los ensayos de Aplicación se recomiendan cuando las especificaciones no son suficientes detalladas para asegurar la aplicación apropiada.

Los ensayos en general antiguamente eran efectuados usando instrumentos de componentes pasivos, como las cajas de cargas, desfasadores, variacs y elementos inductivos, capacitivos y resistivos conmutados. En los años 1970 fueron desarrollados los instrumentos de ensayo electrónicos los cuales sintetizaban y regulaban ondas senoidales. Actualmente existen varios equipos de ensayo comercialmente disponibles para los usuarios de Relés que permiten realizar los ensayos en el campo o en el laboratorio, con una amplia variedad de ensayos que permiten al usuario desarrollar sus planes de ensayos con un solo equipo.

Se recomienda realizar los ensayos con una periodicidad definida según la tecnología de fabricación del Relé de acuerdo a la Tabla 1:

Tabla 1

Electromecánico	Anualmente
Electrónico	Cada 2 años
Digital	Cada 4 años

3.1 ENSAYOS DE ESTADO ESTABLE

Objetivo: Comprobar el punto de calibración o ajuste para cualquier parámetro a medir o controlar, ya sea corriente o tensión.

Procedimiento: Las señales de entrada o excitación deben ser de estado Estable, tal como se muestra en la Figura 1, cuyos fasores deben mantenerse estables durante un tiempo mayor al tiempo de operación del Relé, estas señales de entrada deben variar en incrementos menores a la resolución de los relés.

Las señales utilizadas para los ensayos de estado estable deben asegurar que cuando se repitan los ensayos deben obtenerse los mismos resultados, el equipo de ensayo debe limitar su distorsión total armónica de corrientes y tensiones a 1,5%. El máximo de un armónico individual debe ser más bajo que 1%. La magnitud del fasor de ensayo debe estar bien regulada (con distorsión máxima de

0,5%). Las variaciones de ángulo deben también ser reguladas a menos de $0,5^\circ$. Las variaciones pueden afectar la exactitud del ensayo.

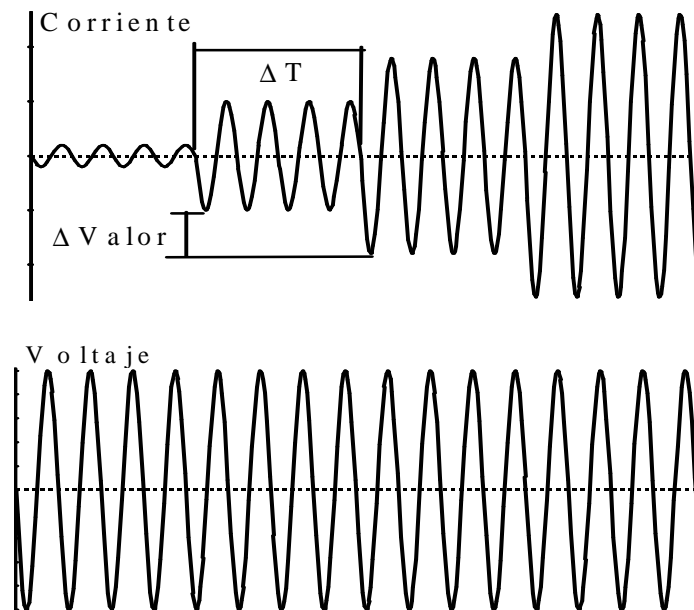


Figura 1 Señales para Ensayo de Estado Estable

Interpretación: El relé debe operar como se indica en las especificaciones técnicas y de acuerdo al ajuste realizado por el usuario para considerarse como resultado satisfactorio.

Cuando se realiza este ensayo por primera vez a un Relé se debe probar con los ajustes de fábrica y con las especificaciones técnicas del mismo, cuando el Relé ya se encuentra en operación se deben comparar con los resultados obtenidos en ensayos anteriores.

Referencia: Véase IEEE Special Publication No. 96TP115-0, "Relay Performance Testing", *Power System relaying Committee, Report of Working Group I13*.

3.2 ENSAYOS DE SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE POTENCIA

❖ Ensayo de estado dinámico

Objetivo: Determinar el comportamiento del relé antes los 3 estados del sistema de potencia, pre-falla, falla, post-falla.

Procedimiento: Inyectar señales de forma de onda senoidal con amplitudes correspondientes a los 3 estados. Estas magnitudes pueden ser obtenidas a través de los estudios de flujos de carga y de cortocircuito, tal como se muestra, a manera de ejemplo, en la Figura 2.

Los ensayos de estado dinámico son utilizados para determinar el tiempo de respuesta de un relé a una condición de falla predeterminada. Por ejemplo, realice el ensayo de estado estable previamente descrito para determinar el tiempo de operación y después efectúe el ensayo de estado dinámico para determinar el tiempo de operación para la condición de la falla. Para mayor Información sobre las señales de estado dinámico veáse el punto 2.2 al 2.5 del Anexo 1.

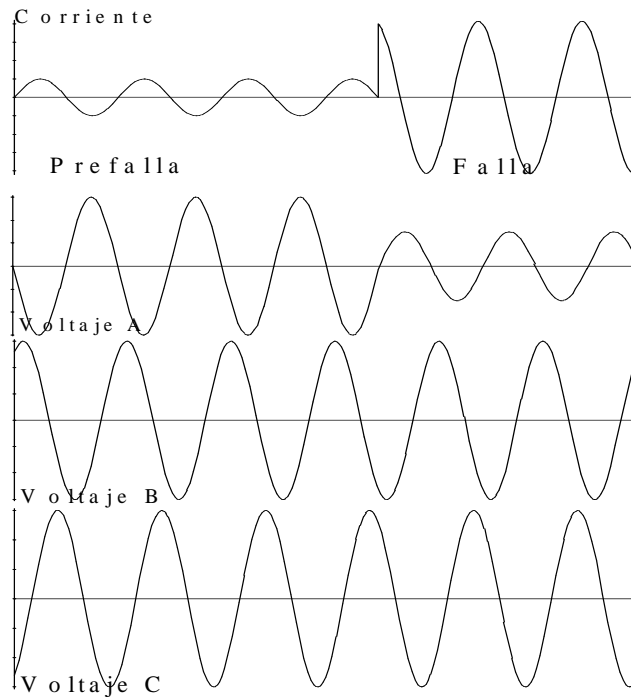


Figura 2 Señales para Ensayo de estado dinámico

Funciones: Estos ensayos sirven para verificar el comportamiento o calibración en:

1. Calibración de características dinámicas
2. Ensayos de estabilidad y comportamiento
3. Armónicos
4. Respuesta a condiciones inusuales tales como: Fallas envolventes; Fallas externas con liberaciones lentas; Fallas con alta resistencia de arco.

Interpretación: El relé debe operar como se indica en las especificaciones técnicas y de acuerdo al ajuste realizado por el usuario para considerarse como resultado satisfactorio.

Referencia: Veáse IEEE Special Publication No. 96TP115-0, "Relay Performance Testing", *Power System relaying Committee, Report of Working Group I13.*

❖ Ensayo de simulación de transitorio

Objetivo: Determinar el comportamiento del relé en condiciones de falla u operación transitoria.

Procedimiento: Inyectar señales de excitación que incluyen a la frecuencia fundamental y frecuencias de más alto orden generadas en condiciones de falla. Tal como se muestra a manera de ejemplo en la Figura 3.

Las transiciones de los estados dinámicos pueden incluir magnitud y ángulo de fase para uno o todos los valores fasoriales, como se requiera para representar la condición del sistema fallado. Los ensayos de aplicación de simulación de transitorios requieren información que describa las formas de onda del sistema ya sea desde modelos matemáticos de transitorios o desde registros de los registradores digitales de falla. Para mayor información sobre las señales de estado dinámico veáse el punto 2.3 al 2.6 del Anexo 1.

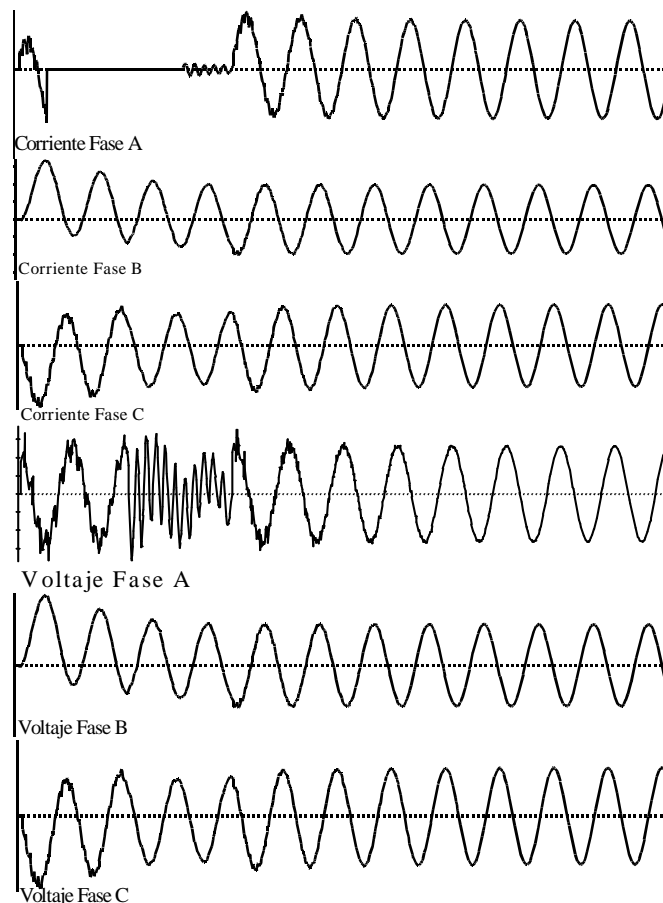


Figura 3 Señales para Ensayo de Estado Transitorio

Funciones: Estos ensayo sirve para verificar:

1. Saturación de los transformadores de corriente
2. Subsistencia en los transformadores de tensión

3. Condiciones del sistema de potencia como: Ferroresonancia, Armónicos, Operación fuera de frecuencia nominal, Baja tensión, Pérdida de estabilidad, Alta relación de impedancia de fuente a línea
4. Corrientes asimétricas (con desplazamiento por la componente de corriente directa [offset])
5. Altas frecuencias
6. Dispositivos electrónicos y su control

Interpretación: El relé debe operar como se indica en las especificaciones técnicas y de acuerdo a al ajuste realizado por el usuario para considerarse como resultado satisfactorio.

Referencia: Véase IEEE Special Publication No. 96TP115-0, "Relay Performance Testing", *Power System relaying Committee, Report of Working Group I13.*

3.3 ENSAYOS DE INTEGRIDAD

Objetivo: Confirmar que los relés cumplen con las especificaciones del fabricante y con los criterios de aceptación del usuario.

Procedimiento: Inyectar ondas de estado estable para verificar los ajustes y señales de estado dinámico para medir el tiempo de respuesta del relé.

Interpretación: Esta ensayo solo verifica en relé como una unidad aislada no integrada al sistema de protección, para su aprobación debe funcionar de forma esperada por el usuario.

Referencia: Véase IEEE Special Publication No. 96TP115-0, "Relay Performance Testing", *Power System relaying Committee, Report of Working Group I13.*

3.4 ENSAYOS DE APLICACIÓN

Objetivo: Verificar la operación correcta del esquema de protección bajo las condiciones operativas normales y de falla del sistema.

Procedimiento: Inyectar señales de estado dinámico verifican la velocidad y respuesta transitoria de los relés y transitorio para asegurar la sensibilidad y selectividad del relé.

Interpretación: Evaluar al relé dentro del esquema de protecciones, debe funcionar en la forma que se le programo, si los ensayos dan resultados inesperados los resultados deben discutirse con el fabricante.

Referencia: Véase IEEE Special Publication No. 96TP115-0, "Relay Performance Testing", *Power System relaying Committee, Report of Working Group I13.*

3.5 SELECCIÓN DEL EQUIPO DE ENSAYO

Se debe determinar los requerimientos del sistema de potencia por tanto los criterios a considerar son:

1. Niveles de Tensión
2. Niveles de Corriente
3. Burden (Voltamperios) del Esquema de Protección
4. Niveles de "Offset" de las fallas
5. Contenido de Armónicos

Adicionalmente a estos requerimientos técnicos también se deben contemplar los siguientes factores:

1. Costo
2. Portabilidad
3. Soporte y Servicio

Tabla comparativa para seleccionar un equipo:

Tabla 2

FABRICANTE	N	O	A	M	E
Amplificador de Voltaje					
1. Niveles de Voltaje	0 - 125 V	0 - 300 V	0 - 150 V	0-300 V	0 - 300 V
2. Potencia	50 VA @ 125 V	100 VA @ 300 V	82 VA @ 150 V	50 VA permanente , 100 VA	150 VA
3. Curva de Potencia	Permanente solo de 75 a 125 V	75 VA @ 30 V 100 VA @ 300 V	82 VA @ 150 V 3F 140 VA @ 300 V 1F	50 VA permanente , 100 VA por minuto	Permanente
4. Offset	0 - 100% dep. del Voltaje	0 - 100% dep. del Voltaje	0 - 100% dep. del Voltaje	Muy Limitado ya que es	0 - 100% dep. del Voltaje
5. Rango de Frecuencia	10 @ 1 kHz	CD @ 10 kHz	CD @ 2 kHz	40 a 300 Hz	CD @ 10 kHz
6. Distorcion Armonica	0,05%	0,20%	0,02%	1% Máxima	0,20%
Amplificador de Corriente					
1. Niveles de Corriente	0 - 50 A	0 - 30 A	0 - 30 A	0-50 A	0 - 90 A Continuos 0 -180
2. Potencia	140 VA @ 15 A	150 VA	200 VA	100 VA	450 VA Continuos 675
3. Curva de Potencia	Variable	Permanente	Variable con el Tiempo y	Permanente	Permanente
3. Offset	0 - 100% dep. de la	0 - 100% dep. de la	0 - 100% dep. de la	MUY BAJO	0 - 100%
4. Rango de Frecuencia	10 @ 1 kHz	CD @ 20 kHz	CD @ 2 kHz	40 a 300 Hz	CD @ 10 kHz
5. Distorcion Armonica	0,30%	0,20%	0,10%	1% Máxima	0,20%
Portabilidad					
1. Kg	24,7	29,1	26	47	68,1
2. VA	570	750	846	600	1800
3. Kg/VA	0,0433	0,0388	0,0307	0,0783	0,0378
4. Modulabilidad	NO, únicamente trifásico	NO, únicamente trifásico	NO, únicamente trifásico	NO, únicamente trifásico	SI
Costo/VA					

Las Especificaciones técnicas recomendadas se presentan en el Anexo 2.

Referencia: Véase IEEE Special Publication No. 96TP115-0, "Relay Performance Testing", *Power System relaying Committee, Report of Working Group I13.*

3.6 ENSAYOS DE AISLAMIENTO

❖ **Ensayos de tensión**

Objetivo: Verificar el estado del aislamiento del relé.

Procedimiento: Aplicar tensión a los sistemas de aislamiento de acuerdo a la siguiente Tabla 3:

Tabla 3

Tensión nominal	Ensayo de tensión	Ensayo de tensión
	Serie B	Serie C
50 o menos	500	500
250 o menos	1500	2000
500	2000	2500
660	2500	3000
1000	3000	3000

La fuente tendrá una frecuencia entre 45Hz y 65 Hz, una exactitud de 5%, caída de tensión menor a 10%. Este ensayo dieléctrico puede ser realizado usando una fuente CD, la tensión aplicada será 1,4 veces el valor usado en CA.

Se deben probar: Entre cada circuito independiente y el circuito a tierra; entre grupos de circuitos independientes.

Método: La tensión del equipo de ensayo se fija en un valor no mayor al 50% de tensión nominal; la tensión de ensayo será elevada al valor nominal, de manera que no ocurran transitorios, y después sostenida por 1 Min. Entonces se reduce suavemente a cero lo más rápido posible.

Interpretación: Durante los ensayos dieléctricos, ninguna interrupción o descarga disruptiva ocurrirá y no se dañará ningunos componentes.

Referencia: Véase IEEE C37.90 – 2005 (Revisión de la IEEE C37.90 - 1998) Estándar for Relays and Relay Systems Associated whit Electric Power Apparatus.

❖ **Ensayo de tensión de impulso**

Objetivo: Probar la capacidad del relé de soportar, sin daño, tensiones transitorias de valores muy altos y de duración muy corta. Este ensayo se aplicará solamente a unidades declaradas como serie C.

Procedimiento: Inyectar una tensión de impulso de polaridad positiva negativa; tiempo de subida de 1,2 μ s; magnitud de 5 kV; impedancia de fuente de 500 Ω .

Se deben probar: Entre cada circuito independiente y el circuito a tierra; entre grupos de circuitos independientes.

Método: La tensión de ensayo se aplica en los terminales del relé, se aplicarán tres impulsos positivos y tres negativos, el intervalo de cada uno será 1 s o más.

Interpretación: Durante el ensayo, no debe ocurrir ninguna interrupción o descarga disruptiva y no se dañaran componentes. Después del ensayo, el relé deberá funcionar como indican sus especificaciones técnicas.

Referencia: Véase IEEE C37.90 – 2005 (Revisión de la IEEE C37.90 - 1998) Estándar for Relays and Relay Systems Associated whit Electric Power Apparatus.

3.7 EJEMPLO DE ENSAYOS DE COMPORTAMIENTO DEL RELÉ

Introducción

Una compañía consideró la aplicación de un nuevo tipo de relé multifunción en algunos generadores hidráulicos. Se desarrolló un programa de ensayos para determinar si el relé sería adecuado para la aplicación.

El relé es capaz de operar en dos modos: medición de la frecuencia fundamental y medición del valor rms total. En el modo fundamental, todos los armónicos son filtrados. En el modo rms total, el valor rms de la señal, incluyendo los efectos de todos los armónicos es medido. Los ensayos fueron realizados con el relé en ambos modos.

Se presenta una revisión del programa presentado. Los detalles de los diversos ensayos a diferentes ajustes no se incluyen. Estos datos variarán dependiendo del relé que este siendo probado, y del propósito de los ensayos.

Ejemplo de Plan de Ensayo

PROGRAMA DE ENSAYOS DE UN RELÉ DE PROTECCIÓN MULTIFUNCIÓN PARA GENERADOR

Generalidades

1. Para funciones de temporización internas, verifique la exactitud a los ajustes mínimos, de referencia y máximos. Verifique el sobre disparo (inercia) para determinar si las señales que persisten para duraciones marginalmente más cortas que el ajuste del temporizador pueden aún causar salidas indeseables.
2. En todos los casos, observe y reporte si existe rebote en los contactos cuando la señal se acerca al punto de operación.
3. Seis tipos de ensayos han sido identificados; estas son abreviadas como sigue:

SS	Ensayos de estado estable a 60 Hz.
TIME	Ensayos de temporización de estado estable.
SS Harm	Ensayos de estado estable con armónicos
SS Freq.	Ensayos de estado estable a frecuencia variable.
Dinámico	Simulaciones de estado dinámico de condiciones de falla
EMTP	Ensayos de transitorios utilizando datos derivados del EMTP

Exactitud del convertidor A/D

1. Utilizando los medios de indicación, verifique la exactitud de todas las funciones de entrada de tensión y corriente (magnitud y ángulo). Utilice medidores externos precisos para verificar las entradas de las señales. Verifique todas las entradas de tensión en tres puntos (1.0 V, ref. V y máximo V). Verifique todas las entradas de corriente en tres puntos, (0.1 A, 5 A y corriente máxima disponible, teniendo en cuenta el rango de los circuitos de entrada del relé).
2. Verifique el efecto de las funciones internas de auto calibración. Busque que el estado sea adecuado, o posibilidad de reescalamiento accidental que cause problemas en la función de protección.
3. Verifique los efectos de variación de frecuencia de la señal de entrada desde 30 Hz hasta 120 Hz (SS Freq)

Elementos de medición de tensión y corriente – Comportamiento de Estado Estable

1. Para todos los elementos de medición, verifique la exactitud a los ajustes mínimo, de referencia, y máximo. También verifique la relación de reajuste. Utiliza señales de onda senoidal de 60 Hz (SS).
2. Para todos los elementos de medición, verifique los efectos de la contaminación de armónicos en la exactitud. Use ondas senoidales de 60 Hz con 20% del tercer armónico a varios ángulos de fase con respecto a la fundamental. Ejecute verificaciones en modos fundamentales y rms total (SS Harm).
3. Para todos los elementos, verifique los efectos de la variación de la frecuencia en la exactitud. Utilice una onda senoidal pura sobre un rango de frecuencias de 30 Hz a 120 Hz. Ejecute verificaciones en modos fundamental y rms total (SS Freq).
4. Para todos los elementos temporizados, verifique la exactitud de los temporizadores (TIME).
5. Verifique la relación entre elementos los cuales controlan otros elementos internamente. Por ejemplo, la función de sobrecorriente controlada por tensión no esta habilitada para arrancar sino hasta que la tensión es llevado más abajo del nivel de ajuste. ¿El bajo tensión en cualquiera de las fases permite arrancar a todas las funciones de sobrecorriente?, ó ¿Solamente arranca el elemento de sobrecorriente de la fase asociada?

Elementos de medición de Corriente – Comportamiento de Estado Dinámico

1. Verifique el comportamiento dinámico de los elementos de sobrecorriente de tiempo inverso. ¿Emulan la acción integrada de los discos de inducción electromecánicos cuando la corriente de falla cambia? (Dinámico)
2. Verifique el tiempo de la operación de los elementos instantáneos de sobrecorriente. Verifique el efecto de la presencia o ausencia de la carga de prefalla (Dinámico).

Elementos de medición de Tensión y Corriente – Comportamiento Transitorio

1. Verifique los efectos de la componente de CD transitoria en la exactitud de los elementos de sobrecorriente instantáneos.

- Ejecute verificaciones en modos fundamentales y rms total (EMTP).
2. Verifique los efectos de la saturación TC en los elementos de tiempo e instantáneos de sobrecorriente. Ejecute verificaciones en modo fundamental y rms total (EMTP).
 3. Verifique la respuesta de los elementos de sobre tensión pico a las formas de onda distorsionadas presentes durante condiciones de ferresonancia simulada (EMTP).

Elementos de Frecuencia

1. Verifique la exactitud de las funciones. Utilice señales de forma de onda senoidal a 60 Hz. Verifique la salida de disparo mantenido cuando la frecuencia se eleva a 120 Hz (SS Freq).
2. Verifique el reajuste de frecuencia.
3. Verifique el mínimo tensión al cual la medición de frecuencia puede realizarse (SS Freq).
4. Verifique si el tiempo de disparo es afectado por la aplicación de cambios de frecuencia a en rampa o cambios de frecuencia en pasos (Dinámico).
5. Aplique distorsión con tercer armónico tal que haya más de un cruce por cero para el ciclo de la frecuencia fundamental, y verifique si la exactitud de la medición es mantenida (SS Harm)
6. Verifique la respuesta a simulaciones del EMTP de condiciones de ferresonancia (EMTP)
7. Verifique la exactitud de los temporizadores (TIME)

Elementos de Sobrecorriente de Secuencia Negativa

1. Verifique si la exactitud es afectada por el uso de una corriente monofásica ($I_2 = (1/3)$ de la corriente aplicada) o corrientes trifásicas balanceadas con rotación de secuencia negativa.
2. Verifique la exactitud del pick up (SS)
3. Verifique el tiempo máximo definido para disparo (TIME)
4. Verifique la característica tiempo-corriente (SS)
5. Verifique el tiempo de reajuste por medio de la medición del tiempo de operación a varios intervalos entre aplicaciones sucesivas de falla (Dinámico)

6. Verifique la característica de integración – similar a el ensayo 1 de los ensayos dinámicas en los elementos de sobrecorriente de tiempo (Dinámico)
7. Verifique la respuesta de frecuencia de pickup para funciones que utilizan señales de ensayo monofásicas. Verifique los efectos en tiempo de las corrientes de frecuencia no nominal (SS Freq)
8. Verifique el efecto en el pickup y tiempo por corriente de tercer armónico presente en una señal de ensayo monofásica (SS Harm)
9. Verifique si la función responde a corrientes trifásicas balanceadas de 120 Hz con rotación de secuencia positiva (SS Freq)

Elementos de potencia direccional

1. Verifique la exactitud de los elementos inversos utilizando los métodos de uno, dos y tres vatímetros con varios factores de potencia. Use señales de ensayo de onda senoidal a 60 Hz a tensión nominal (SS)
2. Verifique el efecto en los tensiones máximos y mínimos para operación del elemento de potencia inversa a factor de potencia unitario (SS)
3. Verifique la exactitud de los temporizadores (TIME)
4. Con ajustes de alto velocidad, y ajuste de pickup de referencia, verifique el efecto en el tiempo de operación de varias cantidades de potencia de sobre ajuste (Dinámico)
5. Verifique el efecto de la variación de frecuencia en la exactitud del ajuste del pickup (SS Freq)

Retraso de Tiempo para la reconexión

1. Esta función normalmente no será utilizada, pero será probada por completo. Verifique la exactitud del temporizador. Verifique como la función es iniciada y bloqueada (TIME)

Ensayos del Sistema

1. Ensayo de la operación del dispositivo con una variedad de fallas simultáneas y simultáneas cercanas.

2. Simule condiciones de aplicaciones de sobrecorriente y coincidencia de condiciones de bajo tensión. Ajuste las condiciones de ensayo tal que el elemento de sobrecorriente de tiempo inverso opere justo antes del bajo tensión, y viceversa. (Dinámico).
3. Simule aplicaciones de corriente monofásica tal que la función de sobrecorriente de tiempo inverso opere justo antes que la secuencia negativa, y viceversa (dinámico).
4. Simule aplicaciones de condiciones de sobrefrecuencia y sobretensión tales que las funciones de sobretensión RMS, sobretensión pico y sobrefrecuencia operen todos casi simultáneos (Dinámico).
5. Simule aplicaciones de condiciones casi simultáneas de sobretensión y sobrecorriente de neutro tal que las funciones de sobretensión RMS y sobrecorriente de tiempo inverso del neutro operen casi simultáneamente (Dinámico).

4. ENSAYOS A INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DE POTENCIA

4.0 GENERALIDADES

El mantenimiento de los interruptores merece una consideración especial debido a su importancia para la conmutación rutinaria y para la protección de otros equipos.

El interruptor y su equipamiento pueden ser dañados si un interruptor no funciona debido a la falta de mantenimiento preventivo. La necesidad de mantenimiento de los interruptores no es a menudo obvia pues los interruptores pueden permanecer en el mismo estado abierto o cerrado, por períodos largos de tiempo. Los interruptores que permanecen en el mismo estado por más de 6 meses deben abrirse y cerrarse varias veces en sucesión para verificar la operación apropiada y quitar cualquier acumulación del polvo o del material ajeno en las piezas móviles y contactos.

En la Tabla de Resumen de los Ensayos se agrupa en 3 los ensayos básicos a realizarse en el Interruptor en el transcurso de su vida útil como son los ensayos de operación del interruptor, ensayos a sistemas de aislamiento del medio ambiente, y los ensayos al aceite aislador de ser el caso.

4.1 ENSAYOS DE OPERACIÓN DEL INTERRUPTOR

4.1.1 ENSAYOS DE OPERACIÓN MECÁNICA

Objetivo: Medir el movimiento del contacto, ajustes de parada, operación auxiliar del interruptor, operación de válvulas o contactos del resistor.

Procedimiento: Se opera mecánicamente con una gata con el mecanismo de funcionamiento normal a velocidad completa pero el interruptor se aísla del sistema y se mantiene desenergizado. Este ensayo demuestra cualquier característica que se debe medir bajo condiciones dinámicas, permitirá la medida del uso de energía del mecanismo de almacenamiento de energía, demuestra la velocidad del contacto en función del tiempo y la posición, que es una indicación crítica de la operación adecuada.

Interpretación: Los resultados se deben comparar con los datos de fabricante, pero es más importante la comparación con datos históricos del expediente de ese interruptor para conocer en que punto de su vida útil se encuentra. Las variaciones pequeñas en velocidad o recorrido pueden ser indicadores del deterioro de la operación del interruptor y podrían permitir estimaciones de la vida restante.

Referencia: Vease Facilities instructions,standards and techniques Volume 3-16 Maintenance of power circuit breakers y IEEE Std C37.10 "Guide for diagnostics and failure investigation of power circuit breakers standard".

4.1.2 VERIFICACIÓN DE LA CONEXIONES

Objetivo: Examinar el estado de las conexiones (empalmes).

Procedimiento: Observar el estado de los empalmes, descolocación o formación de arcos.

Interpretación: Si se observan daños o suciedad se deben retirar las conexiones y limpiar las superficies.

Referencia: Vease Facilities instructions,standards and techniques Volume 3-16 Maintenance of power circuit breakers y IEEE Std C37.10 "Guide for diagnostics and failure investigation of power circuit breakers standard".

4.1.3 ENSAYO DE DISPARO ANTE SOBRECARGA

Objetivo: Verificar la operatividad del interruptor.

Procedimiento: Inyectar 300% del valor de corriente nominal a cada polo.

Interpretación: Comparar la apertura automática del interruptor y el tiempo de no disparo con los datos del fabricante.

Referencia: Vease Facilities instructions,standards and techniques Volume 3-16 Maintenance of power circuit breakers y IEEE Std C37.10 "Guide for diagnostics and failure investigation of power circuit breakers standard".

4.2 ENSAYOS AL SISTEMA DE AISLAMIENTO

4.2.1 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Objetivo: Probar y verificar el estado del sistema de aislamiento del interruptor.

Procedimiento: Con el Megohmetro se debe medir en las fases de polaridad opuesta, se debe realizar entre líneas y terminales de cargas con el interruptor en posición abierta.

Interpretación: Valores de resistencia menores a $1\text{ M}\Omega$ se consideran inseguros y se debe examinar por posible contaminación en la superficie.

Referencia: Vease Facilities instructions, standards and techniques Volume 3-16 Maintenance of power circuit breakers y IEEE Std C37.10 "Guide for diagnostics and failure investigation of power circuit breakers standard".

4.2.2 FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO

Objetivo: Verificar el estado del aislamiento del interruptor; la medida del factor de potencia tiene ventajas sobre la medida de la resistencia del aislamiento, la medida del factor de potencia no varía debido al volumen del sistema de aislamiento que es probado. Un factor negativo es una indicación de seguir a través del sistema de aislamiento, la medida del factor de potencia detectara vacíos en el sistema de aislamiento que puede causar altas descargas parciales.

Procedimiento: Aplicar tensión de 60 Hz hasta la tensión nominal del sistema de aislamiento. Se debe medir la capacitancia y la resistencia paralela. El factor de potencia es esencialmente una medida de la corriente de salida con la resistencia equivalente del sistema de aislamiento.

Método: La precisión de la medida debe estar dentro del rango de $\pm 0.25\%$; la instrumentación debe ser blindada, usar una fuente de alimentación de frecuencia mas baja puede ayudar a solucionar el problema de interferencia.

Interpretación: Los valores demasiados bajos en comparación a los obtenidos en los ensayos anteriores indican deterioro del sistema de aislamiento, comparar los resultados con el expediente del interruptor.

Referencia: Vease Facilities instructions, standards and techniques Volume 3-16 Maintenance of power circuit breakers y IEEE Std C37.10 "Guide for diagnostics and failure investigation of power circuit breakers standard".

4.3 ENSAYOS AL ACEITE AISLADOR

4.3.1 RIGIDEZ DIELECTRICA

Objetivo: Determinar la tensión de ruptura dieléctrica del aceite.

Método: El método D-887 utiliza un electrodo plano de disco de 1 pulg. de diámetro que son separados 2.4mm y con un índice de

subida de 3kV/s el $\pm 20\%$ se aplica a la muestra. El método D-1816 utiliza electrodos esféricos con un espaciamiento de 2.4mm, índice de subida de tensión de 1/2 kV/s el $\pm 20\%$ e incorpora el revolvimiento de la muestra líquida. La ensayo D-1816 es mas sensible a la humedad que la ensayo D-877.

Interpretación: Una rigidez dieléctrica baja indica contaminación del líquido con agua, carbón, y/o otra materia foránea que se debe observar, sin embargo, una rigidez alta no es garantía que el aceite no esta contaminado.

Referencia: Vease Facilities instructions,standards and techniques Volume 3-16 Maintenance of power circuit breakers y IEEE Std C37.10 "Guide for diagnostics and failure investigation of power circuit breakers standard".

4.3.2 TENSIÓN INTERFACIAL (ITF)

Objetivo: Indicar la tensión superficial entre el aislamiento eléctrico de aceite y el agua. Proporcionar un medio de detección de contaminantes polares solubles y producto del deterioro del aceite.

Procedimiento: El ensayo puede ser realizado satisfactoriamente en el campo, como también en un ambiente de laboratorio.

Interpretación: ITF es una de las indicaciones más tempranas de la degradación del aceite. Cuando ciertos contaminantes tales como jabones, pinturas y productos de la oxidación están presentes, la fuerza se debilita. Para los aceites en servicio, un valor que disminuye indica la acumulación de contaminantes, productos de la oxidación, o de ambos.

Referencia: Vease Facilities instructions,standards and techniques Volume 3-16 Maintenance of power circuit breakers y IEEE Std C37.10 "Guide for diagnostics and failure investigation of power circuit breakers standard".

4.3.3 FACTOR DE POTENCIA

Objetivo: Indicar las pérdidas del dieléctrico en el aceite cuando es usado en un campo eléctrico alterno e indica la energía disipada como calor.

Procedimiento: Este ensayo se puede realizar en el campo, así como en el laboratorio. Un ensayo visual debe realizarse para asegurar que la muestra no contiene burbujas.

Interpretación: El factor de potencia del aceite debe ser menor que el 0,5%.

Referencia: Vease Facilities instructions, standards and techniques Volume 3-16 Maintenance of power circuit breakers y IEEE Std C37.10 "Guide for diagnostics and failure investigation of power circuit breakers standard".

4.3.4 COLOR

Objetivo: Determinar el cambio en el color del aceite.

Procedimiento: Comparar el aceite con estándares del color del cristal. El color del aceite nuevo esta generalmente aceptado como índice del grado de refinamiento. Los aceites nuevos generalmente son brillantes y claros.

Interpretación: Un cambio de color en el aceite en servicio indica la contaminación y/o deterioración durante el servicio. El aceite claro (número bajos en la escala del color) permite la inspección visual de los componentes internos del equipo. Los ensayos adicionales se deben hacer en cualquier aceite con un número de color mayor a 4 para determinar si existe peligro. Ver Tabla 4.

Tabla 4 – Condición relativa del aceite basado en el color

Número comparador de color	Color ASTM	Condición del Aceite
0,00-0,50	Claro	Aceite nuevo
0,50-1,00	Amarillo pálido	Buen aceite
1,00-2,50	Amarillo	Aceite viejo en servicio
2,50-4,00	Amarillo brillante	Condición marginal
4,00-5,50	Ámbar	Condición mala
5,50-7,00	Marrón	Condición severa (regenerar aceite)
7,00-8,50	Marrón oscuro	Condición extrema (desechar aceite) ^a

^a Se debe realizar un contra ensayo para confirmar lectura antes de desechar el aceite.

Referencia: Vease IEEE 62 – 1995 "Guide for Diagnostic Field Testing of Electric Power Apparatus Part 1: Oil Filled Power Transformers, Regulators, and Reactors", Facilities instructions, standards and techniques Volume 3-16 Maintenance of power circuit breakers y IEEE Std C37.10 "Guide for diagnostics and failure investigation of power circuit breakers standard".

5. ENSAYOS A TRANSFORMADORES DE PROTECCIÓN

5.0 GENERALIDADES

La finalidad de esta parte de la Guía es proporcionar a los usuarios de los transformadores de protección un entendimiento de las ventajas y limitaciones de los métodos de ensayo utilizados para la evaluación de los transformadores.

Esta parte de la Guía es de aplicación a los transformadores de protección que operen de 15 Hz a 100 Hz ; no es de aplicación para transformadores usados en laboratorios.

En la Tabla de Resumen de los Ensayos se agrupa de acuerdo al Tipo de Transformador es decir sea de corriente o tensión, finalmente cada uno de estos tiene 4 clasificaciones generales los ensayos tipo, rutina, especiales y adicionales básicas a realizarse en el Interruptor en el transcurso de su vida útil como son los ensayos de operación del interruptor, ensayos a sistemas de aislamiento del medio ambiente, y los ensayos al aceite aislador de ser el caso.

5.1 ENSAYOS A TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

5.1.1 ENSAYOS TIPO

5.1.1.1 ENSAYOS DE CORRIENTE DE TERMICA DE CORTO TIEMPO (Ith)

Objetivo: Verificar el comportamiento satisfactorio a corriente pico en estado de cortocircuito.

Procedimiento: El transformador empieza entre los 10°C a 40°C; se realiza el ensayo con el devanado secundario en cortocircuito y con la corriente I con tiempo t , de modo que t es un valor entero entre 0,5 s a 5s, con la corriente primaria en el valor pico.

Interpretación: Después del enfriamiento se da por aprobado si cumple con lo siguiente: No se observa daño visible; Su error después de la desmagnetización no difiere de este por más de la mitad del límite de error apropiado dependiendo de su clase de precisión; El ensayo de resistencia dieléctrica especificada mas adelante, pero con el ensayo de tensión o corriente reduce 90% de este valor; El aislamiento de la superficie no muestra deterioro significativo (carbonización).

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.1.1.2 ENSAYO DE AUMENTO DE TEMPERATURA

Objetivo: Verificar la capacidad de resistir cambios de temperatura y aumentos de temperatura.

Procedimiento: El transformador empieza entre los 10°C a 30°C; el ensayo se debe realizar en el lugar de uso de transformador; se mide el aumento de temperatura en los devanados mediante termocuplas.

Interpretación: Después del enfriamiento se da por aprobado si no se observa daño visible y el aislamiento de la superficie no muestra deterioro.

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.1.1.3 ENSAYO DE IMPULSO EN EL DEVANDO PRIMARIO

5.1.1.3.1 ENSAYO DE IMPULSO DE RAYO

Objetivo: Comprobar el comportamiento de las polaridades del transformador.

Procedimiento: Se inyectan impulsos 15 veces consecutivas en cada polaridad.

Interpretación: Para dar por aprobado no debe ocurrir descargas disruptivas ni descargas en cualquier parte del transformador; no se observa evidencia de daño externo.

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.1.1.3.2 ENSAYO DE IMPULSO EN CONMUTACIÓN

Objetivo: Comprobar el comportamiento de la polaridad positiva transformador.

Procedimiento: Se inyectan impulsos 15 veces.

Interpretación: Para dar por aprobado no debe ocurrir descargas disruptivas ni descargas en cualquier parte del transformador; no se observa evidencia de daño externo.

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.1.2 ENSAYOS DE RUTINA

5.1.2.1 MEDICIÓN DE DESCARGAS PARCIALES

Objetivo: Detectar actividad de descargas parciales y así poder evitar fallas futuras.

Procedimiento: El instrumento usado medirá la carga aparente en picoCoulomb (ρC); el ensayo de las descargas parciales se especifica en la Tabla 5, que corresponden a mediciones con un tiempo menor de 30s.

Interpretación: La medida de las descargas parciales no debe exceder los valores de la Tabla 5.

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

Tabla 5
Ensayo de tensión de las descargas parciales y sus niveles permisibles

Tipo de puesta a tierra del sistema	Tensión de ensayo (kV)	Nivel permisible (ρC)	
		Tipo de aislamiento	
		Inmerso en liquido	Sólido
Sistemas con neutro a tierra	V_n	10	50
	$1,2V_n/\sqrt{3}$	5	20
Aislamiento o sistema de tierra con neutro que no es efectiva	$1,2V_n$	10	50
	$1,2V_n/\sqrt{3}$	5	20

5.1.2.1 ENSAYO DE SOBRETENSIÓN

Objetivo: Verificar la capacidad de soportar sobretensiones.

Procedimiento: Para este ensayo se tienen dos procedimientos:

Procedimiento A: Con el secundario en circuito abierto (o conectado a una alta impedancia) una corriente sinusoidal a frecuencia entre 40Hz a 60Hz y valor rms igual a la corriente nominal primaria se aplica durante 60s al devanado primario.

Procedimiento B: Con el devanado primario en circuito abierto, se aplica durante 60s a terminales del devanado secundario, procurando que el valor rms de la corriente secundaria no exceda a la corriente nominal en el secundario.

Interpretación: Después de este ensayo el transformador debe operar de forma normal de acuerdo a sus especificaciones.

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.1.3 ENSAYOS ESPECIALES

5.1.3.1 ENSAYO DE IMPULSO DE INTERRUPCIÓN EN EL DEVANDO PRIMARIO

Objetivo: Verificar la capacidad de interrupción.

Procedimiento: El ensayo solo se realiza en la polaridad negativa; la tensión estándar para el ensayo de impulso se aplica en intervalos de 2 μ s y 5 μ s. El circuito a interrumpir será conectado de modo que la amplitud de onda de la polaridad opuesta sea limitada al 30% del valor pico actual.

La siguiente secuencia debe aplicarse:

- a) Para devanados con $V_n < 300$ kV
 - 1 impulso máximo
 - 2 impulsos interrumpidos
 - 14 impulsos máximo

- b) Para devanados con $V_n < 300$ kV
 - 1 impulso máximo
 - 2 impulsos interrumpidos
 - 2 impulsos máximo

Interpretación: Se debe observar las formas de onda antes y después del ensayo puede indicar fallas internas.

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.1.3.2 FACTOR DE POTENCIA/FACTOR DE DISPERSIÓN

Objetivo: Calcular las pérdidas dieléctricas.

Procedimiento: La tensión se aplica entre los terminales en cortocircuito del devanado primario y tierra; con el devanado secundario en cortocircuito y el aislamiento conectado para realizar una medición en puente. Si la corriente del transformador tiene un terminal especial para esta medición, el terminal de menor tensión será cortocircuitado y conectados todo lo demás a tierra para ser medido mediante un puente.

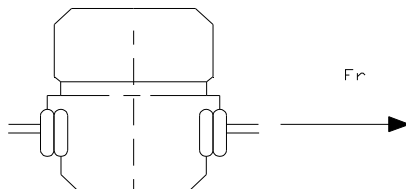
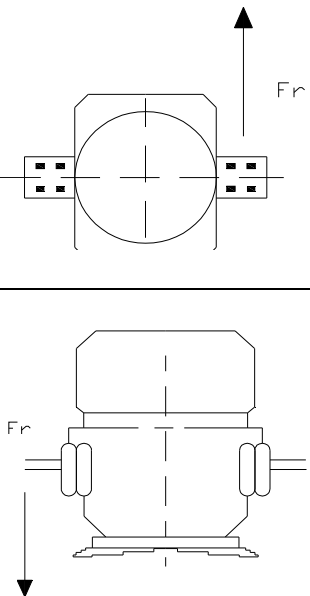
Interpretación: Se debe comparar los valores obtenidos con la data histórica del equipo para poder dar un diagnóstico.

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.1.3.3 ENSAYOS MECANICOS

Objetivo: Verificar el estado de las componentes mecánicas del transformador.

Procedimiento: Se debe aplicar fuerzas tal como se indica a continuación, durante 60s.

Horizontal para cada terminal	 <p>The diagram shows a top-down view of a transformer core with two terminals on the left and two on the right. A horizontal arrow labeled F_r points to the right, indicating the direction of the applied force.</p>
Vertical para cada terminal	 <p>The diagram shows a top-down view of a transformer core with two terminals on the left and two on the right. A vertical arrow labeled F_r points upwards from the terminals, indicating the direction of the applied force.</p>

Interpretación: El transformador debe de soportar perfectamente el ensayo y continuar su operación en forma normal.

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.1.4 ENSAYOS ADICIONALES

5.1.4.1 ENSAYO DE DEZPLASAMIENTO DE FASE

Objetivo: Determinar la corriente de error y desplazamiento de fase.

Procedimiento: A frecuencia nominal y con el burden a un factor de potencia de 0,8 inductivo.

Interpretación: La corriente de error y el desplazamiento de fase no deben exceder los valores de la Tabla 6.

Tabla 6
Limites de error permitido para protección

Clase de precisión	Corriente de error con corriente primaria nominal %	Desplazamiento de fase con corriente primaria nominal		Error compuesto para exactitud nominal limitada por corriente primaria nominal %
5P	±1	±60	±18	5
10P	±3	---	---	10

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.2 ENSAYOS A TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

5.2.1 ENSAYOS TIPO

5.2.1.1 ENSAYO DE AUMENTO DE TEMPERATURA

Objetivo: Verificar la capacidad de resistir cambios de temperatura y aumentos de temperatura.

Procedimiento: El transformador empieza con temperaturas entre los 10°C a 30°C; el ensayo se debe realizar en el lugar de uso de transformador; se mide el aumento de temperatura en los devanados mediante termocuplas.

Interpretación: Después del enfriamiento se da por aprobado si no se observa daño visible y el aislamiento de la superficie no muestra deterioro.

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.2.1.2 ENSAYO DE CAPACIDAD DE RESISTENCIA AL CORTOCIRCUITO

Objetivo: Verificar la capacidad de resistencia al cortocircuito.

Procedimiento: El transformador empieza con temperaturas entre los 10°C a 30°C; el transformador de tensión se energiza desde el lado primario y el cortocircuito es aplicado entre los terminales secundarios. Este se debe sostener durante 1 segundo.

Interpretación: Después del enfriamiento se da por aprobado si no se observa daño visible y el aislamiento de la superficie no muestra deterioro.

5.2.1.3 ENSAYO DE IMPULSO EN EL DEVANDO PRIMARIO

5.2.1.3.1 ENSAYO DE IMPULSO DE RAYO

Objetivo: Comprobar el comportamiento de las polaridades del transformador.

Procedimiento: Se inyectan impulsos 15 veces consecutivas en cada polaridad.

Interpretación: Para dar por aprobado no debe ocurrir descargas disruptivas ni descargas en cualquier parte del transformador; no se observa evidencia de daño externo.

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.2.1.3.2 ENSAYO DE IMPULSO EN CONMUTACIÓN

Objetivo: Comprobar el comportamiento de la polaridad positiva transformador.

Procedimiento: Se inyectan impulsos 15 veces.

Interpretación: Para dar por aprobado no debe ocurrir descargas disruptivas ni descargas en cualquier parte del transformador; no se observa evidencia de daño externo.

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.2.2 ENSAYOS DE RUTINA

5.2.2.1 MEDICIÓN DE DESCARGAS PARCIALES

Objetivo: Detectar actividad de descargas parciales y así poder evitar fallas futuras.

Procedimiento: El instrumento usado medirá la carga aparente en picoCoulomb (ρC); el ensayo de las descargas parciales se especifica en la Tabla 7, que corresponden a mediciones con un tiempo menor de 30s.

Interpretación: La medida de las descargas parciales no debe exceder los valores de la Tabla 7.

Tabla 7
Ensayo de tensión de las descargas parciales y sus niveles permisibles

Tipo de puesta a tierra del sistema	Tensión de ensayo (kV)	Nivel permisible (ρC)	
		Tipo de aislamiento	
		Inmerso en liquido	Sólido
Sistemas con neutro a tierra	V_n	10	50
	$1,2V_n/\sqrt{3}$	5	20
Aislamiento o sistema de tierra con neutro que no es efectiva	$1,2V_n$	10	50
	$1,2V_n/\sqrt{3}$	5	20

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.2.3 ENSAYOS ESPECIALES

5.2.3.1 ENSAYO DE IMPULSO DE INTERRUPCIÓN EN EL DEVANDO PRIMARIO

Objetivo: Verificar la capacidad de interrupción.

Procedimiento: El ensayo solo se realiza en la polaridad negativa; la tensión estándar para el ensayo de impulso se aplica en intervalos de 2 μs y 5 μs . El circuito a interrumpir será conectado de modo que la amplitud de onda de la polaridad opuesta sea limitada al 30% del valor pico actual.

La siguiente secuencia debe aplicarse:

- a) Para devanados con $V_n < 300\text{kV}$
 - 1 impulso máximo
 - 2 impulsos interrumpidos
 - 14 impulsos máximo

- b) Para devanados con $V_n < 300\text{kV}$
 - 1 impulso máximo
 - 2 impulsos interrumpidos
 - 2 impulsos máximo

Interpretación: Se debe observar las formas de onda antes y después del ensayo puede indicar fallas internas.

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.2.3.2 FACTOR DE POTENCIA/FACTOR DE DISPERSIÓN

Objetivo: Calcular las pérdidas dieléctricas.

Procedimiento: La tensión se aplica entre los terminales en cortocircuito del devanado primario y tierra; con el devanado secundario en cortocircuito y el aislamiento conectado para realizar una medición en puente. Si la corriente del transformador tiene un terminal especial para esta medición, el terminal de menor tensión será cortocircuitado y conectados todo lo demás a tierra para ser medido mediante un puente.

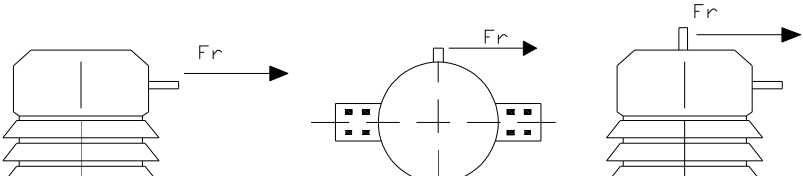
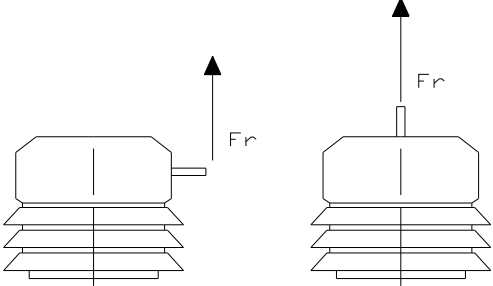
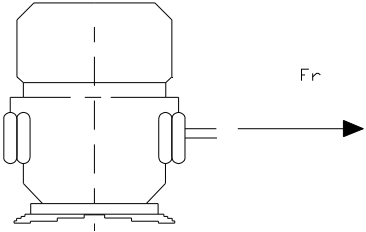
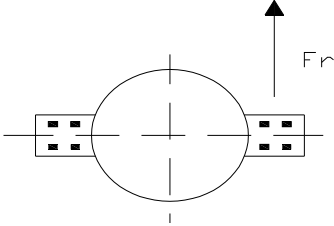
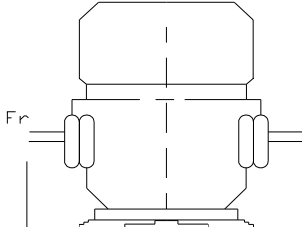
Interpretación: Se debe comparar los valores obtenidos con la data histórica del equipo para poder dar un diagnóstico.

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.2.3.3 ENSAYOS MECANICOS

Objetivo: Verificar el estado de las componentes mecánicas del transformador.

Procedimiento: Se debe aplicar fuerzas tal como se indica a continuación, durante 60s.

Tipo de transformador de tensión	Modalidad de aplicación	
Con tensión en los terminales	Horizontal	
	Vertical	
Con corriente a través de los terminales	Horizontal para cada terminal	
		
	Vertical para cada terminal	

Interpretación: El transformador debe de soportar perfectamente el ensayo y continuar su operación en forma normal.

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.2.4 ENSAYOS ADICIONALES

5.2.4.1 ENSAYO DE AUMENTO DE TEMPERATURA Y TENSIÓN RESIDUAL

Objetivo: Verificar la capacidad de resistencia a la inyección de altas tensiones.

Procedimiento: Inyectar 1,2 veces la tensión nominal durante la pre ensayo, en el ensayo inyectar 1,9 veces la tensión nominal por el lado primario durante 8h.

Interpretación: No se deben observar daños y el transformador funcionara de modo normal.

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

5.2.4.2 ENSAYO DE EXACTITUD

Objetivo: Verificar la exactitud del transformador de tensión.

Procedimiento: Se debe realizar el ensayo con 2%, 5% y 100% de tensión nominal y multiplicada por la constante de transformación nominal a 25 y 100%, con burden nominal y factor de potencia de 0,8.

Interpretación: La exactitud en la medición no debe variar después del ensayo.

Referencia: Vease IEC 44-1 Instrument transformers – Current transformers

ANEXO 1: SEÑALES DE ENSAYO PARA LOS RELÉS

1. Generalidades

Las señales de ensayo pueden exceder el rango continuo de los relés. Los equipos de ensayo pueden dañar a los relés si se aplican sin cuidado; el daño puede causar la falla inmediata.

Las personas responsables de diseñar los ensayos deben estar consiente de las especificaciones del I²t del relé, y las limitaciones del tensión. Los diseñadores de los ensayo deben asegurarse que aquellos responsables de efectuar las ensayos están consientes de las precauciones necesarias para evitar daños.

Los ensayos deben ser efectuados con el relé montado en la manera prescrita por el fabricante. Para relés electromagnéticos, se debe observar que la orientación de la caja este en una posición física normal. Para relés con circuiteria electrónica, la caja debe estar aterrada.

Los relés son instrumentos de medición. Al igual que todos los instrumentos de medición, la exactitud, resolución, y estabilidad de la calibración y señales de ensayo no deben exceder las especificaciones de medición del relé. La inestabilidad o errores en las señales de ensayo pueden causar inexactitud en los ajustes. En consecuencia puede resultar indeterminada la respuesta a los disturbios del sistema de potencia.

2. Señales de Corriente Alterna

Esta parte revisa los requerimientos de las señales de ensayo de tensión y corriente usadas para los ensayos de integridad y aplicación. El control de los valores paramétricos de frecuencia, amplitud y relaciones de ángulo de fase es presentado en términos de las mediciones del relé. Los parámetros de tensión y corriente para la mayoría de los ensayos de relés se aproximan a las condiciones de falla del sistema de potencia. Las amplitudes de tensión y corriente y relaciones de ángulo de fase a la frecuencia del sistema de potencia deben estar controladas independientemente para simular las relaciones de los fasores de falla.

Para los ensayos de estado estable, los parámetros se cambian lentamente para determinar los ajustes de calibración del relé. Las fallas monofásicas requieren un cambio en uno de los parámetros mientras los demás fasores que describen la falla permanecen constantes. El diagrama fasorial en la Figura 1 muestra la constante, (preajuste) relación de los fasores de tensión la cual describe la Condición de Falla A-N.

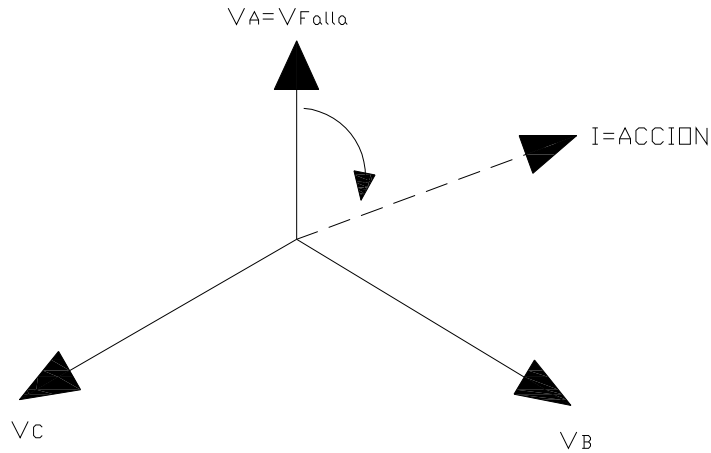


Figura 1 Ensayo de Estado Estable A – N con Corriente en Acción

En el Diagrama Fasorial de la Figura 1, V_A está ajustado la tensión de la falla; V_B y V_C se representan balanceados. El fasor que se representa con línea punteada (I_1) representa una corriente incremental utilizada para determinar el alcance AN.

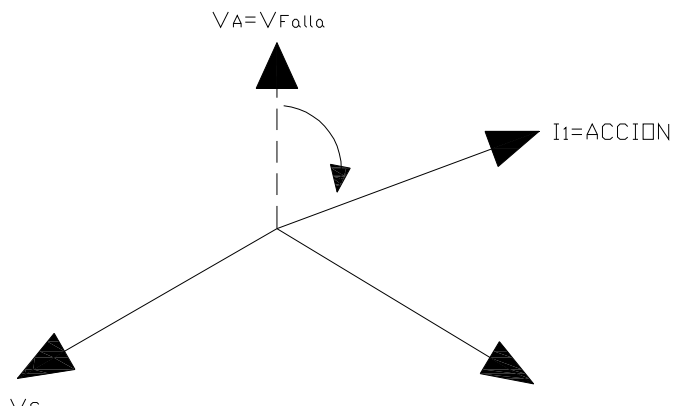


Figura 2 Ensayo de Estado Estable A – N con tensión en acción

En el Diagrama Fasorial de la Figura 2, I_1 está ajustado al valor de la corriente de falla. V_B y V_C se representan balanceados. El fasor representado por una línea a punteada (V_A) representa un tensión decreciente utilizado para determinar el alcance A-N.

Las fallas fase a fase requieren cambios en dos fasores fase a neutro. Estos geoméricamente se suman para formar la tensión de fase a fase fallado. En la Figura 3, V_A y V_B pueden estar ajustados para representar cualquier relación de impedancia de fuente a la falla y magnitud de tensión de falla de fase a fase. V_C está ajustado al valor

sin falla. Una sola corriente de ensayo de falla (IAB) se inyecta a través de las entradas de la Fase A y de la Fase B de los relés conectados en serie. Dependiendo del protocolo de ensayo, la corriente de falla IAB se decrementa o incrementa. V_A y V_B se mantienen a sus valores de falla.

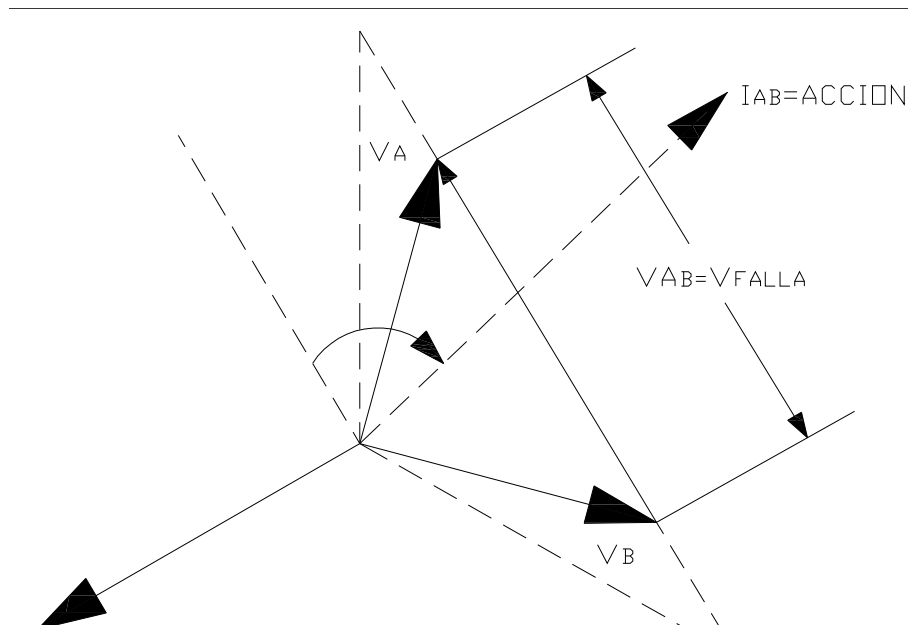


Figura 3 Ensayo de fase a fase con corriente en acción

Estos ejemplos simples demuestran los requerimientos de control de la amplitud para los ensayos básicos de estado estable. Los ensayos para disturbios del sistema que involucran fases adicionales requieren control similar de las cantidades fasoriales involucradas. Los ensayos de estado dinámico son utilizados para determinar el tiempo de respuesta de un relé a una condición de falla predeterminada. Por ejemplo, realice el ensayo de estado estable previamente descrito para determinar el tiempo de operación y después efectúe el ensayo de estado dinámico para determinar el tiempo de operación para la condición de la falla.

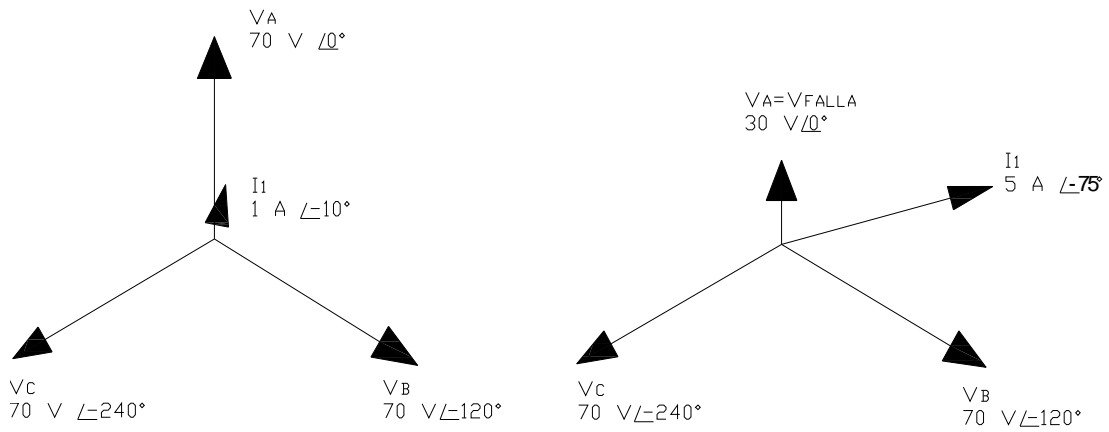


Figura 4a Diagrama Fasorial de Ensayo de Estado Dinámico

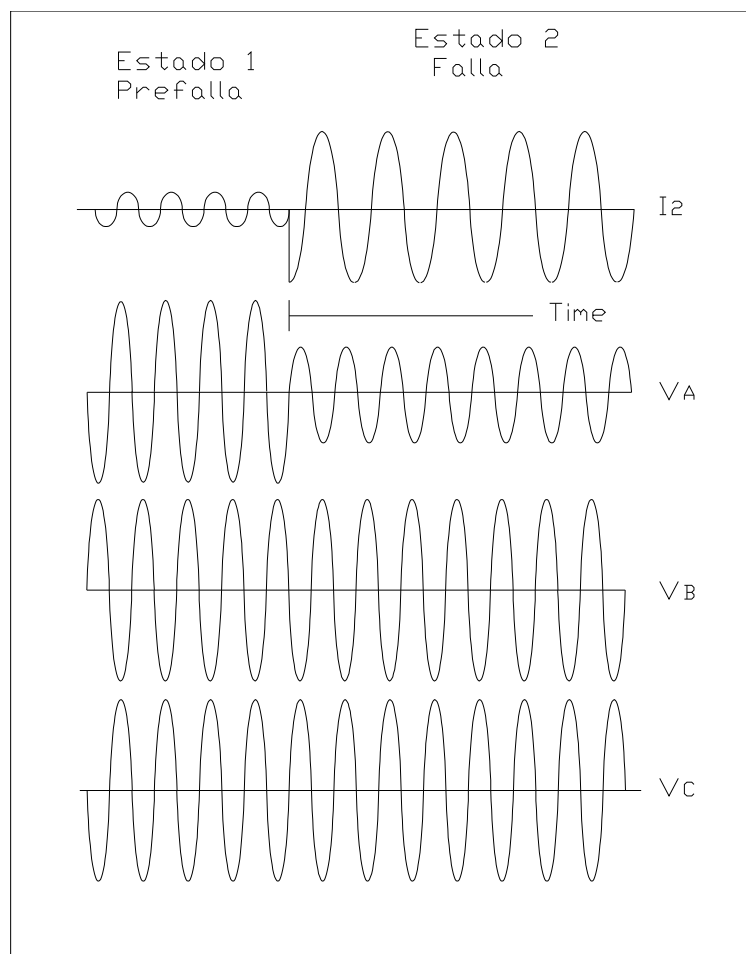


Figura 4b Formas de Ondas de Ensayo de Estado Dinámico

El ensayo de estado dinámico requiere un cambio sincrónico entre los estados fasoriales. En este ejemplo las cantidades fasoriales balanceadas de prefalla son:

ESTADO 1: las condiciones de alcance de estado estable determinadas previamente

ESTADO 2. Ambos estados fasoriales se muestran en la Figura 4a. El tiempo de operación es medido comenzando la transición del ESTADO 1 al ESTADO 2 como se muestra en la Figura 4b.

La respuesta a fallas evolutivas puede ser determinada por medio de un cambio sincronizado entre las sucesivas condiciones de falla, cada una representada por un juego de estados fasoriales. La respuesta a las fallas a diversas distancias del relé también puede ser determinada. Se puede obtener un perfil del tiempo de operación versus la localización de la falla por medio de la tabulación de los resultados de una secuencia de ensayos en las cuales los fasores sean cambiados desde las condiciones balanceadas a las condiciones que representan la localización de las fallas deseadas. Los ensayos de aplicación de simulación de transitorios requieren información que describa las formas de onda del sistema ya sea desde modelos matemáticos de transitorios o desde registros de los registradores digitales de falla.

Las transiciones de los estados dinámicos pueden incluir magnitud y ángulo de fase para uno o todos los valores fasoriales, como se requiera para representar la condición del sistema fallado. Los ensayos de aplicación de simulación de transitorios requieren información que describa las formas de onda del sistema ya sea desde modelos matemáticos de transitorios o desde registros de los registradores digitales de falla. Los relés con microprocesador ahora ofrecen datos de las formas de onda, pero a tasas de muestreo más bajas que las de las otras fuentes mencionadas. Las formas de onda de transitorios están descritas por decenas o por cientos de coeficientes digitales por ciclo. Cada coeficiente representa el valor instantáneo de la forma de onda, en un punto en el tiempo. Para representación de sistema multifásico, el sincronismo entre todas las fuentes de la información digital debe ser preciso para asegurar la correcta relación de fases. Cualquier medio de amplificación debe similarmente proveer un desfase constante o predecible versus la impedancia de la carga y la frecuencia para reproducir adecuadamente el disturbio del sistema. La discusión sobre las frecuencias de muestreo y el formato de los datos puede encontrarse en el Estándar COMTRADE recomendado para cualquiera que utilice ensayos de aplicación de simulación de transitorios.

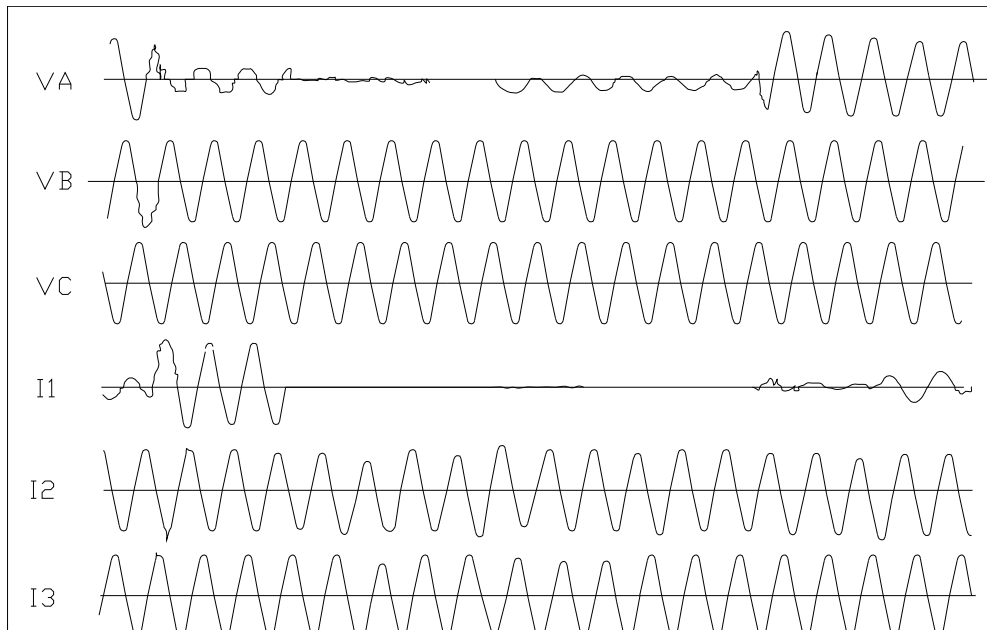


Figura 5 Ejemplo de Forma de Onda para Ensayos de Simulación de Transitorios

2.1 Onda Senoidal de Estado Estable de Frecuencia Fundamental

Esta señal es utilizada para ensayos de estado estable. Para asegurar resultados de ensayo repetibles, el equipo de ensayo debe limitar su distorsión total armónica de corrientes y tensiones a 1.5%. El máximo de un armónico individual debe ser más bajo que 1%. La magnitud del favor de ensayo debe estar bien regulado (<0.5%). Las variaciones de ángulo deben también ser reguladas a menos de 0.5°. Las variaciones pueden afectar la exactitud del ensayo.

2.2 Onda Senoidal con Control de la Tasa de Cambio en Magnitud

La tasa de cambio debe ser ajustable desde casi instantáneos hasta casi estado estable (alcanzando el nuevo valor en menos del 5% del tiempo de operación del relé), con una tasa de cambio de menos de 1% del máximo valor por segundo. Esta señal es utilizada para ensayos de operación/liberación.

2.3 Onda Senoidal con Cambio Instantáneo en Amplitud

Esta señal es utilizada para ensayos de simulaciones de estado dinámico. El cambio sincronizado entre los diversos estados provee la simulación de estado dinámico para condiciones de fallas evolutivas.

2.4 Onda Senoidal con Control de Angulo de Fase

Las tasas de cambio instantáneas y controlables en la relación de los ángulos de fase pueden ser requeridas. La estabilidad de las relaciones de los ángulos de fase con los cambios en la potencia de la línea y carga del relé, deben ser preferentemente de 0.5° como máximo. La resolución en el control del ángulo debe ser menor de 1° ; 0.1° es apropiado para relés de diseño micro computarizado.

2.5 Onda Senoidal con Frecuencia y Tasa de Cambio en Frecuencia Controlable

La exactitud y estabilidad de la frecuencia debe ser una fracción algo menor que la resolución del relé. Esta varía desde 0.02Hz para relés de sincronización de turbinas axiales a 0.1 hertz para relés de frecuencia de propósito general. La tasa de cambio debe ser controlable similarmente a lo descrito anteriormente para el control de amplitud.

La tasa de cambio en frecuencia versus los rangos de tiempo desde 0.01Hz/segundo hasta decimos de Hz/segundo dependiendo del diseño del sistema de potencia.

2.6 Onda Senoidal con Contenido de Armónicos

El control de la frecuencia del armónico, su magnitud y su relación de tiempo puede requerirse. Estas señales son utilizadas para probar relés diferenciales con restricción de armónicos. Los armónicos comúnmente requeridos son 2, 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15 avo.

ANEXO 2: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RECOMENDADAS DEL PROBADOR DE RELÉS

ITEM	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	REQUERIDO
1.	FABRICANTE		
2.	PAIS		
3.	MODELO		
4.	NORMAS		IEC 801-2 I.E.C. ANSI/IEEE C37.90
5.	HARDWARE		
5.1.	FUENTES DE TENSIÓN		
	Número de Salidas 6 fuentes de control independiente con un neutro común	Und.	SÍ
	Potencia de Salida ▪ 6 x 75 VA a 150 V ac/dc 3 x 150 VA a 300 V ac/dc	VA VA	SÍ SÍ
	Rango ▪ 3 x 0... 300 V a.c/d.c 6 x 0... 150 V a.c/d.c	V V	SÍ SÍ
	Resolución 10 mV para todo el rango de tensión	mV	SÍ
	Distorsión ≤ 0.02% típico	%	SÍ
	Precisión ▪ ≤ 0.02 % típico	%	SÍ
	Características técnicas de la Precisión:		SÍ
	▪ Las características de la precisión típica y la precisión garantizada de las fuentes de tensión deben ser válidas en el rango de frecuencia de 0 a 1kHz de inyección de tensión.		SÍ
	▪ Las características de la precisión típica y la precisión garantizada de las fuentes de tensión deben ser válidas si el probador de relés inyecta señales de tensiones desbalanceadas, es decir, con ángulos entre vectores de tensión diferente de 0, 120° y 240° respectivamente.		SÍ (obligatorio)
	▪ El probador de relés debe tener la característica técnica de inyectar la máxima potencia a la máxima tensión.		SÍ (obligatorio)
▪ El probador de relés debe tener la característica técnica de inyectar la máxima potencia a la máxima tensión.		SÍ (obligatorio)	
5.2	FUENTES DE CORRIENTE		
	Número de Salidas ▪ 6 fuentes de control independiente con un	A	SÍ
	Potencia de Salida ▪ 3 x 150 VA a 30 A ac/dc ▪ 6 x 75 VA a 15 A ac/dc	VA VA	SÍ SÍ
	Rango ▪ 6 x 0 ... 15 A ac/dc ▪ 3 x 0 ... 30 A ac./dc	1.2 A 1.3 A	SÍ SÍ

ITEM	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	REQUERIDO
	Resolución ▪ 10 mA para todo el rango de corriente	mA	SÍ
	Distorsión ▪ ≤ 0.02 % típico	%	SÍ
	Precisión ▪ ≤ 0.02 % típico	%	SÍ
	Características técnicas de la Precisión:		SÍ
	▪ Las características de la precisión típica y la precisión garantizada de las fuentes de corriente deben ser válidas en el rango de frecuencia de 0 a 1kHz de inyección de tensión.		SÍ
	▪ Las características de la precisión típica y la precisión garantizada de las fuentes de corriente deben ser válidas si el probador de relés inyecta señales de corrientes desbalanceadas, es decir, con ángulos entre vectores de tensión diferente de 0, 120° y 240° respectivamente.		SÍ
	▪ El probador de relés debe tener la característica técnica de inyectar la máxima potencia a la máxima corriente.		SÍ
5.3.	FUENTE DE VOLTAJE AUXILIAR EN DC ▪ Rango: 10 – 300 Vdc ▪ Potencia: 60 W, 1.5 A max. ▪ Resolución: 0.5 V (o menor)	Vdc W V	SÍ SÍ SÍ SÍ
5.4.	ÁNGULO DE FASE ▪ Rango: 0... $\pm 359.9^\circ$ ▪ Precisión: $\pm 0.25^\circ$ en 60 Hz	° °	SÍ SÍ
5.5.	FRECUENCIA ▪ Ancho de Banda: desde dc hasta 3000 Hz: ▪ Rango: dc; ac desde 0.1 Hz hasta 2 kHz. ▪ Resolución: 1 mHz. ▪ Precisión: 0.5 PPM típico	Hz Hz mHz PPM	SÍ SÍ SÍ SÍ
5.6.	ENTRADAS LÓGICAS ▪ Número de entradas ▪ Configurable para sensar el contacto (sin tensión) o la tensión ▪ Rango de sensado de voltaje ▪ Soporte de estrés del aislamiento (valor pico)	8 Ambos 250 V	
5.7	Funcionamiento adicional de las Entradas ▪ Debe comportarse como un registrador de tensiones y corriente. ▪ Debe registrar 4 tensiones y 4 corrientes ▪ Frecuencia de muestreo: 10 kHz.	(Obligatorio)	SÍ SÍ SÍ SÍ
5.8.	SALIDAS LÓGICAS ▪ Número de entradas ▪ Configurable normalmente cerrado o ▪ Voltaje de entrada ▪ Soporte de estrés del aislamiento (valor pico)	8 Ambos 250 V ± 500 V	SÍ SÍ SÍ SÍ SÍ
5.9.	INTERFACE DE CONEXIÓN ▪ 01 Puerto con conector RJ45. ▪ 01 Puerto con conector RS232.	Instalado Instalado	SÍ SÍ SÍ
5.10.	ALIMENTACIÓN PRINCIPAL ▪ Voltaje: 110 o 220 Vca monofásico, ▪ Frecuencia: 60 Hz	Vac Hz	SÍ SI SI

ITEM	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	REQUERIDO
5.11.	ENTRADAS DE MEDIDA DC 01 Entrada de Medición: Rango : 0 ... + / - 10Vcd ó 0 ... + / - 20mA Precisión : < 0.003% típica	%	SÍ SÍ SÍ SÍ
5.12.	PESO: < 20 Kg	Kg	SÍ
6.	ACCESORIOS <ul style="list-style-type: none"> ▪ Maletas de transporte con ruedas ▪ Cable de alimentación principal ▪ Todos los accesorios, cables y conectores necesarios para realizar las pruebas a los relés ▪ Manuales del equipo y del software. 		SÍ SÍ SÍ
7.	OPCIONALES PARA EL TRABAJO MÁS <ul style="list-style-type: none"> ▪ El Probador de relés debe incorporar un display que muestre los valores de tensión y corriente que se están inyectando, independientemente de lo que se muestre en el software. ▪ El probador de relés debe incluir protección contra cortocircuito para las fuentes de tensión. ▪ El probador de relés debe incluir protección contra circuito abierto para las fuentes de tensión 		SÍ SÍ SÍ

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RECOMENDADAS DEL
SOFTWARE DEL PROBADOR DE RELÉS**

ITEM	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	REQUERIDO
1.	Módulos del software para probar todos los tipos de relés de protección eléctrica.		SÍ
2.	Software instalado en PC que trabaja en conjunto con el equipo para controlar cada fuente de tensión y cada fuente de corriente independientemente.		SÍ
3.	El software debe trabajar bajo Windows (XP/2000, etc), totalmente gráfico que permita simular ensayos fuera de línea (off line).		SÍ
4.	El software de incluir una base de datos para la administración de los resultados de los ensayos.		SÍ
5.	Debe tener módulos software para ensayos dinámicos y transitorios.		SI
6.	Debe tener módulos para ingresar archivos en formato Comtrade para que sean reproducidas por el Probador de Relés.		SÍ
7.	El software deberá permitir configurar los valores de tensión o corriente, y además frecuencia de cada una de las fuentes del probador de relés.		SÍ
8.	EL software debe permitir la automatización de los diversos ensayos que se requieran.		SÍ
9.	EL software debe permitir la automatización de los ensayos para una secuencia global de todas las funciones de protección.		SI
10.	EL software debe permitir la creación de señales con conteniendo armónicos de mínimo hasta el 20avo armónico en tensiones y corrientes.		SI