



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

INGENIERIA ELECTRICA

RESIDENCIA PROFESIONAL

EMPRESA:

Comisión Federal de Electricidad

Subestación Manuel Moreno Torres
"CHICOASEN"

PROYECTO:

Sustitución de Interruptores de Potencia y Transformadores de
Corriente (tc's) de 400 KV.

FECHA DE INICIO:

21-febrero-2011

FECHA DE TERMINACIÓN:

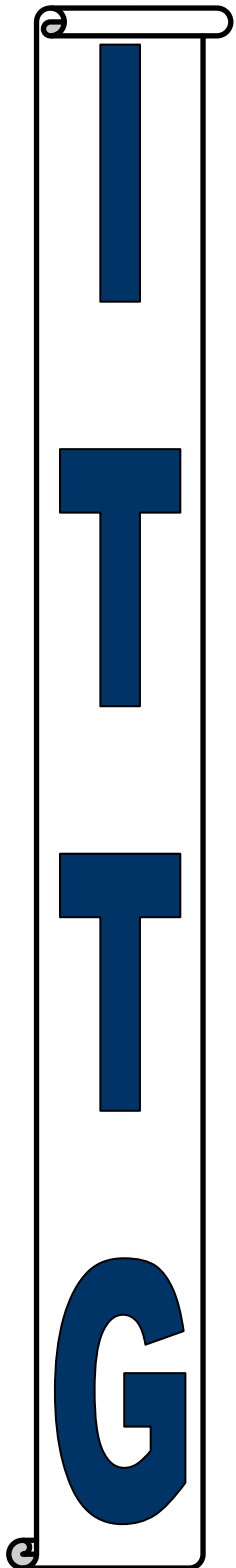
21-junio-2011

PRESENTA:

JOSÉ OCTAVIO LÓPEZ CRUZ

No. Control: **06270058**

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; junio del 2011





CONTENIDO

Capítulo 1. Generalidades del proyecto.....	5
1.1 Introducción.....	5
1.2 Nombre del proyecto.....	6
1.3 Información general de la empresa donde se desarrollo el proyecto.....	6
1.4 Área específica donde se desarrollo el proyecto.....	6
1.5 Antecedentes.....	8
1.6 Planteamiento del problema.....	9
1.7 Objetivos.....	9
1.7.1 Objetivo general.....	9
1.7.2 Objetivos específicos.....	9
1.8 Justificación del proyecto.....	11
1.9 Alcances y limitaciones.....	12
1.9.1 Alcances.....	12
1.9.2 Limitaciones.....	12
1.10 Metodología para el desarrollo del proyecto.....	13
Capítulo 2. Fundamento teórico.....	14
2.1 Interruptor de Potencia.....	14
2.1.1 El arco eléctrico en el interruptor.....	16
2.1.2 Ionización.....	17
2.1.3 Desionización.....	17
2.1.4 Caída de tensión del arco.....	18
2.1.5 Métodos de extinción del arco eléctrico.....	20

2.1.6 Tipos de interruptores.....	24
2.1.6.1 Primera generación de interruptores en sf6.....	31
2.1.6.2 Segunda generación de interruptores en sf6.....	33
2.1.6.3 Tercera generación de interruptores en sf6.....	34
2.2 Transformadores de corriente convencionales (tc's).....	35
2.2.1 Transformadores de instrumento.....	35
Capítulo 3. Desarrollo del proyecto.....	37
3.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.....	37
3.1.1 Identificación del área de 400 kv de la SE. CHICOASEN.....	37
3.1.2 Interruptores instalados en la S.E. "Manuel Moreno Torres".....	38
3.1.2.1 Características del interruptor de potencia de 400 KV L.T. A3050.....	39
3.1.3 Características del interruptor de potencia marca siemens de 400 kv.....	39
3.1.4 Sustitución de interruptores de potencia.....	42
3.1.4.1 Obra Civil.....	42
3.1.4.2 Montaje del interruptor de potencia.....	42
3.1.5 Vacío y llenado del interruptor de potencia.....	44
3.1.6 Pureza de SF6 del interruptor.....	45
3.1.7 Alambrado del interruptor.	45
3.1.8 Pruebas al interruptor de potencia.....	46
3.1.9 Datos de placa del interruptor de potencia marca siemens modelo 3AP2-fi-420 KV.....	47
3.1.10 Características de los transformadores de corriente convencionales (tc's) 400kv.....	48
3.1.11 Características del Transformador de Corriente Óptico ARTECHE...48	

3.1.12 Montaje del transformador de corriente óptico de 400 KV.....	65
3.1.13 Inyección de corriente.....	70
Observaciones y Sugerencias.....	71
Conclusiones.....	72
Referencias.....	73
Anexos.....	73

1.1 INTRODUCCIÓN

Durante el periodo de realización de la residencia profesional realizada en Comisión Federal de Electricidad, Subestación Manuel Moreno Torres (CHICOASEN), ubicada en carretera Tuxtla Gutiérrez-Osumacinta, Km.40, se realizaron actividades cuyos objetivos fueron la sustitución de Interruptores de Potencia y Transformadores de Corriente (TC's) de 400 KV por modernización, debido a que llevan mas de 30 años de operación.

La sustitución de interruptores de potencia y transformadores de corriente se realizan debido a los años de operación, estos equipos están en funcionamiento desde los inicios de la subestación CHICOASEN, por lo tanto deben ser sustituidos por equipos de nuevas tecnologías, de no ser cambiados puede originar una falla eléctrica.

Los interruptores de potencia y los transformadores de corriente (TC's) son parte esencial de un sistema eléctrico de potencia, elementos fundamentales para una subestación por lo tanto deberán ser equipos con la más alta tecnología a nivel mundial y que garanticen un buen funcionamiento.

La preocupación de los directivos de Comisión Federal de Electricidad, por difundir sin restricciones y promover la aplicación de nuevas tecnologías en forma consistente y homogénea en todos los ámbitos de la empresa a fin de optimizar los procesos de Generación, Transmisión y Distribución.

El interruptor de potencia es uno de los elementos fundamentales en el Sistema Eléctrico Nacional, cuya función es asegurar el flujo continuo de corriente en condiciones normales de operación, y en el caso de falla interrumpir dicho flujo aislando el elemento de falla y protegiendo al personal y resto del equipo.

Los transformadores de corriente son parte esencial de un sistema eléctrico de potencia (SPE), pues están destinados a alimentar aparatos de medición, protección o similares. Tienen como función principal reducir a valores normales y no peligrosos, los valores de tensión y de corriente del sistema de alta tensión, con el fin de permitir el empleo de aparatos de medición normalizados, que resultan más económicos y sin peligro al operarse, al quedar aislados de la alta tensión.

1.2 NOMBRE DEL PROYECTO

“Sustitución de interruptores de potencia y transformadores de corriente (TC’s) de 400 KV por modernización”.

1.3 INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA DONDE SE DESARROLLO EL PROYECTO

El proyecto se llevó a cabo en Comisión Federal de Electricidad, Subestación Manuel Moreno Torres (CHICOASEN), ubicada en carretera Tuxtla Gutiérrez-Osumacinta, Km.40, C.P. 29640, Municipio de Osumacinta, Estado de Chiapas.

1.4 ÁREA ESPECIFICA DONDE SE DESARROLLO EL PROYECTO

UBICACIÓN.

LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA.

La subestación Manuel Moreno Torres se encuentra localizada en el municipio de Osumacinta al noreste de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Estado de Chiapas, aproximadamente a 42 Km. de distancia.



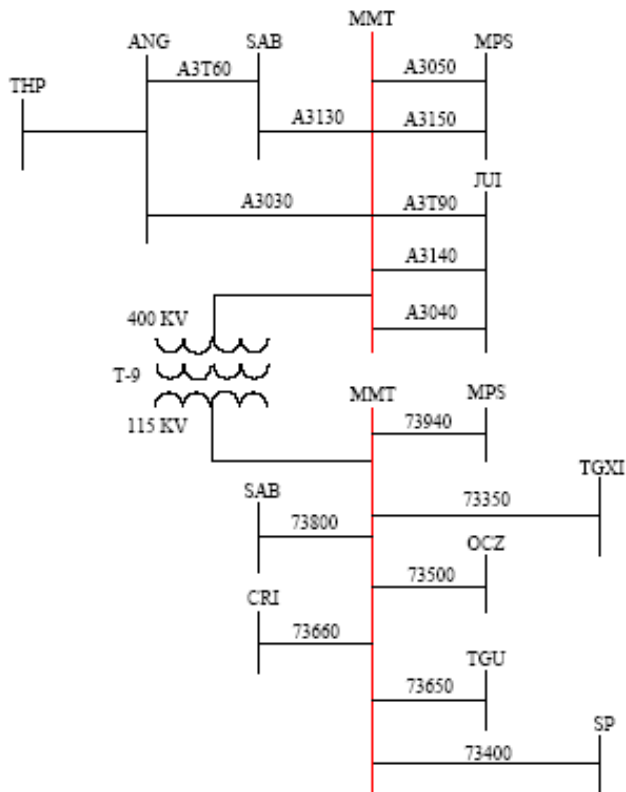
La subestación Manuel Moreno Torres esta conformada por áreas, las cuales son de 400, 115 y 13.8 KV. El área de 13.8 KV es utilizada para servicios propios de empresa.

La energía generada es transportada a través de 13 líneas de transmisión: 7 de 400 KV y 7 de 115 KV. La mayoría de las líneas de alta tensión en 400 KV envían el fluido eléctrico hacia la Ciudad de Veracruz, y el área central del país, con un enlace a la Central Hidroeléctrica La Angostura, en el municipio de Venustiano Carranza, Chiapas.

En el área de 400 KV se llevara acabo el proyecto de sustitución de Interruptores de Potencia y transformadores de corriente (TC's). En la línea A3T90 con aproximadamente 241.80 Km va desde la Subestación Chicoasén a la Subestación Juile se cambiara un transformador de corriente convencional por un transformador de corriente óptico.

En la línea A3050 con aproximadamente 80 km va de Chicoasén a Malpaso, se cambiara un interruptor de potencia neumático por un interruptor de resorte modelo 3AP2 marca SIEMENS.

LOCALIZACION ELECTRICA.



1.5 ANTECEDENTES

La cuenca Grijalva Osumacinta, localizada en el sureste de México, aporta el 30% de los recursos hidráulicos del país y cubre un área de 131,157 Km², de los cuales 52,600 Km² corresponden al Río Grijalva. La Comisión Federal de Electricidad, inició desde el año 1958 los estudios en la cuenca, para determinar su potencialidad hidroeléctrica y realizar una planeación integral.

El sistema hidroeléctrico del Río Grijalva, está constituido por 4 presas y sus correspondientes plantas hidroeléctricas. Estas presas son, partiendo de aguas arriba, La Angostura (1974), Chicoasén (1980), Netzahuatcoyotl (1964) y Peñitas (1986). La potencia total instalada es del orden de 5 millones de KW.

La Comisión Federal de Electricidad inició en diciembre de 1974, la constitución del proyecto hidroeléctrico Chicoasén, cuya cortina de tiene enrocamiento tiene una altura de 245 metros y un volumen total de 15 millones m³.

Esta cortina, por sus características ocupa el 6° lugar entre las más altas del mundo, siendo así mismo la más alta de las construídas en América Latina. La presa Manuel Moreno Torres (Chicoasén), constituye la tercera etapa del plan integral del Grijalva.

Chicoasén cuenta con 8 unidades turbogeneradoras de 300 MW cada una, para una capacidad instalada total de 2,400 MW. Cada una de las unidades de operación, están conformadas por una turbina Francis del eje vertical de 416,000 KV de potencia y un alternador de 315,790KVA de capacidad.

La energía generada es transportada a través de 13 líneas de transmisión: 7 de 400 KV y 7 de 115 KV. La mayoría de las líneas de alta tensión en 400 KV envían el fluido eléctrico hacia la Ciudad de Veracruz, y el área central del país, con un enlace a la Central Hidroeléctrica La Angostura, en el municipio de Venustiano Carranza, Chiapas.

En el área de 400 KV, tres de la líneas A3040, A3140 y A3T90 van desde la Subestación Chicoasén a la Subestación Juile y tiene una longitud aproximada de 243, 243 y 241.80 Km. respectivamente.

Las dos líneas A3050 y A3051 de Chicoasén a Malpaso, son de 80 y 67 Km. respectivamente; mientras que la línea A3030 va de Chicoasén a la Angostura y es de 88 Km. aproximadamente; y la línea A3130 va de Chicoasén a el Sabino 31.75 Km. aproximadamente.

Del área de 115 KV, dos líneas 73350 y 73650 van hacia Tuxtla Gutiérrez, 37 y 38 Km. respectivamente; la línea 73660 va a San Cristóbal las Casas con una longitud de 60 Km.; otra línea 73800 hacia el Sabino, con una longitud de 25.40 Km; la línea 73500 a Ocozocuatla con una longitud de 60 Km; la línea 73940 hacia Malpaso con una longitud de 70 Km., y la línea 73400 que es la de servicios propios.

1.6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el área de 400 KV existen equipos primarios los cuales llevan más de 30 años de operación, los cuales se necesita ser sustituidos por un equipo de mayor confiabilidad y seguridad en la subestación. Tener equipos primarios con nueva tecnología que te garatizen seguridad para los trabajadores así como mediciones mas confiables.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 OBJETIVO GENERAL

Sustituir equipo primario de 400 KV los cuales llevan más de 30 años de operación, para mayor confiabilidad y seguridad en la subestación.

1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el funcionamiento y operación de los interruptores de potencia y transformadores de corriente (TC´s) de 400 KV.
- Analizar el funcionamiento de los interruptores de potencia modelo 3AP2 marca SIEMENS los cuales van a ser instalados en el área de 400 KV. Cuales son las ventajas que tiene respecto al interruptor sustituido que lleva más de 30 años de operación.
- Llevar a cabo las pruebas que se le hacen a un interruptor de potencia antes de entrar en funcionamiento (antes de la energización) las cuales son: Tiempos de operación, Resistencia de aislamiento, Resistencia de contactos, Factor de potencia.
- Analizar los equipos de control y protección de un interruptor de potencia de 400 KV, dichos equipos detectan cualquier falla interna del interruptor, y mandan una alarma.
- Energización del interruptor de potencia modelo 3AP2 marca SIEMENS.

- Analizar el funcionamiento de los transformadores de corriente ópticos (TC's ópticos) marca ARTECHE (empresa española). Cuales son las ventajas con respecto a un TC's convencional que en la actualidad están instalados en la subestación.
- Comparar los transformadores de corriente ópticos a un TC's convencional, cuales son las ventajas y que beneficios tiene un TC's óptico.
- Realizar pruebas al transformador de corriente óptico.

- Analizar los equipos de control y protección de un TC's óptico de 400 KV, los cuales garantizan que el TC's óptico este funcionando bien.
- Energización de los TC's ópticos.

- Elaborar diagrama eléctrico donde indique en que área serán sustituidos los interruptores de potencia y los transformadores de corriente ópticos.

1.8 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La modernización de los equipos primarios que llevan más de 30 años de operación en una subestación es una necesidad ya que de ello depende la seguridad del personal, y así con equipos nuevos permite difundir sin restricciones y promover la aplicación de nuevas tecnologías en forma consistente y homogénea.

El interruptor de potencia es uno de los elementos fundamentales en el Sistema Eléctrico Nacional, cuya función es asegurar el flujo continuo de corriente en condiciones normales de operación, y en el caso de falla interrumpir dicho flujo aislando el elemento de falla y protegiendo al personal y resto del equipo.

El Transformador de Corriente Óptico de ARTECHE se presenta como una alternativa a los actuales transformadores de corriente convencionales, ofreciendo una solución de medición avanzada para aplicaciones tanto de medida como de protección y basada en una tecnología óptica patentada. Algunas de las principales características del transformador de corriente óptico son:

- Dimensiones y peso reducidos
- No requiere mantenimiento y ofrece una vida útil más prolongada.
- Evita modos de fallo de tipo explosión y situaciones de secundario abierto.
- Aislamiento sólido sin necesidad de utilizar aceite o gas SF6. Respeta el medio ambiente.

Finalmente la implementación del proyecto de sustitución de interruptores de potencia y transformadores de corriente de 400 KV tiene muchos beneficios, tener equipos primarios con nuevas tecnologías tienen como resultado mayor confiabilidad y seguridad en la subestación.

1.9 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.9.1 ALCANCES

La sustitución de interruptores de potencia y transformadores de corriente de 400 KV en una subestación permitirá la implementación de nuevas tecnologías que nos garanticen mayor confiabilidad y seguridad del personal y en dicha subestación. La modernización de equipos eléctricos de una subestación garantizará un mantenimiento fácil y más económico en el futuro, debido a que con las nuevas tecnologías los equipos eléctricos primarios son más sofisticados, el mantenimiento es más económico, son más confiables y con mayor capacidad.

1.9.2 LIMITACIONES

La modernización de equipos eléctricos de una subestación Chicoasen hace que también los equipos de control y protección sean cambiados por otros más sofisticados y más confiables. La sustitución de estos equipos implica también el refuerzo de toda la obra civil en la que está montado el equipo, las bases y las columnas de concreto.

Los equipos de prueba y mantenimiento de un interruptor de potencia y de un transformador de corriente se necesitan que sean más actualizados, más sofisticados para lograr mediciones más confiables y seguras, estos equipos son muy costosos debido a que los fabricantes son empresas extranjeras.

1.10 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

1. Identificar los equipos primarios en el área de 400 KV de la subestación "Manuel Moreno Torres".
2. Conocer de manera detallada y precisa el funcionamiento de los interruptores de potencia y transformadores de corriente de 400 KV.
3. Diseñar un diagrama eléctrico donde me indique los equipos eléctricos que van a ser sustituidos.
4. Analizar que pruebas se le hacen al interruptor de potencia y al transformador de corriente óptico antes de que entren en funcionamiento y que equipos utilizan para esas pruebas.
5. Analizar el comportamiento de los interruptores de potencia y TC's ópticos nuevos ya energizados. Los equipos de medición y protección deben de estar funcionando bien, y que las mediciones sean correctas y confiables.

2.1 INTERRUPTOR DE POTENCIA

El interruptor de potencia es uno de los elementos fundamentales en el Sistema Eléctrico Nacional, cuya función es asegurar el flujo continuo de corriente en condiciones normales de operación, y en el caso de falla interrumpir dicho flujo aislando el elemento de falla y protegiendo al personal y resto del equipo.

Desde que se empezó a utilizar la energía eléctrica, surgió la necesidad de inventar equipos de conexión y desconexión capaces de establecer e interrumpir el flujo de corriente. De esta forma, surgieron los primeros diseños de interruptores, los cuales fueron muy rudimentarios y estaban basados en conocimientos empíricos. Estos diseños fueron mejorando en función del crecimiento de los sistemas eléctricos, obligando a los diseñadores a incluir el uso de herramientas sofisticadas con el propósito de lograr interruptores más confiables y con mayor capacidad. El interruptor es un dispositivo, cuya función es asegurar el flujo continuo de corriente en una red eléctrica bajo condiciones normales de operación e interrumpirlo cuando se presentan condiciones anormales o fallas.

Se utiliza para controlar el flujo de corriente y como medio de protección para el personal y el equipo. Se conecta en serie con el circuito que se va a proteger y entre otras cosas es capaz de:

- **Interrumpir:** (a) cualquier nivel de corriente que circule por sus contactos, desde unos cuantos amperes, hasta su capacidad de corto circuito, ambas simétricas y asimétricas, a las tensiones especificadas en la norma IEC-62271-100 y (b) hasta el 25 % de su capacidad de corto circuito al doble de su tensión nominal entre fases.
- Cerrar con la corriente máxima de corto circuito a la tensión nominal entre fases y al 25 % de la corriente máxima de corto circuito al doble de su tensión nominal entre fases.
- Conectar y desconectar corrientes inductivas, capacitivas (línea, cable y banco de capacitores) y corrientes de reactores sin generar sobretensiones excesivas que sobre-esfuercen las capacidades dieléctricas del sistema de transmisión o distribución.
- Efectuar operaciones de cierre apertura cuando sea requerido y
- Conducir su corriente nominal sin sobrecalentar sus componentes.

Para realizar con éxito las funciones anteriores, es necesario que el interruptor tenga un buen diseño mecánico para cumplir los requerimientos de apertura y cierre de sus contactos y un buen diseño eléctrico para asegurar que el interruptor soporte los esfuerzos eléctricos y térmicos a los que se somete durante su operación. El interruptor se vuelve más complejo conforme se incrementan las corrientes de corto circuito y las tensiones y, al mismo tiempo, cuando se reducen los tiempos de liberación de fallas. Este último requerimiento es con el propósito de mantener una estabilidad adecuada en el sistema eléctrico.

Un interruptor tiene cuatro componentes principales: (1) medio interruptivo (que puede ser gas SF₆, vacío, aire o aceite), (2) cámara interruptiva, (3) aisladores y (4) mecanismo de operación.

Por otra parte, en los últimos años ha habido un desarrollo muy importante en la tecnología de interruptores de potencia, donde el uso de programas de computadora ha permitido clarificar el comportamiento del arco eléctrico durante la interrupción. Esto mediante el desarrollo de modelos precisos de arcos elaborados utilizando combinaciones de diferentes áreas de la ciencia, como la dinámica de fluidos y la termodinámica. Para propósitos de diseño, se está aplicando ampliamente el diseño asistido por computadora (CAE) en el análisis de campos eléctricos, análisis de distribución de presión y análisis mecánico (incluyendo fuerzas de operación y respuesta sísmica) para lograr diseños optimizados de interruptores. Adicionalmente, hay un mercado con un crecimiento constante en la demanda de interruptores, con una mayor capacidad interruptiva y tensión nominal para enfrentar la creciente demanda de los sistemas de potencia. Para cumplir con esas tendencias se están desarrollando generaciones nuevas de interruptores con altas capacidades interruptivas, ayudado por el uso de computadoras y técnicas de monitoreo y diagnóstico que cubren una amplia gama de análisis, diseño, medición y pruebas.



**INTERRUPTOR DE POTENCIA PARA 400 KV
MARCA: SIEMENS
MODELO: 3AP2**

2.1.1 EL ARCO ELÉCTRICO EN EL INTERRUPTOR.

Existen dos formas para interrumpir el flujo de la corriente: reduciendo a cero el potencial que lo genera y separando físicamente el conductor del flujo de corriente. Esta última, es la más usada para lograr dicha interrupción. En los interruptores modernos la interrupción es un proceso que inicia en el instante de separación de sus contactos. Éste continúa mientras los contactos se separan y forman un entrehierro que es puentado por un plasma conductor. El proceso de interrupción termina cuando el plasma conductor pierde su conductividad. El plasma conductor es el núcleo del arco eléctrico y un elemento indispensable del proceso de interrupción de corriente.

Para comprender la naturaleza del arco eléctrico, es necesario entender primero la estructura de la materia. La materia está formada por átomos, constituidos fundamentalmente por tres partículas: el neutrón, el protón y el electrón. El núcleo de cada átomo está formado por protones y neutrones, es pequeño y pesado, de aproximadamente 10^{-12} cm de diámetro.

Los electrones giran en órbitas alrededor del núcleo, en un movimiento similar al de los satélites. En un átomo con carga cero se tiene igual cantidad de protones y electrones. Las cargas del protón y del electrón son iguales y con polaridad opuesta, 1.6×10^{-19} C, el protón tiene carga positiva, el electrón carga negativa y el neutrón carga neutra; de esta forma, las cargas en el átomo están balanceadas y la carga neta es cero. En la Fig. 3.1, se muestran estructuras de átomos. Debido a que los principales medios de extinción del arco eléctrico son gaseosos, tales como: aire, SF₆ y N₂, la teoría del proceso de Interrupción está enfocada para medios gaseosos.

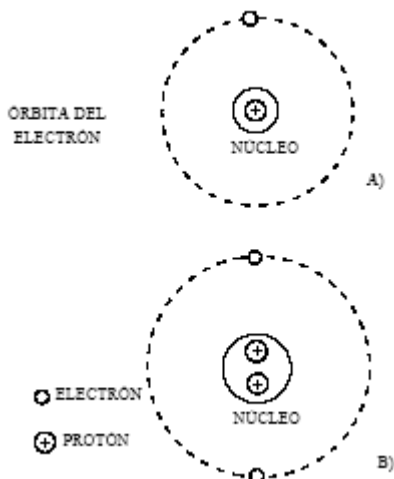


Fig. 3.1 Estructuras atómicas de: (A) hidrógeno consistente de un protón y un electrón; (B) helio consistente de dos protones y dos electrones.

2.1.2 IONIZACIÓN

La ionización es el proceso donde se desprenden uno o más electrones de un átomo o molécula. Esto provoca la descomposición de los átomos, eléctricamente neutros, en iones con carga positiva y electrones con carga negativa.

El proceso de ionización consume cierta cantidad de energía y se efectúa de varias maneras:

Ionización térmica o emisión termoiónica.

Es el resultado del choque aleatorio de electrones en un medio gaseoso con temperatura alta.

Ionización por impacto o emisión de campo.

Se produce al acelerar un electrón o un ion mediante la acción de un campo eléctrico. La energía cinética adquirida por el electrón provoca colisiones entre electrones y, por consecuencia, su desprendimiento del átomo o molécula.

Debido a la ionización, el entrehierro entre contactos es conductivo.

La emisión de electrones libres y la iniciación de un arco eléctrico entre dos electrodos, se puede producir por:

- Aumento de la temperatura debido a emisión termoiónica.
- Gradiente de tensión en el cátodo, provoca la emisión de campo.

Al iniciar el arco entre los electrodos se liberan suficientes electrones del cátodo con dirección al ánodo provocando que el medio se ionice. Esta ionización libera electrones que mantienen el arco aún después de haber cesado la emisión de campo. En consecuencia, cada electrón emitido se multiplica en número derivando energía del campo. El proceso de difusión y recombinación continúa reponiendo los electrones perdidos al ánodo. Finalmente, si el flujo de corriente es alto, se establece un arco con temperatura suficiente como para convertirse en la fuente principal de conductividad eléctrica.

2.1.3 DESIONIZACIÓN

La de-ionización es el proceso de restaurar un gas ionizado, compuesto de iones positivos y electrones, a su estado original eléctricamente neutro. Es por este proceso, que el entrehierro formado entre los contactos de un interruptor tiene la conversión de un gas conductor a un gas aislador.

2.1.4 CAÍDA DE TENSIÓN DEL ARCO

El arco eléctrico se representa como una resistencia conectada entre los electrodos que se forma. Esto implica la existencia de una caída de tensión U_b . Esta caída de tensión tiene tres componentes: la caída de tensión anódica U_a , la caída de tensión catódica U_c y la caída de tensión de la columna o canal plasmático U_s , (ver Fig. 3.3). Debido a esto, la caída de tensión U_b no es lineal. Agrupando las caídas de tensión en la proximidad de los electrodos, la tensión total del arco se puede representar por la siguiente expresión:

$$U_b = \alpha + \beta l_b$$

donde:

α = Caída de tensión en los electrodos

β = Caída por unidad de longitud

l_b = Longitud total del arco

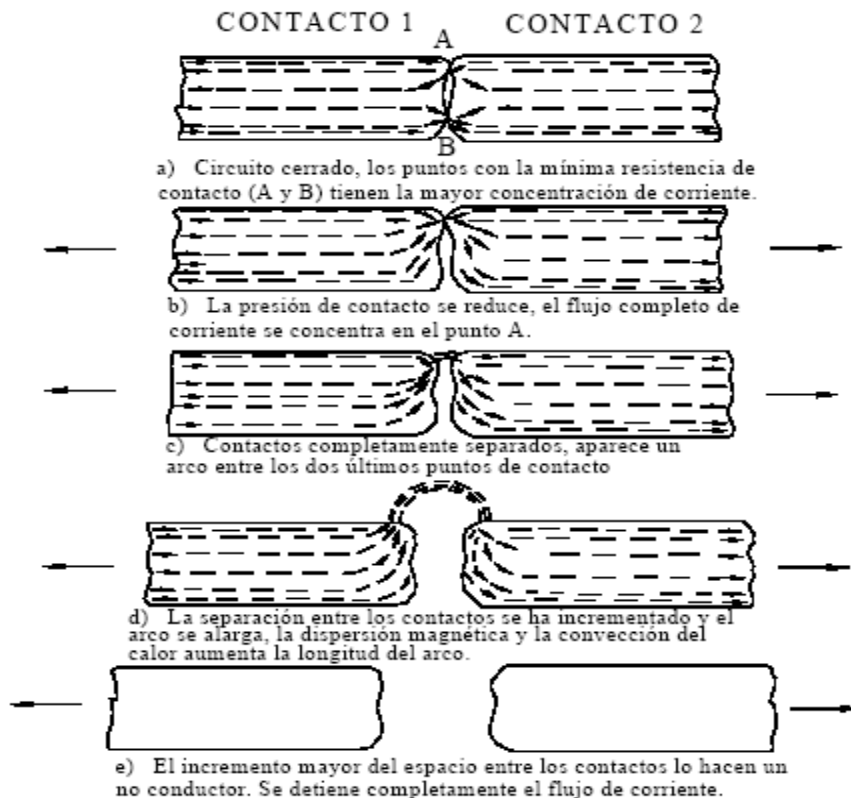


Fig. 3.2 Proceso de interrupción de un circuito en aire. Las flechas pequeñas indican la dirección del flujo de corriente y las flechas grandes indican la dirección del movimiento de los contactos.

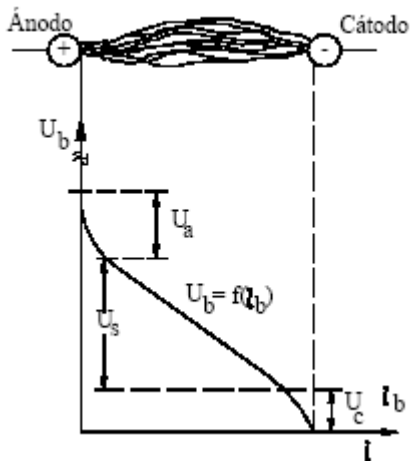


Fig. 3.3 Esquema simplificado de las tensiones asociadas al arco eléctrico entre dos electrodos.

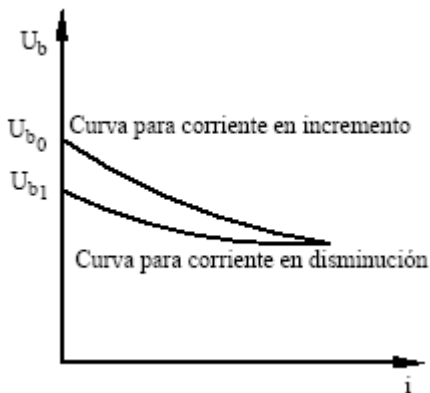


Fig. 3.4 Caída de tensión a través de un arco eléctrico en función de la corriente.

Por ser un conductor gaseoso, la caída de tensión del arco eléctrico varía en forma inversa a la intensidad del flujo de corriente. Por lo tanto, la característica tensión-corriente es decreciente, es decir, la resistencia eléctrica del arco es negativa.

Si la corriente i se incrementa, la temperatura y la ionización también aumentan, reduciendo la resistencia al flujo de corriente y la caída de tensión a través del arco. Si la corriente i disminuye, la curva característica de corriente-caída de tensión pasa por debajo de la curva característica que se obtiene al incrementar la corriente y el arco se extingue para una tensión U_{b1} . (ver Fig. 3.4). Esto es válido solamente para corriente continua.

2.1.5 MÉTODOS DE EXTINCIÓN DEL ARCO ELÉCTRICO

En términos generales, se conocen tres métodos de extinción del arco eléctrico en los interruptores:

- Interrupción por alta resistencia.
- Interrupción por baja resistencia.
- Interrupción en vacío.

Interrupción por alta resistencia

En este caso, el objetivo es incrementar la resistencia del arco en función del tiempo y reducir la corriente hasta lograr la extinción.

La desventaja principal de este método de interrupción es la gran cantidad de energía disipada, por lo tanto, sólo se usa en interruptores de baja y mediana tensión, así como en interruptores de corriente directa.

Para incrementar la resistencia del arco se emplean las técnicas siguientes:

Elongación del arco. Como la resistencia del arco es aproximadamente proporcional a su longitud, alargando el arco su resistencia aumenta, ver Fig. 3.6.

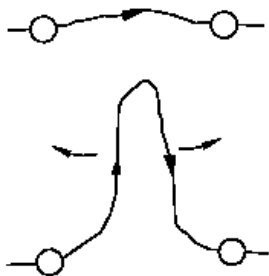


Fig. 3.6 Elongación del arco eléctrico por la acción del empuje térmico.

Enfriamiento del arco. La tensión requerida para mantener la ionización aumenta cuando la temperatura disminuye, por lo que enfriándolo su resistencia aumenta, ver Fig. 3.7.

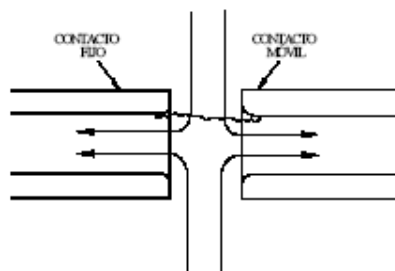


Fig. 3.7 Representación esquemática de la técnica de enfriamiento del arco en un interruptor neumático.

División del arco. Cuando se establece un arco, existe una tensión apreciable entre las superficies de los contactos. Si el arco se divide en arcos pequeños, en serie, se reduce la tensión de la columna, ver Fig. 3.8.

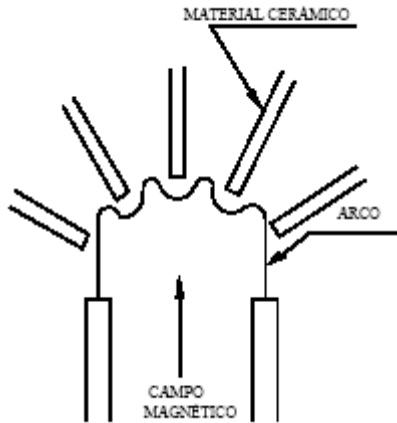


Fig. 3.8 Representación esquemática de la división del arco.

Contricción del arco. Esta técnica consiste en confinar el arco en un canal muy angosto, aumentando su resistencia hasta lograr su extinción, ver Fig. 3.9.

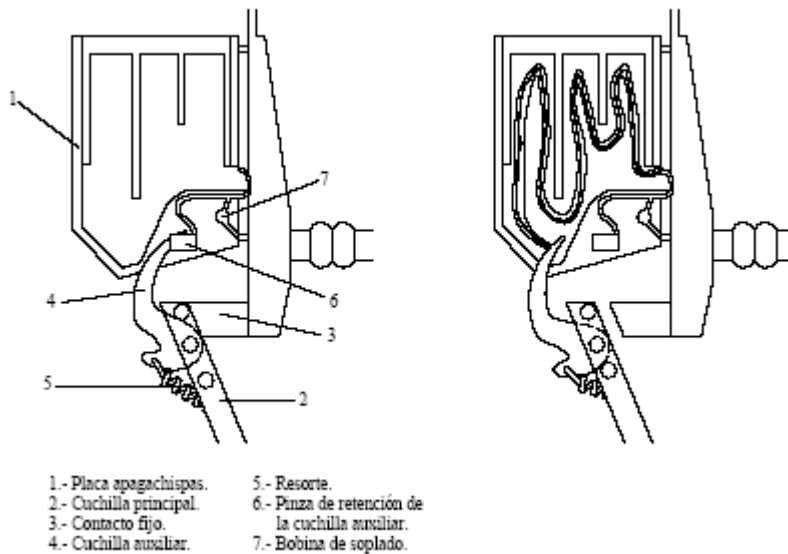


Fig. 3.9 Representación esquemática de la contricción del arco.

Interrupción por baja resistencia o de corriente cero

Este método se emplea para la interrupción de arcos de corriente alterna aprovechando que el arco se extingue por sí solo, 120 veces por segundo en un sistema de 60 Hz, cada vez que la corriente cruza por cero. Este fenómeno se representa en la Fig. 3.10 y es más conocido como HISTÉRESIS DEL ARCO.

A partir de una tensión U_z se inicia el arco (tensión de encendido), la corriente aumenta en la primera mitad del semiperíodo y la tensión de arco disminuye en forma hiperbólica hasta que la corriente alcanza su valor máximo. Posteriormente, la corriente disminuye (segunda mitad del semiperíodo) y la tensión de arco trata de restablecerse. La diferencia entre las tensiones U_z y U_v se debe a la ionización del entrehierro, el cual demanda una tensión inferior ($U_v < U_z$). El semiperíodo siguiente, con signo contrario, causa un efecto similar, obteniéndose así la parte inferior de la curva de histéresis.

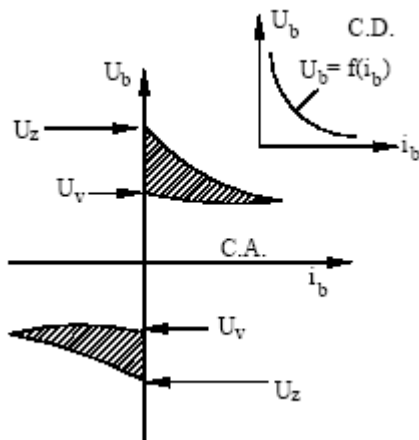


Fig. 3.10 Comportamiento del arco en corriente alterna (Histéresis del arco).

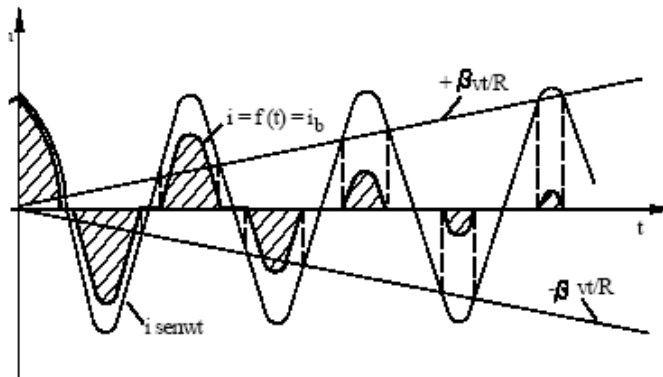


Fig. 3.11 Interrupción de la corriente i en un circuito resistivo de C.A. La corriente de arco i_b denota una componente armónica que varía en función de la frecuencia y otra continua que crece linealmente con el tiempo.

Extinción en corriente alterna

La extinción del arco eléctrico en corriente alterna está relacionado con el cruce por cero de la corriente. La de-ionización o recuperación de la rigidez dieléctrica del entrehierro, inicia en el momento en que el arco se extingue (cuando la corriente cruza por cero). La rigidez crece linealmente en función del tiempo, hasta alcanzar su estabilización.

Si la tensión en el interruptor (U_{senwt}) en algún instante excede a la tensión de recuperación U_r , ocurre un reencendido. En caso contrario, si la tensión de recuperación U_r se incrementa más rápidamente que la tensión en el interruptor, no se produce el reencendido.

Este fenómeno se ilustra en la Fig. 3.12.

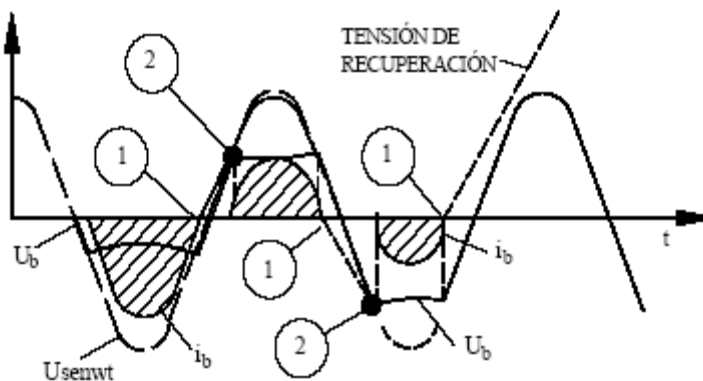


Fig. 3.12 Comportamiento de las tensiones durante el proceso de interrupción.

El comportamiento anterior varía si se considera un circuito inductivo o capacitivo. Estos circuitos son muy importantes, porque los sistemas de transmisión de energía suelen tener reactores en derivación o bancos de capacitores en serie. Además, la desconexión de un transformador operando en vacío representa una inductancia.

En los circuitos inductivos o capacitivos, el cruce por cero de la corriente coincide, según el caso, con el valor máximo de la tensión. En este tipo de circuitos es común que se presenten reencendidos. Esto se debe a que al extinguirse el arco al cruzar la corriente por cero, la tensión del circuito excede a la tensión de recuperación.

Estos circuitos tienen un comportamiento oscilatorio por la presencia simultánea de inductancias y capacitancias. La tensión transitoria tiende a oscilar y puede alcanzar a la tensión de recuperación. Sin embargo, la mayoría de las veces se logra la de-ionización del entrehierro y, por lo tanto, la interrupción exitosa.

2.1.6 TIPOS DE INTERRUPTORES

Conforme se han incrementado las tensiones de operación y las capacidades de corto circuito de los sistemas de potencia, los interruptores de potencia en alta tensión han jugado un papel muy importante en dicho crecimiento. Se han desarrollado diferentes tecnologías, algunas que involucran el uso de medios de interrupción avanzados y continúan siendo estudiadas para lograr equipos más eficientes. Para efectuar la interrupción de corriente, algunos de los primeros diseños de interruptores, simplemente alargaban el arco a través de un par de contactos en aire; posteriormente se incorporaron estructuras de arco, incluyendo algunas con bobinas de soplo magnético, mientras que otros dispositivos usaron como medio de interrupción líquidos tales como aceite.

Con la llegada de las tecnologías de vacío y hexafluoruro de azufre, los diseños antiguos de interruptores han sido rápidamente sustituidos y en la actualidad son considerados como tecnologías obsoletas.

INTERRUPTORES DE SOPLO MAGNÉTICO

El primer diseño de este tipo de interruptor consistió de unas simples cuchillas operadas en aire bajo condiciones atmosféricas. Este diseño tenía una capacidad muy limitada en términos de tensión y de capacidad interruptiva, lo que obligó a desarrollar diseños mejorados que involucraron la inclusión de diferentes componentes cuya función fue mejorar el enfriamiento del arco. El principal componente fue una caja que contenía un número de placas metálicas o aislantes. En esta caja también se incluyó una bobina de soplo magnético, principalmente para aplicaciones de media tensión. Una cámara de arqueo para este tipo de interruptor es una estructura en forma de caja fabricada con materiales aislantes. Cada cámara de arqueo rodea a un polo del interruptor y en algunos casos sirve de estructura para soportar las placas del arqueo. Básicamente existen dos tipos de cámaras de arqueo, las cuales se caracterizan principalmente por el material de las placas de arqueo. En el primer tipo de cámara de arqueo las placas están fabricadas de acero suave o de níquel-cadmio. En este tipo, el arco es guiado hacia dentro de las placas por medio de un par de cuernos de arqueo. Subsecuentemente, el arco es atraído hacia adentro de la cámara de arqueo debido a la fuerza producida por la corriente y la presión de los gases calientes.

El segundo tipo de cámara de arqueo fue la de soplo magnético. Esta cámara fue usada en interruptores para aplicaciones en media tensión, mayores a 15 kV para interrumpir corrientes de falla mayores a 50 kA. De igual forma, usó placas de arqueo aislantes fabricadas con materiales cerámicos tales como óxido de zirconio y óxido de aluminio.

En este tipo de cámara el enfriamiento del arco y su extinción final se efectúa mediante una combinación de procesos. Primero el arco es alargado y forzado a viajar hacia el interior de la trayectoria que se forma por la geometría y ubicación de las placas aislantes y sus ranuras.

La Fig. 5.1 muestra la sección transversal de una cámara de este tipo.

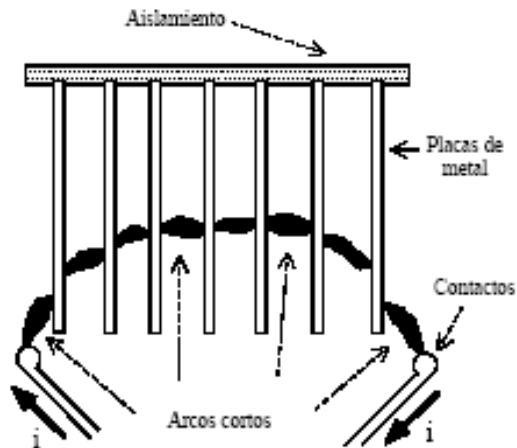


Fig. 5.1 Sección transversal de una cámara de arco de soplo magnético.

INTERRUPTORES DE SOPLO DE AIRE

Esta tecnología fue patentada en 1927 y comercializada en 1940, teniendo un gran éxito en la década de los noventa. En todos los diseños de interruptores de soplo de aire, el proceso de interrupción se inicia por la formación del arco entre dos contactos y simultáneamente, con el inicio del arco, con la apertura de una válvula neumática que produce un soplo de aire a alta presión que alarga la columna del arco, la cual es sometida a los efectos de enfriamiento del flujo de aire.

Dependiendo de la dirección del flujo del aire en relación con la columna del arco, existen tres tipos básicos de orientación del soplo, los cuales son: soplo axial, soplo radial y soplo cruzado, como se puede ver en la Fig. 5.2.

El soplo axial y el radial se usan generalmente para aplicaciones en alta tensión, mientras que el principio de soplo cruzado es usado para aplicaciones de media tensión y para la interrupción de corrientes grandes.

Los interruptores de soplo de aire, además de que utilizan la propiedad que tiene el aire comprimido para extinguir el arco, también emplea el aire producido por la expansión para el mando de los interruptores. La extinción del arco por aire comprimido puede utilizarse para todas las tensiones y para todas las capacidades de interrupción.

El proceso de interrupción por soplo de aire depende del enfriamiento turbulento y, por lo mismo, en ella influye la configuración aerodinámica de las toberas, los pasajes o conductos para el flujo del aire y de masa. El aire comprimido es un aislante excelente y se le fuerza hacia el arco en el instante de separación de los contactos.

El aire comprimido arrastra al arco a través de la tobera y ésta ayuda a expulsar el gas caliente y los productos del arqueo, hacia la atmósfera.

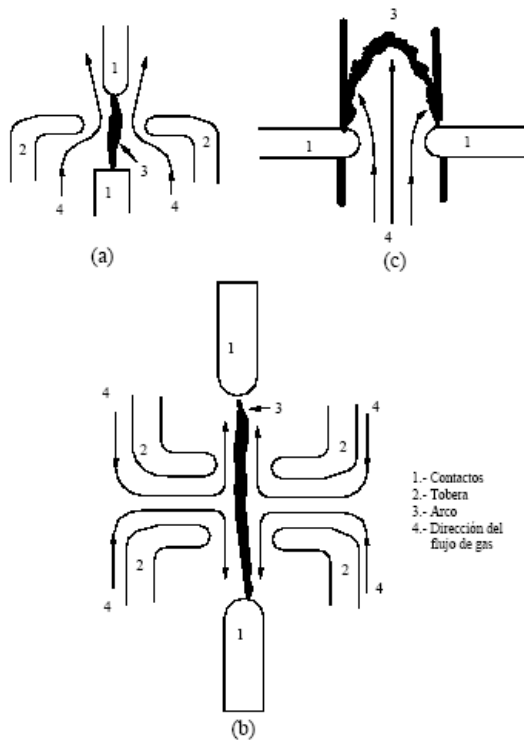


Fig. 5.2 Dirección de soplo de aire (a) dirección axial, (b) dirección radial y (c) dirección transversal o sección de soplo.

INTERRUPTORES SIMPLES DE INTERRUPCIÓN EN ACEITE

El primer interruptor en aceite fue diseñado y construido en los Estados Unidos en 1901, fue instalado en un sistema de 40 kV y fue capaz de interrumpir entre 300 y 400 A. El diseño consistía de dos barriles de madera llenos de una mezcla de aceite y agua. Los contactos eran dos navajas verticales que conectaban unos contactos fijos para cerrar el circuito.

Desde entonces, este diseño se fue refinando y mejorando pero mantuvo sus características de simplicidad en la construcción y su capacidad para interrumpir corrientes grandes.

Los primeros diseños de interruptores en aceite no contaban con dispositivos especiales para contener el arco o para mejorar el proceso de extinción del arco. En los primeros diseños, el arco era simplemente confinado en las paredes de un tanque con aceite, donde el proceso de extinción estaba acompañado por (a) elongación del arco, (b) por el incremento de presión producida por el calentamiento del aceite en la región del arco y (c) por la turbulencia natural que se genera por el aceite caliente. El concepto de este tipo de interruptor en aceite se muestra en la Fig. 5.4.

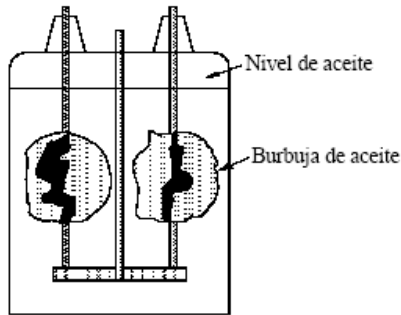


Fig. 5.4 Interruptor simple de interrupción en aceite.

Para lograr una interrupción exitosa en esas condiciones, era necesario generar un arco relativamente largo. Sin embargo, eran difíciles de controlar, y en la mayoría de los casos resultaban periodos de arqueo muy largos. Las combinaciones aleatorias de arcos largos, que se traducen en altas tensiones de arcos acompañados por tiempos largos de arqueo, hacen impredecible la energía de arco que tiene que ser controlada y extinguida por el interruptor. Esto hacía imposible diseñar un dispositivo que pudiera manejar un amplio e indefinido rango de energía. La aplicación de este tipo de interruptores estuvo limitada a sistemas de 15 kV y corrientes de falla hasta 200 A.

El desarrollo de las cámaras de extinción constituyó el avance más significativo en el desarrollo de los interruptores en aceite. El principal cambio al primer diseño fue la inclusión de una olla de explosión, la cual es un contenedor cilíndrico fabricado de material aislante mecánicamente resistente.

El arco se forma a través de los contactos, pero con la diferencia de que ahora está dentro de la cámara interruptiva, por lo que las burbujas de hidrógeno están también dentro de la cámara. Conforme los contactos se mueven y tan pronto como la varilla de contacto móvil se separa del orificio en el fondo de la cámara, se produce una salida similar a una tobera que libera el hidrógeno atrapado dentro de la cámara interruptiva, como se ve en la Fig. 5.5.

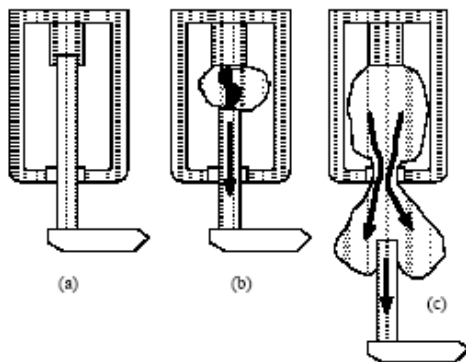


Fig. 5.5 Perfil de la cámara de explosión de un interruptor de aceite. (a) Contactos cerrados, (b) Inicio de apertura y de arco, (c) Escape del gas.

INTERRUPTORES EN GRAN VOLUMEN DE ACEITE

La característica principal de este tipo de interruptores es que utiliza el aceite como medio aislante e interruptivo. Este interruptor pertenece al diseño original de interruptores en aceite.

Para cumplir con las necesidades aislantes del equipo, dependiendo de la tensión de aplicación, se deben de considerar distancias entre las partes vivas del dispositivo y el tanque aterrizado que contiene el aceite aislante. Por lo tanto, este tipo de diseño requiere tanques y volúmenes de aceite muy grandes.



Interruptor trifásico en gran volumen de aceite con un solo tanque clase 34.5 kV.



Interruptor trifásico en gran volumen de aceite con un tanque por polo. Marca Westinghouse, tipo 242GW40, clase 242 kV, 1600 A y 40 kA de capacidad interruptiva y mecanismo neumático.

INTERRUPTORES EN PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE

Debido a la necesidad de reducir espacio por los altos costos del terreno, a la escasez y al precio del aceite, se desarrolló en Europa el interruptor en pequeño volumen de aceite, que utiliza volúmenes de aceite mucho menores que el de gran volumen. Estos interruptores ocupan aproximadamente el 2 % de aceite de un interruptor de gran volumen de aceite para los mismos valores nominales de tensión y capacidad interruptiva.

La principal diferencia entre estos, es que el interruptor en pequeño volumen usa el aceite sólo como medio interruptivo y tiene materiales aislantes sólidos para propósitos dieléctricos, mientras que en los de gran volumen el aceite sirve para ambas funciones.

En el interruptor en pequeño volumen de aceite, cada fase tiene su propia cámara, la cual está a potencial de la línea. La parte viva y tierra están aisladas mediante soportes aislantes, lo cual clasifica a éste como un interruptor de tanque vivo. La Fig. 5.9 muestra un interruptor de pequeño volumen de 115 kV.

Debido al pequeño volumen de aceite utilizado en estos interruptores, se presenta una carbonización muy rápida por la interrupción de fallas y, por lo tanto, se requiere de un mantenimiento más frecuente que en los de gran volumen. Si el mantenimiento no es efectuado en el tiempo requerido, puede presentarse degradación interna en las superficies aislantes de la cámara interruptiva, lo cual puede provocar una falla catastrófica. Esta es la principal desventaja y una de las razones del uso limitado de estos interruptores.



Interruptor en pequeño volumen de aceite marca Sprecher & Schuh de 115 kV con mecanismo de resorte.

INTERRUPTORES EN SF₆

Interruptores de dos presiones en SF₆

El primer interruptor en SF₆ diseñado para aplicación en alta tensión fue comercializado en 1959 por la compañía Westinghouse.

El diseño original de este tipo de interruptores fue una modificación a la tecnología de los interruptores de soplo de aire. Esta modificación consistió en agregar una trayectoria cerrada para los gases de escape. El aire fue sustituido por gas SF₆ a alta presión, el cual era liberado por una válvula de soplo a través de una tobera a un recipiente de baja presión en lugar de ser liberado a la atmósfera. El gas SF₆ era reciclado a través de filtros, comprimido y almacenado en un recipiente de alta presión para ser utilizado en operaciones subsecuentes.

Los mecanismos de operación de los interruptores de dos presiones en SF₆ fueron prácticamente los mismos que se usaron para interruptores en aceite con ligeras modificaciones o adaptaciones. Esto debido a que la industria estaba acostumbrada a la tecnología en aceite, lo que facilitó la aceptación de los interruptores de dos presiones en SF₆.

El interruptor de dos presiones en SF₆ se fabricó en versiones de un solo tanque y tres tanques dependiendo de la tensión nominal.

Una de las ventajas de los interruptores de dos presiones es el uso de mecanismos de operación de baja energía comparado con el mecanismo de los interruptores de soplo de una presión. Sin embargo, desde el punto de vista de energía total, se debe de considerar la energía que se gasta en comprimir el gas para almacenaje y la energía adicional que se requiere para prevenir la licuefacción del SF₆ a bajas temperaturas ambientales.

El problema de licuefacción que se presenta abajas temperaturas fue la desventaja principal de este tipo de interruptores, por lo que se requería el uso de calefacción. Otras de las desventajas son: los grandes volúmenes de SF₆ requeridos, las altas tasas de fugas debido a las altas presiones de operación y la complejidad del diseño debido al uso de válvulas de soplo.

2.1.6.1 PRIMERA GENERACIÓN DE INTERRUPTORES EN SF₆

Interruptores de soplo de una presión

A los interruptores de soplo de una presión se les conoce como la primera generación de interruptores de potencia. Se dice con frecuencia que estos interruptores pertenecen a la familia de los interruptores de soplo o a la familia de los interruptores de autosoplado, siendo que en realidad, todos los interruptores de una presión miembros de la familia de los interruptores de autosoplado.

La diferencia más notable entre esos dos tipos de interruptores es que, en los interruptores de soplo, la energía mecánica proporcionada por el mecanismo de operación también se utiliza para comprimir el gas, mientras que los interruptores de autosoplado, usan la energía calorífica liberada por el arco para incrementar la presión del gas.



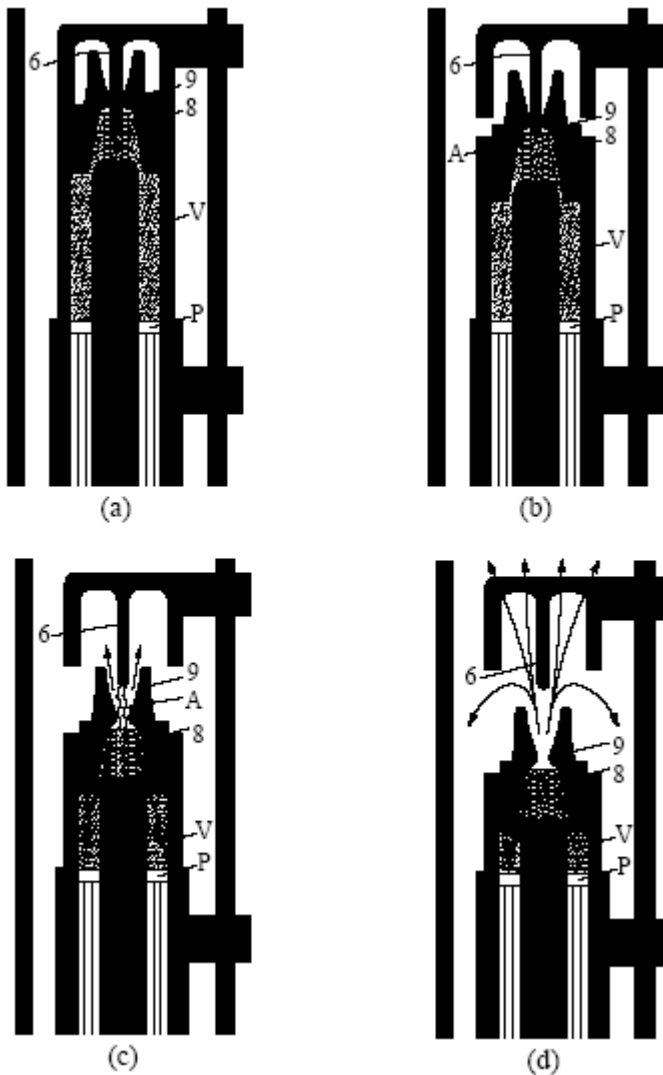
Interruptor tipo soplo en SF₆, tanque vivo, marca IMEX, tipo 3AS2, 245 kV, 2000 A y 40 kA de capacidad interruptiva con mecanismo hidráulico.



Interruptor tipo soplo en SF₆, tanque muerto, marca Alstom, tipo DT1-145F1 de 145 kV, 2000 A, 40 kA de capacidad interruptiva con mecanismo de resorte.

Interruptores de sopro

La característica principal de los interruptores de sopro es que en la cámara interruptiva tienen ensamblado una combinación de pistón y cilindro como parte de la estructura de los contactos móviles. La secuencia de operación se muestra en la Fig. 5.15.



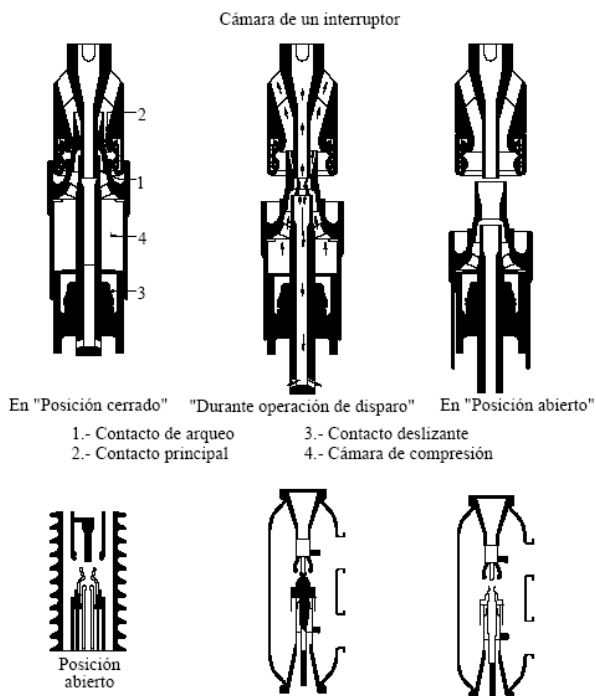
Principio de funcionamiento del interruptor de sopro. (a) Interruptor cerrado, (b) Inicio de la apertura de los contactos principales, (c) Arqueo en la separación de contactos e inicio de flujo de gas, (d) Interrupción completa.

2.1.6.2 SEGUNDA GENERACIÓN DE INTERRUPTORES EN SF₆

Los fabricantes de interruptores desarrollaron la segunda generación de interruptores concentrándose básicamente en:

- Incrementar la capacidad interruptiva de las cámaras.
- Mejorar la comprensión de las diferentes técnicas de interrupción.
- Incrementar la vida útil de los contactos de arqueo.
- Reducir la tasa de degradación de las toberas usando diferentes materiales para construirlas.

Según el fabricante, los diseños de interruptores en SF₆ son virtualmente libres de mantenimiento. Esto significa que los componentes, tales como contactos de arqueo y toberas de las cámaras interruptivas están diseñados para cumplir con una larga vida de servicio. La mayoría de los contactos de arqueo son fabricados con puntas de aleación de cobre-tungsteno. La tasa de erosión de esas puntas depende del tamaño del grano de tungsteno, de la relación de cobre-tungsteno, del proceso de sinterizado y de las técnicas de producción. En la selección de una aleación óptima de cobre-tungsteno es necesario considerar la tasa de erosión de las puntas y la emisión de vapor de cobre, la cual tiene influencia en la recuperación del entrehierro de los contactos. La tobera es el componente más importante de un interruptor de soplo. La característica de extinción de un interruptor está gobernada por la geometría de la tobera, tamaño, forma y tipo de material. Las toberas que usan los interruptores de la segunda generación se clasifican en toberas largas y cortas.



Secciones transversales de las cámaras interruptivas usadas en la primera y segunda generación de interruptores de SF₆

2.1.6.3 TERCERA GENERACIÓN DE INTERRUPTORES EN SF6

Los interruptores de soplo requieren del mecanismo para proporcionar energía para mover el cilindro de la cámara a velocidades en el rango de 6 a 9 m•s⁻¹.

El movimiento del cilindro comprime el gas SF6 generando un incremento de presión en la tobera, debido a la compresión y al calentamiento del gas por el arco, que extingue los arcos asociados a las diferentes tipos de fallas. Este proceso tiene como resultado la generación de impulsos complejos y poderosos, los cuales aplican grandes fuerzas de reacción en amortiguadores, sellos, juntas, estructuras y bases afectando la confiabilidad y costo de un interruptor. Las experiencias en este rubro a nivel mundial en las últimas dos décadas dictan que la mayoría de las fallas en interruptores son de origen mecánico. Debido a esto, los fabricantes de interruptores han dirigido sus esfuerzos a producir interruptores simples con mecanismos confiables y económicos. Para lograr esto, han atacado el problema fundamental de reducir las fuerzas en el mecanismo durante la apertura. Este trabajo ha conducido al desarrollo de la tercera generación de interruptores, los cuales son básicamente los mismos interruptores que la segunda generación, con las siguientes mejoras al diseño las cuales son más económicas comparadas con las dos generaciones anteriores de interruptores.

a) Se ha logrado una reducción del 10 al 20% en la energía requerida mediante la optimización del diseño de la cámara interruptiva, la cual asegura que la duración máxima para la corriente más alta no exceda a 21 ms.

b) Se ha logrado una reducción del 50 al 60% en la energía mecánica mediante el uso del arco para calentar el gas SF6, generando suficiente presión para extinguirlo y ayudar al mecanismo durante la apertura.

INTERRUPTORES EN VACÍO

Los interruptores en vacío toman ventaja del vacío debido a sus excepcionales características dieléctricas y a sus capacidades de difusión como medio interruptivo. Los primeros dispositivos de interrupción se comercializaron en la década de los cincuenta por la compañía Jennings y fue hasta 1962 cuando la compañía General Electric introdujo al mercado el primer interruptor en vacío para media tensión.

El interruptor de vacío es básicamente una botella o cámara de cerámica sellada de por vida. Las cámaras en vacío se fabrican por dos métodos. La diferencia entre estos son principalmente los procedimientos para unir y para generar el vacío en las cámaras.

2.2 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE CONVENCIONALES (TC's)

2.2.1 TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO

Los transformadores de instrumento son parte esencial de un sistema eléctrico de potencia (SPE), pues están destinados a alimentar aparatos de medición, protección o similares. Tienen como función principal reducir a valores normales y no peligrosos, los valores de tensión y de corriente del sistema de alta tensión, con el fin de permitir el empleo de aparatos de medición normalizados, que resultan más económicos y sin peligro al operarse, al quedar aislados de la alta tensión.

Así, voltajes y corrientes primarias son transformadas en magnitud, a valores secundarios para usarse en medidores, relevadores y otros dispositivos de medición diseñados a valores usuales de 120 volts o 5 amperes.

Se tienen 2 tipos de transformadores para medición: transformadores de corriente (TC's), usados para medición de corriente y transformadores de potencial (TP's), usados para medición de tensión, ambos tipos sirven de aislamiento entre la alta tensión del circuito a medir y la baja tensión de los aparatos de medición por lo que también son para protección hasta cierto punto.

Los transformadores de potencial, son inductivos, es decir, que la transformación de tensión se realiza por inducción magnética.

Por otro lado, los transformadores de corriente pueden estar contruidos con uno o varios devanados, según las necesidades particulares de la instalación. Los transformadores son provistos con un solo devanado, cuando alimentan un solo aparato, teniendo una función bien definida por ejemplo: medición o protección.

Cuando son provistos con núcleos separados, cada devanado alimenta los aparatos que tengan una función definida, por ejemplo: un TC que tenga tres o cuatro devanados, puede alimentar tres o cuatro circuitos de carga diferentes, respectivamente.

Existen además, algunos dispositivos especiales tales como los divisores de potencial capacitivos (DPC's), que sustituyen al transformador de tensión, y son usados para tensiones superiores a 220 KV, estos DPC's se conectan a las líneas de alta tensión a través de capacitores de acoplamiento para suministrar una señal de baja tensión para la operación de instrumentos de medición y protección, por ejemplo: los divisores capacitivos de potencial son empleados para reducir los valores de tensión (400 KV) de las instalaciones de alta tensión de la subestación de 400 KV, a un valor normal y no tan peligroso (115 o 69 V), indispensable para alimentar a los instrumentos de medición y de protección de los equipos instalados en la subestación y en casa de máquinas.

Físicamente el DPC, es un ensamble de uno o varios módulos de capacitores montados sobre un gabinete que contiene al transformador, al reactor de compensación, a la cuchilla de puesta a tierra, al calefactor y a los circuitos de protección.

Cuando se equipa con accesorios CARRIER (como en nuestro caso), se incluyen también en el gabinete, las bobinas de drenaje, los cuernos de arqueo y una cuchilla de puesta a tierra del CARRIER.

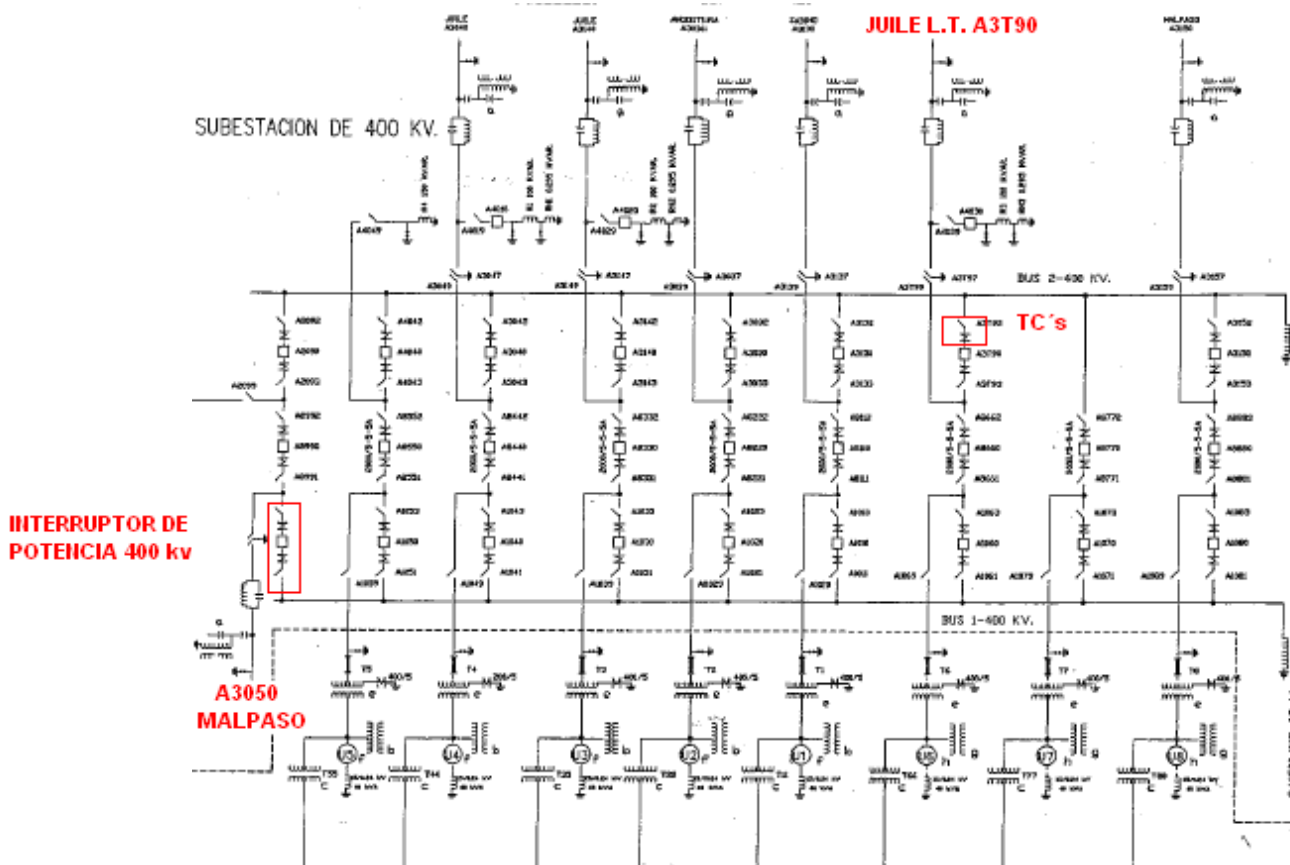
El principio de funcionamiento de los transformadores de instrumento es idéntico al de los transformadores de potencia.



TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC) 400 KV

3.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

3.1.1 IDENTIFICACIÓN DEL AREA DE 400 KV



El diagrama unifilar nos indica claramente el área de 400 KV de la subestación Chicoasén en el cual se llevo a cabo el proyecto de sustitución de interruptores de potencia y transformadores de corriente convencionales.

El interruptor de potencia que será sustituido en la línea L.T. A3050, Chicoasén-Malpaso, es de marca AEG y el transformador de corriente convencional será sustituido en la L.T. A3T90 Chicoasén – juile.

3.1.2 Interruptores instalados en la S.E. “Manuel Moreno Torres”.

NO. DE INT	VOLTAJE NOM. EN KV	CAPACIDAD INT. EN KA	CORRIENTE NOMINAL
I-A1010	420	40	2500-2000
I-A8110	420	40	2500-2000
I-A3130	420	40	2500-2000
I-A1020	420	40	2500-2000
I-A8220	420	40	2500-2000
I-A3030	420	40	2500-2000
I-A1030	420	40	2500-2000
I-A8330	420	40	2500-2000
I-A3140	420	40	2500-2000
I-A1040	420	40	2500-2000
I-A8440	420	40	2500-2000
I-A3040	420	40	2500-2000
I-A1050	420	40	2500-2000
I-A8550	420	40	2500-2000
I-A8880	420	40	2500-2000
I-A3150	420	40	2500-2000
I-A3050	420	40	2500-2000
I-A8990	420	40	2500-2000
I-A2090	420	40	2500-2000
AMPLIACIÓN 2ª ETAPA.			
I-A1060	420	40	2500
I-A8660	420	40	2500
I-A3T90	420	40	2500
I-A4030	420	40	2500
I-A1070	420	40	2500
I-A8770	420	40	2500
I-A1080	420	40	2500

En la subestación eléctrica Manuel Moreno Torres, se encuentran instalados un total de 45 interruptores en las áreas de 400, 115 y 13.8 KV (unifilarmente hablando).

Estos interruptores se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

NUM. DE INTERRUPTOR	NUMERO DE BAHIA
I- A1010, A8110, A3130	1
I- A1020, A8220, A3030	2
I- A1030, A8330, A3140	3
I- A1040, A8440, A3040	4
I- A1050, A8550	5
I- A1060, A8660, A3T90, A4030	6
I- A1070, A8770	7
I- A8880, A3150, A1080	8
I- A3050, A8990, A2090	9

3.1.2.1 Características del interruptor de potencia de 400 KV L.T. A3050

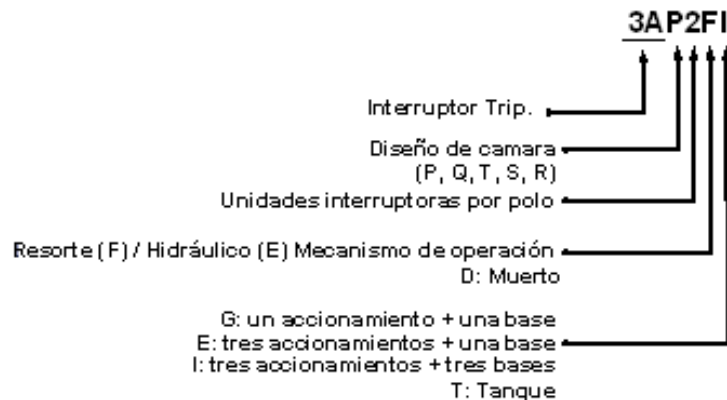
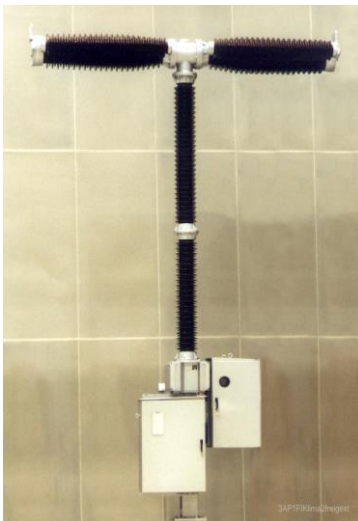
NUMERO DEL INTERRUPTOR	NUMERO DE SERIE
I-A2090	305992
I-A8990	305993
I-A3050	305994

Estos interruptores pertenecen a la bahía 9 y presentan las siguientes características:

MARCA:	AEG
TIPO:	S2-420 1021 1985 305993C
TENSION NOMINAL:	420 KV
TENSION DE CHOQUE	1550 KV
FRECUENCIA NOMINAL	60 Hz
INTENSIDAD NOMINAL	2500 AMPS
INTENSIDAD DE CORTE	40 KAMPS
PRESION SF6 MAX/MIN	Pe 7/6 BAR
PRESION DE SERVICIO	35 BAR
SECUENCIA NOMINAL	A-0.3 s-CA .3 MIN. CA.
TIEMPO MAXIMO DE INTERRUPCION:	0.05 SEG.
TENSION AUXILIAR/INTERRUPTOR	250 V.C.C.
MOTOR 4 HILOS 60 Hz 254/440 V.	
PESO POR POLO APROX.	2145 KG.

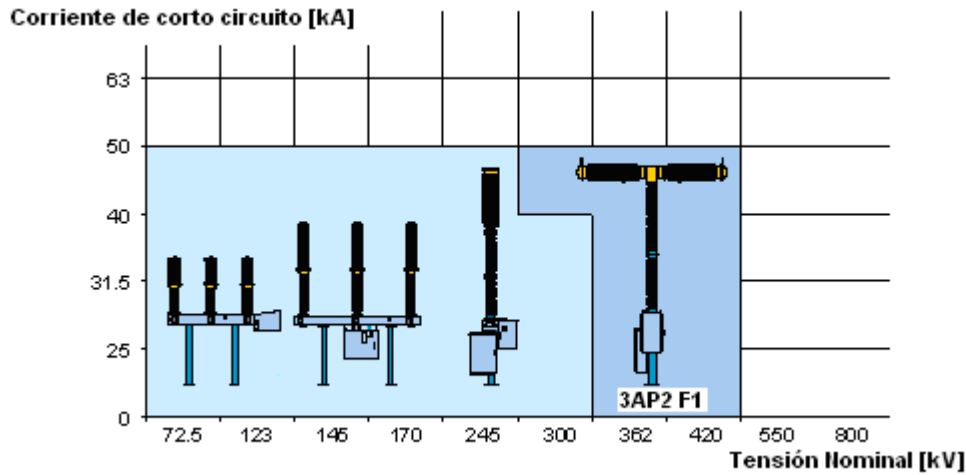
3.1.3 Características del nuevo interruptor de potencia marca SIEMENS de 400 KV.

Datos técnicos



Interruptor de tanque vivo, Modelo 3AP2-FI/420 Kv

Valores Nominales



Datos Técnicos

Type	3AP2	Modelo	3AP1	3AP2
Tensión Nominal [kV]	420	Tensión [kV]	72.5/146/245/300	420
Corriente Nominal, hasta [A]	5000	Frecuencia [Hz]	50/60	
Corriente de corto circuito [kA]	50	Corriente [A]	2500/3150/4000	5000
Tensión nominal a frecuencia industrial (1 min) [kV]	610	Corriente de corto circuito [kA]	31.5/40/50	50
Tensión de impulso de rayo (1.2/50 µs) [kV]	1425	Temperatura de Operación [°C]	-30 to +55	
Tensión de impulso de maniobra (250/2500 µs) [kV]	1050	Tensión transitoria de restablecimiento Asignada por fallas en bornes (TRV).	VDE, IEC	
		Corriente de cierre en corto circuito [kA]	82/104/125	125
		Duración de corto circuito [s]	3	
		Ciclo de operación	O - 0.3 s - CO - 3 min - CO (IEC) CO - 15 s - CO (ANSI)	

Datos Dieléctricos

Modelo	3AP2	
Tensión [kV]	420	
Tensión nominal a frecuencia industrial [kV]	Fase / tierra	610
	Tramo de ruptura	610
	Entre fases	610
Tensión de impulso por rayo [kV] (1.2/50 µs)	Fase / tierra	1425
	Tramo de ruptura	1425
	Entre fases	1425
Distancia en aire [mm]	Fase / tierra	3400
	Tramo de ruptura	2x1600
	Entre fases	≥3600
Distancia de fuga mínima [mm]	Fase / tierra	10375
	Tramo de ruptura	10500

Datos mecánicos

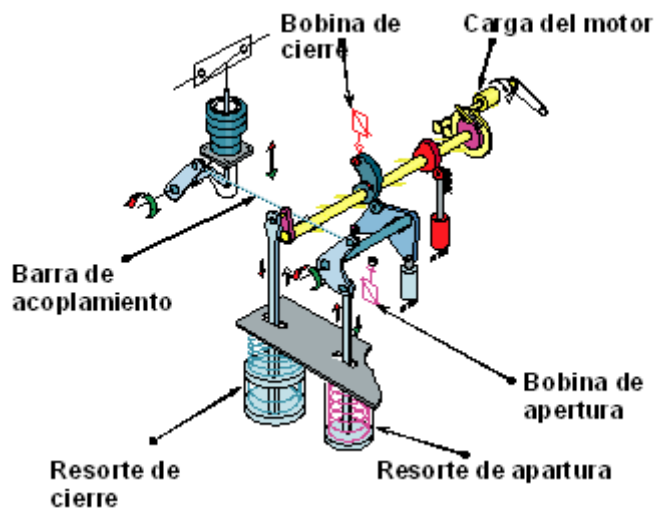
Modelo	3AP2	
Tensión nominal [kV]	420	
Tiempos de operación	Bobina Normal rápida	
Tiempo de cierre [ms]	63 ± 8	54 ± 8
Tiempo de apertura [ms]	37 ± 4	28 ± 3
Tiempo de arco [ms]	≤ 19	≤ 19
Tiempo de interrupción [ms]	≤ 60	≤ 50
Tiempo mín. comando [ms]	80	80
Tiempo cierre-apertura [ms]	63 ± 8	54 ± 8
Tiempo muerto [ms]	≥ 281	≥ 281

Datos técnicos-medio de extinción SF6

Modelo	3AP2	
Tensión nominal [kV]	420	
Masa por interruptor [kg]	39	
Volumen por interruptor [l]	848	
Material filtrante por polo [kg]	2.5	
Valores de presión a 20°C		
Presión nominal [MPa]	0.60	
Alarma "pérdida de gas SF ₆ " [MPa]	0.52	
Bloqueo general por SF ₆ [MPa]	0.50	
Presión mínima para operación mecánica [MPa]	0.30	

Mecanismo de operación

Mecanismo de energía almacenada por resorte



3.1.4 Sustitución de interruptores de potencia

3.1.4.1 Obra Civil



Después de desmontar el viejo interruptor de potencia se procede a construir las bases de concreto donde va ir montado el nuevo interruptor SIEMENS. Son reforzadas las bases de las tres fases.

3.1.4.2 Montaje del interruptor de potencia



1. Con ayuda de la grúa TITAN se monta la base del interruptor, personal de la empresa alemana SIEMENS hace el reapriete de tornillería.

2. Cámaras del interruptor.



3. Las 3 fases montadas.



**3 FASES
MONTADAS
L.T. A3050**

3.1.5 Vacío y llenado del interruptor de potencia

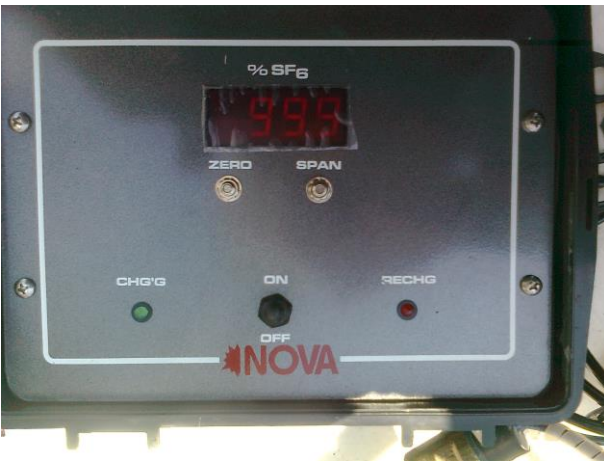


Se procede a hacer el vacío y llenado del interruptor de potencia, con ayuda de la maquina de manejo y mantenimiento de SF6. En el interruptor existe aire natural en la parte de la T y en la base menos en los capacitores. Primero es el vacío para que no quede aire natural dentro del interruptor y luego se procede al llenado.

Marca de la maquina: DILO

3.1.6 Pureza de SF6 del interruptor

Este equipo nos sirve para probar la pureza del gas SF6 del interruptor, antes de hacer esta prueba se calibra el equipo a un 99.9 %. El equipo utilizado es kNOVA.



3.1.7 Alambrado del interruptor



3.1.8 Pruebas al interruptor de potencia

Antes de que entre en servicio el interruptor de potencia de 400 kv se le hacen las siguientes pruebas:

- **Tiempos de operación (simultaneidad, disparidad)**

Equipo utilizado: TDR9000

- **Factor de potencia**

Equipo utilizado: M4100

Esta prueba se le hace alas cámaras del interruptor

- Perdidas (miliwatts)
- Capacitancia

- **Resistencia de aislamiento**

Equipo utilizado: Vanguard

Esta prueba es en cámaras y columnas del interruptor.

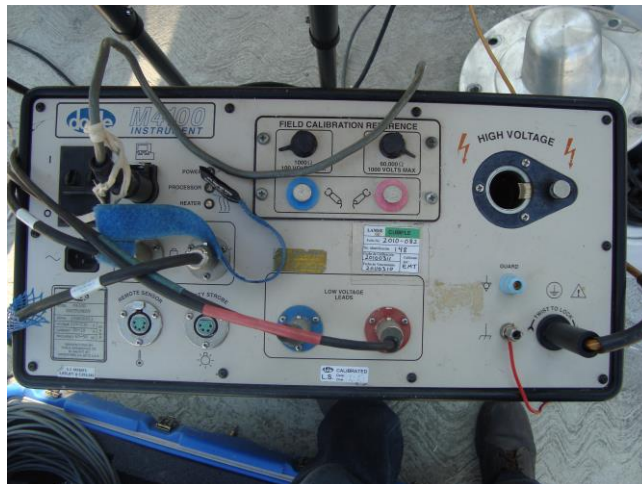
- **Resistencia de contactos**

Equipo utilizado: Probador de resistencia de contactos

Marca: DV POWER



Vanguard



Factor de potencia

3.1.9 DATOS DE PLACA DEL INTERRUPTOR DE POTENCIA MARCA SIEMENS MODELO 3AP2-FI-420

SIEMENS		CFE
		No. Contrato: 700314310
INTERRUPTOR DE POTENCIA Modelo 3AP2-FI-420	Mes y Año de Fabricación: 05/2010	
	No. serie: 43213045	
Tensión nominal	420 kV	
Tensión de aguante al impulso por rayo	1425 kV	
Tensión de aguante al impulso por maniobra	1050 kV	
Frecuencia nominal	60 Hz	
Corriente nominal	2000 A	
Corriente de interrupción de corto circuito	40 kA	
Corriente sostenida de corta duración (1s)	40 kA	
Corriente nominal de interrupción en oposición de fases	10 kA	
Factor de primer polo	1.3	
Distancia mínima de fuga	25 mm/kV II	
Nivel de contaminación:	ALTO	
Secuencia nominal de operación:	A-0.3 seg-CA-3 min-CA	
Tiempo máximo de interrupción	50 ms	
Valor prototipo de resist. ohmica del circ. ppal.	56.5 $\mu\Omega$	
Valor de capacitancia por capacitor de gradiente	1500 pF	
Presión del SF6 a 20°C	0.60 MPa	
Presión de alarma de SF6 a 20°C	0.52 MPa	
Presión de bloqueo de SF6 a 20°C	0.50 MPa	
Masa por polo del interruptor	1865 kg	
Masa total del interruptor	5700 kg	
Carga total de gas SF6	44.2 kg	
Valor nominal alimentación de los circuitos auxiliares	Tensión de control	250 VCD
	Tensión de motor	440/254 VCA
	Tensión de calefacción	220/127 VCA
Tipo de mecanismo	Resorte 0.5 g	

3.1.10 CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE CONVENCIONALES (TC'S) 400KV

Características de los TC's convencionales de 400 KV, este equipo primario va ser sustituido por un Transformador de Corriente óptico (TC's óptico).

A3T92

TIPO:		CA-
No. SERIES:		
FASE A: FASE B: FASE C:	0200374/10 0200374/11 0200374/12	
NORMA:	IEEE/IEC	
No. PEDIDO:	PIF/006/2000	
FRECUENCIA:	60 Hz	
MASA TOTAL:	1200 Kg	
VOLUMEN DE ACEITE:	285 LTS	
TENSIÓN NOMINAL:	420 KV	
RELACION:	2000/5/5/5	
FSCT:	1.2	
In. NBI/BIL	1425/1050	
I. Ter/I. Th.	40 KA 1 s	
I. din./I. Dyn.	100 KA	
BORNES SEC.		
S1-S2	S3-S4	S5-S6
CARGA: B0,1...B4	B4,0	B8,0
CLASE: 0.3	C-400	C-800
DISTANCIA DE FUGA: 13 315 +/- 5%		
ALTITUD DE OPERACIÓN:		

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

3.1.11 Características del Transformador de Corriente Óptico



El Transformador de Corriente Óptico de ARTECHE se presenta como una alternativa a los actuales transformadores de corriente convencionales, ofreciendo una solución de medición avanzada para aplicaciones tanto de medida como de protección y basada en una tecnología óptica patentada. Algunas de las principales características del transformador de corriente óptico son:

- Extenso ancho de banda, capaz de medir corrientes tanto CC como CA hasta el armónico 100 y superiores.
- Precisión de medida IEC 60044-8 Clase 0.2.
- Rango dinámico ilimitado.
- Salida compatible con protocolo IEC 61850-9-2 LE sin necesidad de utilizar una merging unit.
- Dimensiones y peso reducidos.
- No requiere mantenimiento y ofrece una vida útil más prolongada.
- Evita modos de fallo de tipo explosión y situaciones de secundario abierto.
- Aislamiento sólido sin necesidad de utilizar aceite o gas SF6. Respeta el medio ambiente.

Fibra óptica de seguridad

El uso de controles, ajustes o procedimientos distintos a los especificados puede provocar una exposición peligrosa a la radiación.

- Asegúrese de que desactive todas las fuentes cuando se están limpiando las interfaces ópticas.
- Bajo ninguna circunstancia mirada en el extremo de un dispositivo óptico conectado a las salidas óptica cuando el dispositivo está en funcionamiento. La radiación óptica no es visible para el ojo humano, pero puede dañar seriamente la visión.

Seguridad Eléctrica

Este equipo está diseñado para ser conectado a la tensión eléctrica peligrosa. Haciendo caso omiso de las precauciones de instalación y advertencias puede ocasionar graves lesiones personales o daños al equipo.

- Toda la instalación, mantenimiento y servicio deben ser realizados por técnicos cualificados que estén familiarizados con las advertencias y las instrucciones de este manual.
- Siempre siga todos los procedimientos de seguridades locales y de las plantas.
- El servicio deberá ser realizado por técnicos cualificados.

- No coloque bajo el agua, o sumerja ninguna parte de la unidad.
- El uso del equipo en una manera no especificada por el fabricante puede poner en peligro la protección prevista en su interior. Smart Óptica Digital no se hace responsable por el fracaso del cliente para cumplir con las normas y requisitos establecidos en este manual

Descripción

El SA1T CA HV sistema óptico del sensor de corriente se compone de una cabeza de sensor óptico y un módulo de terminales electrónicos. La cabeza del sensor está instalado en serie con la corriente principal en el alto potencial. El módulo de terminales se ha instalado en la sala de control de la subestación y las interfaces con la cabeza del sensor con un cable único modo dúplex de fibra óptica. Una selección de opciones de interfaz está disponible para conectar el módulo de terminales a los equipos de subestaciones secundarias.

Beneficios

-Rendimiento

- a. No hay efectos de saturación
- b. Rango dinámico extendido
- c. Configuración del usuario de la ampliación de la salida analógica
- d. Potencia mínima necesaria para el funcionamiento
- e. No hay peligro para el personal del circuito secundario abierto liquidación
- f. No hay peligro para el personal de la falta explosivos

-Soluciones Personalizadas de ahorro de espacio

- Ocupa mucho menos espacio que el TC convencional
- Mucho más ligero que el TC convencional

-Flexibles opciones de interfaz digital

- a. Estándar de 5V salida analógica
- b. IEC 61850-9-2
- c. Otras opciones de interfaz disponibles bajo petición

-simple instalación

Cabezal de sensor



La cabeza del sensor es un dispositivo totalmente pasivo:

- No requiere mantenimiento.
- Proporciona una vida más larga.
- Impide que los modos de fallo explosivos o secundario abierto situaciones.
- No usar núcleos magnéticos se evitará el efecto de resonancia Ferro y con límites de saturación.

Estandarizada común de telecomunicaciones modo dúplex sola fibra óptica se utiliza para la conexión entre la cabeza del sensor y el terminal del módulo (inteligente hace SD3TM):

- En el campo de música de instalación fulfil requisitos lled por el personal que tiene competencias básicas, y los componentes y herramientas comunes.
- No hay límites de distancia entre la cabeza del sensor y el terminal módulo.
- Sólidos aislamiento. No utiliza gas SF6 o aceite, no se requiere para el aislamiento. Respetuoso del medio ambiente.
- Aislamiento galvánico completo de las líneas de alta tensión, la prevención de metros por microprocesador y relés de sobrecargas.

La cabeza del sensor se coloca en serie con el curent primaria. Contiene un conductor primario integrado con la fibra óptica y una red óptica pasiva de procesamiento de señales. Las interfaces de la cabeza del sensor con un módulo de terminales electrónicos instalado en la sala de control de la subestación, que procesa las señales ópticas a partir de la cabeza del sensor y hace que la medición de corrientes disponibles a través de una variedad de flexibles opciones de interfaz.

La interfaz entre la cabeza del sensor y el módulo de la terminal electrónica consiste en un cable de fibra óptica monomodo duplex. Normalmente, esta fibra óptica se lleva de la cabeza del sensor a tierra en un enlace de fibra óptica de polímero HV, a continuación, volver a la sala de control en un cable de fibra óptica estándar diseñado para uso en exteriores.

Módulo terminal



Módulo terminal (inteligente hace SD3TM)

- El módulo de terminales SD3TM es un montaje en rack de unidad en su norma versión, pero también está disponible como una unidad de montaje en la pared bajo petición.
- La fuente de alimentación opcional 24 VDC o 100 a 150 Vcc como específicamente ed con el pedido.
- El SD3TM está diseñado para procesar las mediciones actuales procedentes de tres sensores diferentes cabezas gracias a la óptica, salidas y entradas disponibles. Es decir, uno por cada fase. La óptica conectores FC / APC tipo.
- Después de procesar las corrientes medidas, el SD3TM es capaz de proporcionar tanto, las interfaces convencionales eléctricos y 61850-9 a - 2 LE interfaz óptica para el usuario.

El módulo de la terminal está disponible ya sea como una unidad de montaje en pared o montaje en rack de la unidad. La fuente de alimentación opcional 24VDC o 100-150 V CC como se especifica en el pedido. Las conexiones del bloque de terminales se muestran en la Figura 2. El diagrama que se muestra es una vista del lado derecho de la unidad de montaje y / o la parte posterior de la unidad de montaje en rack.

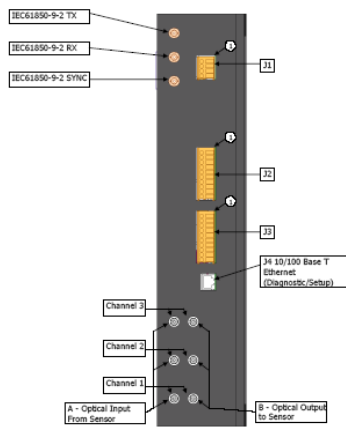


Figure 2 Terminal Module Connection Diagram

ESPECIFICACIONES

Cabezal de sensor					
Tamaño		570 (W) × 140 (D) × 165 (H) mm			
Peso		15 kg			
Módulo terminal					
Tamaño		500 (w) × 300 (D) × 75 (H) mm			
Fuente de alimentación					
Voltaje		125 (24) VDC			
Potencia		24 W			
Interfaz					
Eléctrica	Salidas analógicas	Energía baja tensión de salida analógica	±5.0 V	20ma max unidad	
		Baja energía de salida de corriente analógica	±20 mA	±5 V max compliance	
		Alta salida analógica actual	±3 A	±6 V max compliance	
	Contactos del relé	Clasificación		8A	250 VAC
				2 A	125 VDC
		Contactos de alarma		1	N/C cotact
				1	N/C cotact
			Mantenimiento de contactos	1	N/C cotact
	Óptica	Salida digital	Las alarmas del usuario	2	N/C cotact
			61850-9-2 LE valores de la muestra		10/100 Base F
Web de configuración del servidor de interfaz 10/100 base T					

SENSOR DE LA CABEZA

Temperatura de funcionamiento	Min	-40 °C
	Max	85 °C
Temperatura de almacenamiento	Min	-40 °C
	Max	85 °C
Vibración	Almacenamiento	1 G
	Funcionamiento	.5 G

MODULO TERMINAL

Temperatura de funcionamiento	Min	5 °C
	Max	40 °C
Temperatura de almacenamiento	Min	-25 °C
	Max	75 °C
Humedad	(sin-condensacion)	90% RH
Vibración	Almacenamiento	1 G
	Funcionamiento	.5 G

SISTEMA

Exactitud	IEC Clase 2
Salida Analógica Velocidad de Actualización	80 muestras/ciclo
	265 muestras/ciclo
	1000 muestras/ciclo

Instalación

- Instale el sensor en la cabeza del aislador de correos, o la estructura mecánica similar, usando los cuatro pernos de montaje M16 en la base de la cabeza del sensor.
- Completar la conexión de bus principal a la terminal de palmas cabezal de sensor.
- Instale HV enlace polímero óptico. Este vínculo debe ser montado mecánicamente al final de AT y BT con apoyos apropiados.
- Conecte el punto de puesta a tierra en el extremo del VI de la conexión óptica de polímero a la tierra mediante un cable adecuado.
- Quite la cubierta de la cabeza del sensor SA1T.
- El fin del alto voltaje del conducto desde el enlace del polímero se instala en el agujero roscado en la base de la cabeza del sensor. Tenga cuidado al pasar las terminaciones de fibra óptica expuesta a través del orificio del conducto de montaje.

Eléctrica

- Monte el módulo de terminales en el cubículo de control de la subestación. Asegúrese de que las ranuras de ventilación en la parte superior e inferior del panel frontal están cubiertos para permitir el flujo adecuado de aire a través de la unidad
- Conecte la fuente de alimentación negativo (voltaje especificado por el cliente) al bloque de terminales J1-3.
- Conecte la tierra de protección al bloque de terminales J1-2
- Conecte el cable de alimentación positiva (voltaje especificado por el cliente) al bloque de terminales J1-1.
- Conecte los contactos de alarma y mantenimiento (J2 del bloque de terminales) para el sistema de control adecuado en el sistema de control de la subestación.
- Conecte las salidas analógicas (si existen) a los terminales correspondientes en el equipo secundario. Si las salidas analógicas actuales modo no se utilizan, es necesario corta la corriente de salida y return.

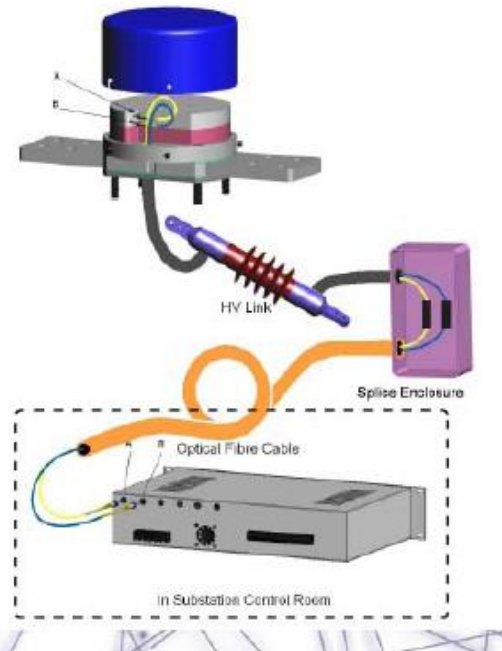
Conecte los contactos de alarma y mantenimiento (J2 del bloque de terminales) para el sistema de control adecuado en el sistema de control de la subestación.

- (Opcional) Conecte la interfaz IEC 61850 óptico para el equipo secundario usando fibra óptica multimodo dúplex.

Óptica

- Instalar cable de fibra óptica entre la base del aislador y el cubículo en la sala de control donde está instalado el módulo de terminales. Este cable requiere 2 x 1300/1550 fibras monomodo nm por sensor óptico.
- Instale una caja de empalme en la base del aislador.
- Termine el cable y el final del VI de la conducción desde el enlace de alta tensión en la caja de empalme.
- Únete a las fibras ópticas forman el enlace de alta tensión a las fibras ópticas en el cable de fibra óptica utilizando el equipo de empalme de fusión.
- Mate el FC / APC conectores al final de alto voltaje en el enlace de AT a la FC / conectores de APC en la cabeza del sensor.
- Vuelva a colocar la tapa de la cabeza del sensor y fijar por medio de 4 x tornillos M6.
- Terminar las fibras ópticas a finales cubículo del cable con el FC / conectores APC.
- Mate el FC / APC conectores a los conectores ópticos en la parte posterior del módulo de terminales. Conecte las fibras adecuadas para el módulo de terminales para que el conector marcado con 'A' en la cabeza del sensor está conectado al conector marcado como 'A' en el módulo de terminales. Del mismo modo, conecte 'B' en la cabeza del sensor a 'B' en el módulo de la terminal. Vea la Figura.

- Cabeza Sensora.
- Enlace Fibra Óptica.
- Módulo electrónico.



Sistema óptico de conexión

Configuración de la salida analógica

La escala de la salida analógica se puede configurar a través de la interfaz de servidor web. Hay tres configuraciones para cada canal analógico.

Escala. La escala establece el actual correspondiente a la escala total de salida de la salida analógica. La producción a gran escala de la salida analógica es de $\pm 2.5V$. Una ampliación de 5000 que corresponden a 5000 amperios por 5 voltios o 1000 A / V.

Cartografía. El control de la cartografía permite la salida analógica a la salida del curenent de cualquiera de los tres canales de sensor óptico.

Desplazamiento. El desplazamiento permite la salida que se compensaría con un voltaje de corriente cero arbitrario.

Configuración de alarma

El módulo de terminales SD3TM está configurado con 2 juegos de contactos de alarma.

1. Error de alarma

La alarma se activa si se detecta un error en el poder en sí mismo, prueba o durante la alarma operación. La alarma puede ser configurada por el usuario para disparar en las condiciones siguientes:

- a. Muy baja potencia óptica
- b. Sensor de temperatura de la gama

2. Mantenimiento de alarma

Esta alarma se puede configurar para disparar en las condiciones siguientes:

- a. Baja potencia óptica
- b. Sensor de temperatura de la gama

En el caso de una situación de alarma, la interfaz de servidor web puede ser utilizado para determinar qué causó el estado de alarma. Durante las condiciones de alarma, la salida analógica se ajusta a cero de salida.

Dirección de Internet

La dirección IP por defecto del SD3TM se establece en 10.10.6.X, donde X corresponde a los tres últimos dígitos del número de serie del dispositivo. Si es necesario, la dirección IP del SD3TM se puede configurar por el usuario. Introduzca la nueva dirección deseada en los cuatro cuadros de texto y pulse el botón Enviar. La dirección IP del equipo que también tenga que ser modificado para permitir la reconexión.

IEC 61850 configuración

El parámetro de la interfaz IEC 61850 que se puede configurar a través de la página web:

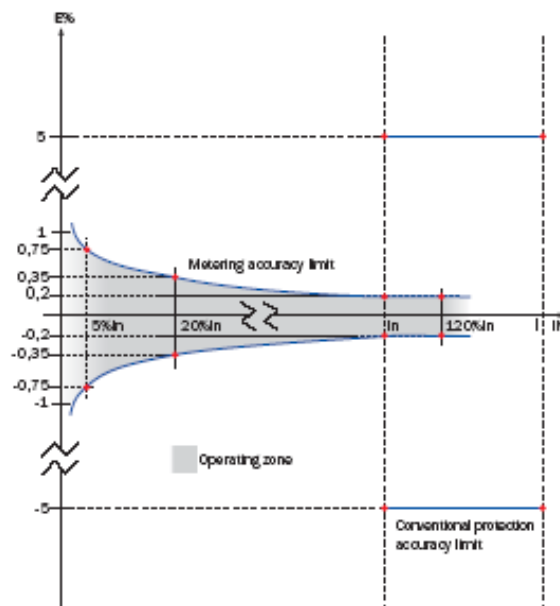
1. Esta frecuencia de muestreo se puede establecer en 80, 256 o 1.000 muestras / ciclo.
2. Esta sincronización es el número de pulsos de sincronismo que falta que se tolerará antes de la bandera de sincronización en el paquete de datos IEC 61850 se establece en false. Los valores válidos son 1, 2, 3,4 o 5.

3. Nombre de dispositivo lógico.
4. Instancia de dispositivos lógicos.
5. Bloque de control de multidifusión de muestra Valor 1 dirección MAC (MSVCB01).
6. Bloque de control de multidifusión de muestra Valor 2 de dirección MAC (MSVCB02).
7. Frecuencia nominal. Esto puede ser ajustado a 50 o 60 (Hz).

Modo de Prueba

El SD3TM se puede establecer en modo de prueba para permitir pruebas de la interfaz a los equipos secundarios. Si el modo de prueba está habilitado en el cuadro de texto modo de prueba, las salidas analógicas (si existe) y IEC 61850 de interfaz (si existe) es la salida de datos de prueba según lo determinado por la corriente de prueba, la fase actual de prueba y prueba actual cuadros de texto de tipo.

CARACTERÍSTICAS DEL CURSO DE TRANSFORMADOR



Grafica. Precisión de medición y protección

- Para la instalación en alta tensión y las aplicaciones de ultra-alto voltaje.
- Ancho de banda ancha, la medición de ambas corrientes DC y AC (50-60 Hz) hasta el 100^o armónico.
- Perfecto para el análisis de calidad eléctrica debido a la linealidad de la frecuencia
- Alta precisión de medición, cumpliendo con la norma IEC 60044-8 Clase 0,2 (ver el Gráfica).
- Amplio rango dinámico de 100A a 4kA, que cubre hasta 100 kA para aplicaciones de protección.
- IEC 61850-9-2 directa de salida compatible disponible sin fusión unidad necesaria.
- Considerablemente menor tamaño y un peso más ligero para un fácil integración en la subestación, lo que lleva a la infraestructura compacta diseños y las reducciones de costo global.

Teoría de Operación

Operación de la SDO actual transductor óptico se basa en el **efecto Faraday** (Figura 9). El estado de polarización de una señal óptica de polarización lineal, se gira a medida que viaja a través de un campo magnético. Para una señal óptica que viaja a lo largo de un camino cerrado, el ángulo de rotación es proporcional a la corriente encerrada por el camino

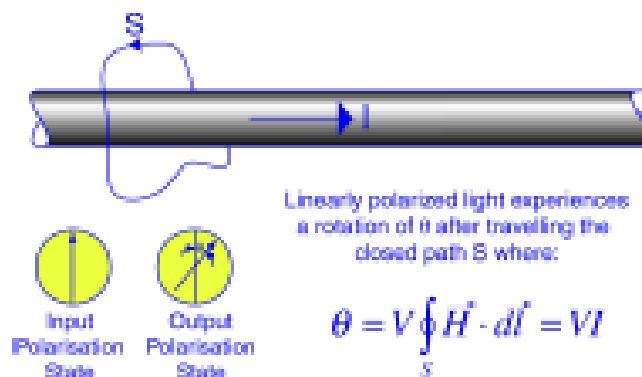


Figure 9 Faraday Effect

En el sistema de SDO, la rotación del estado de polarización de la luz se mide interferométricamente como la diferencia de fase entre polarizada circularmente señales ópticas que viajan en direcciones opuestas alrededor de una bobina de fibra que encierra el actual (Figura 10)

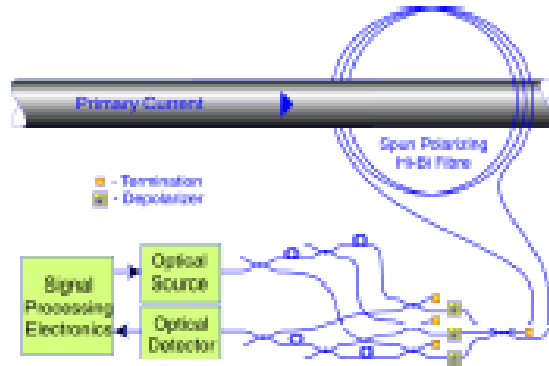
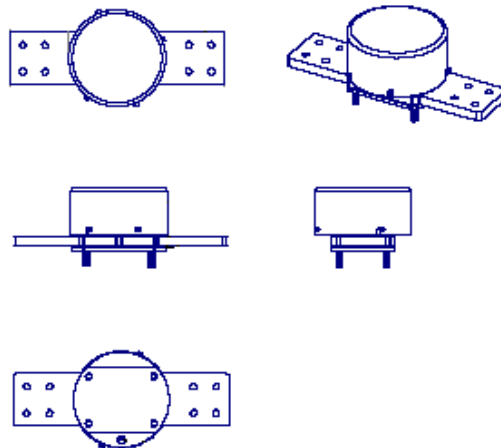


Figura 10. Esquema óptico del sensor actual SDO

Las intensidades que resultan de la interferencia se transmiten a la unidad de procesamiento de señales, donde se calcula la corriente medida. La medida actual se encuentra disponible como voltaje o corriente de salida analógica, digital y también a través de una conexión Ethernet de 10Mbps.



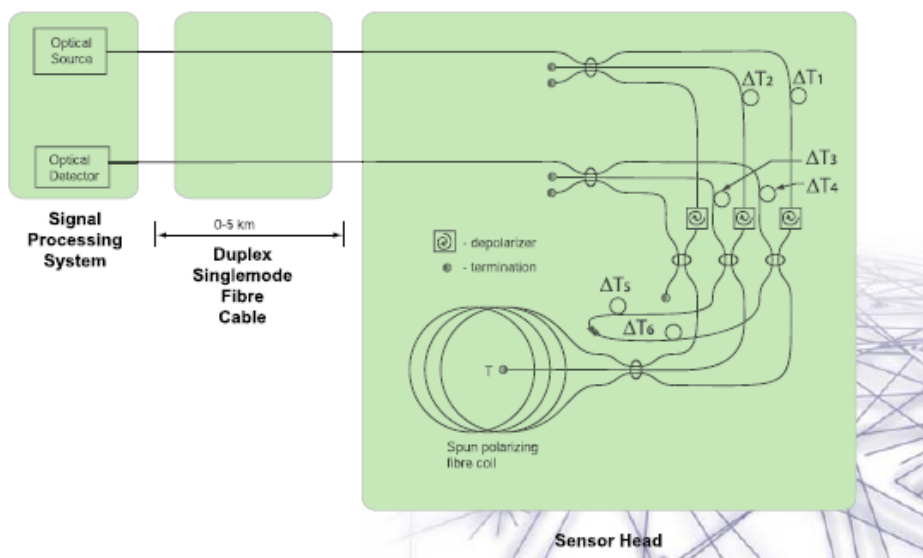
Dibujos del TC's óptico

Tecnología

Efecto faraday – interferómetro sagnac 3x3

Sensor de corriente de Fibra Óptica

- Fibra sensora Spun HiBi con interferómetro Sagnac
- Componentes de fibra maduros y estándares de telecomunicaciones, trabajando en una longitud de onda de 1550nm
- Fibra monomodo estándar de telecomunicaciones, conectorizada, para unir el sensor y la electrónica.



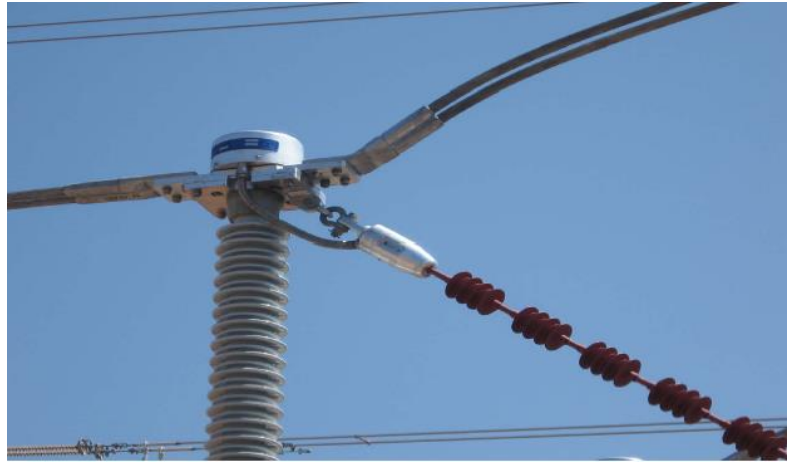
Cabeza Sensora

- Único elemento situado en Alta Tensión.
- Sensor óptico pasivo, fabricado con fibras ópticas.
- Sin modo de fallo eléctrico



Enlace Fibra Óptica

- Conexiones con fibra monomodo 9/125 conectorizada.
- Aislador de fibra óptica suspendido o autosoportado.
- No aceite, no SF6 (Similar a un aislador soporte)



Módulo Terminal

- Electrónica que procesa las señales ópticas, proporciona la interfaz con el resto de equipos.
- MTBF equivalente a las protecciones.

Módulo Terminal: Interfaz

Conexión del transformador a equipos secundarios:
Protecciones, medidores, etc.

- **Analógico**

- Pequeña señal 200mV
- 1A

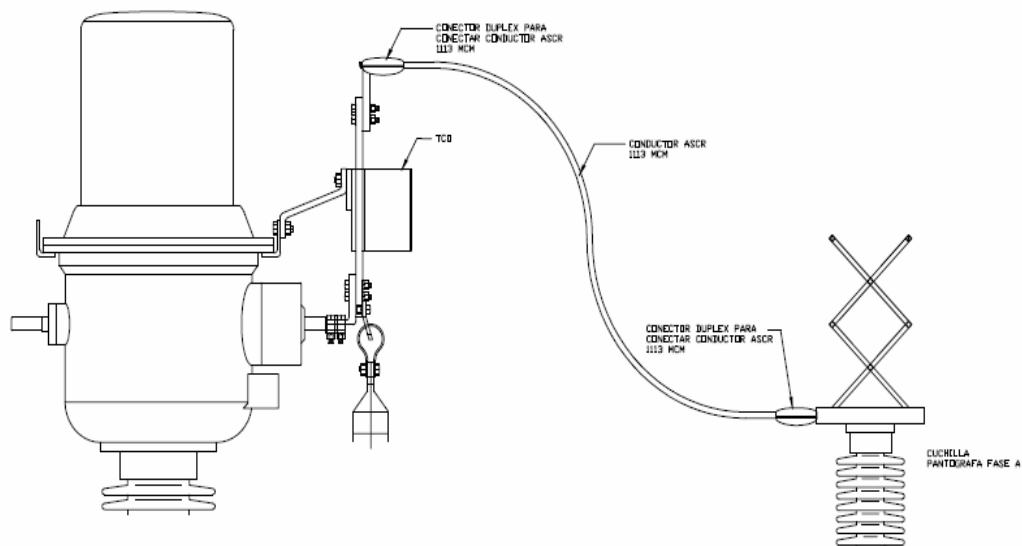
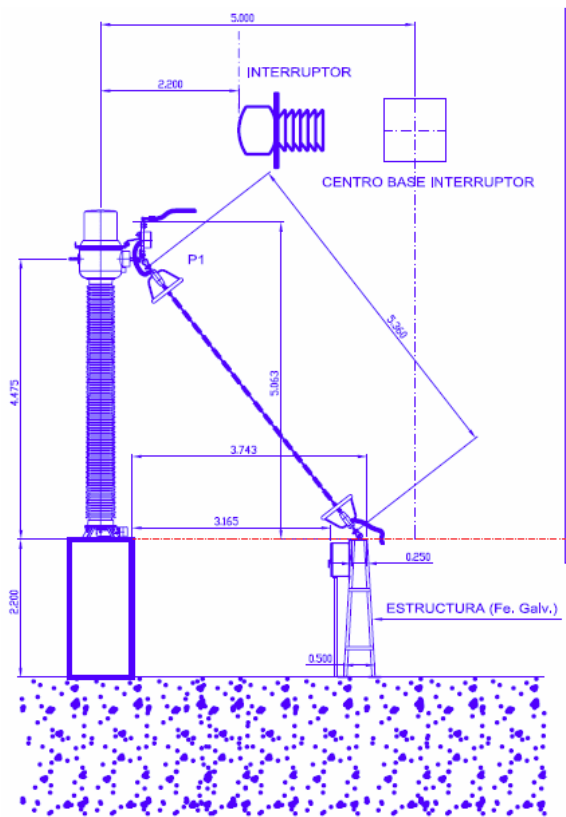
- **Digital**

- 61850-9-2LE

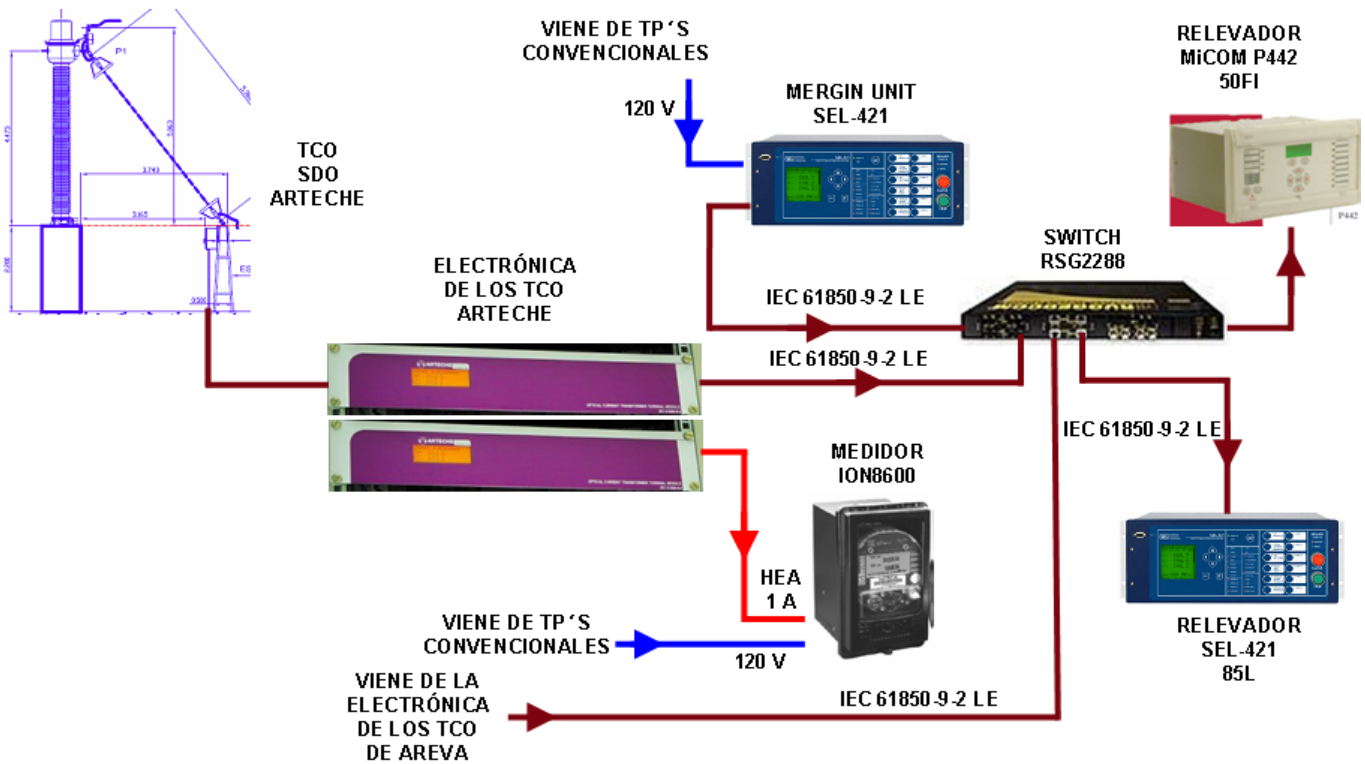
(Validada la interoperabilidad con ABB,
Areva, SEL, Omicron)



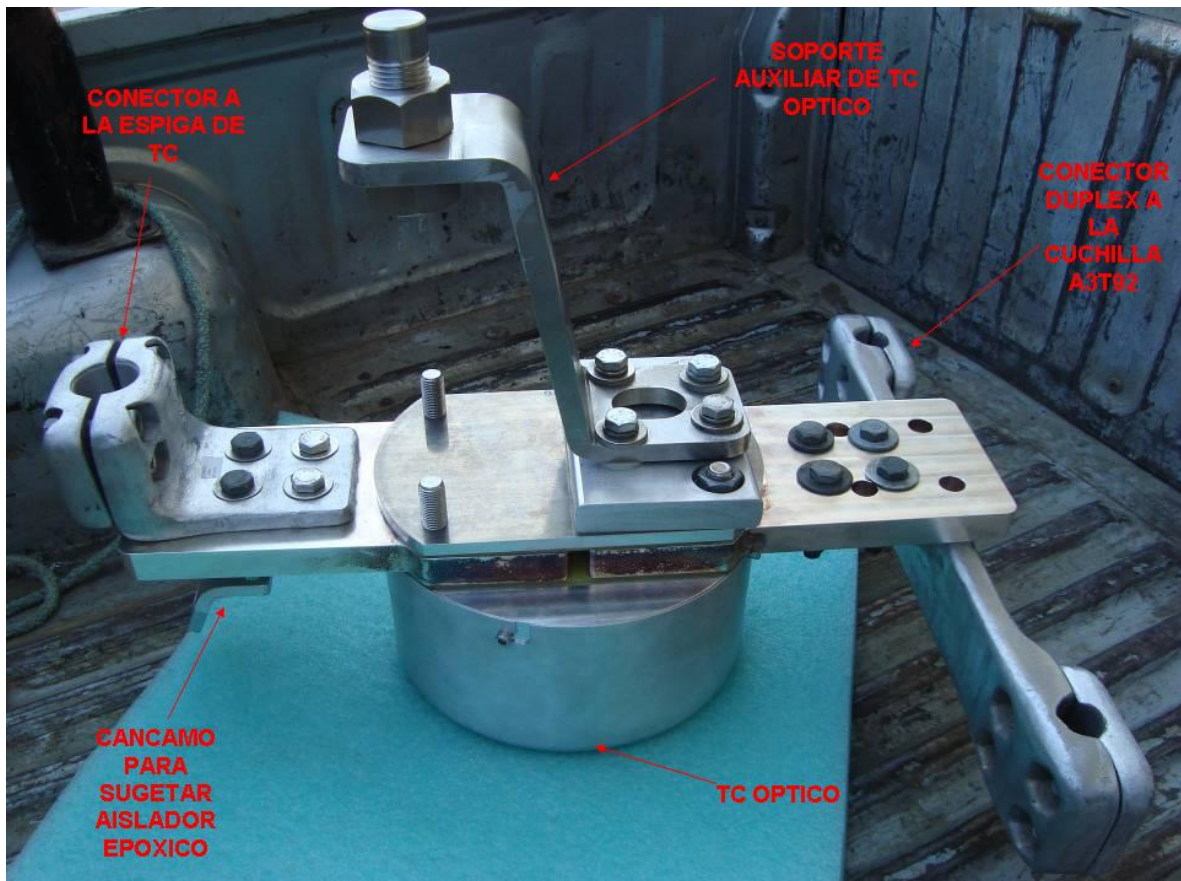
Arreglo de los TCO de Arteche



Esquema de los TCO de Arteche



Partes de un TC's óptico



3.1.12 Montaje del transformador de corriente óptico de 400 KV

IZAJE DEL TC'S ÓPTICO

Personal de subestaciones le corresponde hacer la instalación del TC's óptico en las tres fases, con ayuda de la grúa. Después de que esta instalado en su lugar se hace el reapriete de tornillería para que el TC's quede bien sujetado.



IZAJE DEL AISLADOR EPOXICO CON FIBRA OPTICA



CONEXIÓN DE LA FIBRA OPTICA DEL TC OPTICO POR PARTE DEL PERSONAL DE LA EMPRESA ARTECHE.



FIBRA OPTICA CONECTADA AL TC OPTICO EN LA PARTE PRIMARIA



PERSONAL DE ARTECHE CONECTANDO FIBRA OPTICA EN LA CAJA CENTRAL DE LOS TC'S.



CONEXION DE FIBRA OPTICA UTILIZANDO JUMPER'S



ADECUACION DE PUENTES CABLE A TUBO



VISTA DE LOS TC's OPTICOS INSTALADOS EN LAS TRES FASES



TABLEROS CON RELEVADORES ALSTOM Y ARTECHE



AL MOMENTO DE CERRAR EL INT- A3T90. EL RELEVADOR ARTECHE TIENE LAS SIGUIENTES MEDICIONES.



3.1.13 INYECCION DE CORRIENTE

Antes de energizar los TC's ópticos se le inyecta una corriente de 50 A para tener las mediciones en los equipos de medición y protección, y así asegurarse que los TC's están bien conectados. El equipo utilizado fue el OMICRON.



OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS

1. La sustitución de interruptores y transformadores de corriente ópticos implica también tener nuevos equipos de prueba más sofisticados para lograr mediciones más confiables y seguras, estos equipos son muy costosos debido que los fabricantes son empresas extranjeras. Los equipos de prueba que actualmente existen son de tecnología obsoleta.
2. Un mejor adecuamiento en el área donde están los TC's ópticos, debido que se necesita una base de concreto para el aislador epoxico con fibra óptica.
3. Requerimiento de un gabinete para la fibra óptica, ya que la fibra no puede tener empalmes, quedo mucha fibra óptica enrollada en la base de los TC's ópticos.

CONCLUSIONES

Durante la sustitución de interruptores de potencia y transformadores de corriente de 400 KV se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1.- El movimiento del cilindro comprime el gas SF₆ generando un incremento de presión en la tobera, debido a la compresión y al calentamiento del gas por el arco, que extingue los arcos asociados a las diferentes tipos de fallas.

2.- La generación de impulsos complejos y poderosos, los cuales aplican grandes fuerzas de reacción en amortiguadores, sellos, juntas, estructuras y bases afectando la confiabilidad y costo de un interruptor.

3.- Las experiencias en este rubro a nivel mundial en las últimas dos décadas dictan que la mayoría de las fallas en interruptores son de origen mecánico. Debido a esto, los fabricantes de interruptores han dirigido sus esfuerzos a producir interruptores simples con mecanismos confiables y económicos.

4.- Este trabajo ha conducido al desarrollo de la tercera generación de interruptores, los cuales son básicamente los mismos interruptores que la segunda generación, con las siguientes mejoras al diseño las cuales son más económicas comparadas con las dos generaciones anteriores de interruptores.

5.- Se ha logrado una reducción del 10 al 20% en la energía requerida mediante la optimización del diseño de la cámara interruptiva, la cual asegura que la duración máxima para la corriente más alta no exceda a 21 ms.

6.- Se ha logrado una reducción del 50 al 60% en la energía mecánica mediante el uso del arco para calentar el gas SF₆, generando suficiente presión para extinguirlo y ayudar al mecanismo durante la apertura.

7.- Con los nuevos transformadores de corriente ópticos se ha logrado dimensiones y peso reducidos, No requiere mantenimiento y ofrece una vida útil más prolongada, Aislamiento sólido sin necesidad de utilizar aceite o gas SF₆ respeta el medio ambiente.

8.- La sustitución de los TC's ópticos en el área de 400 KV ha evitado modos de fallo de tipo explosión y situaciones de secundario abierto, esta es una de las ventajas mas importantes y esto se logra con la implementación de nuevas tecnologías.

REFERENCIAS

- Manual de operación de la subestación “Manuel Moreno Torres” CHICOASÉN.
- ANCE, “Productos eléctricos - interruptores - interruptores de potencia especificaciones y métodos de prueba”, norma mexicana NMX-J-IP-1997-ANCE.
- Comisión Federal de Electricidad, “Manual de transformadores de potencia, Tomo 2”, editado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas.
- Comisión Federal de Electricidad, Coordinación de proyectos de transmisión y transformación, “Interruptores de potencia de 123 a 420 kV /Rev. Ed. Jun-89”.
- Manual de interruptores de potencia.
- Comisión Federal de Electricidad, Centro de capacitación de Celaya, “Operación y Mantenimiento de Interruptores de Potencia”, CCC-A011-
- G. Mauthe, B. M. Pryor, L. Niemeyer, R. Probst, J. Poblitzki, H. D. Morrison, P. Bolin, P. O’Connell y J. Henriot, “SF₆ recycling guide re-use of SF₆ gas in electrical power equipment and final disposal”, *Électra*, No. 173, August 1997.
- H. M. Ryan y G. R. Jones, “SF₆ Switchgear”, IEE Power Engineering, 1989.
- www.artech.com.
- ©Smart Digital Optics Pty. Ltd. 2008, SA1T Users Manual.

ANEXOS

SE ANEXAN VIDEOS DE LA MANIOBRA DE SUSTITUCIÓN DE INTERRUPTORES DE POTENCIA Y TC’s OPTICOS DE 400 KV.